

**OS MINERAIS DE BERÍLIO (*BERYLLOMINERALS*)**

99

**Paulo Cesar Pereira das Neves<sup>a,b</sup>, Lavinel G. Ionescu<sup>c,d</sup>**

<sup>a</sup>Laboratório de Geologia e Mineralogia – Curso de Química Industrial,  
Universidade Luterana do Brasil – Avenida Centenário, 8001 – bairro São José,  
Canoas, RS, BRASIL - CEP 92425- usppd@yahoo.com.br, 900.

<sup>b</sup>Universidade de São Paulo – I  
Instituto de Geociências – Departamento de Geotectônica e Mineralogia (CPG),  
Rua do Lago, 562 – CEP 05508-080, São Paulo, SP, BRASIL.

<sup>c</sup>SCIENCO Scientific Consulting Services, Viamão, RS, BRASIL

<sup>d</sup>Sarmisegetusa Research Group, Santa Fe, New Mexico, USA

**RESUMO**

O berílio é um elemento componente do Grupo 2 da Tabela Periódica dos Elementos, não cristaliza como um sólido natural e exibe concentração geoquímica de 2,8 ppm na crosta terrestre, sendo considerado um elemento traço de baixa representatividade, juntamente com érbio e bromo. Apresenta alta reatividade química, muito embora apareça com pouca freqüência nas substâncias minerais, ocorrendo na composição química de apenas 96 espécies. Os principais minerais fonte do elemento, para a indústria, são berilo, bertrandita e, secundariamente helvita, crisoberilo, euclásio, berilonita e fenaquita. Este artigo apresenta uma sinopse dos minerais em que berílio está presente, constituindo uma contribuição à divulgação do conhecimento científico desses compostos.

**PALAVRAS-CHAVE:** berílio, minerais de berílio, usos do berílio.

**ABSTRACT**

Beryllium is a chemical element component of the Group 2 of the Periodic Table of Chemical Elements. It does not crystallize as a natural solid, and exhibits crustal abundance of 2.8 ppm. It is a chemical element among the trace elements with low representativity, together with erbium and bromine. It shows a high chemical reactivity, and a low abundance in the chemical composition of minerals (only 96 minerals have beryllium in their chemical compositions). The principal beryllium-bearing minerals for industrial usages are beryl and bertrandite, and secondary sources are helvite, chrysoberyl, euclase, beryllonite, and phenakite. This review presents a synopsis of the beryllium-bearing minerals as a contribution to the scientific knowledge of these substances.

**KEY-WORDS:** beryllium, beryllium-bearing minerals, uses of beryllium.

VISIT OUR SITE: <http://www.sbjchem.he.com.br>

## 1. INTRODUÇÃO

A mineralogia descritiva, como ciência geológica básica, vem sendo relegada nos últimos anos a um plano secundário dentro das próprias universidades. Isso se deve, principalmente, ao fato de que as agências de fomento exigem rápidos resultados e preocupam-se majoritariamente com a ciência aplicada, levando a ciência pura a certo esquecimento<sup>1</sup>. Assim, minerais com pouco volume na natureza, mas importantes do ponto de vista científico, pela possibilidade de síntese de correspondentes industriais, ficam pouco conhecidos pela comunidade farmacêutica, química e geológica<sup>2</sup>.

Didaticamente, é de suma importância viabilizar, aos discentes de ciências da Terra, uma visão ampla dos compostos químicos que naturalmente apresentam cada um dos elementos químicos em suas composições. Isto pode ser sintetizado pela famosa frase do grande geocientista norte-americano Frederick H. Pough, excurador do *American Museum of Natural History*, que apregoou que apenas a mineralogia pode funcionar como um verdadeiro passatempo educacional, por relacionar geografia, física, química e matemática em suas análises<sup>3</sup>.

Este artigo é uma continuação dos trabalhos descritivos sobre a mineralogia associada aos elementos da Tabela Periódica dos Elementos Químicos. Já foi publicada a mineralogia do hidrogênio, prata, cobre, ouro, chumbo, platina, lítio, urânio, elementos terras raras e arsenatos<sup>3-12</sup>.

O trabalho visa a divulgação científica das espécies minerais que contêm berílio em suas composições químicas, com informações mais detalhadas sobre aquelas que apresentam interesse industrial, além do teor do elemento e os sistemas cristalinos nos quais cristalizam as demais espécies. Observa-se que são informações que geralmente encontram-se dispersas em bibliografia especializada e, muitas, de difícil acesso. Também é abordada a nomenclatura química destes compostos pela sistemática de Strunz e Nickel<sup>13</sup>.

## 2. BERÍLIO E SUAS PROPRIEDADES

Berílio (do Grego: [βερυλλος] = *beryllos* ou [γλυκυς] = *glykys* (doce), devido ao sabor adocicado de seus sais), cujo símbolo químico é Be, é o metal alcalino-terroso (juntamente com magnésio, cálcio, estrôncio, bário e rádio) de menor raio atômico e o de menor caráter metálico. Apresenta coloração cinza, é duro, leve, quebradiço e sólido à temperatura ambiente, formando cátions divalentes. O berílio, na forma de fumos e pó, é bastante tóxico. Quando inalado, pode desenvolver uma patologia chamada berilose, que se caracteriza por pneumocomioses e granuloses de vários tipos. Muitos compostos de berílio também apresentam altos índices de toxicidade e devem ser manuseados com muito cuidado<sup>14</sup>.

Apesar de pertencer ao Grupo 2, assemelha-se diagonalmente ao alumínio (Grupo 3), em função das semelhanças nos tamanhos dos átomos e íons. O berílio, ao contrário dos outros elementos alcalino-terrosos, forma uma série de complexos, com números de coordenação quatro<sup>14,15</sup>.

É o quarto elemento da classificação periódica ( $Z = 4$ ), tendo se formado juntamente com o lítio, no resfriamento havido após o *Big Bang*, pela fragmentação dos núcleos de átomos maiores, a partir de raios cósmicos, no processo de espalação. Assim como o lítio, não ocorre na matéria do Universo, pois os núcleos de seus átomos são muito frágeis não podendo resistir às altas temperaturas estelares<sup>16-38</sup>. Apresenta três isótopos (um estável e dois instáveis). O estável é o  $^9\text{Be}$  (abundância de 100% e massa atômica de 9,012 u). Os instáveis são o  $^7\text{Be}$  (meia-vida de 53,28 dias e massa atômica de 7,017 u) e o  $^{10}\text{Be}$  (meia-vida de  $2,6 \times 10^6$  anos e massa atômica de 10,013 u)<sup>19</sup>.

Na crosta terrestre apresenta abundância geoquímica de 2,8 ppm, sendo considerado, entre os elementos-traço, como de baixa representatividade, juntamente com érbio e o bromo<sup>20</sup>.

Não ocorre livre na Terra, sendo encontrado principalmente na composição de minerais silicatados como berilo ( $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ), crisoberilo ( $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ), fenaquita ( $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ ), bertrandita ( $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$ ), helvita ( $\text{Mn}^{2+} \cdot 4\text{Be}_3(\text{SiO}_4)_3$ ) e berilonita ( $\text{NaBe}_3\text{PO}_4$ ). As maiores reservas mundiais desses minerais encontram-se no Cazaquistão, Rússia, Estados Unidos da América, República Popular da China, Alemanha, Canadá e Brasil<sup>21-22</sup>.

O berílio foi descoberto pelo farmacêutico e químico Louis Nicolas Vauquelin<sup>113</sup> (Figure 1), ao estudar óxido de berilo e a variedade mineralógica esmeralda ( $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ , com impurezas de crômio, em 1787.



Figur1 1 - Louis Nicolas Vauquelin (⊗16.05.1763, Saint-André d'Hébertot – †14.11.1829, Saint-André d'Hébertot).

Entretanto, só foi isolado em 1828, pelo pedagogo e químico alemão Friedrich Wöhler<sup>114</sup> (Figure 2), precursor da química orgânica, a partir da reação de potássio e cloreto de berílio. Em homenagem aos mesmos foram validados os minerais vauquelinite ( $\text{Pb}_2\text{Cu}^{2+}(\text{CrO}_4)\text{PO}_4(\text{OH})$ )<sup>133</sup>, em 1818 e wöhlerite ( $\text{Na}_2\text{Ca}_4\text{Zr}(\text{Nb},\text{Ti})(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{O},\text{F})_4$ )<sup>134</sup>, em 1843



Figure 2 – Friedrich Wöhler (31.07.1800, Eschersheim – †23.09.1882, Göttingen).

Suas propriedades físicas são: número atômico ( $Z$ ) = 4; massa atômica = 9,012182(3) u; cor: cinza-prateado; ponto de fusão: 1.560,00 K (1.296,85°C); ponto de ebulação = 2.744,00 K (2.470,85°C); eletronegatividade de Pauling = 1,57; configuração do átomo no estado fundamental = [He]2s<sup>2</sup>; estado físico a 25°C e 1 atm: sólido; estado de oxidação: 2<sup>+</sup>; composição isotópica: 100% de <sup>9</sup>Be, <sup>7</sup>Be, <sup>10</sup>Be; raio atômico = 105 pm, raio covalente = 90 pm, raio iônico = 41 pm (para NC = 4); densidade: 1,848 Kg.m<sup>-3</sup>; volume molar = 4,85 x 10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup>; estrutura cristalina: hexagonal de empacotamento compacto; primeira energia de ionização = 898,80 KJ.mol<sup>-1</sup>; segunda energia de ionização = 1.757,10 KJ.mol<sup>-1</sup>; terceira energia de ionização = 14.848,70 KJ.mol<sup>-1</sup>; calor específico = 1.825 J.Kg<sup>-1</sup>K; entalpia de fusão = 12,20 KJ.mol<sup>-1</sup>; entalpia de vaporização = 292,40 KJ.mol<sup>-1</sup>; pressão de vapor = 4.180 Pa; velocidade do som = 13.000 m.s<sup>-1</sup>; condutividade térmica = 201 W. m<sup>-1</sup>.K; condutividade elétrica = 31,6 x 10<sup>6</sup>.m<sup>-1</sup> ohm<sup>14,15,19,25</sup>.

### 3. MINERAIS EM QUE BERÍLIO OCORRE E SUA SISTEMÁTICA

Até 2008 (Back e Mandarino<sup>26</sup>), apenas 86 minerais contendo berílio em suas composições químicas encontravam-se validadas pela *IMA* (*International Mineralogical Association*), sistematizadas nas seguintes Classes mineralógicas: silicatos 55 ( 9 ciclossilicatos, 4 filossilicatos, 12 inossilicatos, 14 nesossilicatos, 8 sorossilicatos e 8 tectossilicatos), fosfatos e arseniatos (22), óxidos e hidróxidos (8) e boratos (3), perfazendo aproximadamente 2% do universo mineral. Após 2008, foram validadas pela *IMA*, outras cinco espécies: o carbonato niveolanita (*niveolanite*)  $\text{NaBe}(\text{CO}_3)(\text{OH}).2\text{H}_2\text{O}$ <sup>26</sup>, e os silicatos bussyíta-(Ce) (*bussyite-(Ce)*) ( $(\text{Ce},\text{ETR})_2(\text{Na},\text{H}_2\text{O})_6\text{MnSi}_9\text{Be}_5(\text{O},\text{OH})_{30}(\text{F})_4$ ) e eirikita (*eirikite*) ( $\text{KNa}_6\text{Be}_2(\text{Si}_{15}\text{A}_2)\text{O}_{39}\text{F}_2$ ) (filossilicatos), friedrichbeckeíta (*freiderichbeckeite*)

$(K\boxed{Na})(Mg_2)(Be_2Mg)Si_{12}O_{30}$  (ciclossilicato) e alflarsenita (*alflasernite*)  $(NaCa_2Be_3Si_{14}O_{13}(OH).2H_2O)^{47-51}$  (tectossilicato), totalizando assim 91 espécies.

### 3.1. Sistemática

Segue Strunz e Nickel<sup>13</sup> e, serão tecidas informações mais detalhadas apenas àquelas substâncias mais importantes do ponto de vista industrial.

a) **Óxidos e Hidróxidos** – aos óxidos correspondem compostos com configurações estruturais variáveis, desde coordenação 2 até 10, com os poliedros apresentando ligação com um cátion metálico. Aos hidróxidos correspondem à presença de OH<sup>-</sup>, com ou sem H<sub>2</sub>O, ligado a um cátion metálico.

Os minerais portadores de berílio nesta Classe são:

1. **Crisoberilo (Chrysoberyl)** BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – sistema ortorrômbico, massa molar = 126,97 g.mol<sup>-1</sup>, com 7,10% de Be. Aspecto dos cristais: esverdeados a verdes-esmeralda, amarelos, castanhos; tabulares, prismáticos. Ocorrências: pegmatitos graníticos. Associação mineralógica: quartzo, muscovita, albita, schorlita, berilo, topázio, albita, fluorita e fenaquita. Principais jazimentos: mina do Bode, Campo Formoso, Bahia e pegmatito de Padre Paraiso, Minas Gerais, Brasil; pedreira Oxford, Maine, Estados Unidos da América; mina Nyanda, Zimbábue. Usos: fonte secundária de Be e material gemológico (variedades alexandrita e olho-de-gato), fonte industrial de berílio. É um mineral-tipo do Brasil (Araçuai, Minas Gerais).<sup>22,32,33</sup>

2. **Bromellita (Bromellite)** BeO – sistema hexagonal, massa molar = 26,01 g.mol<sup>-1</sup>, com 36,03% de Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos a amarelo-claros; prismáticos, tabulares, agregados rosetiformes. Ocorrências: veios hidrotermais (escarnitos e pegmatitos)<sup>34</sup>.

3. **Ferrottaaffeíta-2N'2S (Ferrottaaffeite-2N'3S)** (Fe<sup>2+</sup>,Mg,Zn)<sub>3</sub>Al<sub>8</sub>BeO<sub>18</sub> – sistema trigonal, massa molar = 470,24 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,72% de Be. Aspecto dos cristais: verde-claros; tabulares; Ocorrências: pegmatitos<sup>35</sup>.

4. **Magnesiottaaffeíta-6N'3S (Magnesiottaaffeite-6N'3S)** Mg<sub>2</sub>BeAl<sub>6</sub>O<sub>12</sub> – sistema hexagonal, massa molar = 426,60 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,90% de Be. Aspecto dos cristais: verde-oliva-claros; maciços, platiformes. Ocorrências: pegmatitos<sup>36</sup>.

5. **Magnesiottaaffeíta-2N'3S (Magnesiottaaffeite-2N'2S)** Mg<sub>3</sub>BeAl<sub>8</sub>O<sub>16</sub> – sistema hexagonal, massa molar = 529,47 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,63% de Be. Aspecto dos cristais: púrpura a esverdeados; arredondados. Ocorrências: pláceres aluviais<sup>37</sup>.

6. **Swedenborgita (Swedenborgite)** NaBe<sub>4</sub>Sb<sup>5+</sup>O<sub>7</sub> – sistema hexagonal, massa molar = 292,78 g.mol<sup>-1</sup>, com 12,31% de Be. Aspecto dos cristais: amarelo-acastanhados, incolores, amarelo-mel; prismáticos. Ocorrências: escarnitos<sup>38</sup>.

7. **Behoíta (Behoite)** Be(OH)<sub>2</sub> – sistema ortorrômbico, massa molar = 43,03 g.mol<sup>-1</sup>, com 20,95% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos, castanho-pálidos; esfenoidais, pseudo-octaédricos, granulares. Ocorrências: pegmatitos e tufos<sup>39</sup>.

*Minerais de Berílio*

8. Clinobehoita (*Clinobehoite*)  $\text{Be}(\text{OH})_2$  – sistema monoclinico, massa molar = 43,03 g.mol<sup>-1</sup>, com 20,95% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos; agregados radiais, cuneiformes, platformes. Ocorrências: pegmatitos<sup>40</sup>.

b) Carbonatos – são caracterizados por conterem complexos planares  $[\text{CO}_3]^{2-}$ , ligados a cátions metálicos.

O único mineral portador de berílio nesta Classe é:

9. Niveolanita (*Niveolanite*)  $\text{NaBe}(\text{CO}_3)(\text{OH}).2\text{H}_2\text{O}$  – sistema tetragonal, massa molar = 143,07 g.mol<sup>-1</sup>, com 6,17% Be. Aspecto dos cristais: branco-nevados a branco-perláceos; fibrosos. Ocorrências: produto de alteração da eudidymite ( $\text{NaBeSi}_3\text{O}_7(\text{OH})$ )<sup>27</sup>.

c) Boratos – são caracterizados com base na química do grupo, levando em consideração o número de íons borato presentes na fórmula química (mono, di, tri, tetra-boratos e, assim por diante).

Os minerais portadores de berílio nesta Classe são:

10. Berborita (*Berborite*)  $\text{Be}_2(\text{BeO}_3)(\text{OH}).\text{H}_2\text{O}$  (monoborato) – sistema monoclinico, massa molar = 112,35 g.mol<sup>-1</sup>, com 16,04% Be. Aspecto dos cristais: incolores; cubos euédricos. Ocorrências: escarnitos<sup>41</sup>.

11. Londonita (*Londonite*)  $(\text{CsBe}_4\text{Al}_4(\text{B}_{11}\text{Be})\text{O}_{28})$  (megaborato) – sistema cúbico, massa molar = 808,60 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,57% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos, amarelos; cubos euédricos. Ocorrências: cavidades miarolíticas em pegmatitos<sup>42</sup>.

12. Rodizita (*Rhodizite*)  $(\text{K Be}_4\text{Al}_4(\text{B}_{11}\text{Be})\text{O}_{28})$  (megaborato) – sistema cúbico, massa molar = 778,83 g.mol<sup>-1</sup>, com 8,10% Be. Aspecto dos cristais: incolores, acinzentados, amarelos, branco-amarelados, brancos; dodecaédricos, tetraédricos. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>42</sup>.

d) Fosfatos – são caracterizados por apresentarem ânions  $[\text{PO}_4]^{3-}$  isolados, com cátions pequenos com NC = 4, médios com NC = 6 e grandes com NC = 8, ou maior.

13. Atencioíta (*Atencioite*)  $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+})_3\text{Mg}_2\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4.6\text{H}_2\text{O}$  – sistema trigonal, massa molar = 1.060,05 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,34% Be. Aspecto dos cristais: castanho-esverdeados; concreções esféricas. Ocorrências: pegmatitos graníticos. É um mineral-tipo do Brasil<sup>43</sup>.

14. Babeffita (*Babefphite*)  $\text{BaBePO}_4\text{F}$  – sistema trigonal, massa molar = 259,56 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,34% Be. Aspecto dos cristais: brancos; grãos anédricos achatados. Ocorrências: pláceres aluviais de regiões escarníticas<sup>44</sup>.

15. Berilonita (*Beryllonite*)  $\text{NaBe}(\text{PO}_4)$  – sistema monoclinico, massa molar = 126,97 g.mol<sup>-1</sup>, com 7,10% de Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos a amarelo pálidos; maciços, esféricos, fibrosos. Ocorrências: pegmatitos graníticos

alcalinos. Associação mineralógica: albita, berilo, herderita, lepidolita, ortoclásio, petalita, pollucita, quartzo e triplita. Principais jazimentos: montanhas Sugarloaf, Maine, Estados Unidos da América; Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canadá; lavras do Ênio, em Galiléia, da Ilha, em Taquaral e mina do Almerindo, em Linópolis, Minas Gerais, Brasil. Usos: fonte secundária de berílio e material gemológico<sup>22,33</sup>.

16. Ehrleita (*Ehrleite*)  $\text{Ca}_2\text{ZnBe}(\text{PO}_4)_2(\text{PO}_3\text{OH})_4\text{H}_2\text{O}$  – sistema triclinico, massa molar = 480,04 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,88% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos; tabulares. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>45</sup>.

17. Faheyita (*Faheyite*)  $\text{BeMn}^{2+}(\text{Fe}^{3+})_2(\text{PO}_4)_4\text{H}_2\text{O}$  – sistema hexagonal, massa molar = 664,98 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,71% Be. Aspecto dos cristais: branco-azulados, branco-acastanhados, brancos; fibrosos, rosetiformes, massas botrioidais. Ocorrências: pegmatitos graníticos. É um minera-tipo do Brasil (Sapucaia, Minas Gerais)<sup>32,46</sup>.

18. Fransoletita (*Fransoletite*)  $\text{Ca}_3\text{Be}_2(\text{PO}_4)_2(\text{PO}_3\text{OH})_4\text{H}_2\text{O}$  – sistema monoclinico, massa molar = 592,22 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,42% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos; agregados setiformes. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>47</sup>.

19. Glucina (*Glucine*)  $\text{CaBe}_4(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4\text{H}_2\text{O}$  – sistema monoclinico, massa molar = 343,11 g.mol<sup>-1</sup>, com 10,51% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos, amarelo claros; concreções maciças, arredondadas. Ocorrências: depósitos de fluorita<sup>48</sup>.

20. Greifensteinita (*Greifensteinite*)  $\text{Ca}_2\text{Be}_4(\text{Fe}^{2+})_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4\text{H}_2\text{O}$  – sistema monoclinico, massa molar = 343,11 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,31% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos, amarelo claros; concreções maciças, arredondadas. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>49</sup>.

21. Guimarãesita (*Guimarãesite*)  $\text{Ca}_2\text{Be}_4\text{Zn}_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4\text{H}_2\text{O}$  – sistema monoclinico, massa molar = 1.107,66 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,25% Be. Aspecto dos cristais: castanhos; prismáticos, agregados botrioidais. Ocorrências: pegmatitos graníticos. É um mineral-tipo do Brasil (Ittinga, Minas Gerais)<sup>32,40</sup>.

22. Herderita (*Herderite*)  $\text{CaBePO}_4$  – sistema monoclinico, massa molar = 163,06 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,53% Be. Aspecto dos cristais: brancos, amarelo-esbranquiçados, branco-esverdeados; prismáticos, tabulares, fibrorradiados, botrioidais. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>51</sup>.

23. Hurlbutita (*Hurlbutite*)  $\text{CaBe}_2(\text{PO}_4)_2$  – sistema monoclinico, massa molar = 248,05 g.mol<sup>-1</sup>, com 7,27% Be. Aspecto dos cristais: incolores, branco-esverdeados, amarelos; prismáticos. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>52</sup>.

24. Mccrillisita (*Mccrillisite*)  $\text{NaCs}(\text{Be},\text{Li})\text{Zr}_2(\text{PO}_4)_4\text{H}_2\text{O}$  – sistema tetragonal, massa molar = 753,75 g.mol<sup>-1</sup>, com 0,90% Be. Aspecto dos cristais: incolores, branco-esverdeados, amarelos; bipiramidados. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>53</sup>.

25. Moraesita (*Moraesite*)  $\text{Be}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})_4\text{H}_2\text{O}$  – sistema monoclinico, massa molar = 202,06 g.mol<sup>-1</sup>, com 8,92% Be. Aspecto dos cristais: brancos; agregados crustiformes, aciculares, tabulares. Ocorrências: pegmatitos graníticos. É um mineral tipo do Brasil (Galiléia, Minas Gerais)<sup>32,46</sup>.

26. Pahasapaíta (*Pahasapaite*)  $\text{Li}_3(\text{Ca},\text{Li},\text{K})\text{Be}_{24}(\text{PO}_4)_{24} \cdot 38\text{H}_2\text{O}$  – sistema cúbico, massa molar = 3.532,65 g.mol<sup>-1</sup>, com 6,12% Be. Aspecto dos cristais: incolores, verde-amarelados, rosa claro; cúbicos euédricos. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>46</sup>.

27. Parafranosoletita (*Parafranosoletite*)  $\text{Ca}_3\text{Be}_2(\text{PO}_4)_2(\text{PO}_3\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – sistema triclinico, massa molar = 592,22 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,42% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos; lanciformes. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>54</sup>.

28. Roscherita (*Roscherite*)  $\text{Ca}_2(\text{Mn}^{2+})_5\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – sistemas monoclinico/triclinico, massa molar = 1.097,90 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,55% Be. Aspecto dos cristais: castanho claros, castanho-escuros, verde-olivas, vermelho-alaranjados, vermelhos; agregados psolíticos. Ocorrências: cavidades miarolíticas em pegmatitos graníticos<sup>55,111</sup>.

29. Ruifrancoíta (*Ruifrancoite*)  $\text{Ca}_2(\square\text{Mn})_2(\text{Fe}^{3+},\text{Mn},\text{Mg})_4(\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – sistema cúbico, massa molar = 1.075,85 g.mol<sup>-1</sup>, com 6,12% Be. Aspecto dos cristais: castanho-avermelhados; aciculares, agulhiformes, botrioidais.

Ocorrências: pegmatitos graníticos. É um mineral-tipo do Brasil<sup>33</sup>.

30. Selwynita (*Selwynite*)  $\text{NaKBeZr}_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – sistema tetragonal, massa molar = 673,96 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,0% Be. Aspecto dos cristais: azul purpúreos; radiais, esteliformes. Ocorrências: pegmatitos graníticos. É um mineral-tipo do Brasil<sup>36</sup>.

31. Uralolita (*Uralolite*)  $\text{Ca}_2\text{Be}_4(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – sistema monoclinico, massa molar = 542,22 g.mol<sup>-1</sup>, com 6,65% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos, branco-acastanhados; concreções maciças arredondadas. Ocorrências: produto de alteração da berilonita em pegmatitos<sup>37</sup>.

32. Väyrynenita (*Väyrynenite*)  $\text{BeMn}^{2+}\text{PO}_4(\text{OH})$  – sistema monoclinico, massa molar = 176,43 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,11% Be. Aspecto dos cristais: rosas, vermelho rosados; prismáticos, agregados granulares finos. Ocorrências: produto de alteração do berilo e da trifilita em pegmatitos<sup>38</sup>.

d) Silicatos – Classe mineralógica estruturada à base de tetraedros de silício  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , sendo as estruturas classificadas segundo o grau de polimerização, com o compartilhamento dos tetraedros através dos vértices.

d<sub>1</sub>) Nesossilicatos – nessas estruturas os tetraedros de  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  encontram-se isolados e encontram-se ligados uns aos outros por ligações iônicas através de cátions intersticiais.

33. Esferobertrandita (*Sphaerobertrandite*)  $\text{Be}_3\text{SiO}_4(\text{OH})_2$  – sistema monoclinico, massa molar = 152,62 g.mol<sup>-1</sup>, com 17,07% Be. Aspecto dos cristais: amarelos, branco-acastanhados, brancos, cinzas; platiformes, achataos, esféricos, agregados arredondados. Ocorrências: pegmatitos alcalinos e greisens<sup>39</sup>.

34. Euclásio (*Euclase*)  $\text{BeAlSiO}_4(\text{OH})$  – sistema monoclinico, massa molar = 145,08 g.mol<sup>-1</sup>, com 6,21% Be. Aspecto dos cristais: azuis, incolores, brancos, azuis claros, verde claros; prismáticos. Ocorrências: produto de alteração de berilo em

pegmatitos. Associação mineralógica: quartzo, feldspatos, micas, topázio, berilo, calcita, ankerita e cloritas. Principais jazimentos: rio Sanarka, Montes Urais, Rússia; Las Cruces, Chivor, Colômbia; Ouro Preto, Minas Gerais e Brumado, Bahia, Brasil; Usos: material gemológico (variedade alexandrita), fonte industrial de berílio. É um mineral-tipo do Brasil (Araçuaí, Minas Gerais)<sup>32,33,60</sup>.

35. Fenaquita (*Phenakite*)  $\text{Be}_2\text{SiO}_4$  – sistema trigonal, massa molar = 110,11 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 16,937% Be. Aspecto dos cristais: incolores, amarelo-grenás, amarelos, rosas, vermelho rosados; prismáticos, granulares, maciços, fibrosos. Ocorrências: pegmatitos e pláceres aluviais. Associação mineralógica: berilo, crisoberilo, quartzo e apatitas. Principais jazimentos: Mount Antero, Chafee, Colorado, Estados Unidos da América; Mina Tokowaja, Miask, Montes Urais, Rússia; Mina de Socotó, Campo Formoso, Bahia e depósitos de São Miguel de Piracicaba, Minas Gerais, Brasil; Usos: material gemológico, fonte industrial secundária de berílio<sup>22,33,61</sup>.

36. Gadolinita-(Ce) (*Gadolinite-(Ce)*)  $(\text{Ce}_2\text{Fe}^{2+}\text{Be}_2\text{O}_2(\text{SiO}_4)_2)$  – sistema monoclinico, massa molar = 571,37 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 5,98% Be. Aspecto dos cristais: pretos, castanhos; prismáticos. Ocorrências: pegmatitos sieníticos na zona de contato com basaltos e monzonitos<sup>62</sup>.

37. Gadolinita-(Y) (*Gadolinite-(Y)*)  $(\text{Y}_2\text{Fe}^{2+}\text{Be}_2\text{O}_2(\text{SiO}_4)_2)$  – sistema monoclinico, massa molar = 467,85 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 3,85% Be. Aspecto dos cristais: castanhos, verdes, preto-esverdeados, verde claros, pretos; maciços. Ocorrências: pegmatitos ricos em elementos terras raras<sup>63</sup>.

38. Hingganita-(Ce) (*Hingganite-(Ce)*)  $\text{BeCe}(\text{SiO}_4)(\text{OH})$  – sistema monoclinico, massa molar = 460,63 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 3,95% Be. Aspecto dos cristais: castanho-avermelhados pálidos; dipiramidados euédricos. Ocorrências: cavidades miarolíticas em pegmatitos graníticos<sup>64</sup>.

39. Hingganita-(Y) (*Hingganite-(Y)*)  $\text{BeY}(\text{SiO}_4)(\text{OH})$  – sistema monoclinico, massa molar = 433,65 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 4,30% Be. Aspecto dos cristais: verdes, castanho-amarelos, brancos, azul claros, amarelo claros; agregados que lembram feixes de trigo. Ocorrências: granófiros<sup>65</sup>.

40. Hingganita-(Yb) (*Hingganite-(Yb)*)  $\text{BeYb}(\text{SiO}_4)(\text{OH})$  – sistema monoclinico, massa molar = 453,70 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 3,97% Be. Aspecto dos cristais: incolores; agregados esféricos, aciculares. Ocorrências: pegmatitos amazoníticos<sup>66</sup>.

41. Liberita (*Liberite*)  $\text{Li}_2\text{BeSiO}_4$  – sistema monoclinico, massa molar = 114,98 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 7,84% Be. Aspecto dos cristais: castanhos, amarelo claros; agregados diminutos, às vezes com múltiplos pinacoides. Ocorrências: tactitos<sup>67</sup>.

42. Melifanita (*Meliphyanite*)  $\text{Ca}_4(\text{Na,Ca})_4\text{Be}_4\text{AlSi}_7\text{O}_{24}(\text{F,O})_4$  – sistema tetragonal, massa molar = 241,15 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 3,74% Be. Aspecto dos cristais: incolores, amarelos, vermelho-amarelados, vermelhos; prismáticos. Ocorrências: pegmatitos nefelina-sieníticos<sup>68,112</sup>.

43. Minasgeraisita-(Y) (*Minasgeraisite-(Y)*)  $\text{CaBe}_2\text{Y}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$  – sistema monoclinico, massa molar = 452,08 g. $\text{mol}^{-1}$ , com 3,99% Be. Aspecto dos cristais: violetas, lilases, púrpuras; agregados lanciformes que lembram feixes de trigo.

Ocorrências: pegmatitos graníticos. É um mineral-tipo do Brasil (pedreira do José Pinto, Jaguaruçu, Minas Gerais)<sup>32,69</sup>.

44. Surinamita (*Surinamite*)  $Mg_3Al_3O(Si_3BeAlO_{15})$  – sistema monoclinico, massa molar = 553,76 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,63% Be. Aspecto dos cristais: azuis, verde-azulados; platiformes. Ocorrências: gnaisses milonitizados<sup>70</sup>.

45. Sverigeita (*Sverigeite*)  $NaBe_2(Mn^{2+})_2SnSi_3O_{12}(OH)$  – sistema ortorrômbico, massa molar = 532,22 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,39% Be. Aspecto dos cristais: amarelos; anédricos. Ocorrências: rejeito de minerações<sup>71</sup>.

46. Trimerita (*Trimerite*)  $CaBe_3(Mn^{2+})_2(SiO_4)_3$  – sistema monoclinico, massa molar = 453,24 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,97% Be. Aspecto dos cristais: incolores, vermelho-amarelados, rosas; prismáticos. Ocorrências: veios hidrotermais associados a metamorfismo de contato e metassomatismo<sup>72</sup>.

d2) Sorossilicatos – nessas estruturas os tetraedros de  $[SiO_4]^{4-}$  encontram-se dispostos principalmente em pares isolados, onde cada par é conectado ao outro por um átomo de oxigênio através dos seus ápices. Nesta Subclasse a relação Si:O é de 2:7.

47. Aminoffita (*Aminoffite*)  $Ca_3(BeOH)_2Si_3O_{10}$  – sistema tetragonal, massa molar = 416,52 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,33% Be. Aspecto dos cristais: incolores, vermelho-amarelados, rosas; prismáticos. Ocorrências: veios hidrotermais associados a metamorfismo de contato e metassomatismo<sup>72</sup>.

48. Barilita (*Barylite*)  $BaBe_2Si_2O_7$  – sistema ortorrômbico, massa molar = 323,52 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,57% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos, azulados; prismáticos, tabulares. Ocorrências: cavidades miarolíticas de pegmatitos alcalinos; nefelina sienitos<sup>73</sup>.

49. Bertrandita (*Bertrandite*)  $Be_4Si_2O_7(OH)_2$  – sistema ortorrômbico, massa molar = 238,23 g.mol<sup>-1</sup>, com 15,13% Be. Aspecto dos cristais: incolores, amarelo pálidos; prismáticos. Ocorrências: produto de alteração de berilo em cavidades miarolíticas de pegmatitos graníticos. Associação mineralógica: berilo, fenaquita, herderita, turmalina, muscovita, fluorita e quartzo. Principais jazimentos: pedreira Barbin, Loire, França; Val Vigezzo, Piedmont, Itália; pedreira Strickland, Middlesex, Connecticut, Estados Unidos da América; Mica creek, Queensland, Austrália; Lavra da Golconda, Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil. Usos: fonte industrial primária de berílio<sup>74</sup>.

50. Clinobarilita (*Clinobarylite*)  $BaBe_2Si_2O_7$  – sistema monoclinico, massa molar = 327,37 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,42% Be. Aspecto dos cristais: incolores; agregados radiais, platiformes a prismáticos. Ocorrências: pegmatitos alcalinos<sup>75</sup>.

51. Gugiaíta (*Gugiaite*)  $Ca_2BeSi_2O_7$  – sistema tetragonal, massa molar = 257,33 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,50% Be. Aspecto dos cristais: incolores; prismáticos. Ocorrências: escarnitos e melanitos<sup>76</sup>.

52. Harstigita (*Harstigite*)  $Ca_6Be_4Mn^{2+}(Si_2O_4)_2(Si_2O_7)_2(OH)_2$  – sistema ortorrômbico, massa molar = 885,97 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,07% Be. Aspecto dos cristais:

incolores, brancos; prismáticos. Ocorrências: veios hidrotermais de depósitos manganesíferos<sup>77</sup>.

53. Jeffreyita (*Jeffreyite*)  $(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Be},\text{Al})\text{Si}_2(\text{O},\text{OH})_7$  - sistema ortorrômbico, massa molar = 255,30 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,65% Be. Aspecto dos cristais: incolores; platiformes. Ocorrências: granítóides<sup>78</sup>.

54. Samfowlerita (*Samfowlerite*)  $\text{Ca}_{14}(\text{Mn}^{3+})_3\text{Zn}_3\text{Be}_2\text{Be}_6\text{Si}_{14}\text{O}_{52}(\text{OH})_6$  - sistema monoclinico, massa molar = 2.271,52 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,02% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos; Ocorrências: mineral de metamorfismo em depósitos zincíferos<sup>79</sup>.

d<sub>3</sub>) Ciclossilicatos – nessas estruturas os tetraedros de  $[\text{SiO}]^4$  encontram-se conectados. Apresentam configurações fechadas (cíclicas) do tipo  $\text{Si}_2\text{O}_9$ ,  $\text{Si}_2\text{O}_{12}$  e  $\text{Si}_4\text{O}_{18}$ . Nesta Subclasse a relação Si:O é de 1:3.

55. Almarudita (*Almarudite*)  $\text{K}(\square,\text{Na})_2(\text{Mn},\text{Fe},\text{Mg})_2[(\text{Be},\text{Al})_3\text{Si}_{12}]\text{O}_{30}$  - sistema hexagonal, massa molar = 1.000,32 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,86% Be. Aspecto dos cristais: amarelos, laranjas; dipiramidados. Ocorrências: xenólitos em nefelina tefritos<sup>80</sup>.

56. Asbecasita (*Asbecasite*)  $\text{Ca}_3(\text{Be},\text{B},\text{Al})_2((\text{Ti},\text{Sn},\text{Fe})(\text{As},\text{Sb})_6\text{Si}_2\text{O}_{20}$  - sistema trigonal, massa molar = 1.057,85 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,70% Be. Aspecto dos cristais: castanhos; romboédricos. Ocorrências: ortognaisses<sup>81</sup>.

57. Bazzita (*Bazzite*)  $\text{Be}_3(\text{Sc},\text{Fe}^{3+},\text{Mg})_2\text{Si}_{18} \cdot \text{Na}_{0,32} \cdot \text{nH}_2\text{O}$  - sistema hexagonal, massa molar = 564,46 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,79% Be. Aspecto dos cristais: azuis, azul escuros; prismáticos. Ocorrências: pegmatitos<sup>82</sup>.

58. Berilo (*Beryl*)  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$  – sistema hexagonal, massa molar = 537,50 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,03% Be. Aspecto dos cristais: verdes, azuis, amarelos, incolores e rosas; prismáticos, columares, tabulares, granulares. Ocorrências: pegmatitos graníticos e nefelina sienitos. Associação mineralógica: ambigônita, cassiterita, columbita, espodumênio, feldspatos, muscovita, lepidolita, quartzo, tantalita, topázio e turmalina. Principais jazimentos: Nuristan, Laghman, Afeganistão; minas de Muzo, Chivor, Boyacá e Coscuez, Colômbia; depósitos do Monte Antero, Colorado, Estados Unidos da América; Distrito Pegmatítico de Governador Valadares, Minas Gerais, Depósito de Esmeralda de Santa Terezinha, Goiás, depósitos de Carnaíba e Socotó, Campo Formoso, Bahia, Brasil. Usos: fonte industrial primária de berílio e material gemológico (variedades esmeralda, goshenita, bisbita, morganita, heliodoro e água-marinha<sup>22,33,83</sup>.

59. Friedrichbeckita (*Friedrichbeckite*)  $(\text{K}(\square)\text{Na})(\text{Mg}_2)(\text{Be}_2\text{Mg})\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$  - sistema hexagonal, massa molar = 982,67 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,68% Be. Aspecto dos cristais: amarelo claros; tabulares. Ocorrências: xenólitos em rochas efusivas<sup>30</sup>.

60. Hialotequita (*Hyalotekite*)  $(\text{Ba},\text{Pb},\text{K})_4(\text{Ca},\text{Y})_2\text{Si}_8(\text{B},\text{Be})_2(\text{Si},\text{B})_2\text{O}_{28}\text{F}_2$  - sistema triclinico, massa molar = 1.474,06 g.mol<sup>-1</sup>, com 0,27% Be. Aspecto dos cristais: brancos, cinza perláceos; maciços, granulares. Ocorrências: pegmatitos alcalinos<sup>84</sup>.

61. Milarita (*Milarite*)  $\text{KCa}_2(\text{Be}_2\text{AlSi}_{12})\text{O}_{30} \cdot \text{H}_2\text{O}_2$  - sistema hexagonal, massa molar = 1.980,55 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,82% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos,

*Minerais de Berílio*

110

branco-esverdeados, branco-amarelados; prismáticos. Ocorrências: pegmatitos graníticos, aplitos e sienitos<sup>85</sup>.

62. Odintsovita (*Odintsovite*)  $K_2Na_4Ca_3Ti_2Be_4Si_{12}O_{38}$  - sistema hexagonal, massa molar = 1.367,20 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,64% Be. Aspecto dos cristais: incolores, rosa claros, rosa-acastanhados; granulares. Ocorrências: pegmatitos sieníticos alcalinos e kalsilita sienitos<sup>86</sup>.

63. Pezzottaíta (*Pezzottaite*)  $CsLiBe_2Al_2Si_6O_{18}$  - sistema hexagonal, massa molar = 658,80 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,19% Be. Aspecto dos cristais: vermelhos, rosas; prismáticos. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>87</sup>.

64. Stoppaniúta (*Stoppaniite*)  $(Fe^{3+})_2(Be_3Si_6O_{18}).H_2O$  - sistema hexagonal, massa molar = 1.190,23 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,54% Be. Aspecto dos cristais: azul claros; dipiramidados. Ocorrências: cavidades miarolíticas de ejetólitos vulcânicos<sup>88</sup>.

d4) Inossilicatos – nessas estruturas os tetraedros de  $[SiO]_4^4-$  encontram-se conectados em cadeias, compartilhando oxigênios com os tetraedros adjacentes. Essas cadeias simples unem-se lateralmente formando cadeias duplas. Nas cadeias simples a relação Si:O é de 1:3 e nas cadeias duplas de 4:11.

65. Bavenita (*Bavenite*)  $Ca_4Be_2Al_2Si_9O_{26}(OH)_2$  - sistema ortorrômbico, massa molar = 931,22 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,81% Be. Aspecto dos cristais: brancos, verdes, rosas, castanhos; maciços, lamelares, fibrorradiados. Ocorrências: drusas em pegmatitos<sup>89</sup>.

66. Chkalovita (*Chkalovite*)  $Na_2BeSi_2O_6$  - sistema ortorrômbico, massa molar = 207,16 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,35% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos; granulares. Ocorrências: pegmatitos alcalinos<sup>90</sup>.

67. Epididimita (*Epididymite*)  $NaBe_2Si_3O_7(OH)$  - sistema ortorrômbico, massa molar = 245,26 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,67% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos, cinzas, amarelos, azuis; tabulares, maciços, granulares, esferulíticos. Ocorrências: pegmatitos nefelina sieníticos<sup>91</sup>.

68. Eudidimita (*Eudidymite*)  $Na_2Be_3Si_6O_{15}.H_2O$  - sistema monoclinico, massa molar = 245,26 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,67% Be. Aspecto dos cristais: azuis, cinzas, amarelos, violetas; tabulares, maciços, granulares, esferulíticos. Ocorrências: pegmatitos nefelina sieníticos<sup>92</sup>.

69. Hogtuvaíta (*Hogtuvaite*)  $Ca_4[(Fe^{2+})_6](Fe^{3+})_6]O_4[Si_8Be_2Al_2O_{36}]$  - sistema monoclinico, massa molar = 837,17 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,94% Be. Aspecto dos cristais: pretos; prismáticos. Ocorrências: gnaisses graníticos e pegmatitos máficos; pegmatitos nefelina sieníticos<sup>92</sup>.

70. Khmaralita (*Khmaralite*)  $Mg_4(Mg_3Al_9)O_4[Si_5Be_2Al_5O_{36}]$  - sistema monoclinico, massa molar = 1.401,96 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,03% Be. Aspecto dos cristais: verde-escuros; agregados drusiformes. Ocorrências: pegmatitos nefelina sieníticos<sup>93</sup>.

71. Leucofanita (*Leucophanite*)  $NaCaBeSi_2O_6F$  - sistema ortorrômbico, massa molar = 235,92 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,82% Be. Aspecto dos cristais: brancos, amarelo-

esverdeados, amarelos, verdes claros; prismáticos, tabulares. Ocorrências: pegmatitos alcalinos<sup>68</sup>.

72. Makarochkinita (*Makarochkinite*)  $\text{Ca}_4[(\text{Fe}^{2+})_8(\text{Fe}^{3+})_2\text{Ti}_2]\text{O}_4[\text{Si}_8\text{Be}_2\text{Al}_2\text{O}_{36}]$  - sistema trigonal, massa molar = 235,92 g.mol<sup>-1</sup>, com 0,94% Be. Aspecto dos cristais: pretos; granulares. Ocorrências: pegmatitos graníticos<sup>94</sup>.

73. Mottanaíta-(Ce) (*Mottanaite-(Ce)*)  $(\text{CeCa})_2\text{AlBe}_2(\text{Si}_4\text{B}_4\text{O}_{22})\text{O}_2$  - sistema monoclínico, massa molar = 1.007,13 g.mol<sup>-1</sup>, com 0,72% Be. Aspecto dos cristais: castanho pálidos; granulares. Ocorrências: cavidades miarolíticas em sienitos alcalinos<sup>95</sup>.

74. Piergorita-(Ce) – (*Piergorite-(Ce)*)  $\text{Ca}_8\text{Ce}_2\text{AlLiSi}_6\text{B}_8\text{O}_{36}(\text{OH})_2$  - sistema monoclínico, massa molar = 1.498,89 g.mol<sup>-1</sup>, com 0,22% Be. Aspecto dos cristais: incolores, amarelo pálidos; aciculares. Ocorrências: cavidades miarolíticas em ejetólitos vulcânicos<sup>96</sup>.

75. Sorensenita (*Sorensenite*)  $\text{Na}_4\text{Be}_2\text{Sn}(\text{Si}_3\text{B}_9)_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - sistema monoclínico, massa molar = 721,23 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,50% Be. Aspecto dos cristais: incolores, branco leitosos, rosados; prismáticos, aciculares. Ocorrências: nefelina sienitos<sup>44</sup>.

76. Tvedalita (*Tvedalite*)  $\text{Ca}_4\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  - sistema ortorrômbico, massa molar = 764,79 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,54% Be. Aspecto dos cristais: brancos, cinza pálidos, beges; aciculares, esferulíticos. Ocorrências: pegmatitos nefelina sieníticos<sup>97</sup>.

ds) Filossilicatos – nessas estruturas os três dos quatro oxigênios existentes em cada um dos tetraedros de  $[\text{SiO}]^4$ , são compartilhados com os tetraedros vizinhos, numa relação Si;O de 2:5. Quase que todos os minerais desta Classe contêm OH em suas estruturas.

77. Bityita (*Bityite*)  $\text{CaLiAl}_2(\text{Si}_2\text{BeAl})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  - sistema monoclínico, massa molar = 387,16 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,33% Be. Aspecto dos cristais: branco-acastanhados, incolores, amarelos, branco perláceos; platiformes, incrustações. Ocorrências: pegmatitos litiníferos<sup>98</sup>.

78. Bussyita-(Ce) (*Bussyite-(Ce)*)  $(\text{Ce},\text{ETR,Ca})_3(\text{Na},\text{H}_2\text{O})_6\text{MnSi}_9\text{Be}_5(\text{O},\text{OH})_{30}\text{F}_4$  - sistema monoclínico, massa molar = 1.329,21 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,12% Be. Aspecto dos cristais: laranja rosado pálidos; aciculares. Ocorrências: pegmatitos nefelina sieníticos<sup>99</sup>.

79. Eurikita (*Eirikite*)  $\text{KNa}_6\text{Be}_2(\text{Si}_{15}\text{Al}_3)\text{O}_{39}\text{F}_2$  - sistema hexagonal, massa molar = 1.359,26 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,33% Be. Aspecto dos cristais: brancos, cinza pálidos, beges; agregados radiais. Ocorrências: pegmatitos nefelina sieníticos<sup>39</sup>.

80. Leifita (*Leifite*)  $\text{Na}_7\text{Be}_2(\text{Si}_{15}\text{Al}_3)\text{O}_{39}(\text{F},\text{OH})_2$  - sistema trigonal, massa molar = 425,47 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,48% Be. Aspecto dos cristais: brancos, incolores, brancos; prismáticos, aciculares. Ocorrências: cavidades miarolíticas em pegmatitos alcalinos<sup>100</sup>.

81. Nabesita (*Nabesite*)  $\text{NaBeSi}_4\text{O}_{10}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  - sistema ortorrômbico, massa molar = 391,94 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,30% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos; platiformes. Ocorrências: cavidade miarolítica em albititos<sup>101</sup>.

**82. Telyushenkoita (Telyushenkoite)  $\text{CsNa}_6\text{Be}_2\text{Al}_3\text{Si}_{15}\text{O}_{39}\text{F}_2$**  - sistema trigonal, massa molar = 1.433,11 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,28% Be. Aspecto dos cristais: incolores, brancos; granulares. Ocorrências: morenas glaciais<sup>102</sup>.

d6) Tectossilicatos – nessas estruturas todos os oxigênios existentes em cada tetraedro de  $[\text{SiO}]^4$ , são compartilhados com os tetraedros vizinhos, numa relação Si:O de 1:2.

**83. Alflarsenita (Alflarsenite)  $\text{NaCa}_2\text{Be}_3\text{Si}_4\text{O}_{13}(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$**  - sistema monoclinico, massa molar = 503,55 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,37% Be. Aspecto dos cristais: incolores; agregados. Ocorrências: pegmatitos sieníticos<sup>31</sup>.

**84. Chiavennita (Chiavennite)  $\text{CaMn}[\text{Be}_2\text{Si}_5\text{O}_{13}(\text{OH})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$**  - sistema ortorrômbico, massa molar = 531,51 g.mol<sup>-1</sup>, com 3,39% Be. Aspecto dos cristais: amarelos, laranjas, laranja-avermelhados; piramidados, agregados esferulíticos. Ocorrências: pegmatitos sieníticos<sup>31</sup>.

**85. Danalita (Danalite)  $\text{Be}_3(\text{Fe}^{2+})_4(\text{SiO}_4)_3\text{S}$**  - sistema cúbico, massa molar = 558,74 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,84% Be. Aspecto dos cristais: castanhos, preto-acastanhados, amarelo-acinzentados, rosas, castanho rosados; maciços. Ocorrências: granitos, pegmatitos graníticos, escarnitos, gnaisses e cornubianitos<sup>103</sup>.

**86. Genthelvita (Genthelvite)  $\text{Be}_3\text{Zn}_4(\text{SiO}_4)_3\text{S}$**  - sistema cúbico, massa molar = 596,91 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,53% Be. Aspecto dos cristais: verde-azulados, castanhos, incolores, verdes, amarelos, brancos; maciços; tetraedros e tritetraedros. Ocorrências: granitos alcalinos, cavidades miarolíticas de pegmatitos graníticos e sieníticos, escarnitos e greisens<sup>104</sup>.

**87. Helvina (Helvine)  $\text{Be}_3(\text{Mn}^{2+})_4\text{SiO}_4)_3\text{S}$**  - sistema cúbico, massa molar = 555,10 g.mol<sup>-1</sup>, com 4,87% Be. Aspecto dos cristais: castanhos, amarelo-acastanhados, cinzas, verde-amarelados; maciços, piramidados. Ocorrências: pegmatitos e escarnitos<sup>105</sup>.

**88. Hsianghualita (Hsianghualite)  $\text{Li}_2\text{Ca}_3\text{Be}_3(\text{SiO}_4)_3\text{F}_2$**  - sistema ortorrômbico, massa molar = 475,40 g.mol<sup>-1</sup>, com 5,69% Be. Aspecto dos cristais: brancos, incolores; trioctaedricos, dodecaédricos. Ocorrências: granitos e ardósias<sup>106</sup>.

**89. Lovdarita (Lovdarite)  $\text{K}_2\text{Na}_6\text{Be}_4\text{Si}_{14}\text{O}_{36} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$**  - sistema ortorrômbico, massa molar = 1.466,77 g.mol<sup>-1</sup>, com 2,39% Be. Aspecto dos cristais: incolores, amarelos, branco-amarelados, brancos; prismáticos, radiados, esteliformes. Ocorrências: pegmatitos alcalinos<sup>107</sup>.

**90. Roggianita (Roggianite)  $\text{Ca}_2\text{BeAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{13}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$**  - sistema tetragonal, massa molar = 540,72 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,67% Be. Aspecto dos cristais: amarelos, branco-amarelados, brancos; prismáticos, fibrosos, fibroradiados. Ocorrências: albititos<sup>108</sup>.

**91. Tugtupita (Tugtupite)  $\text{Na}_4\text{BeAlSi}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$**  - sistema tetragonal, massa molar = 467,74 g.mol<sup>-1</sup>, com 1,93% Be. Aspecto dos cristais: brancos, rosas, vermelho carmesins, verdes, azuis; prismáticos, piramidados, esfenoédricos, biesfenoédricos, maciços. Ocorrências: sienitos e sodalita sienitos. Associação mineralógica: albita, analcima, egririna, natrolita, chkalovite, epistolite, niobofilita, monazita,

rabdofânio, gerasimovskita, berilita, nenankeviquite e micas litiníferas. Principais jazimentos: Tugtup, intrusão Ilímaussaq, Groenlândia, Território Ultramarino da Dinamarca; Monte Sengischorr, Lovozero, Península de Kola, Rússia; Mount Saint-Hilaire, Quebec, Canadá. Usos: material gemológico<sup>33,109</sup>.

#### **4. OCORRÊNCIAS E USOS DE BERÍLIO**

Os minerais de berílio são encontrados majoritariamente em rochas alcalinas insaturadas em sílica e em produtos residuais de magmas graníticos, principalmente em cavidades miarolíticas de corpos pegmatíticos.

Seus principais minerais-fonte são berilo e bertrandita e, secundariamente, helvita, danalita, crisoberilo, berilonita e fenaquita. Como materiais gemológicos, devido às cores e perfeições de seus cristais, destacam-se a fenaquita – incolor, rosa, amarelo, azul, castanho; tugtupita – branco, rosa, vermelho carmesim, verde, azul; berilo (variedades: goshenita – laranja, roxo, castanho, cinza, preto e incolor; bisbita – vermelho; morganita – rosa; heliodoro – amarelo; esmeralda – verde; água-marinha - azul), berilonita – incolor, amarelo claro; crisoberilo (variedades: alexandrita – verde, violeta; olho-de-gato – verde, amarelo, cinza, com *chatoyance*), euclásio – incolor, amarelo, verde, azul; rodizita – incolor, branco, cinza, verde, vermelho, amarelo; taaffeíta - incolor, vermelho, rosa, azul, violeta, roxo<sup>33,110</sup>.

No Brasil, as principais ocorrências de minerais contendo berílio encontram-se nos estados de Minas Gerais (Almenara, Aracuaí, Belmonte, Capelinha, Caraí, Itabira, Conselheiro Pena, Coronel Murta, Galiléia, Golconda, Governador Valadares, Hematita, Itinga, Jequitinhonha, Marambaia, Medina, Minas Novas, Salinas, Mucuri, Nova Era, Padre Paraíso, Pavão, Pomarolli, Rio Doce, Rubelita, Sabinópolis, Santa Maria do Itabira, Santa Maria do Saúí, Santana dos Ferros, Santa Rita do Passaíquato, São Miguel de Piracicaba, Serro, Teófilo Otoni, Três Barras, Urucum e Virgem da Lapa), Bahia (Brumado, Campo Formoso, Carnaíba, Encruzilhadas, Itambé, Macarani, Marota, Medeiros Neto, Prado, Salininha (Pilão do Arcado), Socotó, Teixeira de Freitas e Vitória da Conquista), Paraíba (Alagoa Grande, Cristal, Juazeirinho, Picuí e Soledade), Rio Grande do Norte (Carnaúba dos Dantas, Cerro Corá, Currais Novos, Equador, Jardim do Seridó, Parelhas, Santo Antônio, São Tomé e Tenente Ananias), Ceará (Cachoeira, Quixeramobim, Solonópole e Tauá), Goiás (Campos Verdes, Itaberá, Pirenópolis e Santa Terezinha), São Paulo (Itapecerica da Serra e Patrocínio Paulista) e Amazonas (Presidente Figueiredo). No mundo, as principais ocorrências encontram-se nos Estados Unidos da América, Colômbia, Afeganistão, Namíbia, Moçambique, Paquistão, República da África do Sul, República Popular da China, Madagascar, Áustria, Noruega, União de Myanmar, Itália, República Tcheca, Rússia, Sri Lanka e Zimbábue<sup>21,22,110</sup>.

## 5. CONCLUSÕES

Até o momento existem 96 espécies mineralógicas contendo berílio em suas composições químicas validadas pela IMA. A bromellita é a que apresenta a maior massa do elemento com 36,03%. Em sua grande maioria pertencem à Classe mineralógica dos silicatos (59 espécies), seguida dos fosfatos e arseniatos (22 espécies), óxidos e hidróxidos (8 espécies), boratos (3 espécies) e carbonatos (somente uma espécie), estando relacionados, em sua grande maioria, a zonas de granitóides e pegmatitos alcalinos.

O berílio é um importante elemento de aplicabilidade industrial (desacelerador neutrônico em reatores nucleares, janelas para tubos de raios X, aumenta a resistência em ligas metálicas, componente de giroscópios, liga para molas de relógios e ferramentas antifaiscantes). Seus principais minerais-fonte são berilo, bertrandita, helvita, danalita, crisoberilo, berilonita e fenaquita. Um grupo significativo serve como material gemológico (berilo, crisoberilo, berilonita, euclásio, tugtupita, fenaquita, rodizita e taaffeíta), além de belas peças para acervo de museus. Os demais servem apenas como material de interesse científico e museológico.

Entre os maiores portadores em massa do elemento temos a bromellita com 36,03%, behoíta e clinobehoíta com 20,95% e a esferobertrandita com 17,07%. Muito embora contenham mais Be do que os minerais-fonte não apresentam interesse devido à distribuição pontual de seus depósitos.

## REFERÊNCIAS

1. P. de M. Branco and M. L. S. C Chaves. *Terrae Didatica*, 2, 75-85 (2006).
2. P. C. P. das Neves, D. S. Corrêa and J. R. Cardoso *Terrae Didatica*, 4: 51-66 (2008b).
3. P. C. P. das Neves, P. de M. Branco and P. A. *South. Braz. J. Chem.*, 5: 51-66 (1997).
4. P. C. P. das Neves, F. Schenato and F. A. Bachi. *South. Braz. J. Chem.*, 13: 63-79 (2005).
5. P. C. P. das Neves, F. A. Bachi, F. A., E. A. Prochnow and F. Schenato. *Techn.*, 7: 67-92 (2006).
6. L. Ionescu, P. C. P. das Neves, F. Schenato and F. A. Bachi. The Periodic Table of the Elements and the associated minerals - gold. *South. Braz. J. Chem.*, 15: 1-13 (2007).
7. P. C. P. das Neves and F. Schenato, *Techn.*, 8: 55-73 (2007).
8. P. C. P. das Neves, F. Schenato and D. Vieira. *Techn.*, 8: 91-96, (2007).
9. P. C. P. das Neves, D. S. Corrêa and J. R. Cardoso. *Techn.*, 9: 66-76 (2008).

10. P. C. P. das Neves and L. G. Ionescu, L. G. *South. Braz. J. Chem.*, 16: 59-82 (2008b).
11. P. C. P. das Neves, D. V. de Freitas and L. Ionescu. *South. Braz. J. Chem.*, 18: 37-47 (2010).
12. L. G. Ionescu, P. C. P. das and D. V. de Freitas. *South. Braz. J. Chem.*, 19: 85-106 (2011).
13. H. Strunz, H. and E. H. Nickel, "Strunz mineralogical tables: chemical-structural mineral classification system". Schweizerbart'sche, Stuttgart, Germany, 2001, 870pp.
14. N. N. Greenwood and A. Earnshaw. "Chemistry of the elements". Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 2006, 1341p.
15. J. D. Lee. 2003. "Química Inorgânica não tão consisa". Edgar Blücher, São Paulo, 2003, 527p.
16. G. O. Abell, D. Morrison, D. and S. C. Wolff. "Exploration of the Universe". Saunders, Philadelphia, USA, 1985, 755p.
17. J. Barrow, J. "The origin of the Universe". Orion, Sussex, England, 1994, 124p.
18. H. G. Cordani, H. G. O planeta Terra e suas origens. In: W. Teixeira, M. C. M. de Toledo, T. R. Fairchild and F. Taioli (orgs.), 2009. "Decifrando a Terra". Oficina de Textos, São Paulo, 2009, 624p. p. 1-26.
19. J. C. Gonçalves. "Tabela Atômica – um estudo completo da Tabela Periódica". Atômica, Curitiba, 2003, 263p.
20. C. Klein, B. Dutrow. "Manual de Ciências dos Minerais". Porto Alegre, Bookman, 2012, 675p.
21. J. R. Craig, D. J. Vaughan and B. J. Skinner, "Resources of the Earth- origin, use, and environmental impact". Prentice Hall, Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001, 520p.
22. P. C. P. das Neves, F. Schenato and F. A. Bach. 2008c. "Introdução à Mineralogia Prática". 3<sup>a</sup> Ed., ULBRA, Canoas, 2011, 360p.
23. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Louis\\_Nicolas\\_Vauquelin](http://pt.wikipedia.org/wiki/Louis_Nicolas_Vauquelin).
24. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Friedrich\\_W%C3%BChlner](http://pt.wikipedia.org/wiki/Friedrich_W%C3%BChlner).
25. F. A. Cotton and G. Wilkinson "Advanced Inorganic Chemistry". John Wiley, New York, 1988, 1445p.
26. M. Back, J. A. Mandarino. "Fleischer's glossary of minerals species". The Mineralogical Record, Tucson, 2008, 343p.
27. I. V. Pekov, N. V. Zubkova, N. V. Chukanov, A. A. Agakhanov, D. I. Belakovskiy, L. Horváth, Y. E. Filinchuck, E. R. Gobechiya, D. Y. Puschcharovsky and M. K. Rabadanov. *Can. Mineral.*, 46, 1343-1354 (2008).
28. J. D. Grice, R. Rowe, G. Poirier, A. Pratt and J. Francis. *Can. Mineral.*, 47: 193-204 (2009).
29. A. O. Larsen, U. Kolitsch, R. A. Gault and G. Giester, G. *Eur. J. Mineral.*, 22, 875-880 (2010).
30. C. L. Lengauer, N. Hrauda, U. Kolitsch, R. Krickel and E. Tillmans. *Mineral. Petrol.*, 96, 221-232 (2009).
31. G. Raad, J. D. Grice and M. A. Cooper. *Eur. J. Mineral.*, 21, 893-900 (2009).

32. D. Atencio "Type-mineralogy of Brazil". USP, São Paulo, 2000, 114p.
33. C. S. Hurlburt Jr. and R. C. Kammerling. "Gemology". John Wiley, New York, 2000, 336p.
34. A. O. Larsen, A. Åsheim, R. A. Gault and S. A. Berge. *Can. Min.*, 25, 425-428, (1987).
35. E. A. J. Burke and W. J. Lustenhouwer.. *Can. Mineral.*, 19, 311-314 (1981).
36. K. Schmetzer, L. Kiefert, H-J. Bernhardt and M. Murford, *M. Neues Jahrb. Miner. Abh.*, 181, 265-270 (2005).
37. K. Schmetzer. *Neues Jahrb. Miner.: Abh.*, 146, 15-28 (1983).
38. L. Pauling, H. P. King and A. N. Winchell. *Am. Mineral.*, 20, 492-501 (1935).
39. L. Horváth and R. A. Gault. *Min. Rec.*, 21, 281-359 (1980).
40. J. L. Jambor, J. L. and J. Puziewicz. Clinobehoíta – New Minerals Names. *Am. Mineral.*, 76, 666-667
41. M. Fleischer. *Am. Mineral.*, 53, 348.
42. W. B. Simmons, F. Pezzotta, A. U. Falster and K. L. Webber. *Can. Mineral.*, 39, 747-755 (2001).
43. D. Atencio, D., N. Chukanov, J. M. V. Coutinho, L. A. D., Menezes Filho, V. T. Dubinchuk and S. Möckel. *Can. Mineral.*, 45(5): 1263-1273 (2007).
44. M. Fleischer. *Am. Mineral.*, 51, 1547-1548 (1966).
45. G. W. Robinson, J. D. Grice and J. van Velthuizen. *Can. Mineral.*, 23, 507-510 (1985).
46. M. L. Lindberg and K. J. Murata *Am. Mineral.*, 38, 263-270 (1953).
47. D. R. Peacor, P. J. Dunn, W. L. Roberts, T. J. Campbell and D. Newbury Bull. *Minéral*, 106: 499-503 (1983).
48. M. Fleischer, M. *Am. Mineral.*, 49, 1152 (1964).
49. F. Spallek, *F. Lapis*, 1: 13-24 (1996).
50. N. V. Chukanov, R. K. Rastsvetaeva, St. Möckel, A. E. Zadov and L. A. Levitskaya *New data on minerals*, 42, 11-15 (2007).
51. P. B. Leavens, P. J. Dunn and R. V. Gaines *Am. Mineral.*, 63, 913-917 (1978).
52. M. E. Mrose. *Am. Mineral.*, 37, 931-940 (1952).
53. E. E. Foord, M. E. Brownfield, F. E. Lichte, A. M. Davis and S. J. Sutley *Can. Mineral.*, 32, 839-842 (1994).
54. A. R. Kampf, P. J. Dunn and E. E. Foord. *Am. Mineral.*, 77, 843-847 (1992).
55. M. L. Lindberg. *Am. Mineral.*, 43, 824-838 (1958).
56. W. D. Birch, A. Pring, E. E. Foord. *Can. Mineral.*, 33(1): 55-58 (1995).
57. P. J. Dunn and R. V. Gaines. 1978. *Min. Rec.*, 9(1): 99-100 (1978).
58. M. Fleischer *Am. Mineral.*, 41, 371 (1956).
59. A. O. Larsen, A. O. "The Langesundsfjord. History, geology, pegmatites, minerals". Bode Verlag GmbH, Salzhemmendorf, Germany, 2010, 240p.
60. G. Graziani and G. Guidi, G. *Am. Mineral.*, 65, 183-187 (1980).
61. F. H. Pough 1936. *Neues Jahrb. Mineral. Monatsh.*, 71, 291-341 (1936).
62. T. V. Segalstad and A. O. Larsen, A. O. *Am. Mineral.*, 63, 188-195 (1978).
63. J. Ito and S. S. Hafner *Am. Mineral.*, 59(7-8): 700-708 (1974).
64. J. L. Jambor and J. Puziewicz, J. *Am. Mineral.*, 75, 432 (1990).

**SOUTHERN BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMISTRY**  
**SOUTH. BRAZ. J. CHEM., Vol. 20, No. 20, 2012**

*P. C.P. Neves and L. G. Ionescu*

117

65. X. Lulu and P. Zhizhong *Ac. Mineral. Sin.*, 5, 290-293 (1985).
66. P. J. Dunn, M. Fleischer, C. A. Francis, R. H. Langley, S. A. Kissin, J. E. Shigley, D. A. Vanko and J. A. Zilczer, *J. A. 1984. Am. Min.*, 69(7-8): 811 (1984).
67. M. Fleischer. *Am. Mineral.*, 50, 519 (1965).
68. J. D. Grice and F. C. Hawthorne *Can. Mineral.*, 27, 193-197 (1989).
69. E. E. Foord, R. V. Gaines, J. B. Crock, W. J. Simmons and C. P. Barbosa Jr. *Am. Mineral.*, 71(3-4):603-607 (1986).
70. E. W. F. de Roever, C. Kieft, E. Murray, E. Klein and W. H. Drucker. *Amer. Mineral.*, 61(3-4): 193-199 (1976).
71. P. J. Dunn, M. Fleischer, C. A. Francis, R. H. Langley, S. A. Kissin, J. E. Shigley, D. A. Vanko and J. A. Zilczer, *J. A. Am. Min.*, 70, 1332 (1985).
72. W. F. Foshag *Am. Mineral.*, 12, 381 (1927).
73. E. W. Heinrich and R. W. Deane. *Amer. Mineral.*, 47, 758-763 (1962).
74. R. H. Vernon and K. L. Williams. *Amer. Mineral.*, 45, 1300-1303 (1960).
75. S. V. Krivovichev, V. N. Yakovenchuk, T. Armbruster, Y. Mikhailova and Y. A. Pakhomovsky 2004. *Neues Jahrb. Mineral. Monatsh.*, 8, 373-384 (2004).
76. M. Fleischer. *Am. Mineral.*, 48, 211-212 (1963a).
77. P. B. Moore. *Amer. Mineral.*, 53, 1418-1420 (1968).
78. J. D. Grice and G. W. Robinson, G. W. *Can. Mineral.*, 22, 443-446 (1984).
79. R. C. Rouse, D. R. Peacor, P. J. Dunn, S-C. Su, P. H. Chi, and H. Yates. *Can. Mineral.*, 32, 43-53 (1994).
80. T. Mihajlovic, C. L. Lengauer, Th. Ntaflos, U. Kolitsch and E. Tillmanns. *Neues Jahrb. Mineral. Monatsh.*, 179, 265-294 (2004).
81. M. Fleischer. *Am. Mineral.*, 52, 1582-1583 (1967).
82. G. Juve and S. Bergst  l, S. *Mineral. Petrol.*, 43, 131-136 (1990).
83. J. Sinkankas. "Emeralds and other beryls". Chilton, Radnor, 1981, 655p.
84. P. B. Moore, T. Araki and S. Ghose 1982. *Am. Mineral.*, 67, 1012-1020 (1982).
85. P. Cerny, F. C. Hawthorne, and E. Jarosewich, E. *Can. Mineral.* 18, 41-57 (1980).
86. R. K. Rastsvetaeva, V. G. Evsyunin and A. A. Kashaev, A. A. *Crystall. Rep.*, 40, 228-232 (1985).
87. F. C. Hawthorne, M. A. Cooper, W. B. Simmons, A. U. Falster, B. M. Laurs, T. Armbruster, G. R. Rossman, A. Peretti, D. G  nter and B. Grob  ty. *Min. Rec.*, 35(5): 369-378 (2004).
88. G. Ferraris, M. Prencipe and P. Rossi. *Eur. J. Min.*, 10, 491-496 (1998).
89. M. Fleischer and G. Switzer. *Am. Mineral.*, 38, 988-993 (1953).
90. W. F. Foshag. *Am. Mineral.*, 25, 380 (1940).
91. J. A. Mandarino and D. C. Harris *Can. Mineral.*, 9, 706-709 (1969).
92. E. H. Nickel. *Can. Mineral.*, 7, 643-649 (1963).
93. J. Barbier, E. S. Grew, P. B. Moore and S. Chun Su. *Am. Mineral.*, 84, 1650-1660 (1999).

**SOUTHERN BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMISTRY**  
**SOUTH. BRAZ. J. CHEM.**, Vol. 20, No. 20, 2012

118

*Minerais de Berílio*

94. E. S. Grew, J. Barbier, J. Britten, M. G. Yates, O. Vladislav, E. Polyakov, P. Shcherbakova, U. Hälenius and C. K. Shearer. *Am. Mineral.*, 90(8-9): 1402-1412 (2005).
95. G. Della Ventura, P. Bonazzi, R. Oberti, L. Ottolini. *Am. Mineral.*, 87, 739-744 (2002).
96. M. Boiocchi, A. Callegari and L. Ottolini 2006. *Am. Mineral.*, 91, 1170-1177 (2006).
97. A. O. Larsen, A. Åsheim, G. Raade and J. Taftó, J. *Amer. Mineral.*, 77, 438-443 (1992).
98. J-C. Lin and S. Guggenheim. *Am. Mineral.*, 68, 130-142 (1993).
99. J. D. Grice, R. Rowe, G. Poirier, A. Pratt and J. Francis. *Can. Min.* 47, 193-204 (2009).
100. A. Coda, L. Ungaretti and A. Della Giusta. *Acta Crystall.*, 396-401 (1994).
101. O. V. Petersen, G. Giester, F. Brandstätter and G. Niedermayer. *Can. Mineral.*, 40, 173-181 (2002).
102. O. V. Sokolova, G. Giester, F. Brandstätter and G. Niedermayer. *Can. Mineral.*, 40, 183-192 (2002).
103. A. M. Sytle, I. Hassan and J. B. Parise, J. B. *Can. Mineral.*, 41, 1413-1422 (2004).
104. J. J. Glass, R. H. Jahns and R. E. Stevens. *Amer. Mineral.*, 29, 163-191 (1944).
105. I. Hassan and H. D. Grundy. *Am. Mineral.*, 70, 186-192 (1985).
106. M. Fleischer. *Am. Mineral.*, 44, 1327-1328 (1959).
107. M. Fleischer. *Am. Mineral.*, 59, 874 (1974).
108. E. Pasaglia E. *Clay Minerals*, 8: 107-111 (1969).
109. M. Fleischer, M. *Am. Mineral.*, 48, 1178 (1963b).
110. J. Dias, J. "Perfil analítico do berílio". DNPM: Rio de Janeiro, 1973, 20p.
111. N. V. Chukanov, R. K. Rastsvetaeva, St. Möckel, A. E. Zadov and L. A. Levitskaya, L. A. *New data on minerals*, 41, 18-25 (2006).
112. J. D. Grice and F. C. Hawthorne. *Can. Mineral.*, 40(3):971-980 (2002).
113. Vauquelinite URL: <http://www.mindat.org/min-4163.html> - consultado em 07.09.2011.
114. Wöhlerite URL: <http://www.mindat.org/min-4303.html> - consultado em 07.09.2011.