



TORBERNITA (torbernite) – Mineral do Grupo dos Fosfatos. Grupo da Autunita. $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{-}12\text{H}_2\text{O}$. Homenagem a Torbern Olof Bergmann (1735-1784), químico sueco.

Cristalografia: Tetragonal, classe bipiramidal-ditetragonal ($4/m\ 2/m\ 2/m$). **Grupo espacial e malha unitária:** $I4/mmm$, $a_0 = 7,025\text{Å}$, $c_0 = 20,63\text{Å}$, $Z = 2$.

Padrão de raios X do pó do mineral:

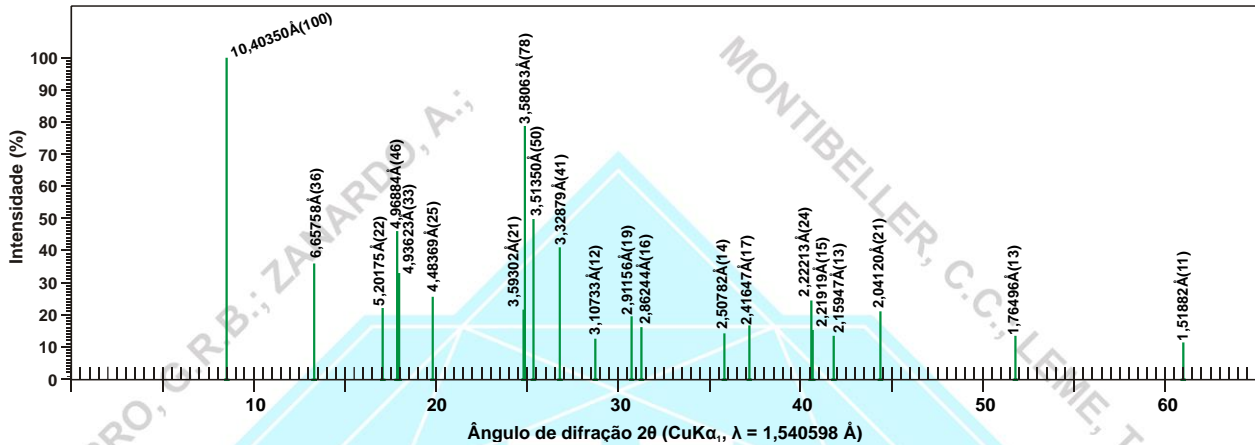


Figura 1 – posição dos picos principais da torbernita em difratograma de raios X (modificado de Burns & Locock, 2003).

Hábito: ocorre geralmente formando agregados subparalelos, foliados, micáceos, escamosos e /ou terrosos ou incrustações. Também granular ou maciço. Os cristais normalmente são tabulares bastante delgados gerando aspecto de escamas de seção quadrada ou de oito lados. Os cristais podem ser piramidais {111}. Geminação: {110}, rara.

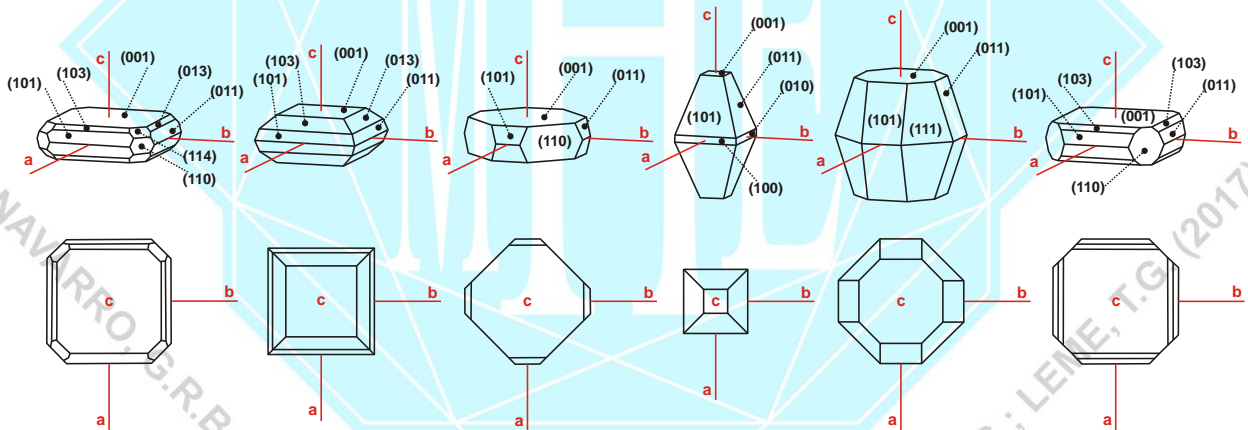


Figura 2 – cristais de torbernita. (modificado de www.smorf.nl; www.mineralienatlas.de)

Propriedades físicas: duas direções de clivagem, uma direção de clivagem perfeita {001} (micácea) e uma indistinta {100}; quebradiço; Dureza: 2-2,5; densidade relativa: 3,22-3,6 g/cm^3 ; radioativo; fluorescência média a fraca sob luz UV. Transparente a translúcido; verde esmeralda, verde grama, verde maçã, entre outros tons; cor do traço: verde pálido; brilho: vítreo, subadamantino, ceroso, nacarado nos planos de clivagem, tornando-se fosco quando desidrata (altera para metatorbernita).

Propriedades óticas: Cor: incolor, amarelo claro a amarelo pálido em luz transmitida. Relevo: baixo positivo, $n >$ bálamo ($\epsilon = 1,581\text{-}1,582$, $\omega = 1,590\text{-}1,592$). Pleocroísmo: $O =$ verde escuro a azul celeste, $E =$ verde. Uniaxial (-). $\delta = 0,009\text{-}0,010$. Absorção: $E < O$.

Composição química: Fosfato hidratado de cobre e uranila. O conteúdo de água no mineral varia com a umidade relativa. (1) $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. (2) $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. (3) torbernita (Leupoldsdorf, Bavaria, Alemanha). rem = SiO_2 . (1), (2), (3) análises compiladas de Palache et al., (1966).

	(1)	(2)	(3)
P_2O_5	14,06	15,14	14,50



CuO	7,88	8,49	7,73
UO ₃	56,65	61,00	57,03
H ₂ O	21,42	15,37	20,30
PbO			
Rem.			0,59
Total	100	100	100,15

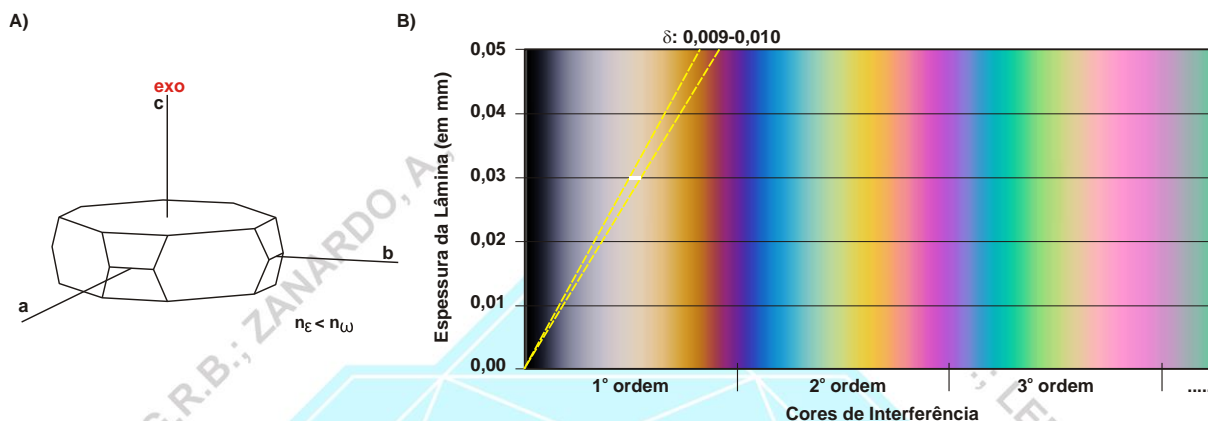


Figura 3 – A) orientação ótica de cristal de torbernita. B) carta de cores mostrando o intervalo das cores de interferência e valores de birrefringência máxima ($\delta = \omega - \varepsilon$) de cristais de torbernita com espessura de 0,030 mm. exo: eixo ótico.

Propriedades diagnósticas: radioatividade, hábito (cristais quebradiços laminados, escamosos, “micáceos”), cor do traço, associação mineralógica (ocorre normalmente com autunita) e análise para detectar o cátion cobre. Escala de fusibilidade (von Kobell): 2,5. Solúvel em HNO₃. A cor verde é uma característica que a diferencia da autunita que é amarela.

Gênese: como a autunita, é um mineral secundário encontrado principalmente na zona de oxidação e intemperismo de depósitos de cobre com urânio. Ocorre preenchendo fraturas e cavidades em pegmatitos e em algumas rochas sedimentares, sendo resultado da alteração hidrotermal de uraninita e outros minerais de urânio.

Associação mineral: ocorre associado a metatorbernita, autunita, zeunerita, uraninita, feldspatos, turmalina, quartzo, etc.

Ocorrências: no Brasil é encontrado em Lagoa Real (BA); em Malacacheta (MG); em Perú (SP); etc.

Usos: pode ser mineral de minério de U.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beintema, J. 1958. On the composition and the crystallography of autunite and the metaautunites. **Rendiconti della Società Mineralogica Italiana**, 14, i.p. 215.

Betjetin, A. 1970. **Curso de Mineralogia (2º edición)**. Traduzido por L. Vládov. Editora Mir, Moscou, Rússia. 739 p.

Betekhtin, A. 1964. **A course of Mineralogy**. Translated from the Russian by V. Agol. Translation editor A. Gurevich. Peace Publishers, Moscou, Rússia. 643 p.

Branco, P. M. 1982. **Dicionário de Mineralogia (2º edição)**. Editora da Universidade (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brasil. 264 p.

Branco, P. M. 2008. **Dicionário de Mineralogia e Gemologia**. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil. 608 p.

Burns, P. C. & Locock, A. J. 2003. Crystal structures and synthesis of the copper-dominant members of the autunite and meta-autunite groups: torbernite, zeunerite, metatorbernite and metazeunerite. **Canadian Mineralogist**, 41, i.p. 489.

Chang, L. L. Y.; Howie, R. A.; Zussman, J. 1998. **Rock-Forming Minerals. Non-silicates: Sulphates, Carbonates, Phosphates, Halides. Volume 5B** (2º edition). The Geological Society, London, England. 383 p.

Dana, J. D. 1978. **Manual de Mineralogia (5º edição)**. Revisto por Hurlbut Jr., C. S. Tradução: Rui Ribeiro Franco. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, Brasil. 671 p.



Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. 1981. **Minerais Constituintes das Rochas – uma introdução.** Tradução de Luis E. Nabais Conde. Fundação Calouste Gulbenkian, Soc. Ind. Gráfica Telles da Silva Ltda, Lisboa, Portugal. 558 p.

Gribble, C. D. & Hall, A. J. 1985. **A Practical Introduction to Optical Mineralogy.** George Allen & Unwin (Publishers) Ltd, London. 249 p.

Gribble, C. D. & Hall, A. J. 1992. **Optical Mineralogy Principles and Practice.** Chapman & Hall, Inc. New York, USA. 303 p.

Heinrich, E. W. 1965. **Microscopic Identification of minerals.** McGraw-Hill, Inc. New York, EUA. 414 p.

Kerr, P. F. 1965. **Mineralogia Óptica (3º edición).** Traducido por José Huidobro. Talleres Gráficos de Ediciones Castilla, S., Madrid, Espanha. 432 p.

Klein, C. & Dutrow, B. 2012. **Manual de Ciências dos Minerais (23º edição).** Tradução e revisão técnica: Rualdo Menegat. Editora Bookman, Porto Alegre, Brasil. 716 p.

Klein, C. & Hulburt Jr., C. S. 1993. **Manual of mineralogy (after James D. Dana) (21º edition).** Wiley International ed., New York, EUA. 681 p.

Klockmann, F. & Ramdohr, P. 1955. **Tratado de Mineralogia (2º edición).** Versión del Alemán por el Dr. Francisco Pardillo. Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, Espanha. 736 p.

Leinz, V. & Campos, J. E. S. 1986. **Guia para determinação de minerais.** Companhia Editorial Nacional. São Paulo, Brasil. (10º edição). 150 p.

Navarro, G. R. B. & Zanardo, A. 2012. **De Abelsonita a Zykaíta – Dicionário de Mineralogia.** 1549 p. (inédito).

Navarro, G. R. B. & Zanardo, A. 2016. **Tabelas para determinação de minerais.** Material Didático do Curso de Geologia/UNESP. 205 p.

Nesse, W. D. 2004. **Introduction to Optical Mineralogy (3º edition).** Oxford University Press, Inc. New York, EUA. 348 p.

Palache, C.; Berman, H.; Frondel, C. 1966. **The System of Mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana, Volume II. Halides, Nitrates, Borates, Carbonates, Sulfates, Phosphates, Arsenates, Tungstates, Molybdates, etc.** John Wiley & Sons, Inc., New York (7º edition). 1124 p.

Sinkankas, J. 1964. **Mineralogy for Amateurs.** Van Nostrand Reinhold Company, New York, EUA. 585 p.

Winchell, A. N. 1948. **Elements of Optical Mineralogy: an introduction to Microscopic Petrography, Part II. Descriptions of Minerals (3º edition).** John Wiley & Sons, Inc., New York (3º edition). 459 p.

sites consultados:

www.handbookofmineralogy.org

www.mindat.org

www.mineralienatlas.de

<http://rruff.info>

www.smorf.nl

www.webmineral.com