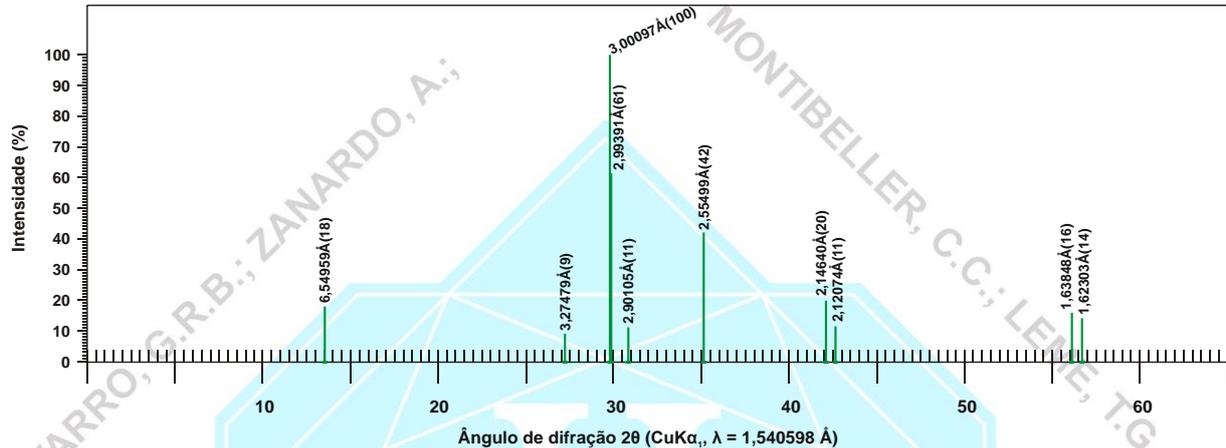




**HEDENBERGUITA** (hedenbergite) - Mineral do Grupo dos Inossilicatos. Grupo dos Clinopiroxênios. Forma série isomórfica com o diopsídio e com a johannsenita.  $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_6$ . Homenagem a M. A. Ludwing Hedenberg, químico sueco, o primeiro a analisar o mineral.

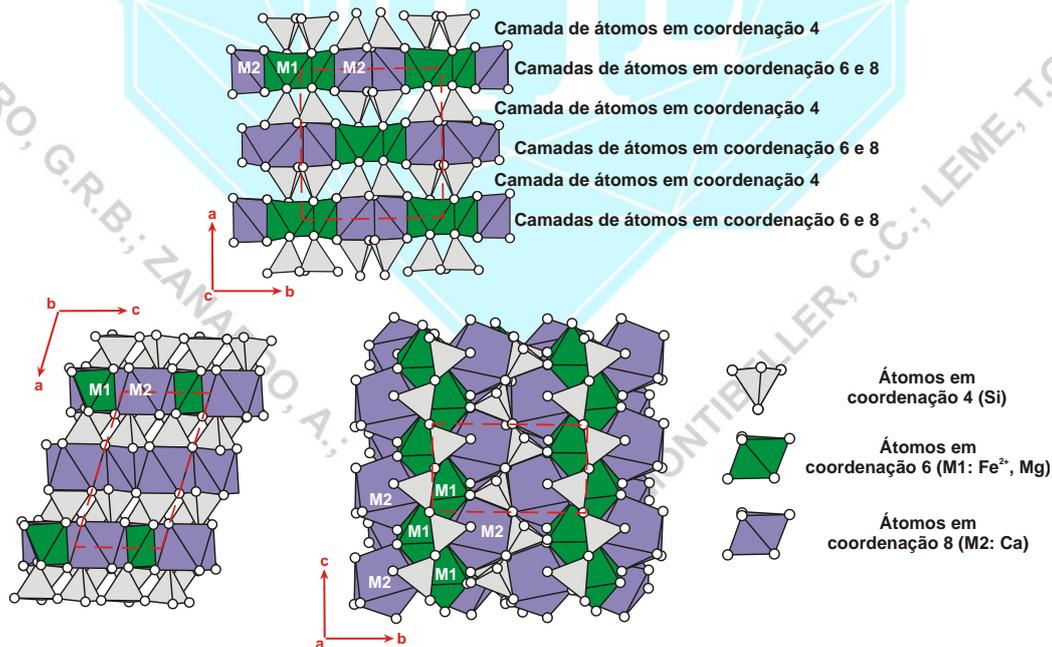
**Cristalografia:** Monoclínico, classe prismática ( $2/m$ ). **Grupo espacial e malha unitária:**  $C2/c$ ,  $a_0 = 9,845\text{Å}$ ,  $b_0 = 9,024\text{Å}$ ,  $c_0 = 5,245\text{Å}$ ,  $\beta = 104,74^\circ$ ,  $Z = 4$ .

**Padrão de raios X do pó do mineral:**



**Figura 1** – intensidade e posição dos picos principais da hedenberguita em difratograma de raios X (modificado de Papike et al., 1973).

**Estrutura:** na estrutura da hedenberguita, cada tetraedro  $\text{SiO}_4$  compartilha dois dos quatro vértices, formando uma cadeia (e/ou fio) de composição  $(\text{SiO}_3)_n$ . A distância de repetição é de  $\sim 5,3\text{Å}$ , definindo o parâmetro “c” da malha unitária. Na estrutura da hedenberguita, as cadeias de  $[(\text{SiO}_3)_n]$  estão unidas por átomos de Ca e Fe, constituindo de modo geral “camadas de átomos em coordenação 4 (cadeias  $(\text{SiO}_3)_n$ )” e “camadas de átomos em coordenação 6 e 8” segundo o eixo “a”. Os átomos de Fe (e Mg) ocupam a posição M1, e estão rodeados por 6 oxigênios (coordenação 6). Os átomos de Ca, de maior raio atômico, ocupam a posição M2 e estão rodeados por 8 oxigênios (coordenação 8). Os átomos de Fe e Mg localizam-se principalmente entre os ápices das cadeias de  $\text{SiO}_3$ , enquanto que os átomos de Ca estão localizados principalmente entre as suas bases. Não há nenhum deslocamento das cadeias vizinhas na direção “b”, mas as cadeias vizinhas estão em *zig-zag* na direção “c”, de tal maneira que resulta em malha monoclínica.

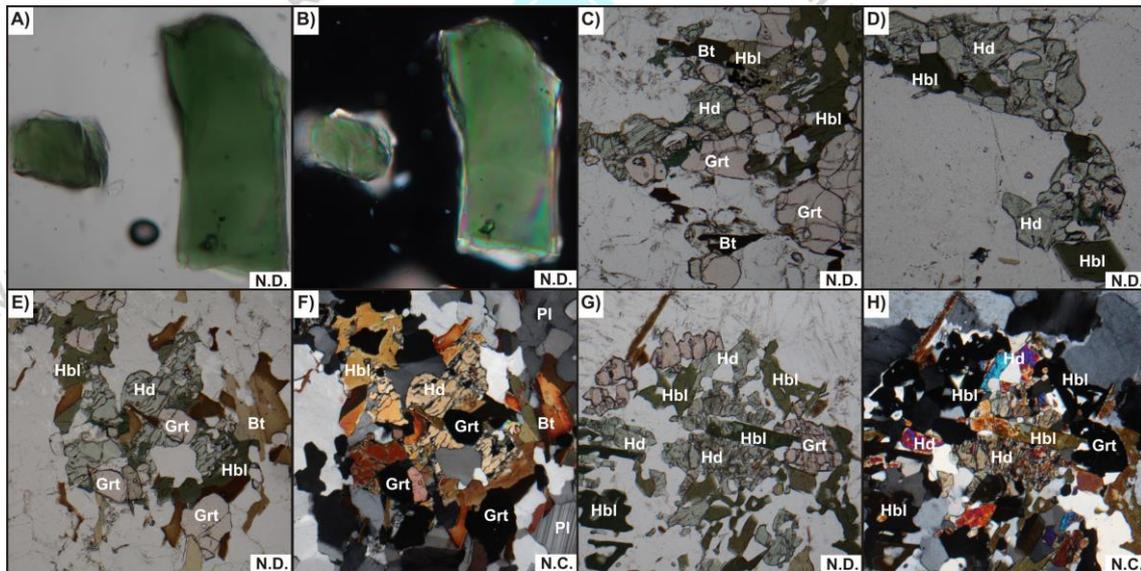


**Figura 2** - estrutura da hedenberguita (modificado de Cameron et al., 1973; [http://webmineral.com/jpowd/JPX/jpowd.php?target\\_file=Diopside.jp# WMXmd-QiziU](http://webmineral.com/jpowd/JPX/jpowd.php?target_file=Diopside.jp# WMXmd-QiziU)).

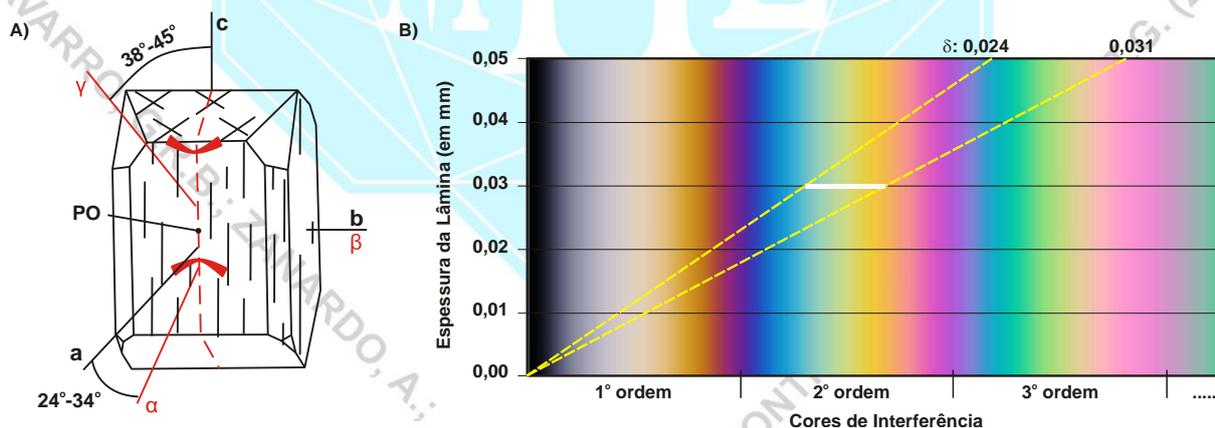
**Hábito:** normalmente ocorre como agregados colunares, granulares ou aciculares. Granular, lamelar, maciço. Os cristais são prismáticos curtos. Geminação: simples e polissintética em {100} e {010}.

**Propriedades físicas:** clivagem boa {110} (prismática),  $(110) \wedge (1\bar{1}0) \sim 87^\circ$ , partição {100} e {010}; fratura: irregular a conchoidal; quebradiço; Dureza: 5-6,5; densidade relativa: 3,3-3,56 g/cm<sup>3</sup>. Transparente, translúcido a opaco; verde-escuro, verde-acastanhado, castanho-escuro a preto; cor do traço: branco a cinzento; brilho: vítreo ou fosco.

**Propriedades óticas:** Cor: verde amarronzado, castanho ou verde, verde pálido em seção delgada. Relevo: alto positivo,  $n >$  bálsamo ( $\alpha = 1,699-1,739$ ,  $\beta = 1,705-1,745$ ,  $\gamma = 1,728-1,757$ ). Pleocroísmo: fraco, X = verde claro, verde azulado pálido, verde azulado escuro, verde escuro, Y = púrpura, verde, verde azulado, Z = verde, verde amarelado pálido, amarelo-verde, amarelo, amarelo amarronzado. Orientação:  $\alpha \wedge a = 24^\circ-34^\circ$ ,  $\beta = b$ ,  $\gamma \wedge c = 38^\circ-45^\circ$ . As seções longitudinais mostram alongação positiva. Plano Ótico (PO): (010). Biaxial (+).  $\delta = 0,024-0,031$ .  $2V = 58^\circ-63^\circ$ . Dispersão: moderada a forte,  $r > v$ . Os índices de refração e a birrefringência diminuem com o aumento do teor de Mg na série hedenberguita - diopsídio e pleocroísmo diminui.



**Figura 3** – Fotomicrografias de seções delgadas. A), B) lâmina de pó de hedenberguita. C), D), E), F), G), H) cristais de hedenberguita em granada-biotita-hornblenda ortogneisse ( fácies anfibolito superior/granulito inferior). Bt: biotita. Grt: granada. Hbl: hornblenda. Hd: hedenberguita. Pl: plagioclásio. N.D. nicóis descruzados. N.C. nicóis cruzados.



**Figura 4** – A) orientação ótica de cristal de hedenberguita (modificado de Deer et al., 1981). B) carta de cores mostrando o intervalo das cores de interferência e valores de birrefringência máxima ( $\delta = \gamma - \alpha$ ) de cristais de hedenberguita com espessura de 0,030 mm.

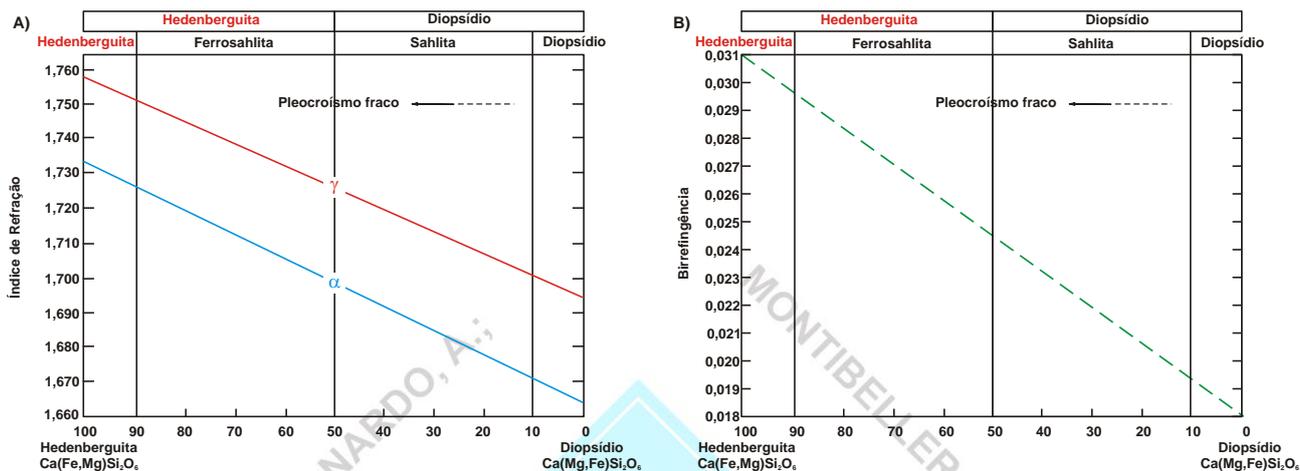


Figura 5 – A) variação dos índices de refração e B) birrefringência na série hedenberguita – diopsídio (modificado de Deer et al., 1981).

**Composição química:** Silicato de cálcio e ferro. Contém pouco ou nenhum Al e pequenas quantidades de Mg. O número de átomos (cátions e ânions) por unidade de fórmula (a.p.u.f.) é calculado na base para 6 (O). (1)  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ . (2) hedenberguita (ferrosahlita) em skarn (Dt. Laurence County, New York, EUA). (3) hedenberguita (ferrosahlita) no contato entre granulito e granito (Garividi, Andhara Pradesh, Índia). (4) hedenberguita (ferrosahlita) em mármore em anortosito (pedreira Pockamoonshire, Adirondacks, New York, EUA). (5) hedenberguita em skarn (depósito de ferro Tignitio, Elba). (6) hedenberguita (Hureault, Califórnia, EUA). (2), (3), (4), (5), (6) análises compiladas de Deer et al. (1981, 1997).

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$\text{SiO}_2$	48,44	45,80	47,91	50,71	48,00	48,34
$\text{TiO}_2$		0,31	0,31	0,07		0,08
$\text{Al}_2\text{O}_3$		5,11	5,21	1,06	0,63	0,30
$\text{Fe}_2\text{O}_3$		5,87	3,27	0,53	3,32	1,50
$\text{FeO}$	28,96	12,44	12,44	18,57	22,25	22,94
$\text{MnO}$		0,41	0,41	0,18	0,81	3,70
$\text{MgO}$		6,86	7,86	5,70	2,12	1,06
$\text{CaO}$	22,6	22,54	22,04	22,86	20,35	21,30
$\text{Na}_2\text{O}$		0,35	0,35	0,16	0,34	0,14
$\text{K}_2\text{O}$		0,02	0,02	0,02	0,18	0,03
$\text{H}_2\text{O}^+$		0,17	0,18	0,08		0,46
$\text{H}_2\text{O}^-$		0,09	0,08	0,04	1,72	
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>99,97</b>	<b>100,11</b>	<b>99,98</b>	<b>99,72</b>	<b>100,1</b>

**Propriedades diagnósticas:** hábito prismático com seção basal quase quadrada (de quatro ou oito lados) e clivagem em duas direções formando ângulo de  $\sim 87^\circ$ . Petrograficamente distingue-se do diopsídio por este apresentar índices de refração menores, birrefringência menor, dispersão fraca a moderada e pleocroísmo mais fraco a ausente. Da augita por esta apresentar birrefringência um pouco maior e dispersão fraca a moderada.

**Gênese:** mineral de origem metamórfica. É um constituinte comum de BIFs e outros sedimentos siliciclásticos ferríferos metamorfisados; comum em *skarns* Fe-Mn; em *skarnitos*, mármores impuros. Também ocorre em granulitos. Menos comum de origem magmática (em pegmatitos, granitos, granitos alcalinos e sienitos).

**Associação mineral:** ocorre associado a magnetita, grossulária, epidoto; grünerita (BIFs); arvedsonita, quartzo, faialita (granitos, sienitos); ortoclásio, andesina/oligoclásio, hornblenda, almandina, biotita (ortogneisse).

**Ocorrências:** no Brasil não se conhecem ocorrências dignas de nota.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Betejtin, A. 1970. **Curso de Mineralogia (2ª edição)**. 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 (2ª 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.
- Cameron, M.; Sueno, S.; Prewitt, C. T.; Papike, J. J. 1973. High-temperature crystal chemistry of acmite, diopside, hedenbergite, jadeite, spodumene, and ureyite. **American Mineralogist**, 58, p. 594-618.
- Dana, J. D. 1978. **Manual de Mineralogia (5ª 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.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. 1997. **Rock-forming minerals. Single-chain Silicates – vol. 2A** (2 edition). The Geological Society Publishing House, London, United Kingdom. 668 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 (3ª 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 (23ª edição)**. Tradução e revisão técnica: Rualdo Menegat. Editora Bookman, Porto Alegre, Brasil. 716 p.
- Klein, C. & Hurlbut Jr., C. S. 1993. **Manual of mineralogy (after James D. Dana) (21ª edition)**. Wiley International ed., New York, EUA. 681 p.
- Klockmann, F. & Ramdohr, P. 1955. **Tratado de Mineralogia (2ª 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. (10ª edição). 150 p.
- Morimoto, N. 1989. Nomenclature of Pyroxenes. **Canadian Mineralogist**, 27, p. 143-156.
- Navarro, G. R. B. & Zanardo, A. 2012. **De Abelsonita a Zykaita – 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 (3ª edition)**. Oxford University Press, Inc. New York, EUA. 348 p.
- Papike, J. J.; Prewitt, C. T.; Sueno, S.; Cameron, M. 1973. High-temperature crystal chemistry of acmite, diopside, hedenbergite, jadeite, spodumene, and ureyite. **American Mineralogist**, 58, i.p. 594.
- 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 (3ª edition)**. John Wiley & Sons, Inc., New York (3ª edition). 459 p.

**sites consultados:**

[www.handbookofmineralogy.org](http://www.handbookofmineralogy.org)  
[www.mindat.org](http://www.mindat.org)  
[www.mineralienatlas.de](http://www.mineralienatlas.de)  
<http://rruff.info>  
[www.smorf.nl](http://www.smorf.nl)  
[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)