



ZEÓLITAS (zeolites) – as zeólitas constituem um grande grupo de aluminossilicatos de metais alcalinos. O nome zeólita provém do grego *zeo* (fervor) + *lithos* (pedra), porque parecem ferver em sua própria água, quando aquecidos. Constituem uma grande família de aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos (Na, K) e alcalino-terrosos (Ca, raramente Sr, Ba e Mg), com uma rede de ânions tridimensional infinitamente alargada, e deste modo têm uma relação atômica O:Al+Si = 2. Embora o grupo seja bem extenso e diverso, as zeólitas apresentam marcantes semelhanças quanto às composições químicas e modos de ocorrência.

Cristalografia: embora tenham composições químicas muito semelhantes, as zeólitas exibem simetrias e hábitos cristalinos bem diversos.

Cristalografia	Nome
Hexagonal	bellgerguita (bellbergite) - $(K, Ba, Sr)_2 Sr_2 Ca_2 (Ca, Na)_4 Al_{18} Si_{18} O_{72} \cdot 30H_2O$
Hexagonal	erionita (erionite) - $(K_2, Ca, Na)_2 Al_4 Si_{14} O_{38} \cdot 15H_2O$
Hexagonal	gmelinita (gmelinite) - $(Na_2, Ca) Al_2 Si_4 O_{12} \cdot 6H_2O$
Hexagonal	mazzita (mazzite) - $K_2 Ca Mg_2 (Si, Al)_3 O_{72} \cdot 28H_2O$
Hexagonal	offretita (offretite) - $(K_2, Ca)_{2.5} Al_5 Si_{13} O_{36} \cdot 15H_2O$
Hexagonal	perlialita (perlialite) - $K_9 Na (Ca, Sr) Al_{12} Si_{24} O_{72} \cdot 15H_2O$
Isométrico	faujasita (faujasite) - $(Na_2, Ca) Al_2 Si_4 O_{12} \cdot 8H_2O$
Isométrico	pahasapaita (pahasapaite) - $Li_3 (Ca, Li, K, Na)_{11} Be_{24} (PO_4)_{24} \cdot 38H_2O$
Isométrico	paulinguita (paulingite) - $(K, Na, Ca)_{3-4} (Si, Al)_{21} O_{42} \cdot 17-22H_2O$
Isométrico	polucita (pollucite) - $(Cs, Na) (AlSi_2) O_6 \cdot nH_2O$
Isométrico, tetragonal, ortorrômbico, ou monoclinico, pseudocúbico, em grau de ordem	analcima* (analcime) - $NaAlSi_2 O_6 \cdot H_2O$
Monoclinico ou triclinico, pseudo-monoclinico	bikitaíta (bikitaite) - $LiAlSi_2 O_6 \cdot H_2O$
Monoclinico	brewsterita (brewsterite) - $(Sr, Ba, Ca) Al_2 Si_6 O_{16} \cdot 5H_2O$
Monoclinico	clinoptilolito (clinoptilolite) - $(Na, K, Ca)_2 Al_3 (Al, Si)_2 Si_{13} O_{36} \cdot 12H_2O$
Monoclinico	dachiardita (dachiardite) - $(Ca, Na_2, K)_5 Al_{10} Si_{38} O_{96} \cdot 25H_2O$
Monoclinico	estilbita* (stilbite) - $NaCa_2 Al_5 Si_{13} O_{36} \cdot 14H_2O$
Monoclinico	gismondita (gismondine) - $Ca_2 Al_4 Si_4 O_{16} \cdot 9H_2O$
Monoclinico	goosecreekita (goosecreekite) - $CaAl_2 Si_6 O_{16} \cdot 5H_2O$
Monoclinico	harmotomo (harmotome) - $(Ba, K)_{1-2} (Si, Al)_8 O_{16} \cdot 6H_2O$
Monoclinico	heulandita* (heulandite) - $(Ca, Al)_2 Al_2 Si_7 O_{18} \cdot 6H_2O$
Monoclinico	laumontita* (laumontite) - $CaAl_2 Si_4 O_{12} \cdot 4H_2O$
Monoclinico	phillipsita (phillipsite) - $(K, Na, Ca)_{1-2} (Si, Al)_8 O_{16} \cdot 6H_2O$
Monoclinico	sódio dachiardita (sodium dachiardite) - $Na_4 Al_4 Si_{20} O_{48} \cdot 13H_2O$
Monoclinico	weinebeneita (weinebeneite) - $CaBe_3 (PO_4)_2 (OH)_2 \cdot 4H_2O$
Monoclinico	wellsita (wellsite) - $(Ca, Ba, K)_{1-2} (Al_2 O_6) O_{16} \cdot 6H_2O$
Monoclinico	yugawaralita (yugawaralite) - $CaAl_2 Si_6 O_{16} \cdot 4H_2O$
Monoclinico, pseudo-cúbico	wairakite (wairakite) - $CaAl_2 Si_4 O_{12} \cdot 2H_2O$
Monoclinico, pseudo-ortorrômbico	paranatotrolita (paranatotrolite) - $Na_2 Al_2 Si_3 O_{10} \cdot 3H_2O$
Monoclinico, pseudo-tetragonal	escolecita* (scolecite) - $CaAl_2 Si_3 O_{10} \cdot 3H_2O$
Monoclinico, pseudotetragonal.	amicita (amicite) - $K_2 Na_2 Al_4 Si_4 O_{16} \cdot 5H_2O$
Ortorrômbico	barrerita (barrerite) - $(Na, K, Ca)_2 Al_2 Si_7 O_{18} \cdot 7H_2O$
Ortorrômbico	boggsita (boggsite) - $Ca_8 Na_3 (Si, Al)_{96} O_{192} \cdot 70H_2O$
Ortorrômbico	cowlesita (cowlesite) - $CaAl_2 Si_3 O_{10} \cdot 6H_2O$
Ortorrômbico	maricopaita (maricopaite) - $Pb_7 Ca_2 Al_{12} Si_{36} O_{100} \cdot 32H_2O$
Ortorrômbico	mesolita (mesolite) - $Na_2 Ca_2 Al_6 Si_9 O_{30} \cdot 8H_2O$
Ortorrômbico	mordenita (mordenite) - $(Ca, Na_2, K)_2 Al_2 Si_{10} O_{24} \cdot 7H_2O$
Ortorrômbico	stellerita (stellerite) - $CaAl_2 Si_7 O_{18} \cdot 7H_2O$
Ortorrômbico, pseudo-tetragonal	edingtonita (edingtonite) - $BaAl_2 Si_2 O_{10} \cdot 4H_2O$
Ortorrômbico, pseudo-tetragonal	merlinoita (merlinoite) - $(K, Ca, Na, Ba)_7 Si_{23} Al_9 O_{64} \cdot 23H_2O$
Ortorrômbico, pseudo-tetragonal	montesomaita (montesommaite) - $(K, Na)_9 Al_9 Si_{23} O_{64} \cdot 10H_2O$
Ortorrômbico, pseudo-tetragonal	natrolita* (natrolite) - $Na_2 Al_2 Si_3 O_{10} \cdot 2H_2O$
Ortorrômbico, pseudo-tetragonal	thomsonita* (thomsonite) - $NaCa_2 Al_5 Si_5 O_{20} \cdot 6H_2O$
Ortorrômbico, pseudo-tetragonal, ou tetragonal	gobbinsita (gobbinsite) - $(Na_2, Ca)_2 K_2 Al_6 Si_{10} O_{32} \cdot 12H_2O$
Ortorrômbico, raramente monoclinico	ferrierita (ferrierite) - $(Na, K)_2 Mg (Si, Al)_{18} O_{36} \cdot 9H_2O$
Tetragonal	gonnardita (gonnardite) - $Na_2 Ca Al_4 Si_6 O_{20} \cdot 7H_2O$
Tetragonal	tetranatotrolita (tetranatotrolite) - $Na_2 Al_2 Si_3 O_{10} \cdot 2H_2O$
Tetragonal	tschernichita (tschernichite) - $CaAl_2 Si_6 O_{16} \cdot 8H_2O$
Tetragonal, possivelmente ortorrômbico, pseudo-tetragonal	garronita (garronite) - $Na_2 Ca_5 Al_{12} Si_{20} O_{64} \cdot 27H_2O$
Triclinico	epistolita (epistolite) - $Na_2 (Nb, Ti)_2 Si_2 O_9 \cdot nH_2O$
Triclinico	willhendersonita (willhendersonite) - $KCaAl_3 Si_3 O_{12} \cdot 5H_2O$
Trigonal, pseudo-hexagonal	cabazita* (chabazite) - $CaAl_2 Si_4 O_{12} \cdot 6H_2O$
Trigonal	herschelita (herschelite) - $(Na, Ca, K) AlSi_2 O_6 \cdot 3H_2O$
Trigonal	levynita (levyne) - $(Ca, Na_2, K)_2 Al_2 Si_4 O_{12} \cdot 6H_2O$

* zeólitas comuns

Estrutura: são formadas pela união de tetraedros de SiO_4 e AlO_4 (formando cadeias, anéis etc.) originando uma estrutura tridimensional aberta, com grandes canais e/ou cavidades, nos quais átomos (como Na, Ca, K, Ba, Sr e mais raramente Pb e Li), água e outras moléculas podem alojar-se. Embora a estrutura geral das zeólitas seja como descrito, existe uma grande variação no tipo de arranjo, gerando uma grande variação no tipo de estrutura, no tipo de

canal e/ou canais presentes, e no diâmetro das cavidades. A água dos canais desprende-se facilmente e de maneira contínua com o aquecimento, deixando a estrutura intacta, ao contrário do que ocorre com vários espécimes com água estrutural, nos quais a retirada da água causa o desabamento da estrutura, como no caso da gipsita.

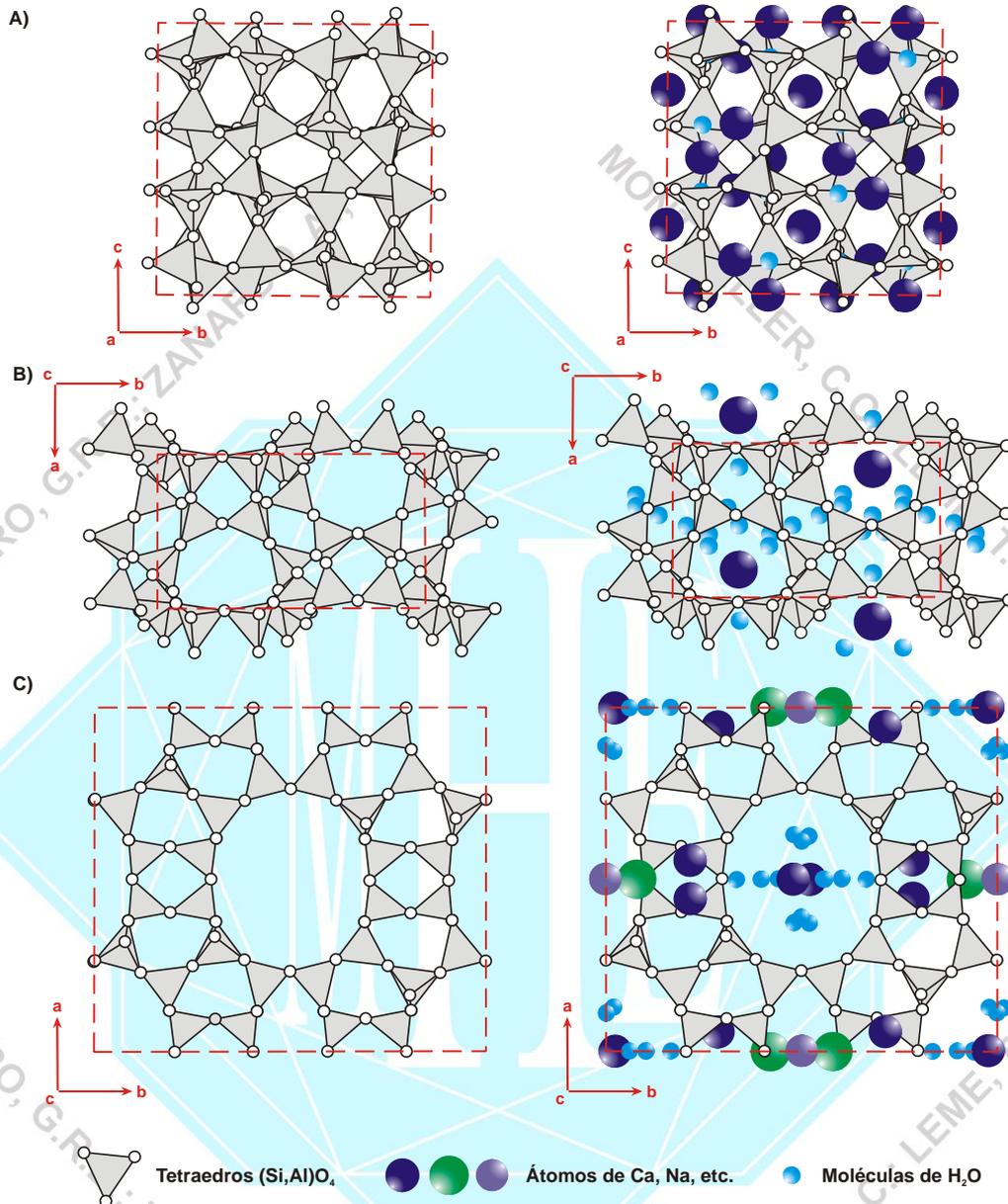


Figura 1 – exemplos de estruturas de zeólitas. A) analcima; B) harmotomo; C) mordenita.

Composição química: a composição química varia do mesmo modo que a dos feldspatos, isto é, o Ca e o Al podem ser substituídos por (Na, K) e Si, respectivamente (substituição acoplada). Na maior parte dos minerais deste grupo, as moléculas de água ocupam certas posições definidas, podendo trocar de posição entre si. Em geral, as zeólitas ricas em Ca podem absorver mais água, desta forma, a retenção de água na cabazita, heulandita e estilbita aumenta quando predomina Ca na estrutura em lugar de K. Após a desidratação completa de uma zeólita, os canais podem ser preenchidos novamente com água ou com amônia, vapor de mercúrio, vapor de iodo ou uma variedade de outras substâncias. Este processo é seletivo e depende da estrutura particular da zeólita e do tamanho das moléculas, assim podendo ser usadas como *peneiras moleculares*. Uma outra propriedade importante das zeólitas é a troca de base ou a troca de cátions, que ocorre quando há passagem de uma solução aquosa através dos canais. Nesse processo, os íons em solução podem ser trocados por íons da estrutura.

Propriedades físicas:

- muitas zeólitas possuem hábito fibroso, fibro-radial, prismático e colunar; poucas exibem hábitos equidimensionais;



- são minerais de dureza variada (D entre 1,5 a 5 predominando valores entre 3 e 5. A analcima, bikitaíta, brewsterita, cowlesita, escolecita, gottardiíta, maricopaita, montesommaita, natrolita, parnatrolita, polucita, thomsonita, wairakita possuem dureza entre 5,5 - 7);
- são minerais de densidade baixa ($dr \sim 2-2,4 \text{ g/cm}^3$. As exceções são a epistolita que possui $dr = 2,65-2,89 \text{ g/cm}^3$, a polucita que possui $dr = 2,68 - 3,03 \text{ g/cm}^3$, a edingtonita que possui $dr = 2,73-2,78 \text{ g/cm}^3$ e a maricopaita que possui $dr = 2,94 \text{ g/cm}^3$);
- a maioria das espécies de zeólitas fundem-se rapidamente com intumescência pronunciada, propriedade que lhes dá o nome;
- decompõem-se quando em contato com ácidos, ocorrendo gelatinização;
- são minerais transparentes a translúcidos;
- são geralmente brancas ou incolores (às vezes amarelas ou vermelhas), exceto quando se encontram impurificadas por pigmentos estranhos;
- são minerais de traço branco;
- são minerais de brilho não metálico (principalmente vítreo. Algumas zeólitas podem ter brilho nacarado, ceroso/gorduroso. Apenas a faujasita pode apresentar brilho adamantino).

Propriedades óticas:

- são incolores em lâmina delgada;
- não apresentam pleocroísmo;
- possuem relevo normalmente distinto negativo a fraco negativo ($n < \text{bálsamo}$, com exceção da edingtonita ($n = 1,535-1,541 - 1,545-1,557$), epistolita ($n = 1,610 - 1,682-1,770$), gismondita ($n = 1,525-1,540 - 1,541-1,550$) e maricopaita ($n = 1,560-1,566 - 1,592$), que apresentam relevo positivo),
- apresentam birrefringência baixa (normalmente $< 0,012$), às vezes zero, com raras exceções (epistilbita ($\delta = 0,012-0,014$), bikitaíta ($\delta = 0,013$), brewsterita ($\delta = 0,013-0,014$), tetranatrolita ($\delta = 0,013-0,015$), stellerita ($\delta = 0,0131$), thomsonita ($\delta = 0,014-0,021$), bellberguita ($\delta = 0,015$), cabazita (quando uniaxial, $\delta = 0,024$), maricopaita ($\delta = 0,029-0,032$), epistolita ($\delta = 0,072-0,160$)).
- são principalmente biaxiais (+ ou -) e menos comuns uniaxiais (+ ou -). Apenas a analcima (quando isométrica), a faujasita, a pahasapaita, a paulinguita e a polucita são isotrópicas.

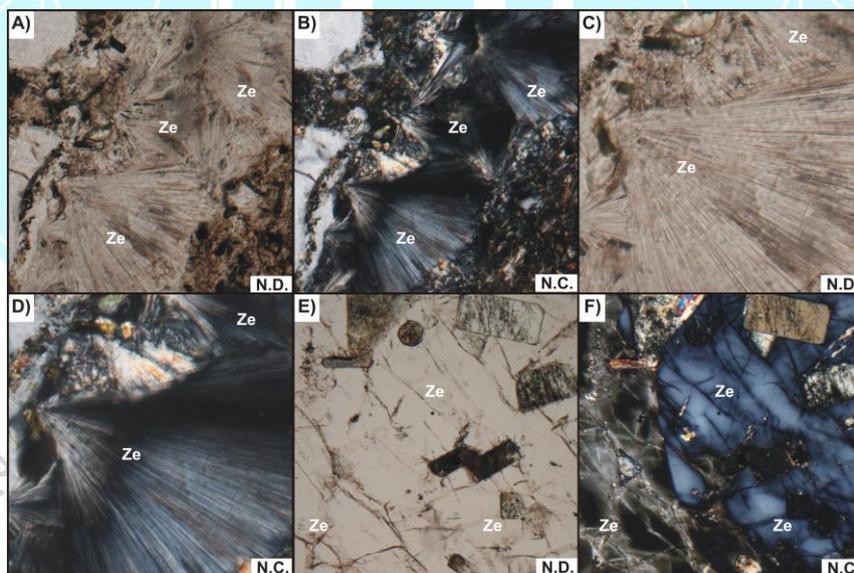


Figura 2 – Fotomicrografias de seções delgadas. A), B), C), D) zeólita com hábito fibro-radial em rocha vulcânica. E), F) zeólita em nefelina sienito. Ze: zeólita. N.D. nicóis descruzados. N.C. nicóis cruzados.

Propriedades diagnósticas: são caracterizadas pela birrefringência baixa, relevo baixo e negativo, dureza e peso específicos baixos, ausência de cor, teor de água abundante, por perder ou absorver água facilmente, ocorrência como produto secundários e hábito fibrosos na maior parte das vezes.

Gênese: são quase sempre de origem secundária, formando-se pela hidratação de silicatos de Al, Ca e Na, principalmente dos feldspatos, da nefelina, leucita, da sodalita e outros aluminossilicatos. Encontram-se, na natureza, em cavidades amigdaloidais, preenchendo fendas e cavidades, em fraturas e em veios de rochas de muitos tipos, especialmente nas rochas magmáticas básicas; também em granitos e gnaisses e em rochas sedimentares (autigênicos). Ocorrem, ainda, nos depósitos de fontes termais e no fundo dos oceanos. São minerais secundários e, no caso de metamorfismo de baixo grau ou diagênese elevada, encontram-se, de forma característica, em cavidades e veios, em rochas ígneas básicas ou disseminadas em arenitos, arcósios e grauvacas anquimetamorfisados. As zeólitas são relativamente estáveis nas condições de intemperismo, podendo alterar-se para caulim ou calcita.



Associação mineral: usualmente, acham-se associadas aos minerais calcita, prehnita, pectolita, apofilita e datolita. Podem ocorrer associados a nefelina, leucita, sodalita, feldspatos potássicos, plagioclásios, piroxênios, etc.

Ocorrência: no Brasil, ocorrências dignas de nota são: Rio de Contas (BA); Grajaú (MA); Ribeirão de Mato Grosso, Rio das Botas e Campo Grande (MS); Uberaba (MG); Guarapuava e Serra de Esperança (PR); cabeceiras dos rios Taquari e Uruguai (RS); rios do Rastro e do Peixe (SC); Araraquara, Mogi-Guaçu, Limeira, Brotas, Serra de Botucatu, rio do Peixe, etc. (SP). Em algumas amígdalas de dimensões decimétricas a métricas, aparecem certas espécies de zeólitas e alguns minerais associados, que hoje se encontram em numerosos museus do mundo como verdadeiras raridades mineralógicas.

Usos: devido a suas propriedades, as zeólitas e produtos sintéticos com estrutura da zeólita são usados para o amolecimento da água, como agentes despoluidores e de inibidores de amadurecimentos de frutas. São também usados para absorção de gases nocivos em currais, como branqueadores de papel; em fertilizantes agrícolas; no controle da poluição do ar e da água. As zeólitas sintéticas servem como catalisadores, dissecantes e no craqueamento do petróleo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Betekhtin, 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.
- 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. & Hurlbut 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 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 (3º edition)**. Oxford University Press, Inc. New York, EUA. 348 p.
- Sinkankas, J. 1964. **Mineralogy for Amateurs**. Van Nostrand Reinhold Company, New York, EUA. 585 p.



GUILLERMO RAFAEL B. NAVARRO, ANTENOR ZANARDO, CIBELE CAROLINA MONTIBELLER,
THAIS GÜTZLAF LEME. (2017)
Livro de referência de Minerais Comuns e Economicamente Relevantes: TECTOSSILICATOS.
Museu de Minerais, Minérios e Rochas “Prof. Dr. Heinz Ebert”

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

sites consultados:

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

