

- 1 *Nanomaterials News*. Disponível em: <http://phys.org/nanotech-news/nanomaterials/>. Acesso em Julho de 2013.
- 2 Williams, D. B.; Pelton, A.R.; Gronskey, R. Editors. *Images of Materials*. Oxford press, 1990
- 3 E.A. Brocchi; R. Navarro. C. de Siqueira, M. Senna, F.J.Moura ; I. G. Solórzano. *Reduction reactions applied for synthesizing different nano-structured materials*. Materials Chemistry and Physics, vol. 140, no. 1, pp. 273-283, 2013
- 4 *MIT News*. Disponível em: <http://web.mit.edu/newsoffice/>. Acesso em Maio de 2013.
- 5 Navarro.S.R; E. A. Brocchi. *Síntese e caracterização de óxidos metálicos obtidos por decomposição térmica de soluções contendo nitratos*. ABM. Anéis de Congresso.
- 6 J. Feng and C.-P. Zhang. *Preparation of Cu-Ni alloy nanocrystallites in water-in-oil microemulsions*. Journal of colloid and interface science, vol. 293, no. 2, pp. 414–20, Jan. 2006.
- 7 Mendoza, O.M. *Síntese, processamento e caracterização de materiais nanocompositos de Cu-CNT*. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Agosto de 2008
- 8 P.Simoncini. *Efecto de la temperatura en las transformaciones metalúrgicas de las aleaciones cuproníquel*. Instituto Universitario Naval Argentina, vol. no.2 pp. 81–92,2010.
- 9 C. A. Powell. *Copper-Nickel Sheathing and its Use for Ship Hulls and Offshore Structures Biofouling properties*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Volume 34, no. 3.pp. 321-331,1995
- 10 R. Menezes; O.R. Bagnato; F.R Francisco. *Development of copper hardened composites with alumina nanoparticles*. Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, RJ, Brasil
- 11 Motta, M.S. *Síntese por redução in-situ e caracterização microestrutural dos nano-compoitos Cu-Al₂O₃ e Ni-Al₂O₃*. Tese de doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Abril 2003.

- 12 E. Brocchi. *Synthesis and characterisation of nanostructured Ni–Co alloy Part 2: Co_3O_4 reduction kinetics*. Mineral Processing and Extractive Metallurgy. vol. 118, no. 1, pp. 2–5, 2009
- 13 E. Brocchi, M. S. Motta, I. G. Solórzano, P. K. Jena, and F. J. Moura. *Chemical Route Processing and Structural Characterization of $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ and $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$ Nano-Composites*. Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials, vol. 22, pp. 77–82, 2004
- 14 D. Cho, S. Yang, J. Yun, H. Kim, J. Lee, and C. S. Lee, *Effect of sintering profile on densification of nano-sized Ni / Al₂O₃ composite*. Composites : Part B, vol. 45, pp. 159–164, 2013.
- 15 Motta. M.S *Preparação e Caracterização do Cermet Cu-Al₂O₃* Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 1998
- 16 P. K. Jena, E. A. Brocchi, and M. S. Motta, *Preparation of Cu-Ni Alloys through a New Chemical Route,*” Metallurgical and Materials Transactions B. vol. 35B, no. 2004
- 17 M. Cangiano, M. W. Ojeda, A. C. Carreras, J. González, and M.. Ruiz. *A study of the composition and microstructure of nanodispersed Cu–Ni alloys obtained by different routes from copper and nickel oxides*. Materials Characterization, vol. 61, no. 11, pp. 1135–1146. 2010
- 18 Cortez, A.O. *Síntese e caracterização de ligas Fe-Ni nanoestruturadas*. Tese de doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Agosto de 2008.
- 19 J. Zhan, Y. He, D. Zhou, and C. Zhang. *Thermodynamic analysis on synthesis of fibrous Ni-Co alloys precursor and Ni/Co ratio control*. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, vol. 21, no. 5, pp. 1141–1148.2011
- 20 J A. González; M A. Cangiano; M W. Ojeda, A C. Carreras; M del C. Ruiz. *Nanoaleaciones Cu-Ni , preparadas por el método del citrato-gel*. Congreso SAM/CONAMET. Argentina 2007
- 21 E. Brocchi. *Synthesis and characterisation of nanostructured Ni–Co alloy Part 1: NiO reduction kinetics* Mineral Processing and Extractive Metallurgy. vol. 118, no. 1, pp. 35–39, 2009
- 22 *Redução Direta.* Disponível em <http://www.ct.ufrgs.br/ntcm/graduacao/ENG06632/Reddir.pdf>. Acessado Janeiro de 2013

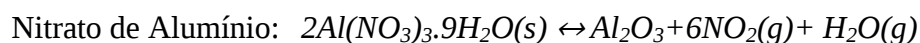
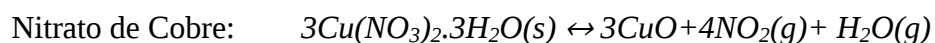
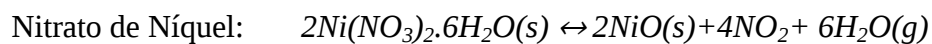
- 23 Macedo, D.W. *Obtenção por redução pelo hidrogênio e caracterização da liga Ni-Co*. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Agosto de 2005
- 24 E. Brocchi, M. S. Motta, I. G. Solórzano, P. K. Jena, and F. J. Moura, *Chemical Route Processing and Structural Characterization of Cu-Al₂O₃ and Ni-Al₂O₃ Nano-Composites*. Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials, vol. 22, pp. 77–82, 2004.
- 25 L. Durivault, O. Brylev, D. Reyter, M. Sarrazin, D. Bélanger, and L. Roué, *Cu–Ni materials prepared by mechanical milling: Their properties and electrocatalytic activity towards nitrate reduction in alkaline medium*. Journal of Alloys and Compounds, vol. 432, no. 1–2, pp. 323–332, Apr. 2007
- 26 J. . Richardson, R. . Scates, and M. . Twigg. *X-ray diffraction study of the hydrogen reduction of NiO/ α -Al₂O₃ steam reforming catalysts*. Applied Catalysis A: General, vol. 267, no. 1–2, pp. 35–46, Jul. 2004.
- 27 Rodeghiero, E.; Tse, O.; Chisaki, J.; Giannelis, E. *Synthesis and Properties of Ni- α -Al₂O₃ Composites Via Sol-Gel*. Mater. Sci. Eng. A, vol. 195, p. 151-61, 1995
- 28 R. Adamian; E, Almendra. *Físico-química: uma aplicação aos materiais*. Rio de Janeiro, RJ (Brasil): Setor de Publicações e Programação Visual COPPE, 2002, 640p
- 29 R.E. Reed-Hill. *Principios de Metalurgia Física*. Ed. Guanabara Dois, 1982.
- 30 *Glidcop*. Disponível em http://www.aps.anl.gov/APS_Engineering_Support_Division/Mechanical_Operations_and_Maintenance/Miscellaneous/tech_info/Glidcop/SCM_Glidcop_product_info.pdf
- 31 E. Brocchi. *Synthesis and characterisation of nanostructured Ni–Co alloy Part 3: NiO and Co₃O₄ coformed reduction kinetics*. Mineral Processing and Extractive Metallurgy. vol. 118, no. 1, 2009
- 32 C. Honvault, V. Peres, L. Cassayre, P. Chamelot, P. Palau, S. Bouvet, and M. Pijolat, *Oxidation kinetics of a Ni–Cu based cermet at high temperature*. Corrosion Science, vol. 68, pp. 154–161, Mar. 2013
- 33 *Sinterização*. Disponível em: <http://www.aulas.e-agps.info/sinterizacao/SINTERIZACAO.pdf>. Acessado em Março de 2013

- 34 Souza.M. *Sinterização em duas etapas de pós ultra Finos de Alumina*. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2011
- 35 D. Cho, S. Yang, J. Yun, H. Kim, J. Lee, and C. S. Lee. *Effect of sintering profile on densification of nano-sized Ni / Al₂O₃ composite*. Composites : Part B vol. 45, pp. 159–164, 2013
- 37 Williams, D. B.; Carter, C. B. *Transmission Electron Microscope*. Plenum, 1996.

Apêndice 1

Calculo das composições teóricas

1. **Reagentes:** Nitrato de níquel, nitrato de cobre e nitrato de alumínio.



2. **Massas Moleculares.**

Composto	Formula Química	Peso Molecular
Níquel (<i>pNi</i>)	<i>Ni</i>	58,6934
Cobre (<i>pCu</i>)	<i>Cu</i>	63,5460
Alumínio (<i>pAl</i>)	<i>Al</i>	26,9815
Oxigeno (<i>pO</i>)	<i>O</i>	15,9994
Nitrato de Níquel (<i>pNni</i>)	<i>Ni(NO₃)₂·6H₂O</i>	290,7890
Nitrato de Cobre (<i>pNcu</i>)	<i>Cu(NO₃)₂·3H₂O</i>	241,6020
Nitrato de Alumínio (<i>pNAl</i>)	<i>Al(NO₃)₃·9H₂O</i>	375,1339
Óxido de Níquel (<i>pNiO</i>)	<i>NiO</i>	74,6927
Óxido de Cobre II (<i>pCu2O</i>)	<i>Cu₂O</i>	143,0914
Oxido de Cobre (<i>pCuO</i>)	<i>CuO</i>	79,5454
Alumina (<i>pAl2O3</i>)	<i>Al₂O₃</i>	101,9612

3. **Calculo dos óxidos e metais teóricos.**

Composições teóricas

Nome	% Ni	Cu%	%Al ₂ O ₃
Ni	100	---	---
Cu	---	100	---
Al ₂ O ₃	---	---	100
A	50	50	---
B	10	90	---
C	90	10	---
A-1	49.5	49.5	1
B-1	10	89	1
C-1	89	10	1

Para a mistura A4-1: 49.5% Cu, 49.5% Ni, 1% Al₂O₃

Massa total do composto final ($m_{totalfinal}$): 2 gramas

- **Alumina:** Massa de Al_2O_3 ($m_{Al_2O_3}$)

$$m_{Al_2O_3} = (m_{totalfinal}) * (\%_{Al_2O_3}) \quad eq (1)$$

Substituindo os valores na equação (1), obtêm-se

$$m_{Al_2O_3} = \frac{(2g) * (1)}{100} = 0.02g$$

- **Níquel:** Massa de Ni (m_{Ni})

$$m_{Ni} = (m_{totalfinal} - m_{Al_2O_3}) * (\%)$$

$$m_{Ni} = (2g - 0.02g) * \frac{50}{100} = 0.99g$$

Massa de NiO (m_{NiO})

$$m_{NiO} = \frac{(m_{Ni} * p_{NiO})}{p_{Ni}}$$

$$m_{NiO} = \frac{(0.99g * 74.69g/mol)}{58.69g/mol} = 1.26g$$

Massa de $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (m_{nNi})

$$m_{nNi} = \frac{(m_{NiO} * p_{nNi})}{p_{NiO}}$$

$$m_{nNi} = \frac{(1.26g * 290.7890g/mol)}{74.6927g/mol} = 4.9053g$$

- **Cobre:** Massa de Cu (m_{Cu})

$$m_{Ni} = (m_{totalfinal} - m_{Al_2O_3}) * (\%)$$

$$m_{Ni} = (2g - 0.02g) * \frac{50}{100} = 0.99g$$

Massa de NiO (m_{NiO})

$$m_{NiO} = \frac{(m_{Ni} * p_{NiO})}{p_{Ni}}$$

$$m_{NiO} = \frac{(0.99g * 74.69g/mol)}{58.69g/mol} = 1.26g$$

Massa de $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (m_{nNi})

$$m_{nNi} = \frac{(m_{NiO} \cdot p_{nNi})}{p_{NiO}}$$

$$m_{nNi} = \frac{(1.26g \cdot 290.7890g/gmol)}{74.6927g/gmol} = 4.9053g$$

Apêndice 2

#	(h,k,l)	d* / nm-1	Vr / V	Vi / V	Ampli / V	Phase / Deg	Ext. / nm	Bragg / mRad	d / nm	Intens.
46	(2, -1, -3)	4.79112	4.84548	0.14052	4.84752	1.66111	123.73023	6.01	0.20872	0.00
47	(-2, 0, 1)	4.90924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.16	0.2037	0.00
48	(0, 2, 1)	4.90924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.16	0.2037	0.00
49	(2, 0, -1)	4.90924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.16	0.2037	0.00
50	(0, -2, -1)	4.90924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.16	0.2037	0.00
51	(2, -2, 1)	4.90924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.16	0.2037	0.00
52	(-2, 2, -1)	4.90924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.16	0.2037	0.00
53	(2, 0, 2)	5.08674	-0.50941	-0.02211	0.50989	2.48545	1176.29961	6.38	0.19659	0.00
54	(0, -2, 2)	5.08674	-0.50941	-0.02211	0.50989	2.48545	1176.29961	6.38	0.19659	0.00
55	(-2, 0, -2)	5.08674	-0.50941	-0.02211	0.50989	2.48545	1176.29961	6.38	0.19659	0.00
56	(0, 2, -2)	5.08674	-0.50941	-0.02211	0.50989	2.48545	1176.29961	6.38	0.19659	0.00
57	(-2, 2, 2)	5.08674	-0.50941	-0.02211	0.50989	2.48545	1176.29969	6.38	0.19659	0.00
58	(2, -2, -2)	5.08674	-0.50941	-0.02211	0.50989	2.48545	1176.29969	6.38	0.19659	0.00
59	(-2, 0, 4)	5.74215	-4.48704	-0.14828	4.48948	1.89278	133.59653	7.20	0.17415	0.00
60	(0, 2, 4)	5.74215	-4.48704	-0.14828	4.48948	1.89278	133.59653	7.20	0.17415	0.00
61	(2, 0, -4)	5.74215	-4.48704	-0.14828	4.48948	1.89278	133.59653	7.20	0.17415	0.00
62	(0, -2, -4)	5.74215	-4.48704	-0.14828	4.48948	1.89278	133.59653	7.20	0.17415	0.00
63	(2, -2, 4)	5.74215	-4.48703	-0.14828	4.48948	1.89278	133.59654	7.20	0.17415	0.00
64	(-2, 2, -4)	5.74215	-4.48703	-0.14828	4.48948	1.89278	133.59654	7.20	0.17415	0.00
65	(1, 0, 7)	5.90407	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.40	0.16937	0.00
66	(0, -1, 7)	5.90407	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.40	0.16937	0.00
67	(-1, 0, -7)	5.90407	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.40	0.16937	0.00
68	(0, 1, -7)	5.90407	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.40	0.16937	0.00