

## 05 - ESTUDO DAS FASES CALCINADAS DOS EXTRUDADOS DE NIQUEL DA MINA DE ONÇA PUMA, CARAJÁS, PARÁ

<http://gmga.com.br/05-estudo-das-fases-calcinadas-dos-extrudados-de-niquel-da-mina-de-onca-puma-carajas-para/>



[10.31419/ISSN.2594-942X.v52018i1a5OJCF](https://doi.org/10.31419/ISSN.2594-942X.v52018i1a5OJCF)

CHOQUE FERNANDEZ, Oscar Jesus<sup>1</sup>; COSTA, Marlo Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal do Pará, IFPA-Campus Belém, Prof. Dr. Curso Técnico em Metalurgia/Engenharia de Materiais, [oscar.fernandez@ifpa.edu.br](mailto:oscar.fernandez@ifpa.edu.br)

<sup>2</sup> Instituto Federal do Pará, IFPA-Campus Belem, Graduado Engenharia de Materiais, [marlocostaa@gmail.com](mailto:marlocostaa@gmail.com)

### ABSTRACT

The VALE Company implemented the Onça Puma in state of Pará project to obtain Fe-Ni alloys from nickel laterites, following the RKEF (Rotary Kiln-Electric Furnace) process. In this process, significant amounts of fine particles are produced, mainly in calcination. To optimize the recovery of nickel in this pulverulent material has been introduced operation of particle agglomeration, producing extrudates, which were subjected to mineralogical studies, simulating calcination, in this work. For this purpose, FRX and XRD analyzes were carried out. The agglomerated material showed an intimate association of serpentine with iron oxides and quartz. The chemical composition (~ 75%) corresponds to SiO<sub>2</sub>, MgO and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ni has levels of 2.6%. At approximately 600°C are observed amorphous phases, but with presence of quartz and hematite. At 800 to 900°C the serpentines are unstructured and at high temperatures quartz, hematite, trevorite, forsterite and enstatite are observed. At the various calcination temperatures, phase transformations occur that can influence the subsequent operations of the process.

**Keywords:** laterites; iron-nickel; calcination

### INTRODUÇÃO

O níquel é um elemento químico do grupo dos metais de transição, moderadamente abundante e é encontrado agregado a outros elementos, como ferro, cobalto, magnésio e cobre. Sua maior produção se

destina a siderurgia na fabricação de ligas ferrosas e não-ferrosas. A mais comum, e maior demanda, é o aço inoxidável, que pode conter de 12 a 15 % de níquel em sua constituição.

Em 2011 a Vale implantou o projeto Onça Puma, em Ourilândia do Norte sudeste do Pará. Que opera para a obtenção de ligas de Fe-Ni, seguindo o processo RKEF (*Rotary Kiln-Electric Furnace*/Forno Rotativo-Forno Elétrico) (VALE, 2009).

Os laterítos de níquel contêm quantidades significativas de partículas finas e os mesmos também são produzidas desde a alimentação até a fusão. O processo produz material pulverulento nas diferentes etapas do processo, sendo principalmente produzido durante a calcinação.

Para otimizar a recuperação deste material tem sido introduzido operações alternativas como à da aglomeração e a extrusão. Com esse material foram feitas estudos de caracterização de fases para compreensão da mineralogia antes e durante a calcinação.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As amostras foram coletadas na mina de Onça Puma, no estado do Pará, em visita de campo realizada em 2012, corresponde ao material em pó aglomerado do minério laterítico de níquel, que ainda irá retornar ao calcinador na forma extrudada para retratamento no processo RKEF.

Foram separadas em cadinho de porcelana, 11 amostras para a secagem e calcinação. A operação de calcinação utilizou o forno tipo mufla Jung modelo LF9613 do laboratório de tratamento térmico do IFPA. Com temperaturas que variavam de 100°C a 1100°C, cada amostra permaneceu 120 minutos em sua temperatura correspondente.

Para este estudo foram usadas a fluorescência de raios-X FRX e difração de raios-X DRX. O primeiro em um espectrômetro SRS Siemens 3000 Sequencial Ray-X do Instituto de Geociências da Universidade de Halle e, o segundo em um difratômetro D2 Phaser da Bruker da Universidade Federal do Pará (UFPA) e a base de dados de minerais PDF (*Powder Diffraction Data*) do *International Centre for Diffraction Data* (ICDD) do LCM-IFPA.

## **RESULTADOS**

Os fragmentos saprolíticos aglomerados e extrudados no processo RKEF da mina de Onça-Puma (Figura 1) são cilíndricos com seis centímetros de diâmetro, leve, com cor predominantemente marrom-avermelhada, endurecidas devido ao processo de extrusão, mas frágeis, compostas de pó muito fino e aglomerado.

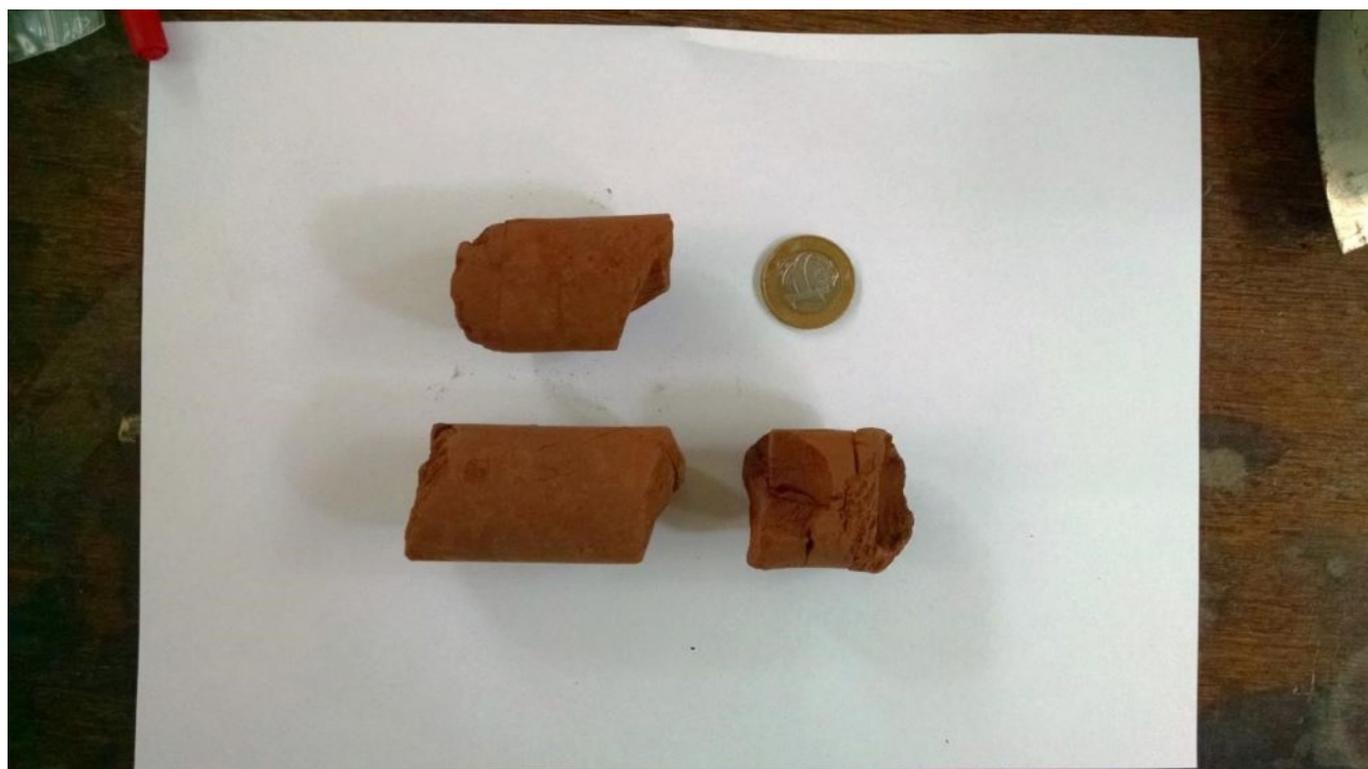


Figura 1. Extrudados de níquel laterítico.

A composição química obtida por FRX (Tabela 1) mostra que o minério investigado é dominado por  $\text{SiO}_2$  e  $\text{MgO}$ , com relativo elevado teor de 3,5%  $\text{NiO}$  (2,6%Ni).

Tabela 1 – Análise química do extrudado obtida por FRX

<b>Componentes da amostra</b>	<b>Quantidades em (%)</b>
MgO	21,81
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2,31
$\text{SiO}_2$	32,68
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,02
$\text{SO}_3$	1,00
Cl	0,08
$\text{K}_2\text{O}$	0,08
CaO	0,06
$\text{TiO}_2$	0,09
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0,76
MnO	0,34
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	24,68
CoO	0,14
NiO	3,31

<b>Componentes da amostra</b>	<b>Quantidades em (%)</b>
ZnO	0,06
P.F.*	12,58
Total	100,00

\* Perda ao fogo

Os resultados da DRX para os extrudados de níquel (sem secagem e calcinação) mostram fases típicas das serpentinas: lizardita e/ou crisotila lizardita  $[(MgFe)_3(Si_2O_5).(OH)_4]$  e/ou crisotila  $[Mg_3(Si_2O_5).(OH)_4]$  e, hematita ( $Fe_2O_3$ ) e quartzo ( $SiO_2$ ) (Figura 2).

Durante o tratamento térmico os difratogramas indicam mudanças mineralógicas com a variação da temperatura (Figura 2). Nitidamente é observada pouca ou nenhuma mudança das fases nas amostras que passaram por secagem e calcinação dentre 100 a 500°C (lizardita e/ou crisotila e, hematita e quartzo), porém na amostra calcinada a 600°C mostra-se fases de material amorfo com clara desestruturação das serpentinas. A 900°C, viu-se o surgimento de novas fases: trevorita ( $NiFe_2O_4$ ), fosterita  $[Mg_2(SiO_4)]$ , enstatita  $[Mg_2Si_2O_6]$  que continuam a se transformar e recristalizar entre 1000°C a 1100°C.

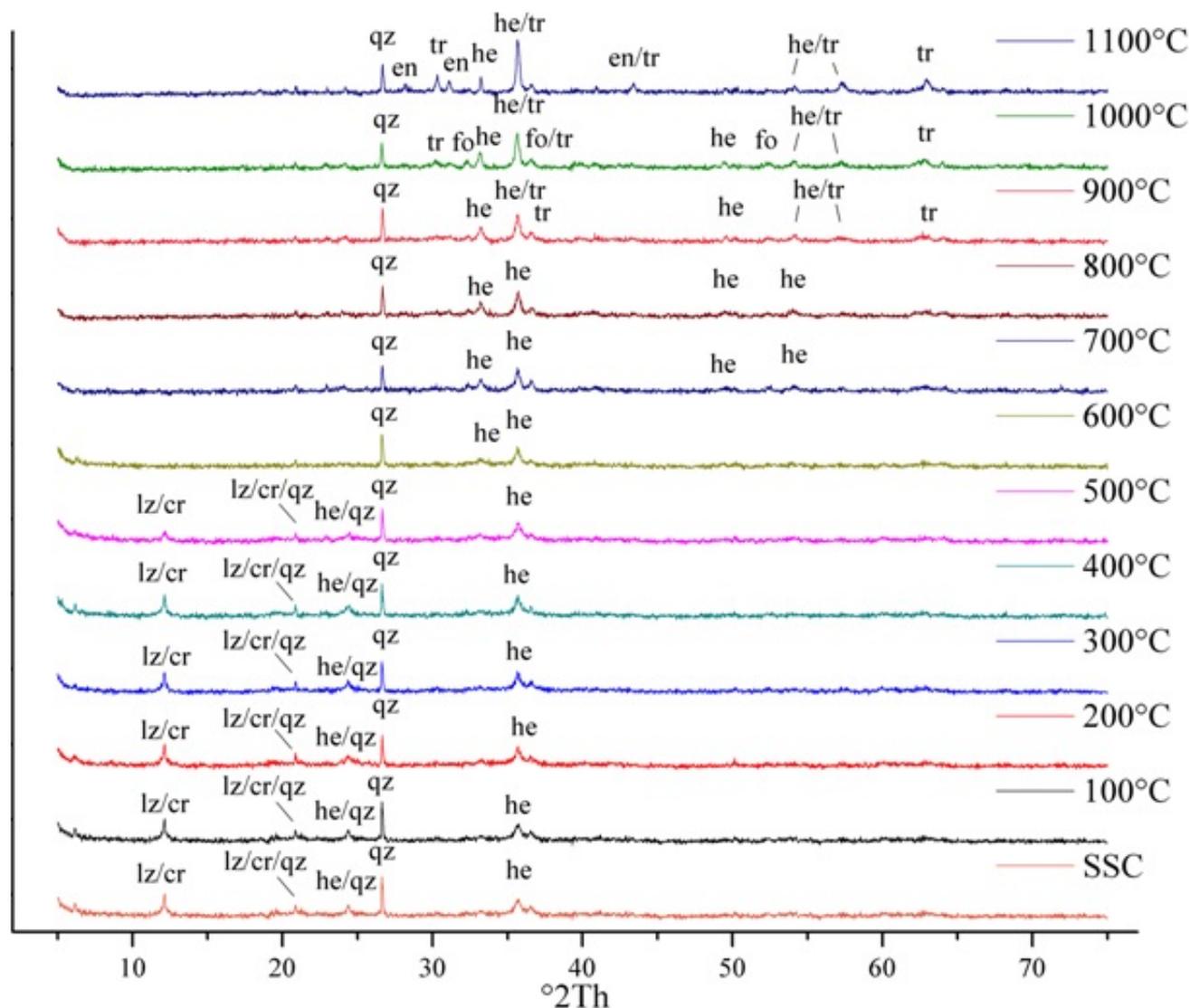


Figura 2. Difratoformas do material extrudado submetido a tratamento térmico.

Descrição: SSC = Sem secagem/calцинаção; he = Hematita (PDF: 01-073-0603); cr = Crisotila (PDF: 00-025-0645); lz = Lizardita (PDF: 00-050-1606); en = Enstatita (PDF: 00-019-0768); qz = Quartzo (PDF: 01-085-1053); fo = Fosterita (PDF: 00-001-1290); tr = Trevorite (PDF: 00-023-1119)

## DISCUSSÕES

Os pós dos extrudados de níquel mostram as mesmas fases presentes nos lateritos de níquel alimentados ao processo, isto é lizardita e/ou crisotila, hematita e quartzo (Choque Fernandez 2014). Nestas amostras não foram identificadas as argilas esmectitas (nontronita/montmorilonita) ocorrentes no minério (como sugerem Silva e Oliveira 1995, Macambira 2001, Freyssinet 2005), sendo necessário outros estudos para

determinar essas fases. Nos extrudados observou-se ausência de fases minerais de níquel ou fases metálicas o que sugere que este metal se encontra em fases portadoras de níquel comumente mineradas nos minérios de níquel lateríticos –garnierita que é um silicato de magnésio e níquel de composição variável  $[(Mg,Ni)_3Si_2O_5(OH)_4]$  (Crundwell et al. 2011).

O teor químico de níquel do material extrudado está na margem do teor do minério de níquel que é alimentado ao processo (2,6-4,5%) e dentro do intervalo de 1,8-4,0% de níquel sugerido por Crundwell et al. (2011). Esse fato torna viável o trabalho de resgate e aglomeração deste pó que é arrastado do processo através do forno rotativo.

A secagem dos extrudados evidenciou que a água adicional é perdida em temperaturas menores de 100°C, sem mudança de fases. Após a remoção de água na secagem do extrudado, este, mostra desidratação das serpentinas e em um intervalo de temperaturas de 550°C a 650°C, e a cristalização de fases tipo forsterita em uma faixa de 900 a 1000°C. Ainda foram observadas cristalizações da fase tipo trevorita acima de 900°C e novos picos para as fases enstatita ( $Mg_2Si_2O_6$ ) a 1100°C.

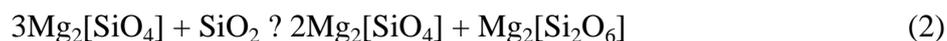
As possíveis reações químicas durante o tratamento térmico para serpentinas (e em analogia dos extrudado, neste trabalho) segundo Gruner (1948) e Brindley e Zussmann (1957) podem ser:

600°C – 700 °C:



Serpentina ? forsterita + amorfos

1050°C – 1080°C:



Forsterita + amorfos ? forsterita + enstatita

As fases forsterita e enstatita têm sido formadas como resultados da desestruturação de minerais durante o aquecimento. Isto sugere que as serpentinas (lizardita e/ou crisotila), bem como esmectitas foram transformadas em forsterita e depois em enstatita segundo as equações (1,2). A forsterita não é estável na presença de  $SiO_2$  livre (equação 2) e irá reagir com este formando enstatita.

## CONCLUSÕES

A produção de material extrudado oriundo do arraste do pó das operações do processo RKEF, só traz benefícios econômicos ao processo de obtenção do ferroníquel. Pois evita que o material seja descartado, criando um produto com teor de níquel 2,6 % semelhante ao alimentado ao processo, significando a sua viabilidade econômica na produção da liga. Proporcionalmente os teores de Mg, Fe e Si, são os constituintes principais nos extrudados.

O aglomerado extrudado é mineralogicamente semelhante ao minério que é alimentado a usina, com fases lizardita/crisotila, hematita e quartzo. Essas fases durante o tratamento térmico sofrem transformações estruturais: formação de fases amorfas em aproximadamente 600°C e; formação de trevotira, forsterita e enstatita a elevadas temperaturas.

O extrudado mostra elevado teor de ferro e menor teor de magnésio, o que pode influenciar a operação de redução. Eles devem ser considerados no processo.

## AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao CNPq, Ciência sem fronteiras (CsF) – PDE, Processo: 245479/2012-0 pela bolsa de estudos e à Martin Luther Universitat, Halle- Alemanha, na pessoa do Prof. Dr. Herbert Poellmann por permitir o estágio na Faculdade de Geociências. O segundo autor agradece ao IFPA, pela bolsa PIBICTI. Agradecemos à UFPA, LAMIGA, Prof. Dr. Marcondes Costa pelas análises por DRX.

## REFERÊNCIAS

Brindley, G., Zussman, J. 1957. A structural study of the thermal transformation of serpentine minerals to forsterite. *The American Mineralogist* 42 (7–8): 461–474

Choque Fernandez, O.J. 2014. Report: Mineral Chemistry of “Garnierites” of the Niquel Lateritic Saprolites from Onça-Puma, Carajás. Implications in the Drying and Calcination. CNPq- Ciência sem fronteiras (CsF) – PDE Process: 245479/2012-0: University of Halle / Germany.

Crundwell, F., Moats, M., Ramachandran, V., Robinson, T. & Davenport, W. G. 2011. *Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum Group Metals*, Elsevier.

Freyssinet, P.; Butt, C.R.M.; Morris, R.C.; Piantone, P. 2005. Ore-forming processes related to lateritic weathering. In: CSIRO Exploration and Mining, Kensington., editor/s. *Economic Geology 100th Anniversary volume*; 2005; 681-722.

Gruner, J. W. 1948. Silicate structures. *The American Mineralogist* 33 (11–12): 679–691.

Macambira, E. 2001. Projeto platina e associados prospecção geológica e geoquímica no corpo mafico-ultramáfico da Serra da Onça-Pará. CPRM. Informe de Recursos Minerais, Série Metais do Grupo da Platina e Associados, 26.

Silva, M.L.M.C.; Oliveira, S.M.B. 1995. As fases portadoras de níquel do minério laterítico de níquel do vermelho, serra dos Carajás (PA). *Revista Brasileira de Geociências*, 25.

VALE, 2009. Site institucional. Disponível em: <http://www.vale.com/vale> Acessado em agosto de 2012.

 [10.31419/ISSN.2594-942X.v52018i1a5OJCE](https://doi.org/10.31419/ISSN.2594-942X.v52018i1a5OJCE)

---

PDF generated by Kalin's PDF Creation Station