

PELOTIZAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO COM PARTÍCULAS GROSSAS *

Anderson D. Thomazini¹

Eduardo Tres²

Leandro Seixas Bicalho³

Pedro Martins de Almeida Rollo⁴

Raphael Alcantara da Costa⁵

Vinícius Domenis Isaka⁶

Resumo

O processo de pelotização usual requer o uso de minério de ferro dentro de um intervalo determinado de tamanho de partícula. As usinas de pelotização frequentemente dispõe de circuitos de cominuição compostos por moinhos de bolas e prensas de rolos para atender os parâmetros granulométricos. Visando a remoção parcial das operações de moagem e eliminação do processamento a úmido do minério, o presente trabalho avaliou a pelotização em escala laboratorial de duas amostras de minério de menor área superficial: (1) amostra prensada com apenas uma passagem na prensa de rolos (superfície específica de 997 cm²/g) e (2) amostra “*in natura*”, conforme alimentado na usina de pelotização (superfície específica de 450 cm²/g). Os experimentos foram conduzidos com o uso de bentonita e os produtos E/PE MIN 070/19 e E/PE MIN 090/19 disponibilizados pela Clariant para este propósito. Os resultados indicaram que a bentonita convencional não é eficiente para aglomeração de partículas grossas. Por outro lado, os produtos E/PE MIN 070/19 e E/PE MIN 090 alcançaram bom desempenho. Considerando uma amostra com apenas uma passagem na prensa de rolos foi possível a formação de pelotas similares às produzidas no processo convencional.

Palavras-chave: Aglomeração; Pelotização; Partículas grossas; Minério de ferro.

COARSE PARTICLES IRON ORE PELLETIZING

Abstract

Usual pelletizing process requires the use of iron ore within a given range of particle size. The pelletizing plants often have comminution circuits composed of ball mills and roller presses to meet the granulometric parameters. Aiming at the partial removal of grinding operations and elimination of wet ore processing, the present study evaluated the pelletizing of two samples of ore with lower surface area: (1) sample with only one passage into the roller press (specific surface area of 997 cm²/g) and (2) “*in natura*” sample as fed to the pelletizing plant (specific surface area of 450 cm²/g). These experiments were conducted with the use of bentonite and the products E/PE MIN 070/19 and E/PE MIN 090/19, made available by Clariant for this purpose. The results indicated that conventional bentonite is not efficient for coarse particle agglomeration. On the other hand, the products E/PE MIN 070/19 and E/PE MIN 090/19 achieved good performance. Considering a sample with only one passage into the roller press it was possible to form pellets similar to those produced in the conventional process.

Keywords: Agglomeration; Pelletizing; Coarse particles; Iron ore.

¹ Anderson D. Thomazini, Engenheiro Metalúrgico, UVV, Vila Velha/ES – Brasil

² Eduardo P. Três, Engenheiro de Produção, UVV, Vila Velha/ES – Brasil;

³ Leandro S. Bicalho, Engenheiro de Minas, UFMG, Clariant, Belo Horizonte/MG - Brasil;

⁴ Pedro de A. Rollo, Químico, Unicamp, Clariant, Belo Horizonte/MG - Brasil;

⁵ Raphael A. da Costa, Químico, UMC, Clariant, Belo Horizonte/MG - Brasil;

⁶ Vinícius D. Isaka, Químico, USP, Clariant, São Paulo/SP – Brasil;

1 INTRODUÇÃO

Pelotização de minério de ferro é um processo de aglomeração de partículas finas na forma de pelotas (aglomerados esféricos) com tamanho variando na faixa de 8 a 18mm. Neste processo é necessário adicionar diferentes insumos para melhor formação e característica final das pelotas produzidas.

Segundo CASSOLA & CHAVES (1998), a bentonita é a tecnologia mais comum aplicada como aglomerante para o processo de pelotização. Sua estrutura de silicato lamelar se dispersa na matriz de minério, aumentando a viscosidade da fase líquida no interior da estrutura capilar do minério, mantendo assim a integridade das pelotas verdes. Após o processo de queima, a bentonita forma ligações com o óxido de ferro, aumentando a resistência mecânica. O calcário calcítico ou dolomítico é adicionado como fundente para a correção da basicidade e o antracito como combustível sólido para melhorar o comportamento de queima.

Conforme descrito por MOURÃO (2017), nos processos usuais, uma superfície específica na faixa de 1700 a 2200cm²/g e granulometria abaixo de 74µm são necessárias para a formação das pelotas cruas nos discos de pelotamento. O concentrado de minério de ferro proveniente da flotação normalmente não atinge tais valores, fazendo-se necessário a cominuição do material para o pelotamento. Esta operação unitária apresenta um custo energético e custos de insumos, como bolas e revestimentos, que poderiam ser eliminados ou reduzidos em um processo de pelotamento mais tolerante a menores áreas superficiais.

O presente trabalho se propôs a estudar o processo de pelotização em escala de laboratório utilizando três amostras de pellet feed com diferentes granulometrias e superfícies específicas. O foco se deu para o desenvolvimento de um aglomerante que viabilize o pelotamento de partículas grossas, visando a remoção ou diminuição das etapas de moagem no processo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e métodos

Os ensaios de pelotização foram realizados com três amostras de pellet feed, conforme descrito na tabela 1. As amostras foram analisadas quanto a composição química (fluorescência de raios-X e gravimetria), granulometria (peneiramento a úmido), superfície específica (Blaine).

Tabela 1. Amostras de pellet feed utilizadas para os ensaios de pelotização.

Amostra	Referência
PRD Padrão	Pellet feed padrão obtido após processo de moagem e filtragem.
<i>In natura</i>	Pellet feed natural obtido como concentrado da flotação
Prensado	Pellet feed obtido após uma passagem na prensa de rolos.

Os ensaios de pelotamento foram realizados em escala de laboratório utilizando a estrutura do Centro de Aplicação e Desenvolvimento para Mineração (CADM) da Clariant S.A. situada em Belo Horizonte/MG. A etapa de mistura dos insumos foi

realizada em uma bateadeira intensiva de laboratório e as pelotas produzidas em disco com 90cm de diâmetro.

Foram avaliados os parâmetros físicos das pelotas utilizando uma prensa universal para medir a resistência a compressão das pelotas verde, seca (110°C) e queimada (1230°C). Em uma base com a altura definida (45cm) foi avaliada a resistência das pelotas quanto ao número de quedas até a primeira trinca. Para estas análises foram utilizadas 20 pelotas na faixa granulométrica de 11,2 a 12,5mm. O fluxograma de preparação das pelotas segue a sequencia indicada na figura 1:



Figura 1 - Fluxograma para preparação das pelotas

Além das avaliações físicas, foram definidos alguns critérios de pelotabilidade para avaliar a qualidade do pelotamento: umidade final das pelotas produzidas, volume de água adicionado no disco durante o pelotamento e o tempo de pelotamento.

Foram avaliados diferentes aglomerantes nos ensaios de pelotamento. O aglomerante “bentonita nacional” foi utilizado como padrão de referência para os ensaios. Avaliaram-se também os produtos EPE MIN 070/19 e EPE MIN 090/19.

2.2 Resultados e discussão - Ensaios de caracterização

Os resultados das análises químicas estão descritos na tabela 2. Percebe-se que as amostras apresentaram composições químicas similares, uma vez que foram preparadas a partir do mesmo concentrado de flotação e homogeneizadas com os mesmos aditivos (calcário calcítico e antracito).

Tabela 2. Resultados das análises químicas.

Item	PRD Padrão (%)	<i>In natura</i> (%)	Prensado (%)
Fe	66,8	66,9	66,9
SiO ₂	1,31	1,10	1,28
Al ₂ O ₃	0,25	0,28	0,21
CaO	0,62	0,75	0,79
MgO	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P	0,013	0,016	0,012
Mn	0,09	0,09	0,09
TiO ₂	0,08	0,07	0,05
PPC	1,98	2,12	2,21

A figura 2 apresenta a curva granulométrica para as três amostras de pellet feed avaliadas. Nota-se pelo gráfico a diferença no tamanho de partícula entre as três amostras estudadas. O PRD Padrão apresentou 92,3% das partículas abaixo da peneira granulométrica de 45µm. Para o minério Prensado este valor foi de 58,0% e para o *In Natura* 43,8%.

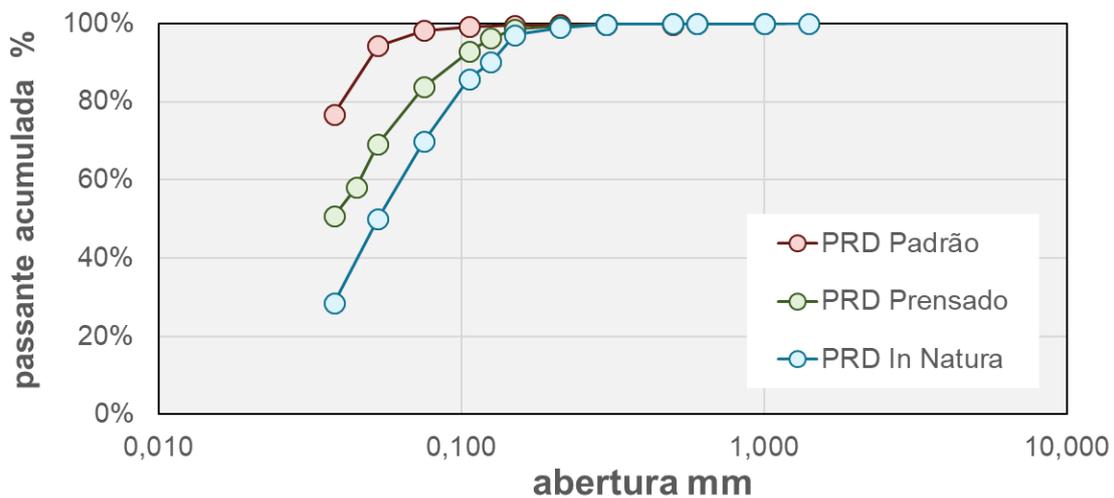


Figura 2 - Granulometria das amostras de pellet feed

Os resultados da análise de superfície específica pelo método de Blaine estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Resultados de superfície específica.

Item	PRD Padrão (%)	<i>In natura</i> (%)	Prensado (%)
SS cm ² /g	1613	450	997

O PRD Padrão apresentou um valor de superfície específica dentro dos valores obtidos normalmente nas pelletizações de minério de ferro. Observa-se que considerando uma única passagem na prensa de rolos, foi possível aumentar a superfície específica de 450 cm²/g para 997 cm²/g e este material, por sua vez, após moagem a úmido em moinho de bolas aumentou a sua superfície específica para 1613 cm²/g. As amostras *In natura* e Prensado apresentam valores inferiores ao processo convencional, demonstrando um maior desafio para aglomeração.

2.3 Resultados e discussão - Ensaio de pelletização

Os resultados de resistência a compressão para os sistemas em estudo são apresentados na figura 3:

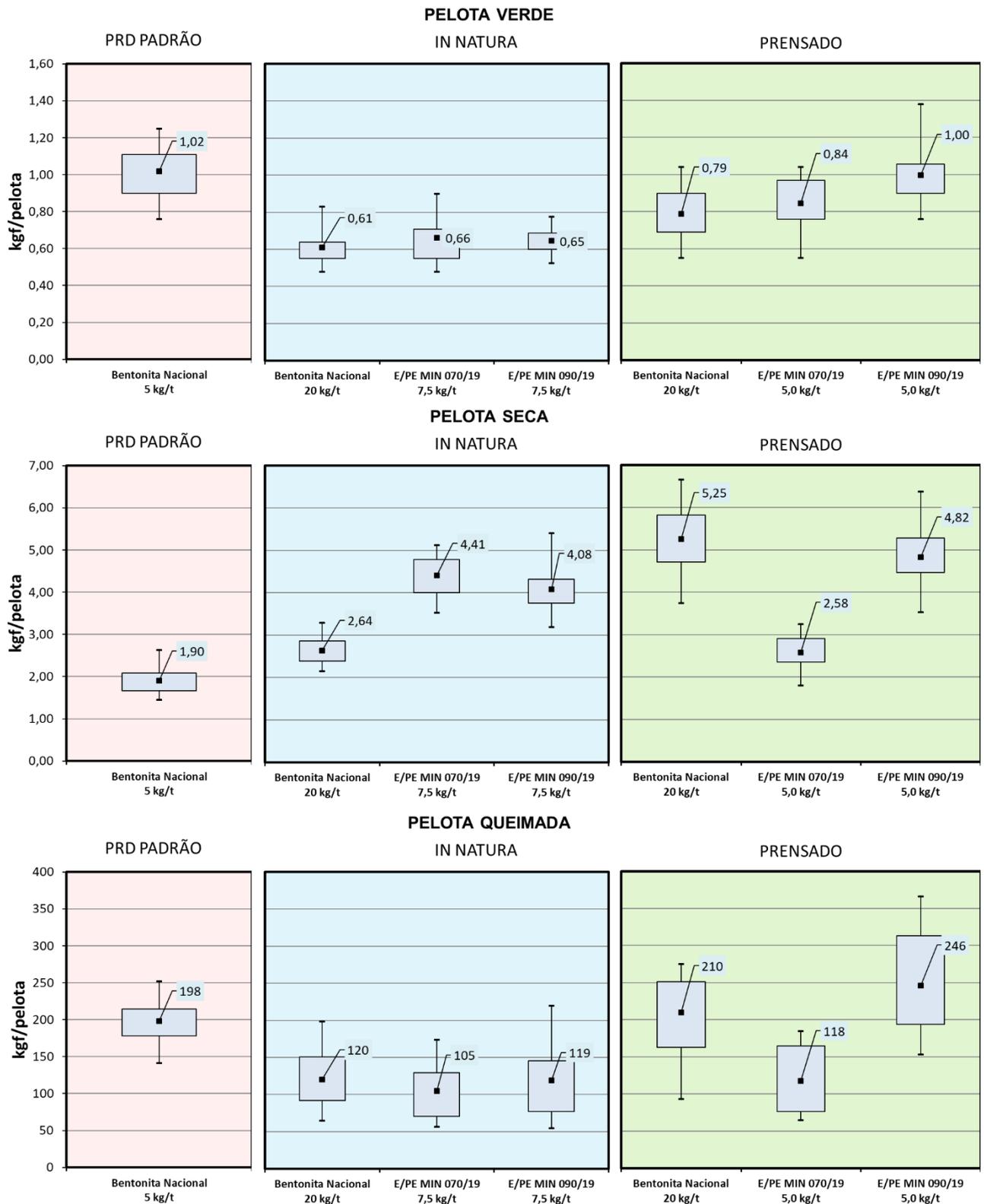


Figura 3 - Resultados de resistência a compressão para pelotas verdes, secas e queimadas

A dosagem de 5Kg/t de bentonita nacional representa o valor típico empregado nas usinas de pelotização. Para os minérios com granulometria mais grossa (*In natura* e Prensado) este nível de dosagem não possibilitou a formação de pelotas, sendo necessário o aumento até o valor de 20Kg/t para obtenção de pelotas.

Em comparação à bentonita nacional, os produtos E/PE MIN 070/19 e E/PE MIN 090/19 possibilitaram a formação de pelotas em menores dosagens: 7,5 kg/t para o pellet feed *In natura* e 5,0 kg/t para o pellet feed Prensado. Além disso os produtos possibilitaram a formação de pelotas secas com melhor resistência a compressão.

Considerando o minério com apenas uma passagem pela prensa de rolos, os aglomerantes E/PE MIN 070/19 e E/PE MIN 090/19, na dosagem de 5 kg/t, possibilitaram a formação de pelotas com parâmetros de resistência a compressão similares à condição padrão de pelletização (PRD padrão com bentonita nacional). Para o E/PE MIN 090/19 os resultados alcançados foram ainda superiores, apresentando potencial para eliminação da moagem dos circuitos.

Os resultados de número de quedas (45cm) da pelota verde são apresentados na figura 4. Os valores obtidos com os produtos E/PE MIN 070/19 e E/PE MIN 090/19 foram similares à condição padrão de pelletização. A bentonita nacional, utilizada na dosagem de 20 kg/t conferiu uma alta plasticidade às pelotas, refletida em uma média elevada no número de quedas para o minério prensado. Para o minério *In Natura* a alta plasticidade observada no teste não refletiu em valores altos de número de quedas.

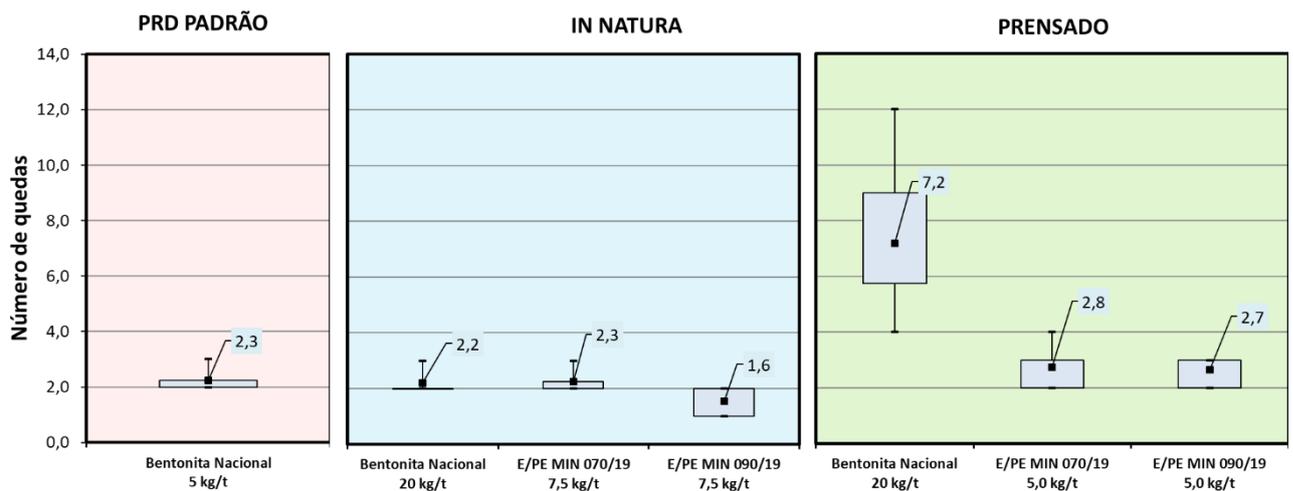


Figura 4 - Resultados de número de quedas (45cm) para pelotas verdes.

A tabela 4 apresenta os teores de umidade das pelotas após a finalização do pelletamento e a tabela 5 o volume de água adicionado no disco para a formação das pelotas.

Tabela 4. Teores de umidade das pelotas após pelletamento

Aglomerante	PRD Padrão (%)	<i>In natura</i> (%)	Prensado (%)
Bentonita nacional	7,4	9,6	9,3
E/PE MIN 070/19	--	9,3	7,7
E/PE MIN 090/19	--	8,8	7,2

Tabela 5. Volume de água adicionado no disco durante pelotamento

Aglomerante	PRD Padrão (mL)	<i>In natura</i> (mL)	Prensado (mL)
Bentonita nacional	40	160	90
E/PE MIN 070/19	--	90	45
E/PE MIN 090/19	--	80	5

As pelotas produzidas com PRD padrão a partir da bentonita nacional apresentaram valor de umidade dentro dos parâmetros convencionais. Para os minérios com granulometria mais grossa (*In natura* e Prensado) foi necessário adicionar uma quantidade superior de água para possibilitar o pelotamento, gerando assim pelotas com teores de umidade maiores. Este comportamento combinado com uma dosagem elevada de bentonita (20Kg/t) conferiu às pelotas um aspecto plástico, gerando pelotas deformadas e achatadas, característica indesejável nas usinas.

Para o *In natura* o uso dos aglomerantes E/PE MIN 070/19 e E/PE MIN 090/19 possibilitou a formação de pelotas com uma menor umidade e menor necessidade de adição de água no pelotamento. Para o PRD Prensado os dois produtos possibilitaram a formação de pelotas com características similares àquelas produzidas com o PRD Padrão. Foi observado que as pelotas produzidas utilizando o E/PE MIN 090/19 necessitaram um menor volume de água para a realização do pelotamento.

A tabela 6 apresenta os tempos de pelotização. O uso da bentonita nacional para os minérios mais grossos (*In natura* e Prensado) levou a tempos de pelotamento superiores quando comparados à condição padrão. O uso dos aglomerantes E/PE MIN 070/19 e E/PE MIN 090/19 possibilitou a redução do tempo de pelotamento. Considerando o minério Prensado o tempo de pelotamento foi similar ao teste com o PRD Padrão.

Tabela 6. Tempo de pelotamento no disco.

Aglomerante	PRD Padrão (minutos)	<i>In natura</i> (minutos)	Prensado (minutos)
Bentonita nacional	7,5	18,5	13,8
E/PE MIN 070/19	--	13,0	8,1
E/PE MIN 090/19	--	11,2	7,0

3 CONCLUSÃO

Para o minério Prensado, os aglomerantes E/PE MIN 070/19 e E/PE MIN 090/19 apresentaram melhores respostas em relação a pelotabilidade em laboratório. As resistências a compressão alcançadas nas das pelotas verde, seca e queimada atingiram valores satisfatórios, estando na mesma ordem de magnitude ou superior aos resultados obtidos na pelotização convencional. Para este minério, a bentonita permitiu o pelotamento em dosagens quatro vezes superiores ao valor de referência, entretanto comprometeu a integridade das pelotas com um comportamento plástico gerando pelotas deformadas.

Para o minério *In Natura*, foi possível formar pelotas com os aglomerantes em estudo, entretanto os valores de resistência a compressão da pelota verde e queimada de referência não foram alcançados

Os resultados obtidos indicam um potencial para aglomeração de minério de ferro cominuído em circuito reduzido de prensa de rolos, podendo eventualmente eliminar a moagem a úmido dos circuitos tradicionais.

REFERÊNCIAS

- 1 CASSOLA, M.S., CHAVES, A.P. **Effect of the addition of organic binders on the behavior of iron or pellets.** KONA Powder and particle n° 16, 1998.
- 2 MOURÃO, J.M. **ASPECTOS CONCEITUAIS RELATIVOS À PELOTIZAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO.** Conceitual consultoria minero-siderurgica, Vitória ES, Janeiro 2017.