

# **PROCESSOS DE AGLOMERAÇÃO DE MATERIAIS PARTICULADOS**

**Escola Politécnica  
da**

**Universidade de São Paulo  
Depto. Eng. Metalúrgica e de Materiais**

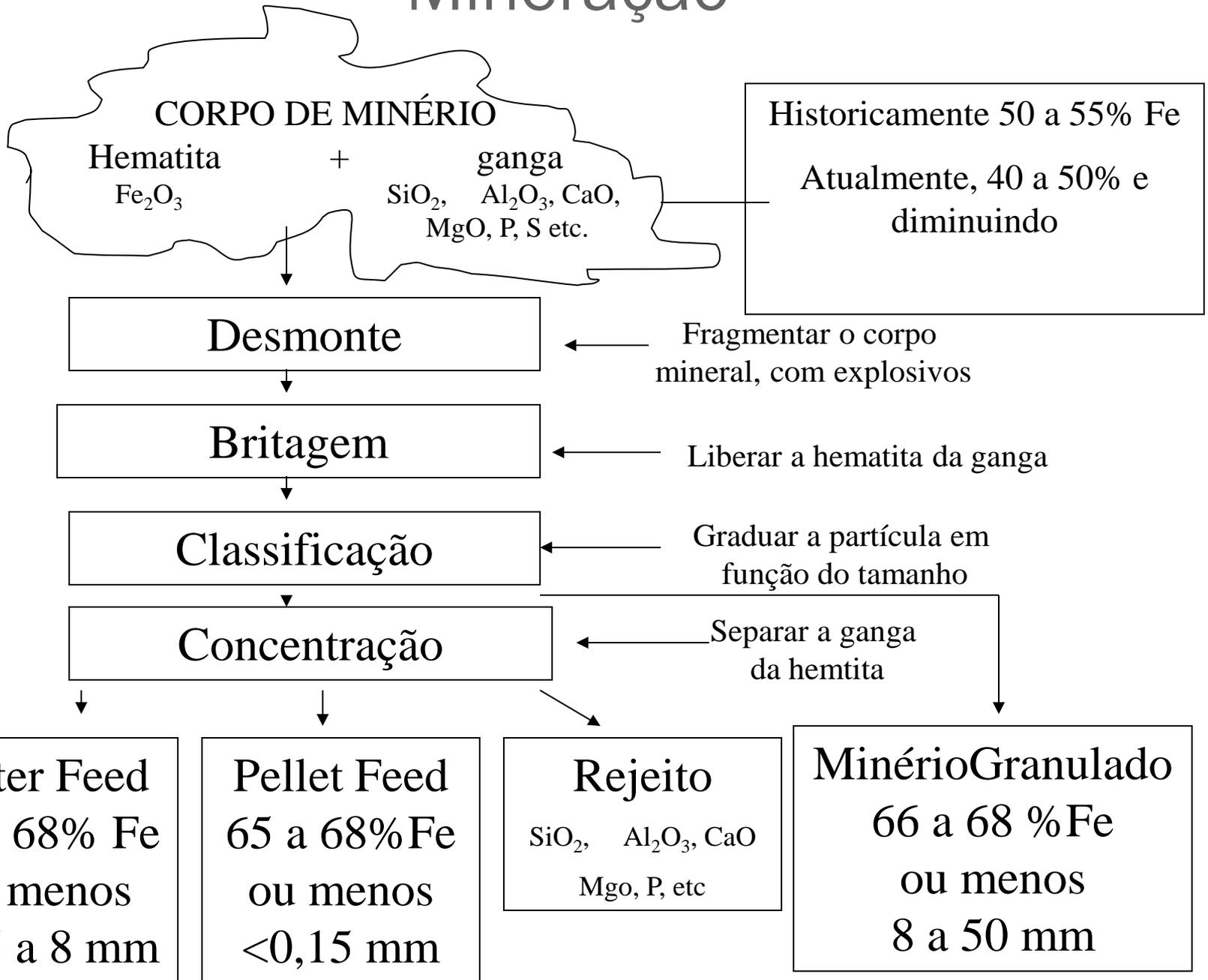
# MATERIAIS PARTICULADOS EM PROCESSOS METALÚRGICOS

- Minérios diversos
- Fundentes/fluxantes
- Combustíveis e redutores
- Resíduos diversos

Processos convencionais de aglomeração:

- Pelotização
- Sinterização
- Briquetagem
- Nodulização

# Mineração





# Análise química dos principais minérios brasileiros- Carajás

<b>Carajás Lump</b>	
<b>Chemical analysis</b>	
Fe	64.40 %
SiO <sub>2</sub>	1.80 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.30 %
Mn	0.75 %
P	0.050 %
S	0.006 %
LOI	2.60 %
Bulk Density	2.5 t/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	4.00 %
<b>Screen analysis (natural basis)</b>	
+ 31.5 mm	17.0 %
+ 19.0 mm	50.0 %
- 6.3 mm	4.0 %
<b>Note</b>	
- Indicative results at loading port	
- Dry basis analysis	

<b>Carajás Fines</b>	
<b>Chemical analysis</b>	
Fe	67.00 %
SiO <sub>2</sub>	0.90 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.95 %
Mn	0.50 %
P	0.033 %
S	0.006 %
LOI	1.60 %
Bulk Density	2.5 t/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	8.00 %
<b>Screen analysis</b>	
+ 10.0 mm	0.50 %
+ 6.3 mm	10.0 %
+ 1.0 mm	52.00 %
- 0.15 mm	16.0 %
<b>Note</b>	
- Indicative results at loading port	
- Dry basis analysis	

<b>Carajás Pellet Feed</b>	
<b>Chemical analysis</b>	
Fe	65.80 %
SiO <sub>2</sub>	1.20 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.50 %
Mn	0.60 %
P	0.040 %
S	0.006 %
LOI	2.20 %
Bulk Density	2.5 t/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	11.40 %
<b>Screen analysis</b>	
+ 0.15 mm	2.0 %
- 0.045 mm	72.0 %
<b>Note</b>	
- Indicative results at loading port	
- Dry basis analysis	

# Análise química dos principais minérios brasileiros- Minas Gerais

## Southern System Lump Ore

### Chemical analysis

Fe	65.00 %
SiO <sub>2</sub>	2.50 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.00 %
Mn	0.20 %
P	0.065 %
S	0.006 %
LOI	1.90 %

Bulk Density	2.43 t/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	4.50 %

### Screen analysis

+ 31.5 mm	10.0 %
+ 12.5 mm	82.0 %
- 6.3 mm	10.0 %

### Note

- Indicative results at loading port
- Dry basis analysis

## Standard Sinter Feed

### Chemical analysis

Fe	66.00 %
SiO <sub>2</sub>	3.60 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.70 %
Mn	0.20 %
P	0.027 %
S	0.005 %
LOI	0.90 %

Bulk Density	2.65 t/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	4.80 %

### Screen analysis

+ 9.5 mm	0.5 %
+ 6.3 mm	9.0 %
+ 1.0 mm	55.0 %
- 0.15	27.0 %

### Note

- Indicative results at loading port
- Dry basis analysis

## Pellet Feed

### Chemical analysis

Fe	67.80 %
SiO <sub>2</sub>	1.40 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40 %
Mn	0.15 %
P	0.035 %
S	0.005 %
LOI	0.90 %

Bulk Density	2.40 t/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	7.70 %

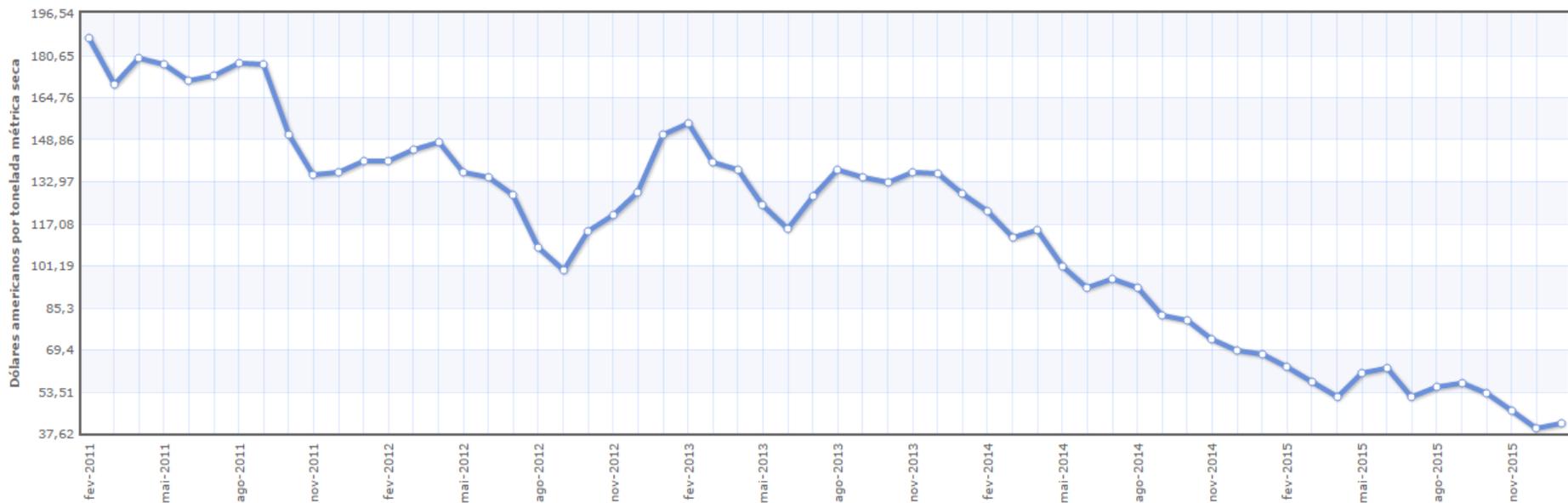
### Screen analysis

+ 0.15 mm	8.0 %
- 0.045 mm	35.0 %

### Note

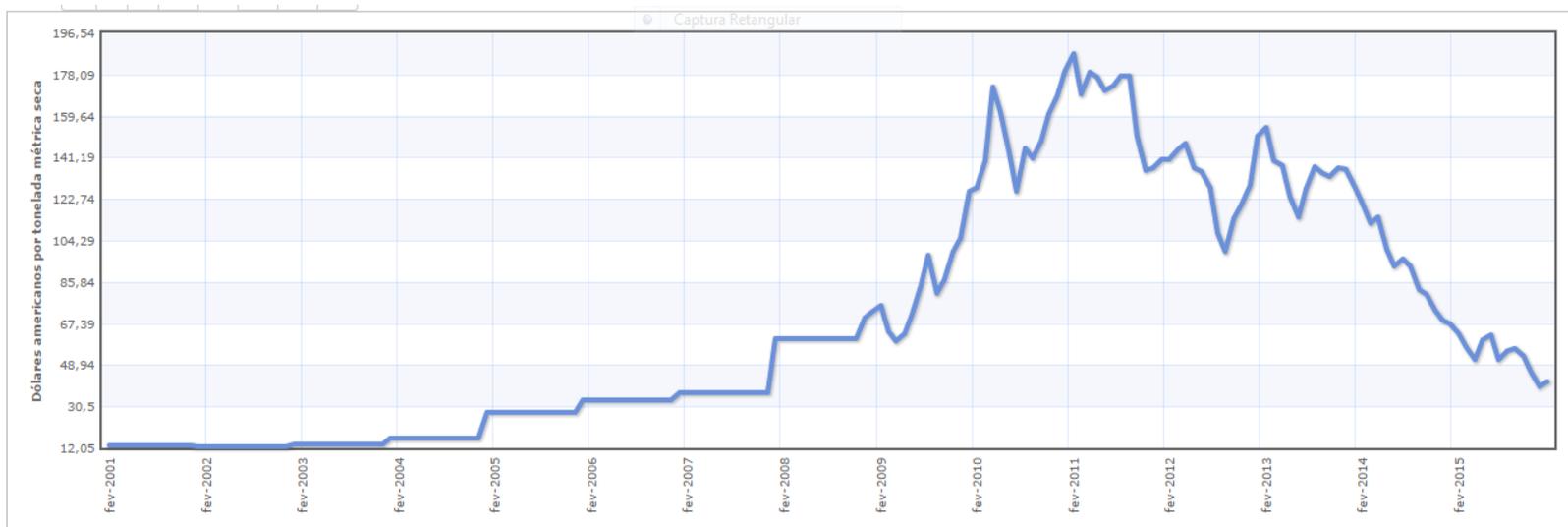
- Indicative results at loading port
- Dry basis analysis

# Preço minério de ferro desde 2011



**Descrição:** China import Iron Ore Fines 62% FE spot (CFR Tianjin port), Dólares americanos por tonelada métrica seca

# Preço minério de ferro desde 2001



**Descrição:** China import Iron Ore Fines 62% FE spot (CFR Tianjin port), Dólares americanos por tonelada métrica seca

# Aglomeração de minérios de ferro

- Pelotização: processo efetuado pelas mineradoras; a pelota é uma *commodity*
- Sinterização: processo efetuado nas usinas siderúrgicas; o sinter é um produto intermediário

# Pelotização

- Aglomeração de materiais finos abaixo de 0,149 mm (100#)
- Pelota: aglomerado de 8 a 18 mm
- Vantagens:
  - permite aproveitar finos
  - Melhora desempenho do processo posterior

# Pelotização

- Etapas:

1. Preparação da matéria prima
2. Formação de pelotas cruas
3. Processamento térmico (queima)

# Preparação da matéria prima

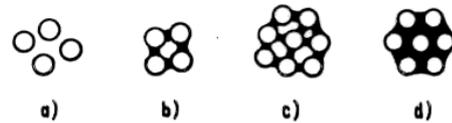
- Descarregamento
- Empilhamento
- Recuperação
  - Moagem
- Classificação  
espessamento
- Homogeneização
  - Filtragem
- Adição de aglomerante

Obtem-se a polpa

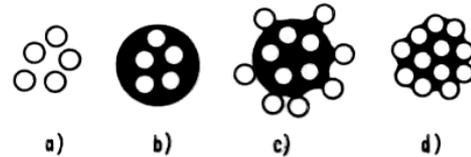
# Formação de pelotas cruas

## Pelotamento

- Formação de núcleo seguida de crescimento

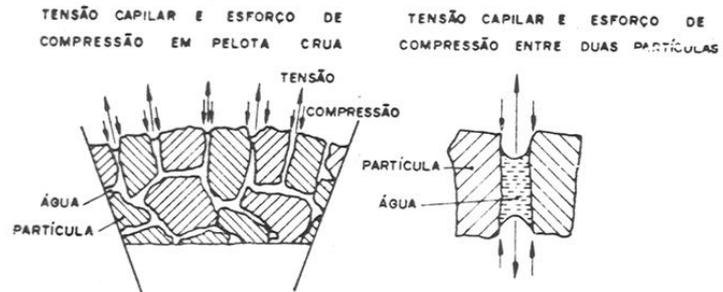


Mechanism of ball nuclei formation

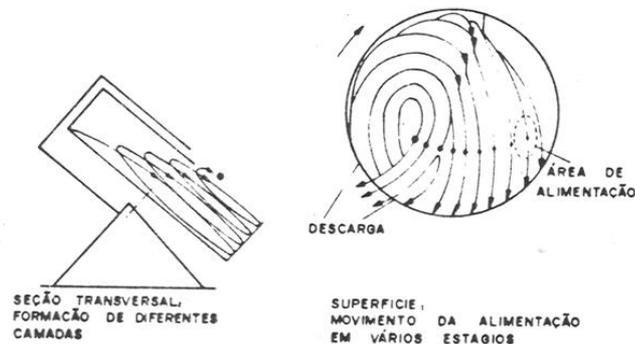


Mechanism of ball nuclei formation

# Formação de pelotas cruas

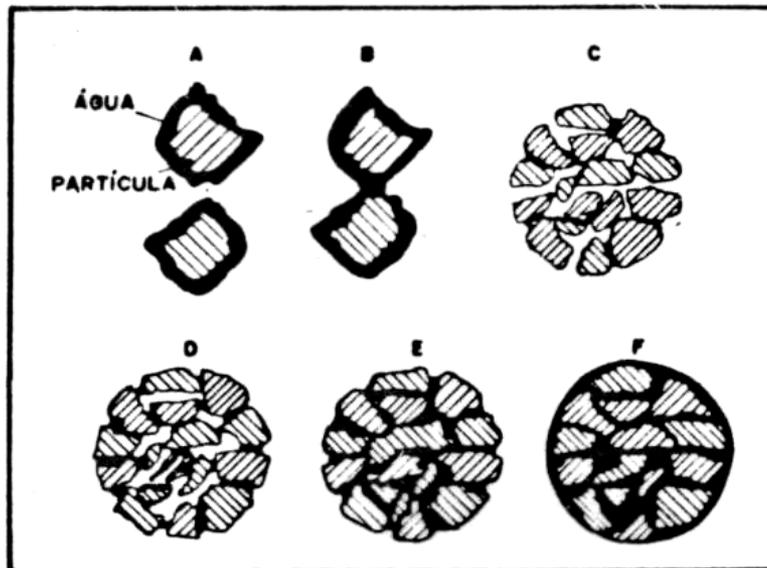


## INFLUÊNCIA DAS FORÇAS CAPILARES NO MECANISMO DE LIGAÇÃO



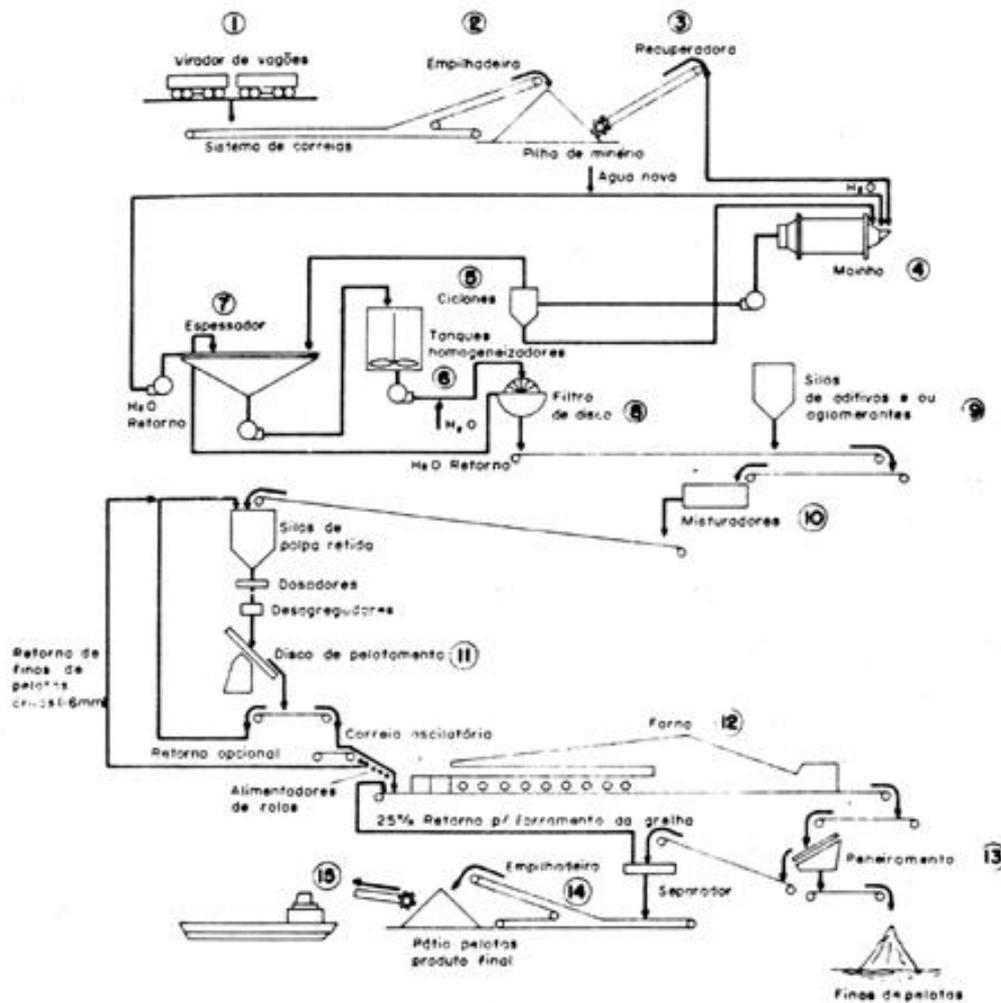
## MOVIMENTO DO PELLET FEED NO DISCO ( FORMAÇÃO DA PELOTA CRUA , CRESCIMENTO DO TAMANHO E DESCARGA DO PRODUTO )

# Influência da água



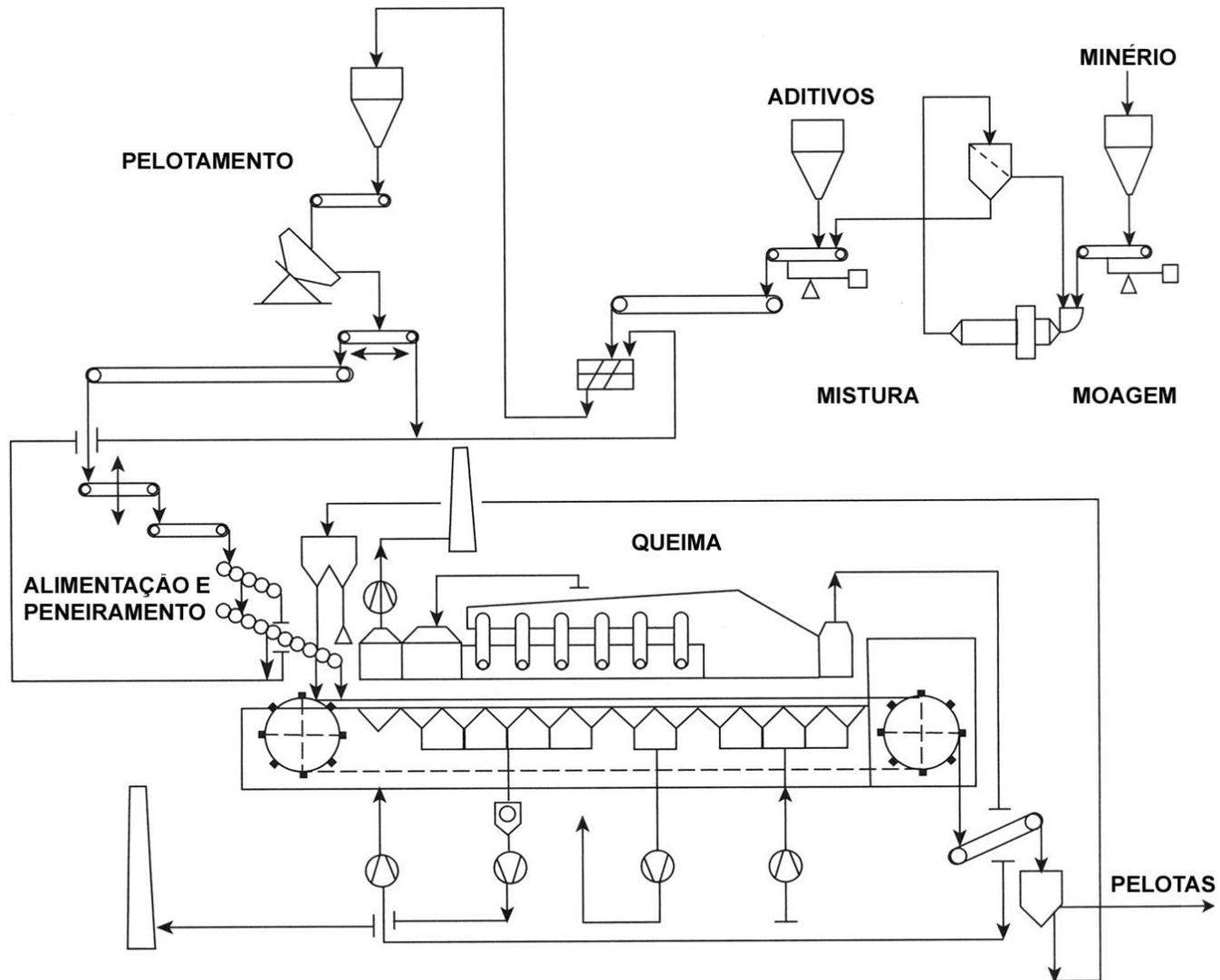
- As partículas de minério são cobertas com uma película de água.
- Devido à tensão superficial da água, as pontes líquidas são formadas.
- Devido ao rolamento no disco, gotículas d'água contendo uma ou mais partículas minerais unem-se, formando o aglomerado inicial.
- As pontes líquidas vão aumentando e o aglomerado é adensado, com o suprimento de água e efeito do rolamento.
- Nessa fase as forças capilares das pontes líquidas exercem grande ação. A situação considerada ótima é aquela em que todos os poros internos são preenchidos com água, sem contudo ocorrer um cobrimento total da pelota, o que reduziria drasticamente a resistência do aglomerado.
- Situação indesejável, a pelota está totalmente coberta com uma película de água.

# Pelotização

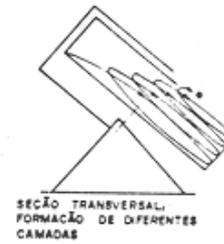


**FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE  
PELOTIZAÇÃO DE MINÉRIO DE  
FERRO**

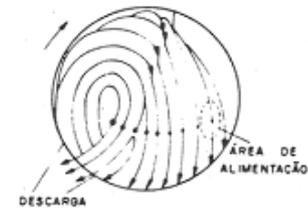
# Fluxograma pelotização



# Disco de pelotamento



SEÇÃO TRANSVERSAL:  
FORMAÇÃO DE DIFERENTES  
CAMADAS



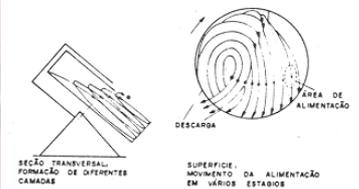
DESCARGA

ÁREA DE  
ALIMENTAÇÃO

SUPERFÍCIE:  
MOVIMENTO DA ALIMENTAÇÃO  
EM VÁRIOS ESTÁGIOS

**MOVIMENTO DO PELLET FEED NO DISCO**  
( FORMAÇÃO DA PELOTA CRUA , CRESCIMENTO DO TAMANHO  
E DESCARGA DO PRODUTO )

# Disco de pelotamento



MOVIMENTO DO PELLET FEED NO DISCO  
(FORMAÇÃO DA PELOTA CRUA, CRESCIMENTO DO TAMANHO  
E DESCARGA DO PRODUTO)

# Queima das pelotas

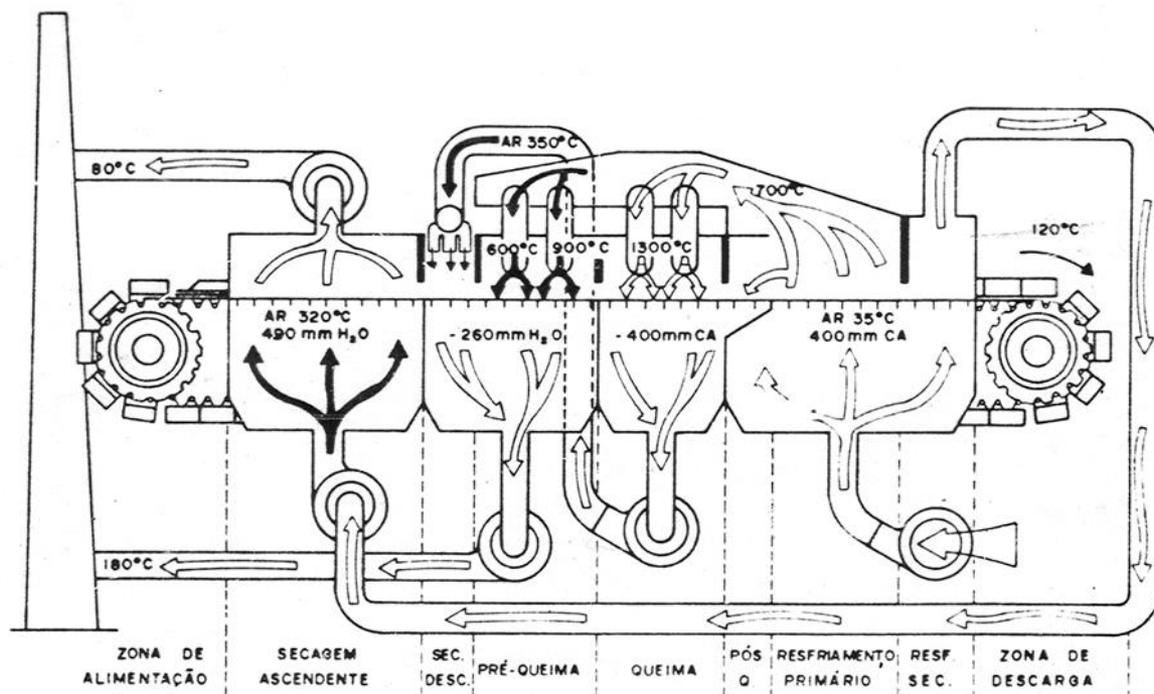
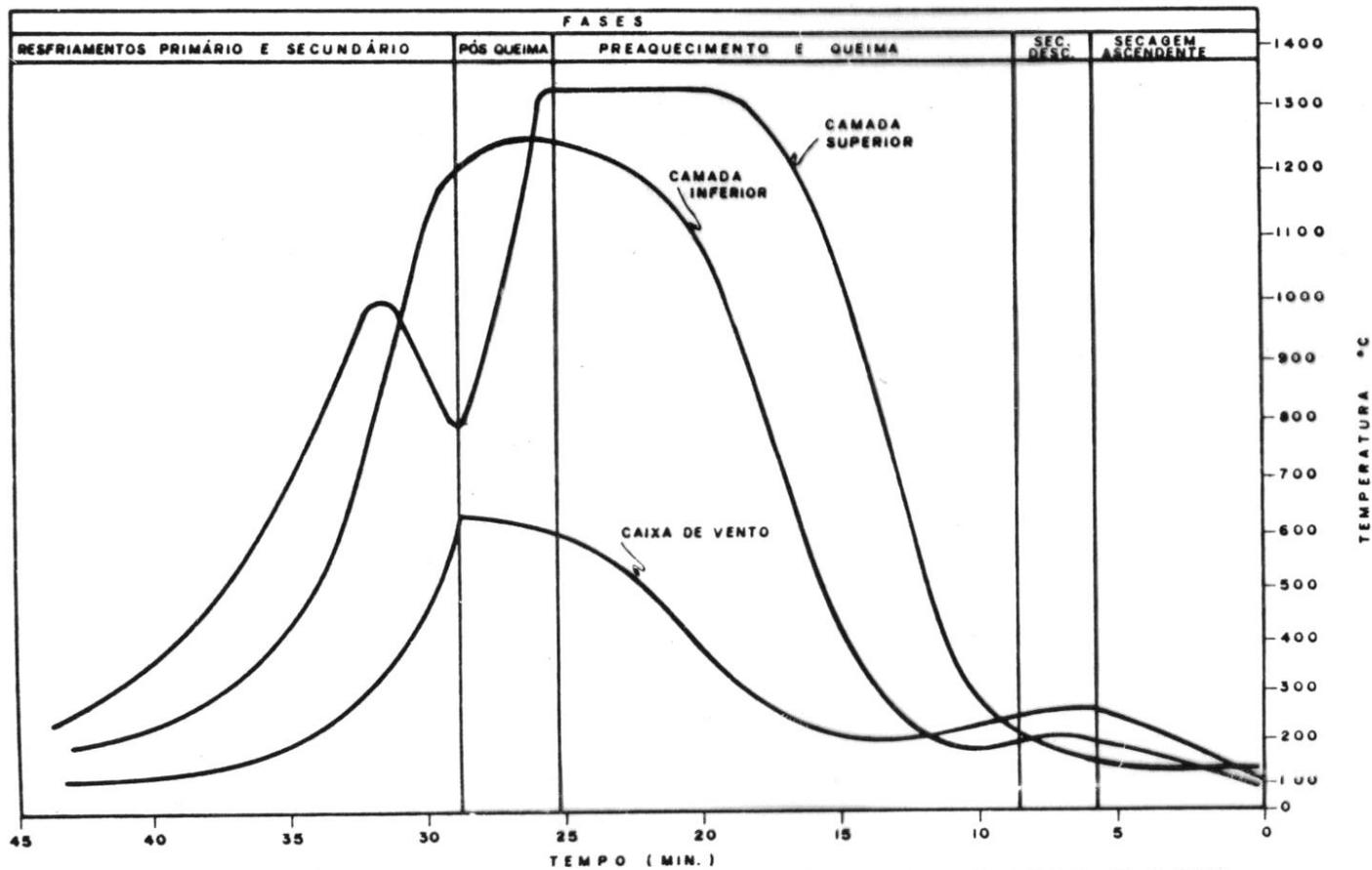


DIAGRAMA DO FORNO DE PELOTIZAÇÃO LURGI -  
DRAVO



**EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NO LEITO DE PELotas E CAIXA DE VENTO - PROCESSO LUGI-DRAVO**

# Pelotas



# Propriedades de pelotas para alto-forno

## Blast Furnace Pellets

### Metallurgical Properties

Low Temperature Disintegration, dynamic test  
(SEP 1771/B2)

> 6.3 mm	min. 80%
< 0.5 mm	max. 15%

Reduction Properties under Load (ISO 7992)  
80% degree of  
reductions

max. 15 mm WG	
min. 0.8 %/min	

Swelling  
(ISO DP 4698)

max. 20%

### Physical Properties

Grain Structure

> 16 mm	max. 5%
8-16 mm	min. 85%
< 6.3 mm	max. 5%

Cold Compression Strength,  
Pellets 10(12.5 mm (ISO 4700)

Average	min. 2500 N
< 2000 N	max. 10%
< 1500 N	max. 5%

Tumbler Strength (ISO 3271)

> 6.3 mm	min. 95%
< 0.5 mm	max. 5%

# Especificações das pelotas

## Especificações químicas e físicas das pelotas

	Ensaio	Alto Forno	Pelotas	Redução Direta
Químicas	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	-		2,0 máx.
	S (%)	0,020 máx.		0,010 máx.
	P (%)	0,050 máx.		0,030 máx.
	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O (%)	0,100 máx.		0,050 máx.
Físicas	. Granulometria			
	% entre 8 e 18 mm		90 mín.	
	% - 5 mm		5 máx.	
	. Abrasão ASTM			
	% + 1/4"		92 mín.	
% - 0,595 mm		6 máx.		
. Resistência à compressão kgf/p		200 mín.		

# Propriedades das Pelotas

## Carajás Direct Reduction Pellet

### Chemical analysis

Fe	67.10 %
SiO <sub>2</sub>	1.65 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80 %
CaO	0.95 %
MgO	0.10 %
Mn	0.25 %
P	0.030 %
S	0.005 %

### Physical Tests

Tumble Index (% + 6.3 mm)	94.5
Abrasion Index (% - 0.5 mm)	4.5
Compression Strength (daN/p)	280
Moisture (%)	2.0
Size distribution: + 8 - 18 mm (%)	96.0
- 5 mm (%)	1.0

### Metallurgical tests

Disintegration: - 3.15 mm (%)	1.5
Degree of Metallization (%)	95.0

### Note

- Indicative results at loading port
- Dry basis analysis, except for size distribution (natural basis)

## Carajás Blast Furnace Pellet

### Chemical analysis

Fe	65.75 %
SiO <sub>2</sub>	1.80 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.20 %
CaO	1.80 %
MgO	0.10 %
Mn	0.45 %
P	0.035 %
S	0.005 %

### Physical Tests

Tumble Index (% + 6.3 mm)	94.0
Abrasion Index (% - 0.5 mm)	5.0
Compression Strength (daN/p)	280
Moisture (%)	2.0
Size distribution: + 8 - 18 mm (%)	96.0
- 5 mm (%)	1.5

### Metallurgical tests

Swelling Index (%)	15.0
Degree of Reduction (%)	75.0

### Note

- Indicative results at loading port
- Dry basis analysis, except for size distribution (natural basis)

## Tubarão Direct Reduction Pellet

### Chemical analysis

Fe	67.85 %
SiO <sub>2</sub>	1.20 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.55 %
CaO	0.65 %
MgO	0.25 %
Mn	0.13 %
P	0.025 %
S	0.003 %

### Physical Tests

Tumble Index (% + 6.3 mm)	94.5
Abrasion Index (% - 0.5 mm)	5.0
Compression Strength (daN/p)	290
Moisture (%)	2.0
Size distribution: + 8 - 18 mm (%)	96.0
- 5 mm (%)	1.0

### Metallurgical tests

Disintegration: - 3.15 mm (%)	2.0
Degree of Metallization (%)	93.0

### Note

- Indicative results at loading port
- Dry basis analysis, except for size distribution (natural basis)

## Tubarão Blast Furnace Pellet

### Chemical analysis

Fe	65.65 %
SiO <sub>2</sub>	2.40 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.65 %
CaO	2.65 %
MgO	0.08 %
Mn	0.13 %
P	0.028 %
S	0.003 %

### Physical Tests

Tumble Index (% + 6.3 mm)	94.5
Abrasion Index (% - 0.5 mm)	5.0
Compression Strength (daN/p)	290
Moisture (%)	2.0
Size distribution: + 8 - 18 mm (%)	96.0
- 5 mm (%)	1.0

### Metallurgical tests

Swelling Index (%)	13.0
Degree of Reduction (%)	69.0

### Note

- Indicative results at loading port
- Dry basis analysis, except for size distribution (natural basis)

## Fábrica Blast Furnace Pellet

### Chemical analysis

Fe	65.00 %
SiO <sub>2</sub>	3.50 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80 %
CaO	2.60 %
MgO	0.08 %
Mn	0.20 %
P	0.035 %
S	0.005 %

### Physical Tests

Tumble Index (% + 6.3 mm)	94.0
Abrasion Index (% - 0.5 mm)	6.0
Compression Strength (daN/p)	270
Moisture (%)	2.0
Size distribution: + 8 - 18 mm (%)	96.0
- 5 mm (%)	1.5

### Metallurgical tests

Swelling Index (%)	18.0
Degree of Reduction (%)	75.0

### Note

- Indicative results at loading port
- Dry basis analysis, except for size distribution (natural basis)

# Sinterização

Processo de aglomeração de minério que forma o sinter a partir de queima de combustível sólido (coque) misturado ao minério

Sinter auto-fundente: na mistura a sinterizar adiciona-se, além do minério e do combustível, os fundentes necessários ao alto-forno

Matérias primas e insumos na mistura a sinterizar

Minério de ferro: sinter feed

Moinha de coque

Calcáreo e outros Fundentes

Materiais reciclados (lamas, pós, carepas, lixo industrial)

umidade

# Mistura a sinterizar

- 75-85% Carga Metálica

Sinter feed – 75% aprox.

Sinter retorno – 25% aprox.

- 7-15 % fundentes
- 3-7 % combustível sólido
- 5-10 % água

# Sinter feed

- Granulometria

0 % > 9,5 mm

5% max > 6,35 mm

45-60 % entre 1 e 6,35 mm

10-25 % < 0,105 mm

Nucleante: fração acima de 1 mm (20#)

Aderente: fração inferior a 0,297 mm (48#)

# Fundentes

- Cal
- Calcáreo
- Silica (quartzito)
- MgO (dolomita, dunito)
- Alumina (bauxita)
- Olivina

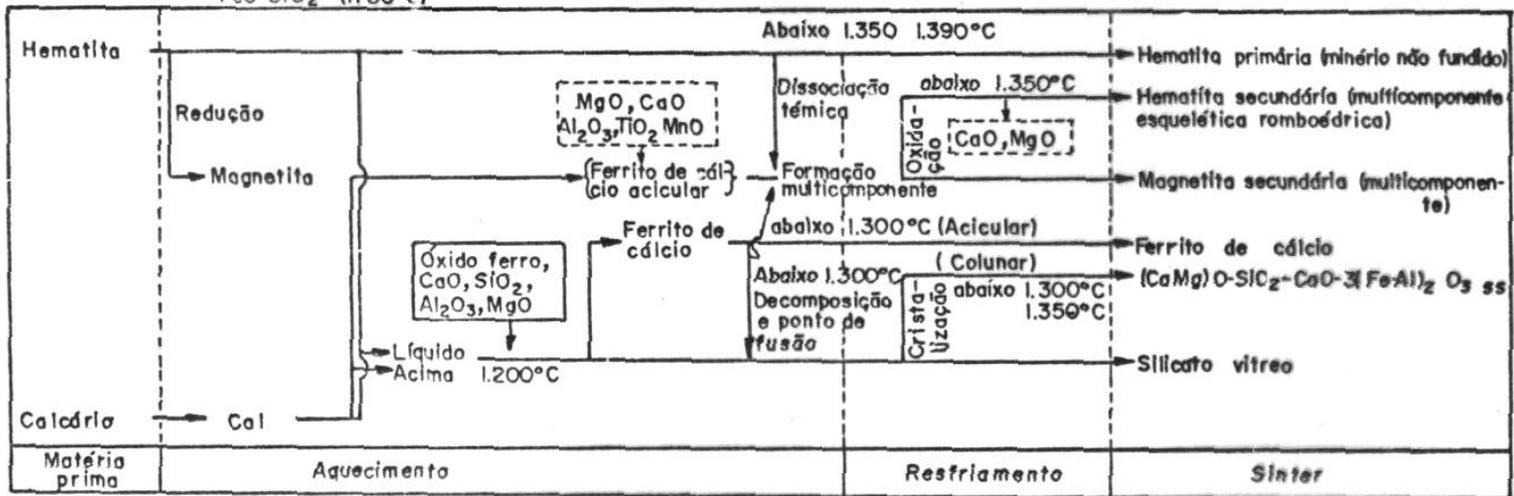
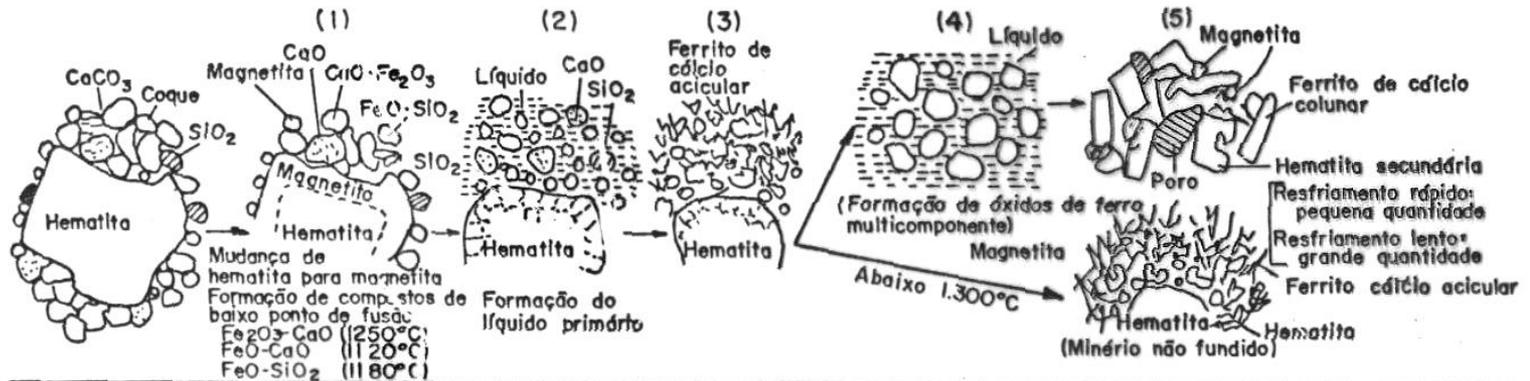
- Combustível sólido: moinha de coque
- Umidade: umidade ótima é a que fornece o maior volume específico da mistura

# Minérios brasileiros para sinterização

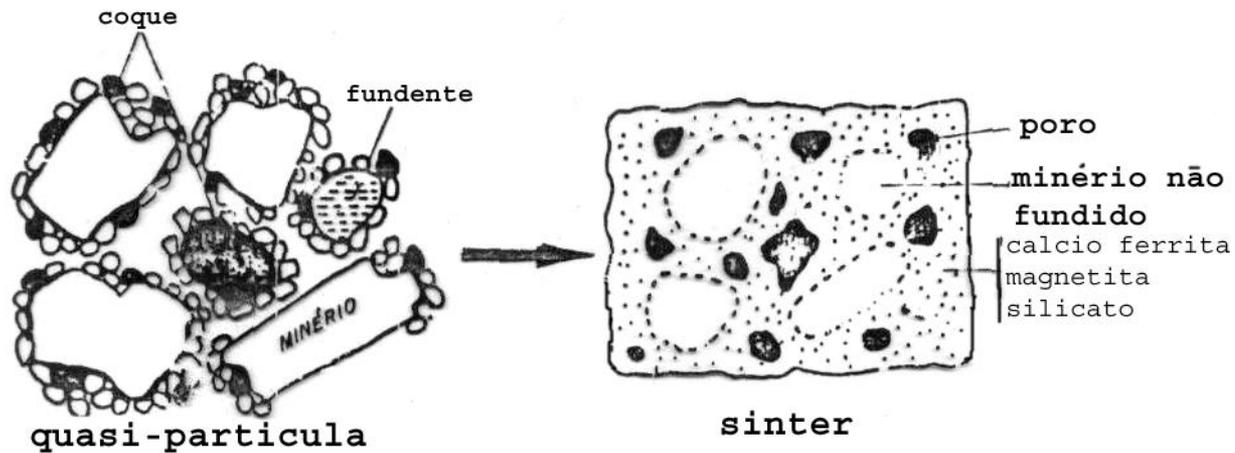
**Table 8.9 Brazilian Sintering Ores**

Chemistry	CVRD SSF	CVR Carajás	MBR Sinter Feed	Samitri			
				Fabrica Sinter Feed	SAAL	SAMA	Pau Branco
Fe	64.2	67.2	68.3	64.7	64.5	65.2	67.0
SiO <sub>2</sub>	5.10	0.60	1.30	4.00	4.20	4.20	0.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00	0.94	0.90	1.10	0.70	0.80	1.18
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.03	0.04	0.03	0.07	0.08	—
CaO	0.02	0.01	0.03	0.05	0.02	0.03	0.00
MgO	0.03	0.02	0.04	0.05	0.04	0.05	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.005	0.010	0.006	0.020	0.006	0.006	—
K <sub>2</sub> O	0.008	0.010	0.004	0.010	0.006	0.007	0.020
Mn	0.200	0.450	0.229	0.200	0.070	0.070	—
P	0.045	0.037	0.030	0.040	0.057	0.040	0.050
S	0.007	0.010	0.005	0.005	0.006	0.006	—
V	—	—	0.006	—	—	—	—
LOI	1.50	1.40	0.61	0.05	2.30	1.50	—
Sizing, % +							
8 mm	2	2	6	2	20	21	1
4 mm	8	7	24	7	14	12	25
2 mm				20	12	5	
1 mm	31	48	26	30	12	9	41
500 µm			10	13	10	10	10
250 µm			8	11			10
180 µm	22	27	4	4	13	17	4
90 µm	12	4	6	5	4	7	
63 µm	10		15	8	3	5	4
-63 µm	15	12			11	11	5

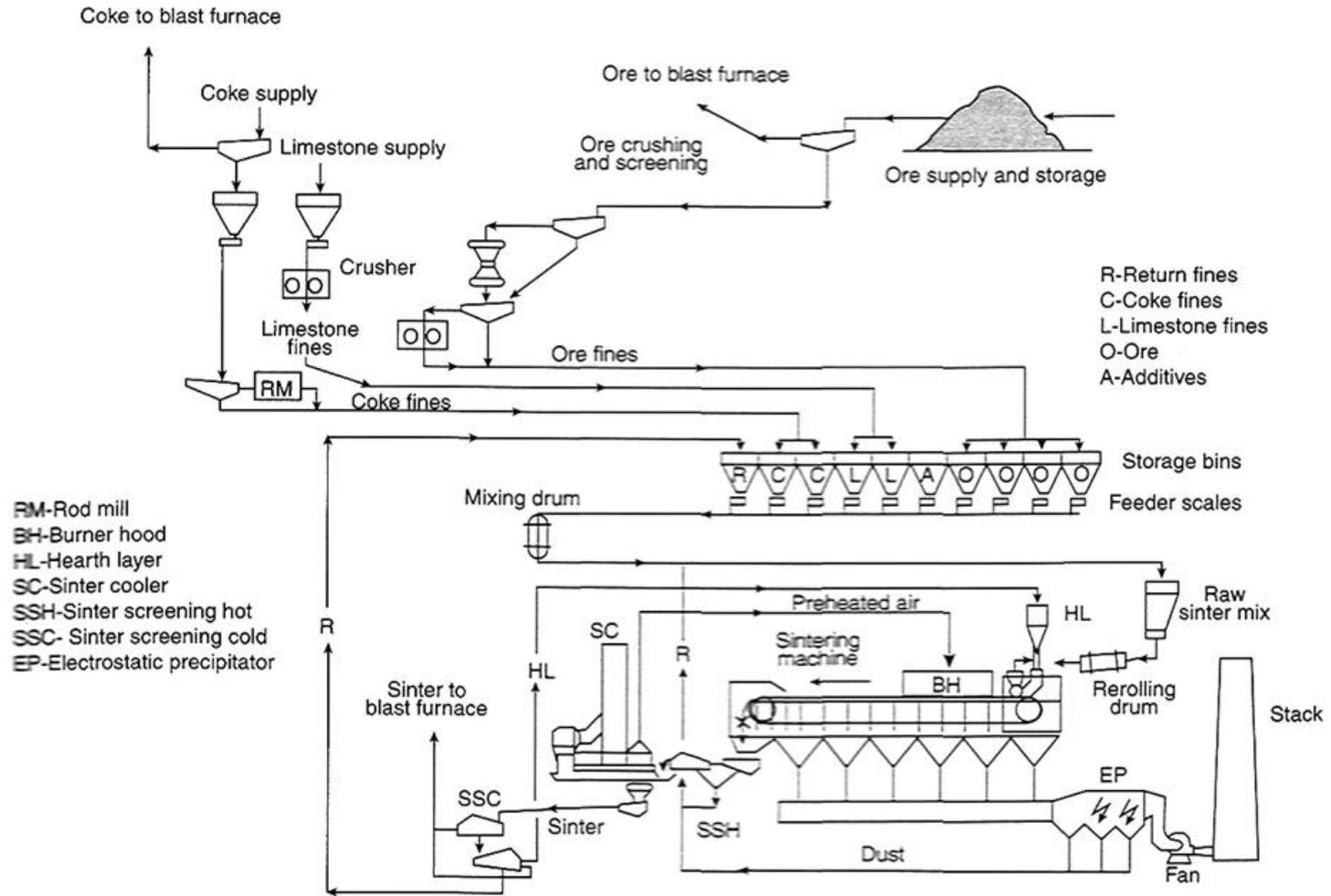
# Esquema de reações



# Esquema simplificado das reações durante a sinterização

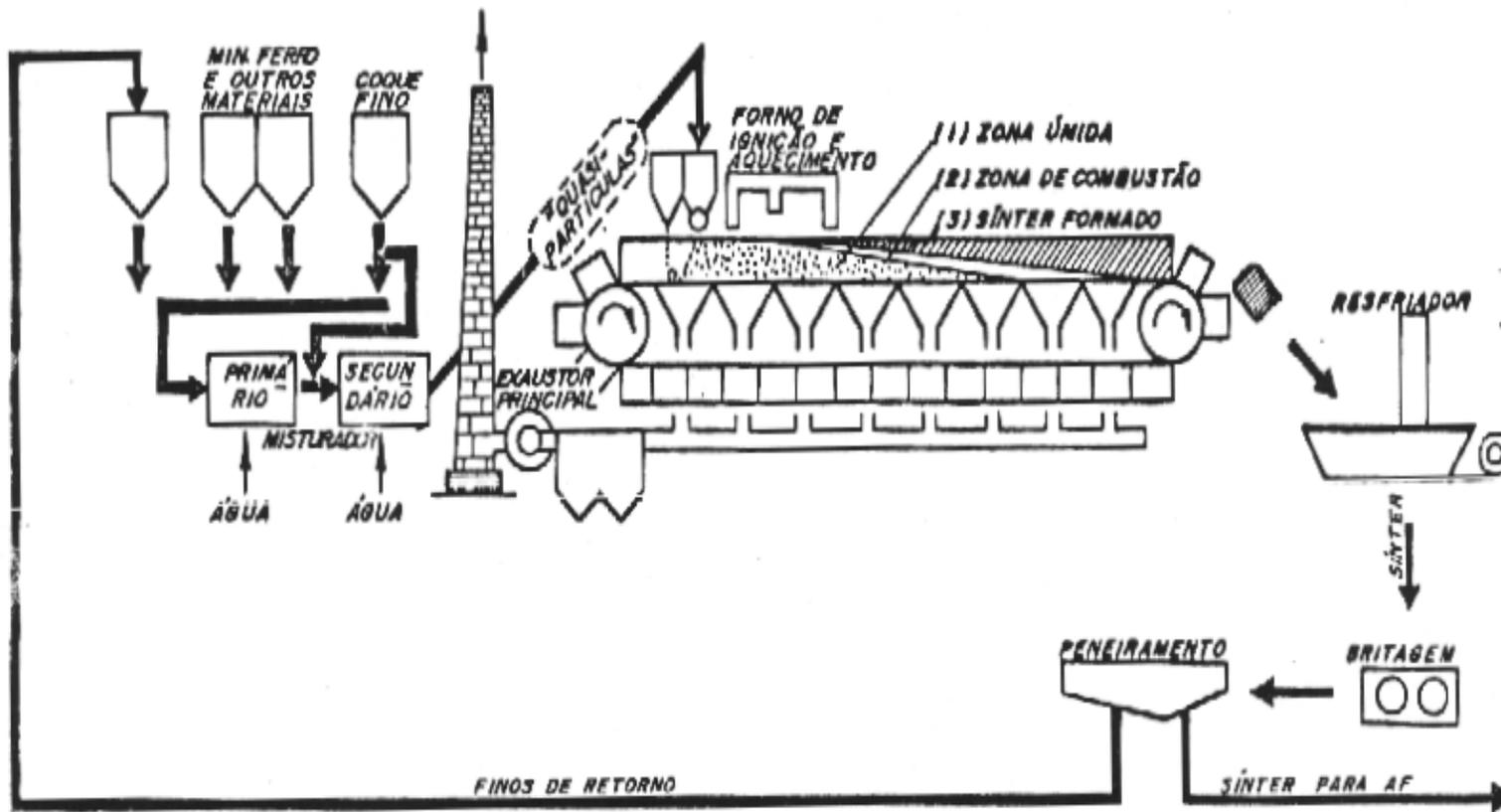


# Esquema do processo de sinterização

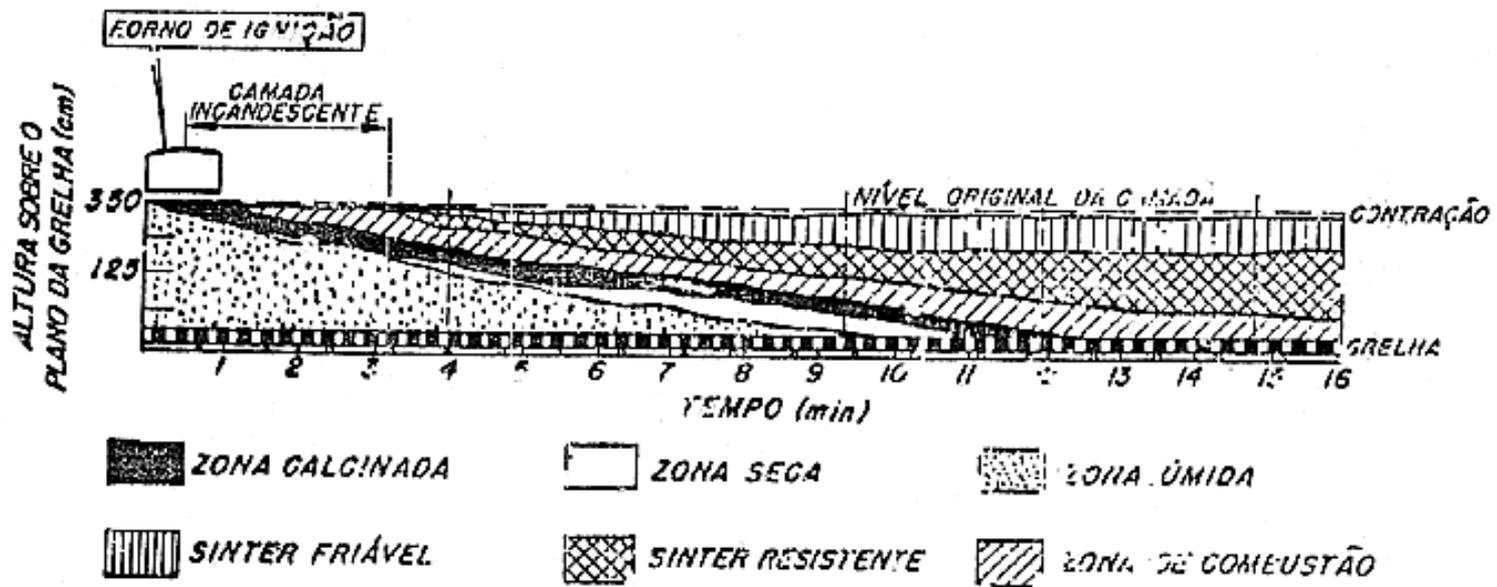


Schematic flow diagram of continuous iron ore sintering process.

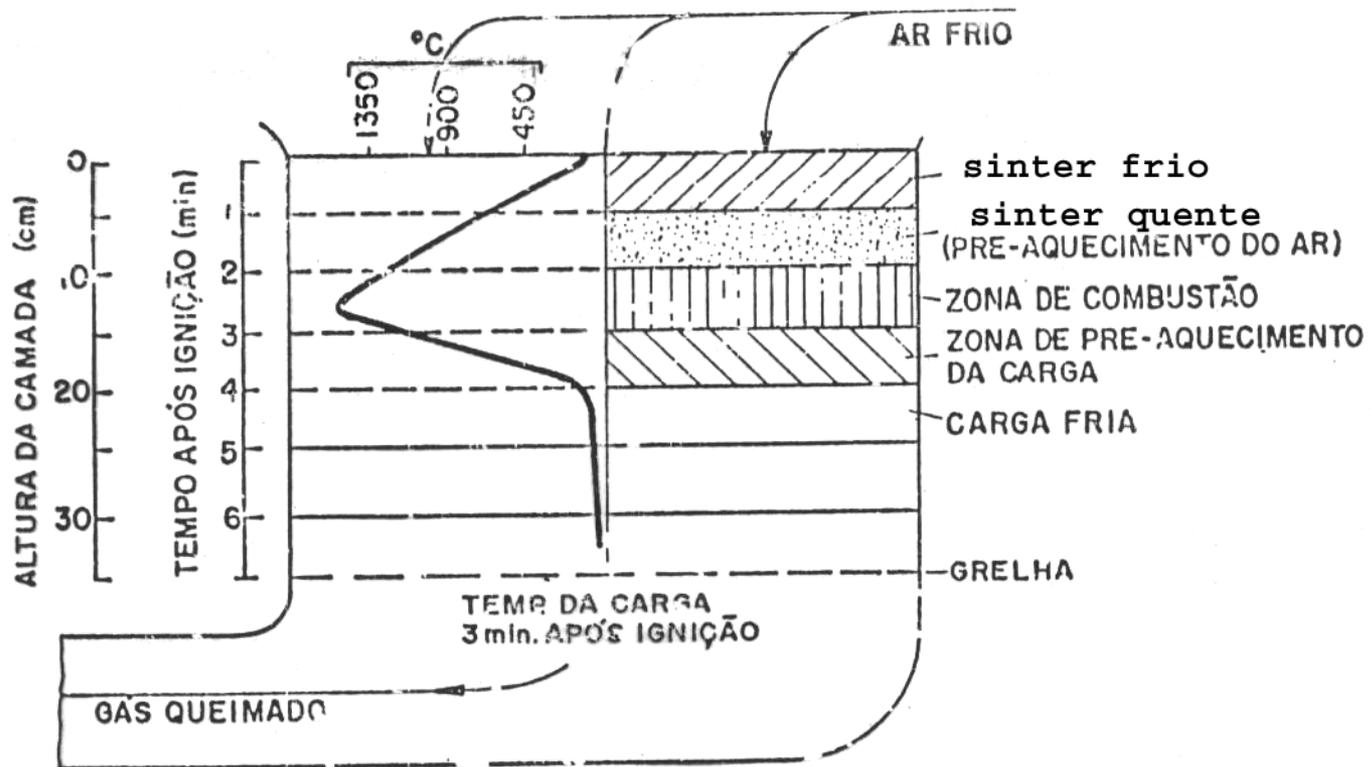
# Esquema sinterização



# Corte máquina Dwight-Lloyd



# Perfil térmico no leito

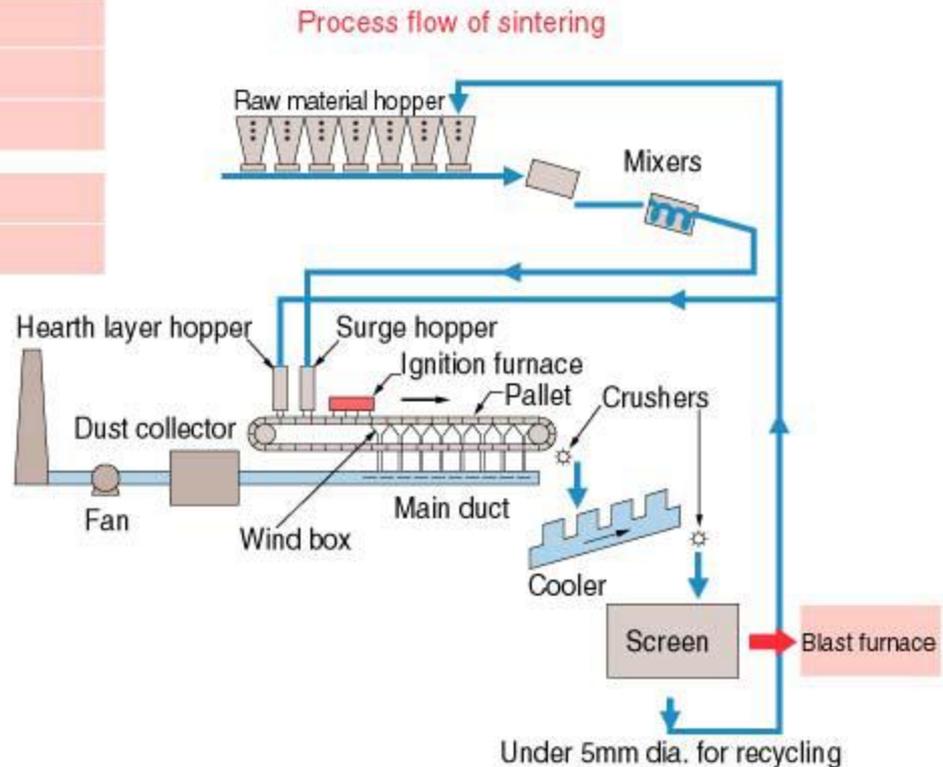


## Iron Ore and Its Pretreatment

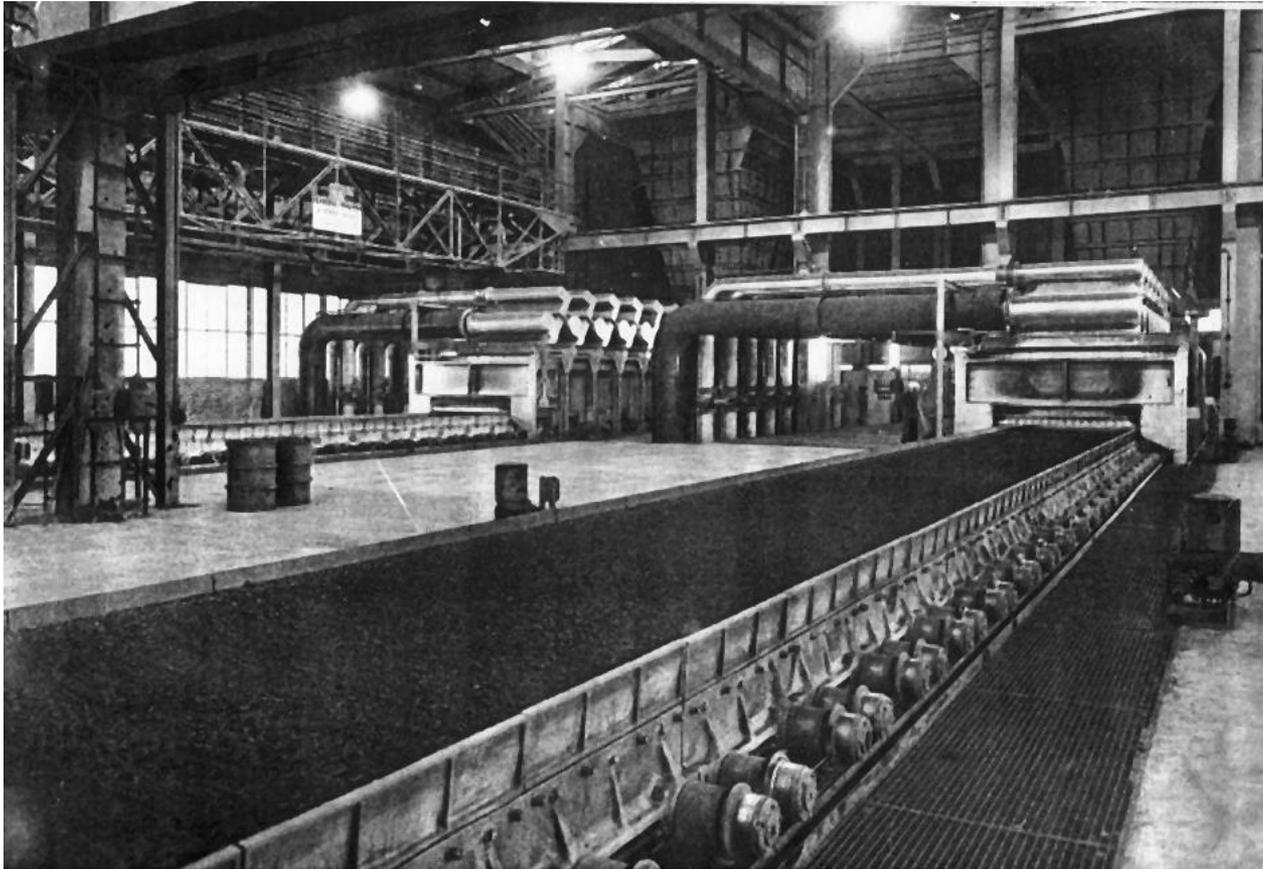
Iron ore	Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
	Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
	Others

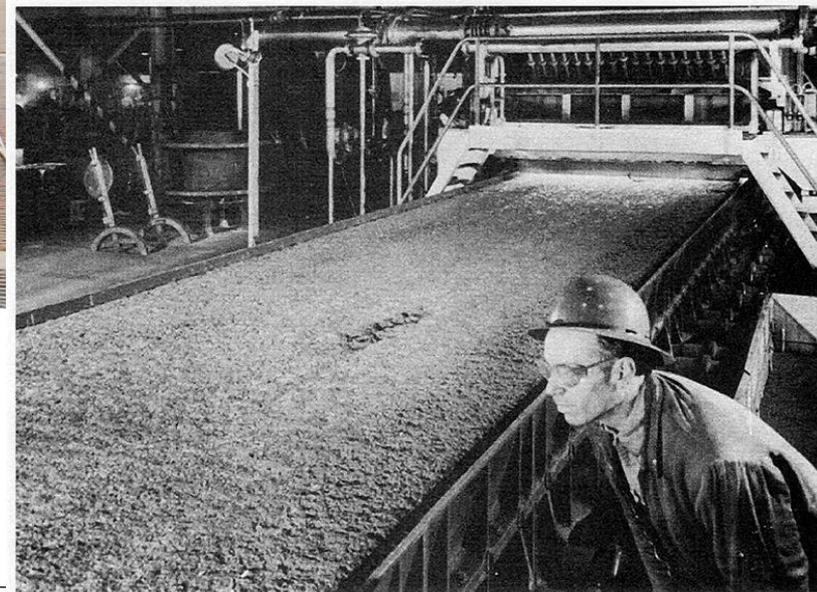
Pretreatment	Sintering
	Pelletizing

Composition of sintered ore	
T.Fe	55~58%
$\text{SiO}_2$	4.5~6.0%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	<2.0%
$\text{CaO} / \text{SiO}_2$	1.5~2.3

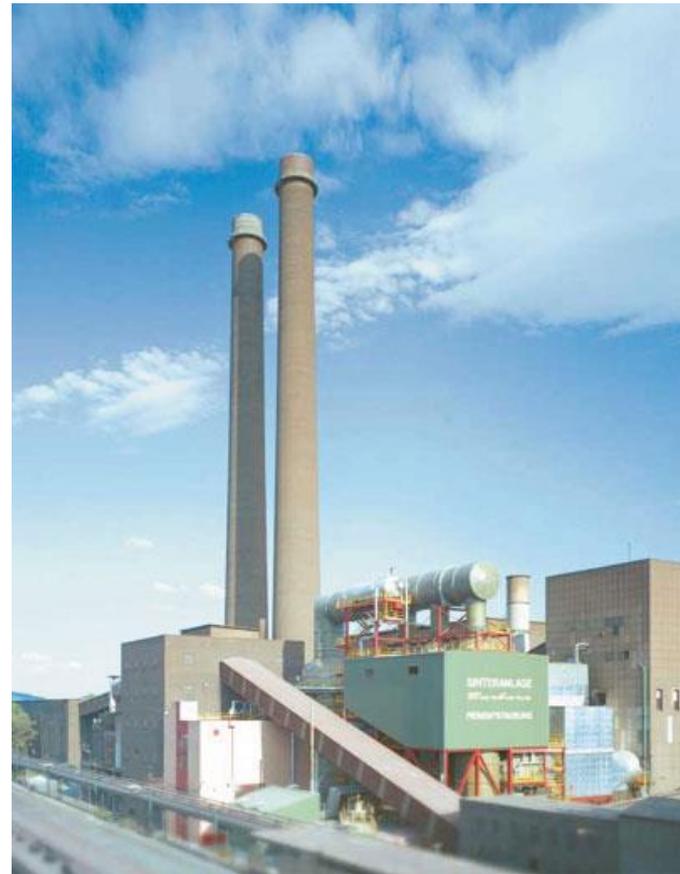
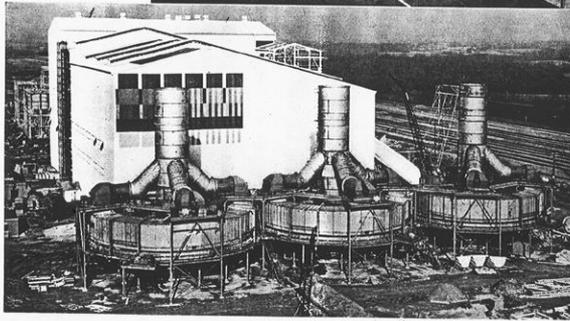
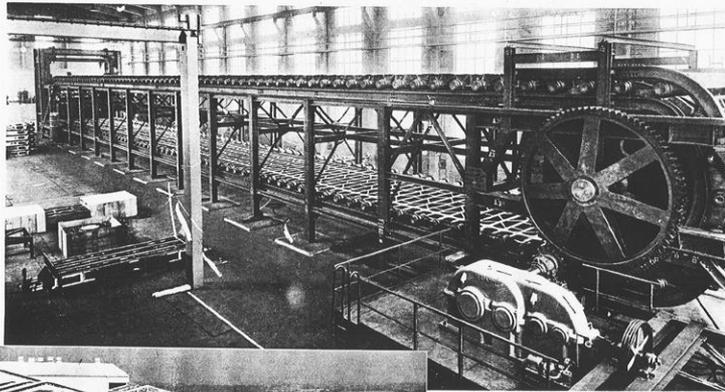


# Sinterização





# Sinterização



# Sinter



# Propriedades do sinter

## Sinter

### Chemistry

FeO	5.0–6.0%
Mn	~ 0.2% (as low as possible)
P	~ 0.04% (as low as possible)
SiO <sub>2</sub>	5.0–5.5%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0–1.3%
TiO <sub>2</sub>	– (as low as possible)
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	< 0.08% (as low as possible)
CaO	8–10%
MgO	1.4–2.0%
CaO/SiO <sub>2</sub>	> 1.8

### Physical Properties

ISO Strength (ISO 3271)  
> 6.3 mm      70–80%

### Grain Structure

< 5 mm or < 6 mm      max. 5%  
< 10 mm      max. 30%  
> 50 mm      max. 10%

### Metallurgical Properties

#### Disintegration in the Static Test

##### RDI

< 2.8 mm      max. 20–30%  
< 3.15 mm      max. 35%

##### ISO 4696

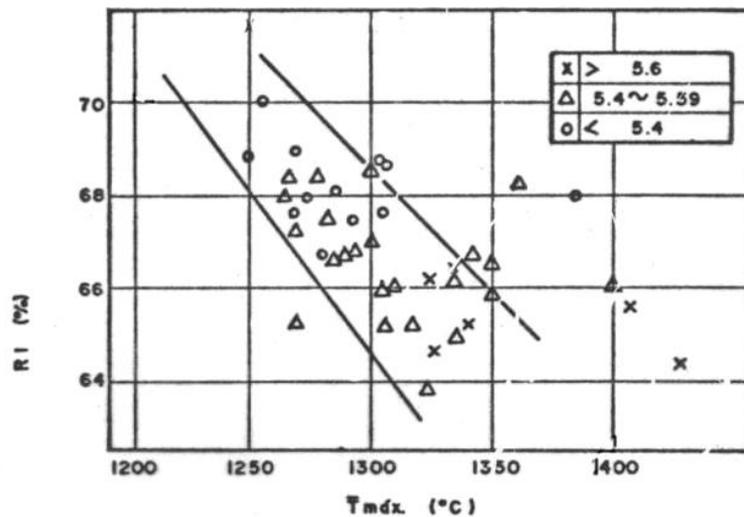
< 3.15 mm      max. 30–33%

Reducibility (ISO 4695)  
1.4–1.6% min.

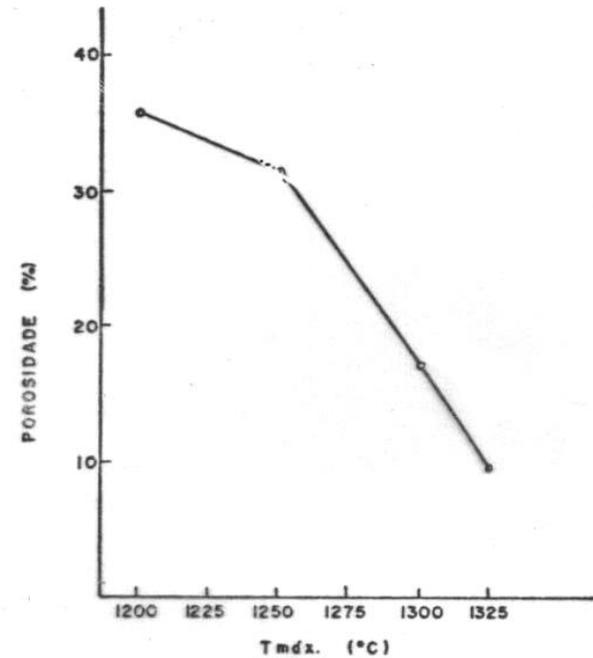
### Conditions of the RDI and ISO 4696 method

	RDI	ISO 4696
Sample	500 g; 16–20 mm	500g; 10–12.5 mm
Temperature	500°C	500°C
Reduction Gas	30% CO; 70% N <sub>2</sub>	20% CO; 20% CO <sub>2</sub> ; 2% H <sub>2</sub> ; 58% N <sub>2</sub>
Reduction Time	30 min	60 min
Apparatus	Vertical retort; Ø 75 mm	Vertical retort; Ø 75 mm
Evaluation of Results	Tumbling 900 revolutions drum: l = 200 mm, Ø = 130 mm two lifters	Tumbling 300 revolutions drum: l = 200 mm, Ø = 130 mm two lifters
Expression of Results	% by wt > 6.3mm % by wt % by wt < 0.5 mm % by wt < 3.15 mm	< 3.15 mm % by wt > 6.3mm % by wt < 0.5 mm

# Porosidade x temperatura

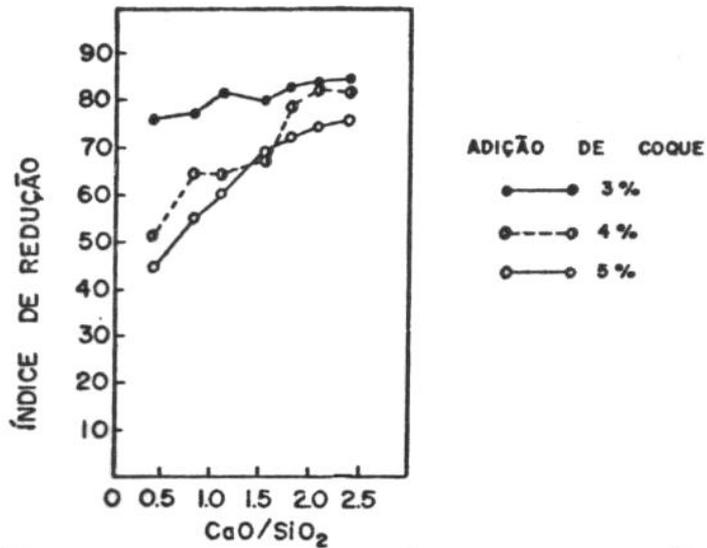


RELAÇÃO ENTRE  $T_{máx.}$  E RI

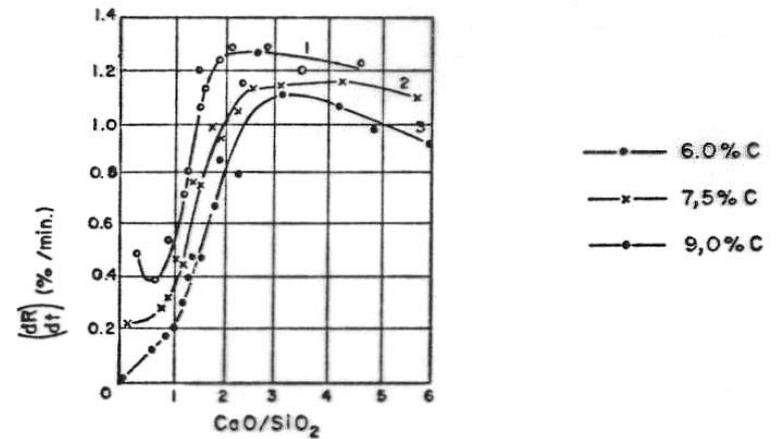


POROSIDADE DE SINTERES AQUECIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

# Efeito da basicidade



EFEITO DA BASICIDADE NO ÍNDICE DE REDUÇÃO



EFEITO DA BASICIDADE NA REDUTIBILIDADE

# Briquetagem

**processo no qual pequenas partículas de materiais sólidos são prensadas juntas para moldar formas coerentes de maior tamanho.**

# **BRIQUETAGEM COM AGLOMERANTES**

Muitos materiais são briquetados com aglomerantes

Minério de ferro e cromita: briquetados com aglomerante de cal e melaço.

Fluorita: aglomerante de cal e melaço, assim como com silicato de sódio.

Cimento Portland é usado como aglomerante para bauxita e resíduos siderúrgicos

aglomerantes de lignosulfonato (resíduo da indústria papeleira) usados para minérios de cobre e para magnesita.

água e barrilha formam um aglomerante para areia silicosa para fabricação de vidros

# Aglomerantes

são divididos de acordo com função: tipo matriz, tipo película e aglomerantes químicos.

## TIPO MATRIZ

Carvão

CA(OH)<sub>2</sub> + Melaço

Silicato de sódio + CO<sub>2</sub>

## TIPO PELÍCULA

Breu

Asfalto de Petróleo

Cimento Portland

## AGLOMERANTES QUÍMICOS

Água de alcatrão

Silicato de sódio

Lignosulfonatos

tipo matriz: engastam as partículas em uma fase aglomerante substancialmente contínua. As propriedades dos briquetes são determinadas em grande parte pelas propriedades do aglomerante.

tipo película: são como colas e geralmente dependem da evaporação da água ou algum solvente para desenvolver sua resistência.

Aglomerantes químicos podem ser tanto do tipo película ou do tipo matriz. Os aglomerantes químicos usados para areias de fundição são bons exemplos de aglomerantes do tipo película.

## **BRIQUETAGEM SEM AGLOMERANTES**

Briquetes feitos com aglomerantes são geralmente prensados em baixa pressão.

Para briquetes sem aglomerantes, o sucesso do processo depende da trituração ou deformação plástica das partículas para aproximá-las ao máximo.

## Briquetagem a quente

briquetagem de materiais que tenham sido aquecidos a temperaturas acima da ambiente, em que a plasticidade desenvolve-se ou se torna iminente.

materiais aquecidos a tais temperaturas formam briquetes melhores

Exemplo típico: ferro esponja briquetado a quente, formando o HBI, Hot Briquetted Iron

## **AS MÁQUINAS DE BRIQUETAGEM**

Máquinas briquetadeiras do tipo rolos aplicam pressões a partículas, comprimindo-as entre dois rolos girando em direções opostas.

Cavidades ou entalhes recortados nas superfícies dos rolos moldam os briquetes.



rolos em balanço  
utilizada em  
aplicações com pós  
metálicos e produtos  
químicos finos.  
Capacidades típicas  
são de 0.25 a 2  
toneladas por hora,  
dependendo das  
características do  
material

utilizada em aplicações com cal virgem, pós metálicos, produtos químicos finos. Capacidades típicas de 3 a 10 toneladas por hora, dependendo das características do material



briquetagem de resíduos de  
poeiras de óxidos em  
siderúrgicas

Pode ser aplicada tanto com  
alimentador à gravidade ou  
rosca alimentadora. Rolos  
segmentados para máxima  
resistência à abrasão e fácil  
troca do rolo. Capacidade de  
20 a 40 toneladas por hora,  
dependendo do tamanho e  
densidade do briquete.





11. Minério de chumbo e areia com aglomerante de cal-melaço.
12. Mistura de batelada de vidro com 8% de água
13. Óxido de magnésio comprimido somente com pressão
14. Minério de cromita com aglomerante de cal-melaço
15. Peneiramentos de pelotas reduzidas de Midrex com 1 1/2% de silicato de sódio e 1% de  $\text{Ca(OH)}_2$  como aglomerante
16. Lateritas de níquel com 10% de água
17. Aparas de torneamento de latão desengraxadas a quente comprimidas somente com pressão
18. Limalha de furação de ferro fundido prensada a  $650^\circ\text{C}$
19. Pó metálico de níquel com 0,2% de aglomerante de Acrysol prensado em uma tira contínua
20. Peneiramentos de ferro reduzido prensado em uma tira contínua somente com pressão

1. cromita com 2 1/4% de melação e 2% de  $\text{Ca(OH)}_2$
2. coque com 8% de aglomerante de alcatrão de breu de carvão
3. Coletor de pó de carvão comprimido somente com pressão
4. Cloreto de sódio prensado com rolos lisos
5. Sucata de polietileno prensada com rolos corrugados e axadrezados
6. Pelotas de cloreto de sódio prensadas a  $100^\circ\text{C}$  somente com pressão
7. Briquete de minério e coque composto
8. Fluorita e cal comprimida somente com pressão
9. Peneiramentos de hematita com aglomerante de cal-melaço
10. Carvão de menos 60 mesh comprimido somente com pressão

# Aglomerados

