



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



DEFESA DE DISSERTAÇÃO :

***Desenvolvimento de um Briquete Auto-Fundente,
Multiconstituído de Rejeitos, Resíduos e Descartes Recicláveis
Gerados na Planta Integrada de Produção de Aço,
Aplicado como Componente da Carga de Fornos de Redução***

Autor :

André Luís de Brito Baptista

Orientador :

Prof. Dr. Luiz de Araujo Bicalho

Coorientador :





Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago

Volta Redonda, 26 de Novembro de 2016

ROTEIRO DE APRESENTAÇÃO

- Objetivos
- Introdução
- Revisão da Bibliografia
- Materiais e Métodos
- Apresentação dos Resultados
- Discussão dos Resultados
- Conclusões

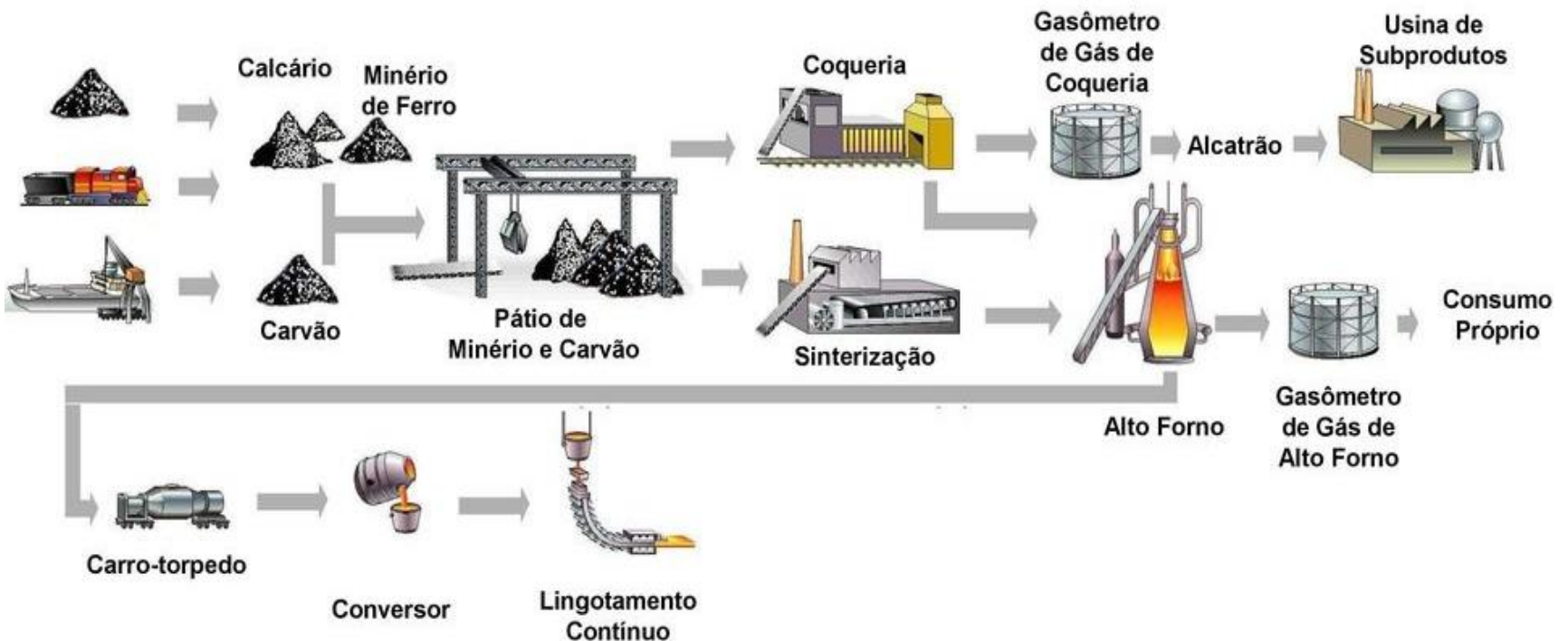
OBJETIVOS

-  • Produzir um briquete com finos de minério (carga metálica), fundentes (calcário, cal), carga redutora (coque e carvão vegetal) e escória de aciaria
-  • Alcançar a propriedade mecânica de resistência em torno de 160 MPa mínimo
-  • Utilizar como aglomerante escória de aciaria de processo (MRPL) refino de metal por lança (substituindo a bentonita, cimento e cal)
-  • Alcançar os requisitos mecânicos por cura natural, sem a necessidade de estufar, queimar ou tratar termicamente o aglomerado, como atualmente é feito.

INTRODUÇÃO

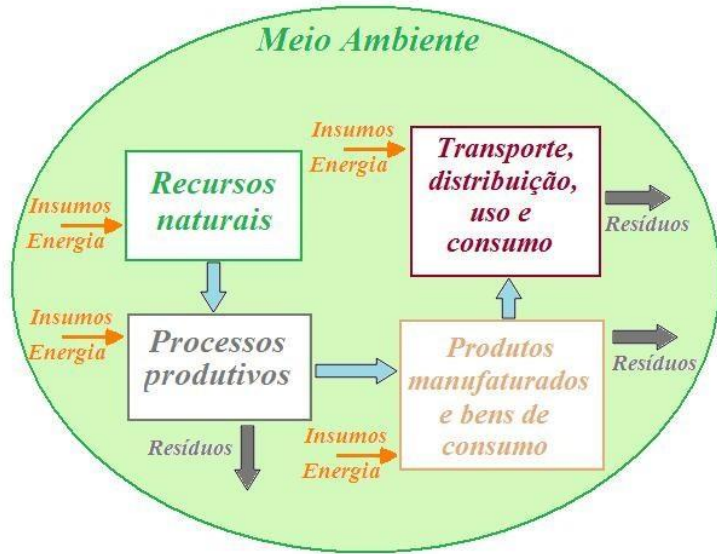
A produção de aço em uma usina integrada

Fluxo de produção: Ferro-gusa e Aço



INTRODUÇÃO

Siderurgia = aço (produtos) + resíduos



Resíduos



- Gases**
- Fuligem**
- Lamas**
- Efluentes**
- Poeiras**
- Carepas**
- Sucatas**
- Escoria**
- Finos**

Ocasionam



- Poluição ambiental**
- Custos**
- Problemas Manuseio**
- Transporte**
- Estocagem**
- Fusão**

INTRODUÇÃO

A briquetagem

aplicação de pressões externas, obtendo um produto (briquete) com forma, dimensões e características variáveis e totalmente controladas, conforme a sua aplicação

É um processo de aglomeração influenciado por fatores como :

- ➔ **granulometria do material**
- ➔ **umidade**
- ➔ **tipo e quantidade de ligante**
- ➔ **pressão de compactação**

REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

➔ *Critérios para aproveitamento de resíduos :*

- Teor mínimo de ferro ou carbono;
- Umidade;
- Presença de elementos indesejáveis;
- Granulometria e forma compatíveis com o equipamento
- Características tecnológicas (mecânicas e físicas) adequadas

➔ *Métodos de Reutilização de Finos*

- Injeção por lança ou ventaneira
- Utilização de aglomerados

➔ *Aglomeração :*

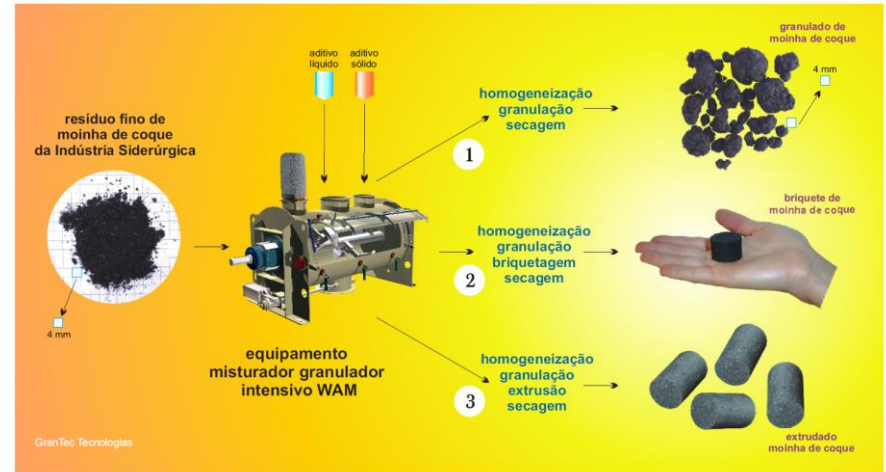
- A quente
- **A frio**
- Com ou sem pressão

➔ *Processos de aglomeração setor minero-metalúrgico :*

- Briquetagem (que dá origem ao briquete);
- Sinterização (que dá origem ao sínter fusão incipiente das partículas de minério)
- Pelotização (que dá origem à pelota). dar forma esferoidal ao pó e adições
- Nodulização cocção e rolamento
- Ustulação / Clínquer transformação do minério por temperatura

Etapas do processo de briquetagem

- Escolha do material
- Secagem da mistura
- Moagem dos resíduos
- Peneiramento
- Mistura com aglutinante
- Prensagem
- Secagem do briquete
- Tratamento térmico (queima ou cura)
- Estocagem e embalagem



Classificação dos Briquetes :

- **Método de Fabricação** : Tipo E (estrudados) P (prensados) C (compactados).
- **Constituição (carga)** : Monoconstituídos (um só constituinte) Bi-compostos (dois) Multiconstituídos.
- **Composição** : Auto-redutores (minério e carvões, coque ou biomassa)
Auto-fundente (minério e calcário ou dolomita com carga redutora ou não).

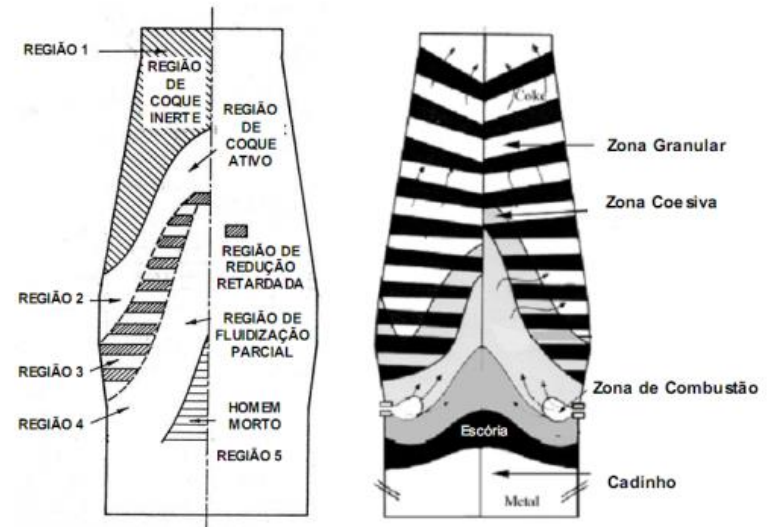
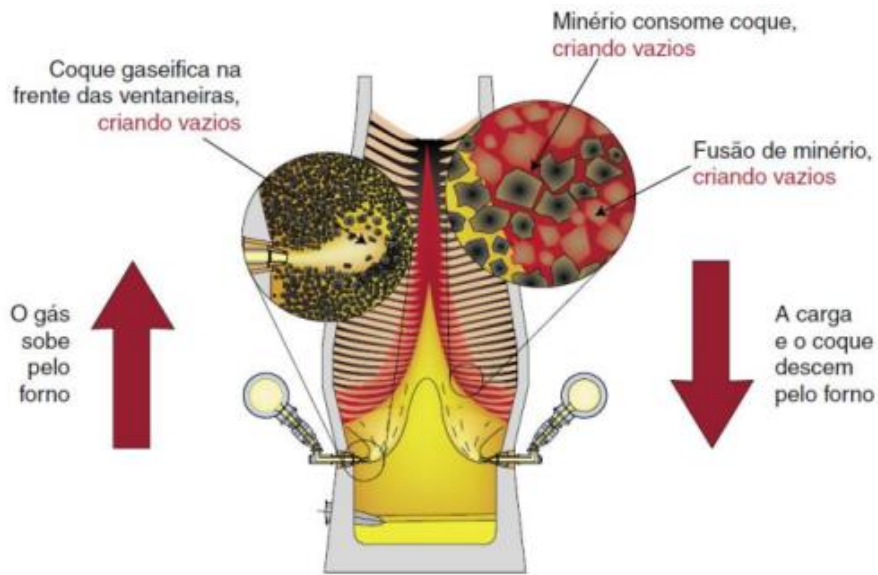
-Forma :

- Tipo C (cilíndrico)
- T (traveseiro)
- S (sextavado)



EXIGÊNCIAS PARA APLICAÇÃO DE BRIQUETES EM FORNOS SIDERÚRGICOS

- Qualidade Química
- Degradação por Inchamento
- Porosidade
- Resistência Mecânica



O Produto : Principais Abordagens



Vantagens



Visão de Mercado

Justificativas para o desenvolvimento dos briquetes



Como é empregado

Como é utilizado o briquete nas instalações metalúrgicas



Onde é utilizado

Equipamentos Siderúrgicos que podem Utilizar Briquetes em sua Carga

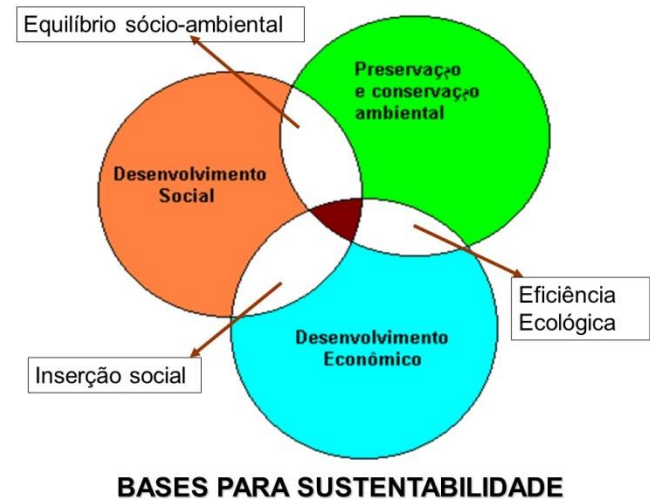


Impactos Ambientais e Econômicos

Revisão da Bibliografia (O Produto : Principais Abordagens)

Vantagens do uso de briquetes para Introdução de Finos em Instalações Metalúrgicas

- Ecologico*
- Economico*
- Boas características técnicas*
- Forma adequada*
- Produtividade*
- Qualidade*
- Facil fabricação*



Visão de Mercado : Justificativas para o desenvolvimento dos briquetes

(Pontos de Destaque)

➔ **Consumo de Aço e Minério (Disponibilidade de Fontes de Ferro)**

(Efeito China e India)

➔ **Matéria Prima (Qualidade) (Elevada Geração de Finos)**

➔ **Processo Metalúrgico : ➔ Modificações (A Nova Onda da Siderurgia)**

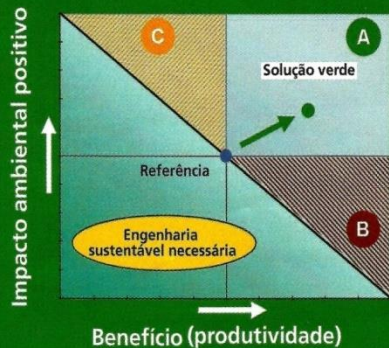
➔ **Produção Verde (Ecometalurgia) :**

➔ **Siderurgia : Metalurgia de Finos,**

Transformação Sub-Produto em Co-Produto

➔ **Fundição : Substituição do Gusa e Sucata de Aço**

Matriz de Cuidados com a Ecologia



Seção A:

"Soluções verdes"

Seção B:

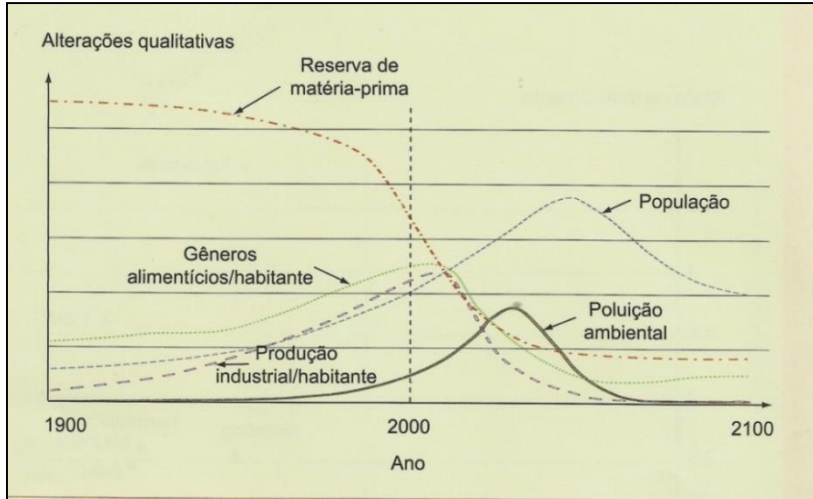
Vantagem em produtividade, mas desvantagem em impacto ambiental (Projeto Ecológico)

Seção C:

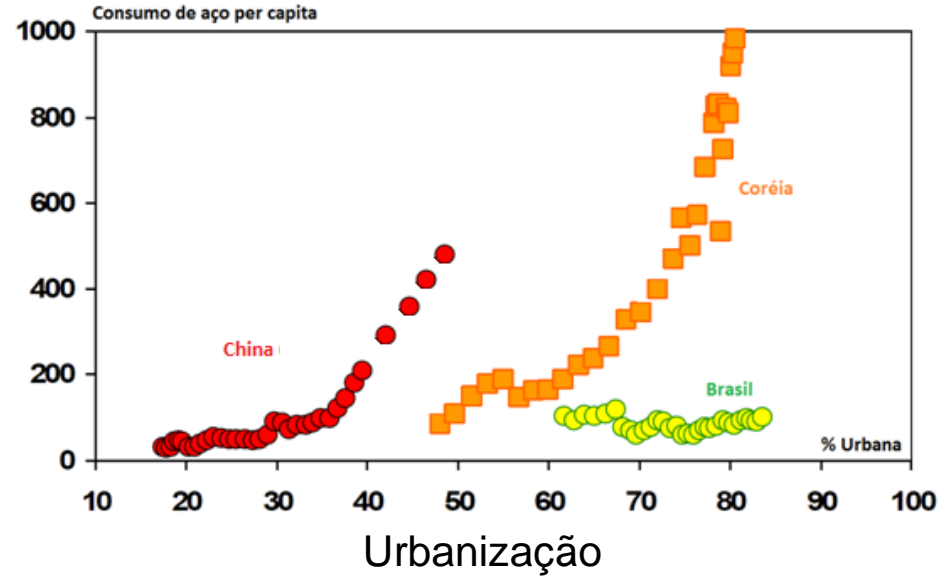
Vantagem em impacto ambiental, mas desvantagem em produtividade (Projeto em relação ao custo)

- *Matéria Prima (Disponibilidade) + Aço = + Minério*

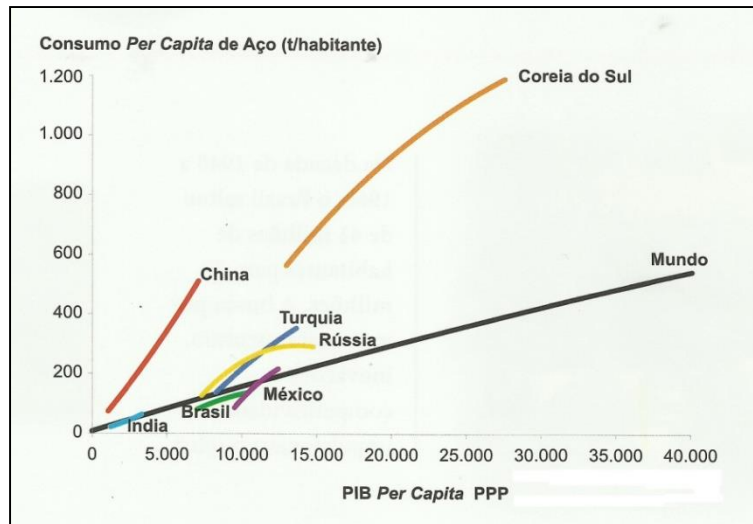
As Reservas de Matérias Primas não são eternas



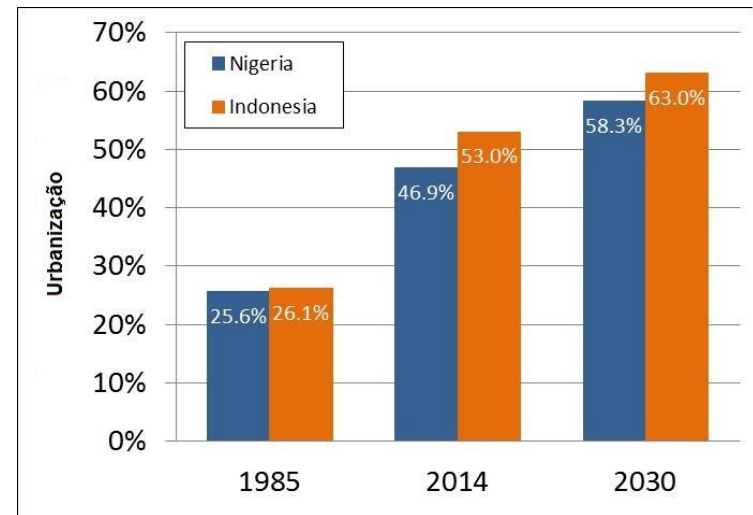
Comportamento do Mercado



Urbanização



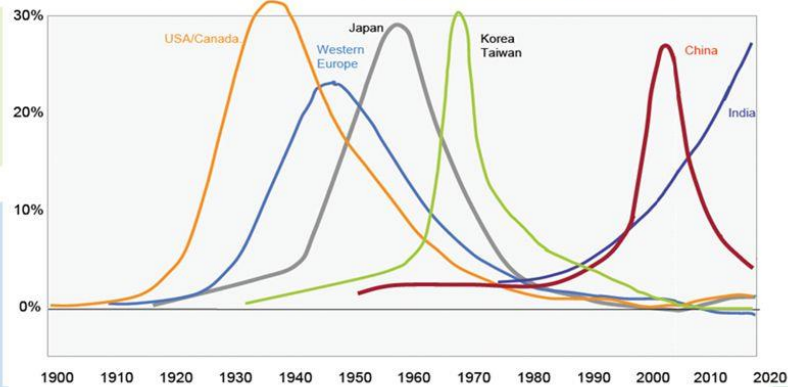
Reflexo no uso de aço (+ minério)



Consumo de Aço

- Diversos países já experimentaram booms de consumo doméstico de aço ao entrarem em ciclos de desenvolvimento com elevados investimentos em infraestrutura e consumo de massa.

CICLOS DE CRESCIMENTO DO CONSUMO DOMÉSTICO DE PRODUTOS SIDERÚRGICOS (% a.a.)



INSTITUTO AÇO BRASIL
Fonte: worldsteel, USGS, Laplace Conselli analysis

Consumo por Produto

Aço: Distribuição por Setores Consumidores Mundo e Brasil

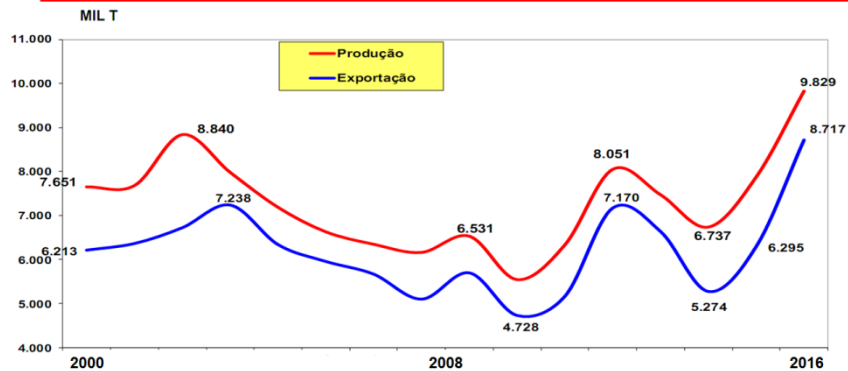
50 anos

A construção civil (pesada e habitacional) é considerada o "driver" de consumo de aço no mundo e prevê-se que sua participação crescerá até 52% na distribuição setorial mundial em 2021



Fonte: worldsteel / Aço Brasil

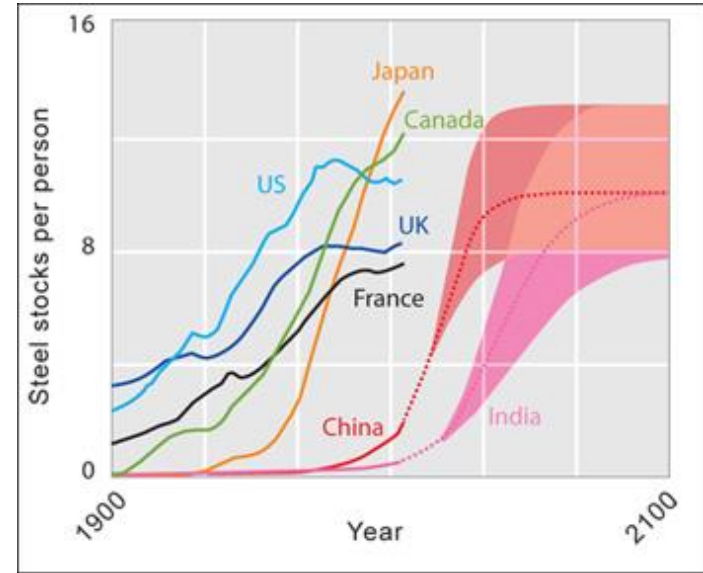
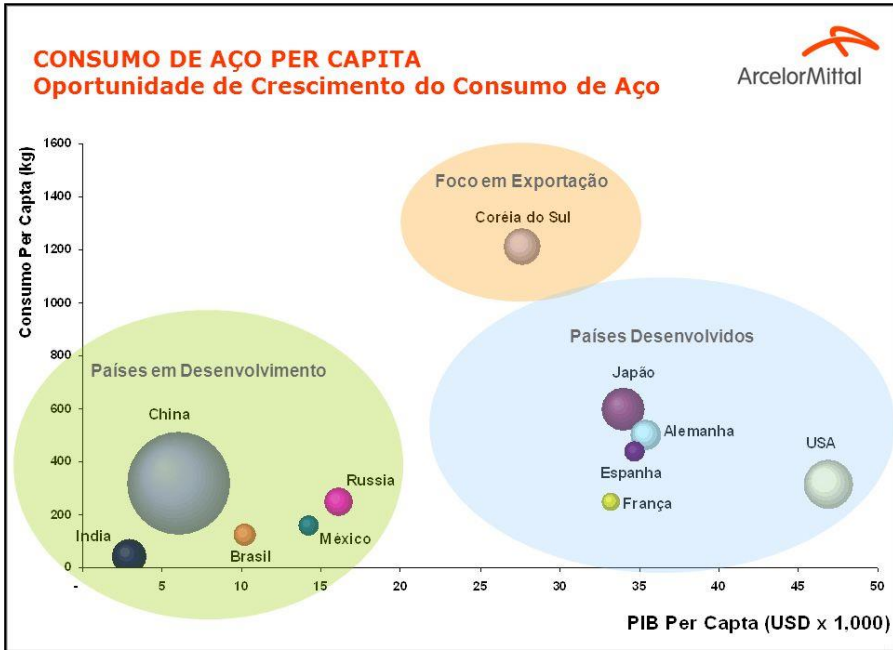
PRODUÇÃO E EXPORTAÇÕES DE SEMI-ACABADOS



FONTE: IABr
ELABORAÇÃO: BRADESCO

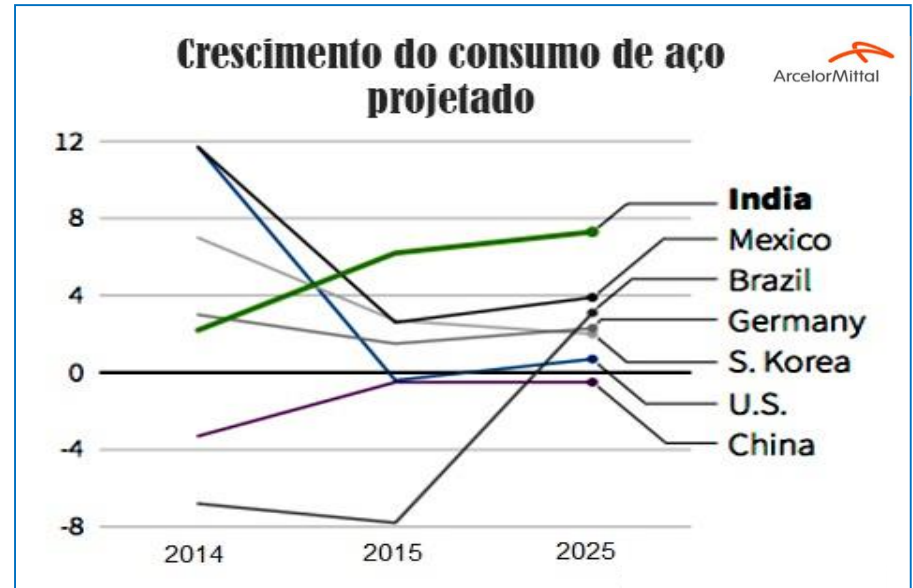


- Matéria Prima (Disponibilidade) + Aço = + Minério

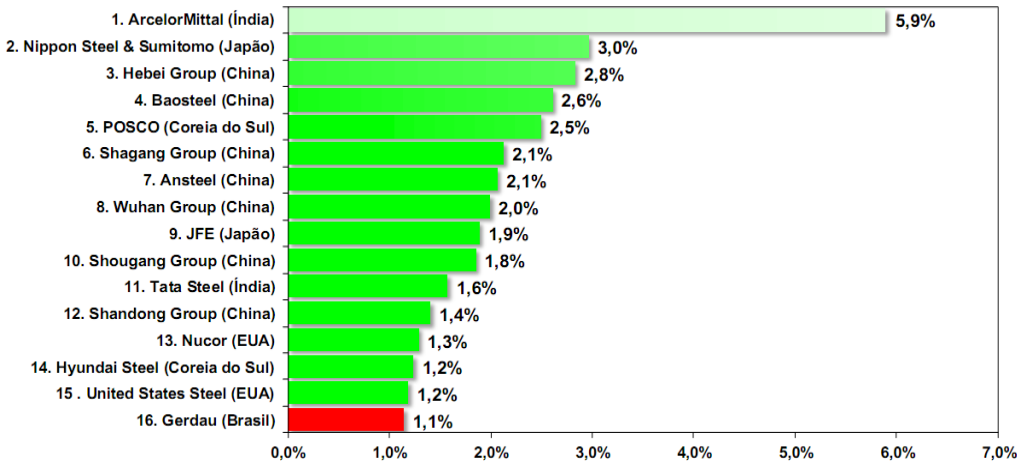


Avaliação do Produtor

(Efeito China e Índia)



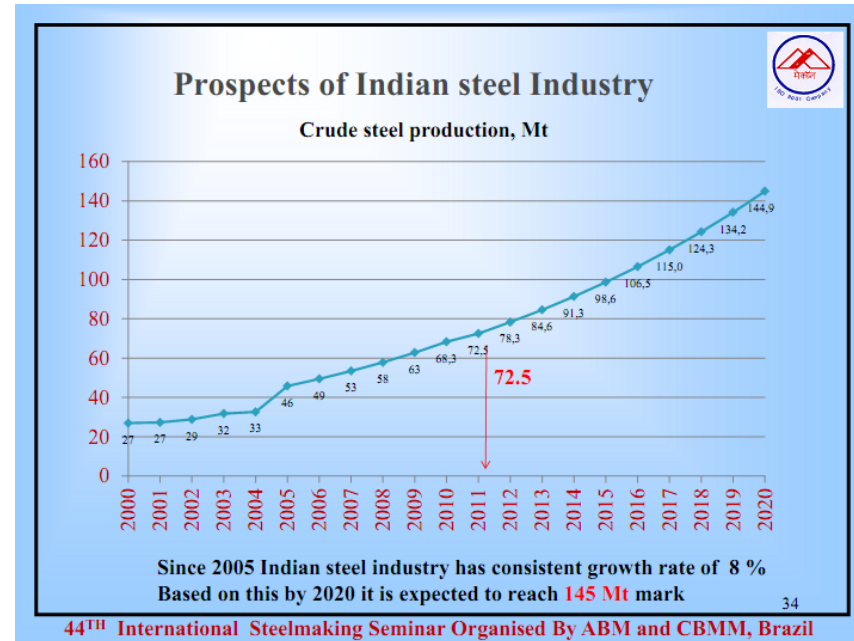
PLAYERS MUNDIAIS DA PRODUÇÃO DE AÇO BRUTO



FORNTE: WORLD STEEL
ELABORAÇÃO: BRADESCO

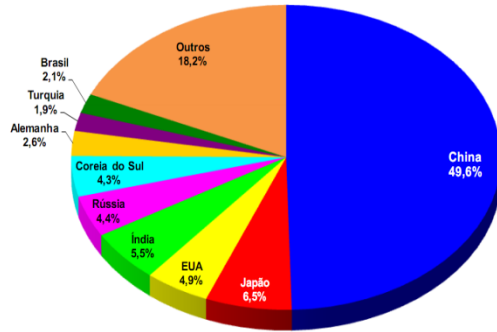


(Efeito China e Índia)



- *Matéria Prima (Disponibilidade) + Aço = + Minério* (Efeito China e Índia)

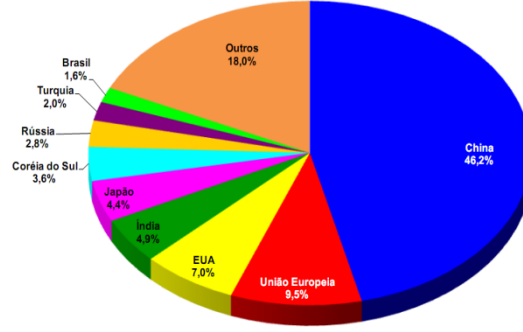
PLAYERS MUNDIAIS DA PRODUÇÃO DE AÇO BRUTO - 2016



FONTE: WORLD STEEL
ELABORAÇÃO: BRADESCO



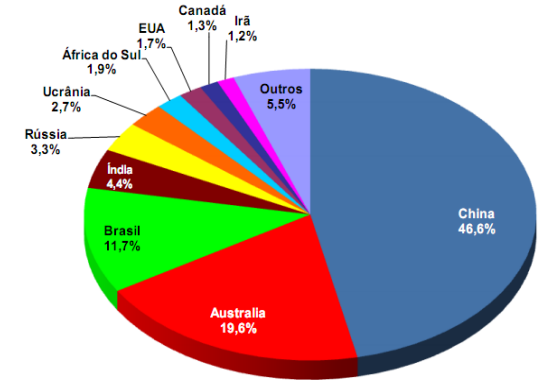
PLAYERS MUNDIAIS DE CONSUMO APARENTE DE PRODUTOS DE AÇO



FONTE: WORLD STEEL
ELABORAÇÃO: BRADESCO



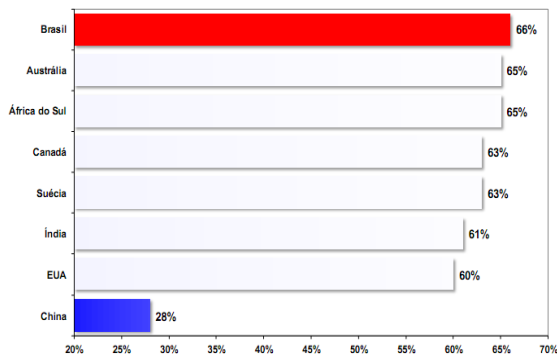
PLAYERS MUNDIAIS DA PRODUÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO



FONTE: IISI - International Iron and Steel Institute
ELABORAÇÃO: BRADESCO



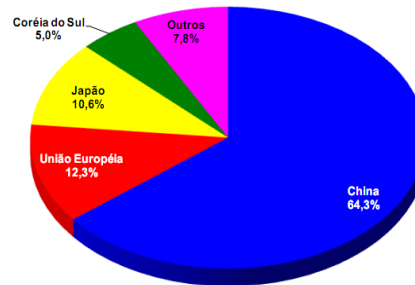
PERCENTUAL DE FERRO CONTIDO NO MINÉRIO DE FERRO



FONTE: DNPM
ELABORAÇÃO: BRADESCO



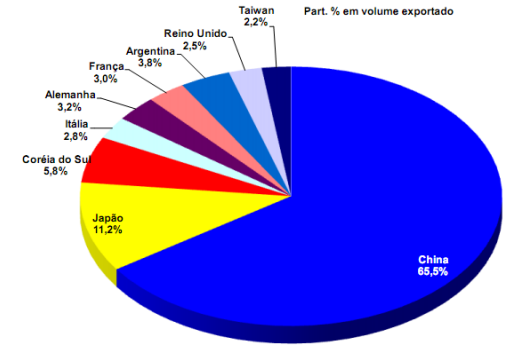
PLAYERS MUNDIAIS DE IMPORTAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO



FONTE: IISI - International Iron and Steel Institute
ELABORAÇÃO: BRADESCO



PAÍSES DE DESTINO DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MINÉRIO DE FERRO



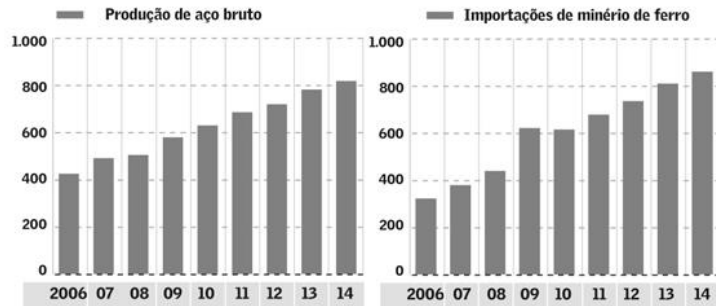
FONTE: SECEX
ELABORAÇÃO: BRADESCO



“Evolução do Fenômeno”

Fome de aço

Milhões de toneladas

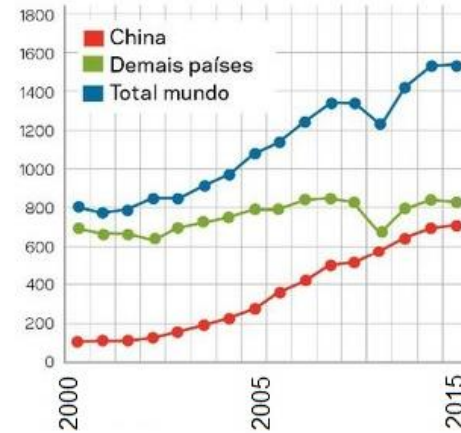


*Estimativa da Associação de Ferro e Aço da China
Fontes: Administração Geral de Alfândegas, Agência Nacional de Estatísticas

The Wall Street Journal

A INSUSTENTÁVEL PRESSÃO CHINESA

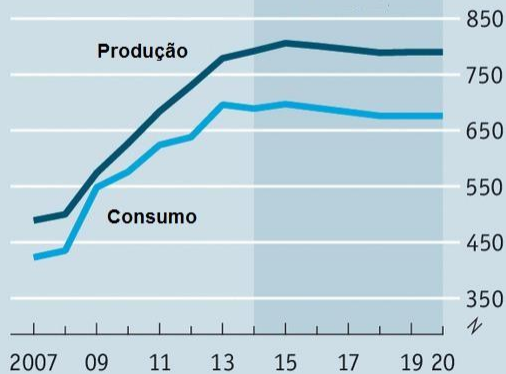
Produção mundial de aço bruto, em milhões de toneladas



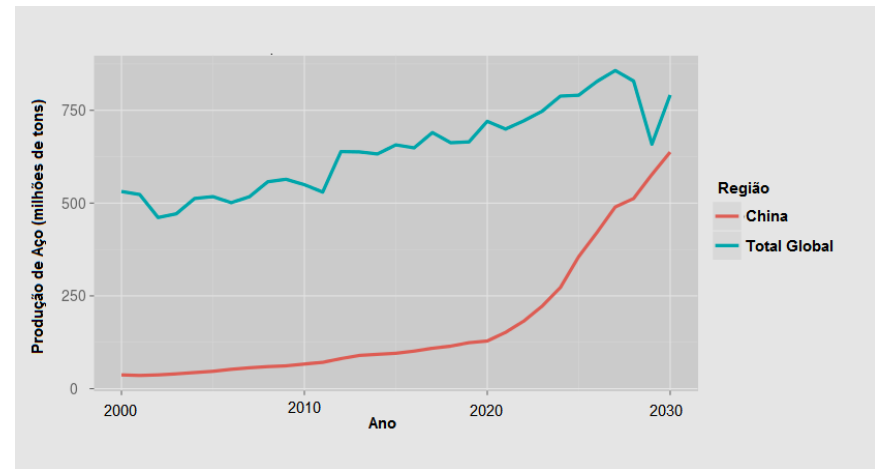
Fonte: Worldsteel

China no Limite

Ton. de Aço



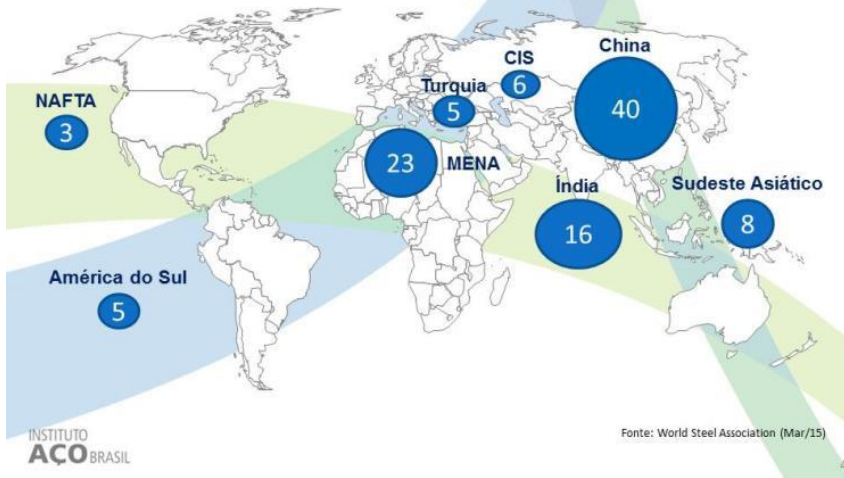
Fonte: Morgan Stanley



- Matéria Prima (Disponibilidade) + Aço = + Minério

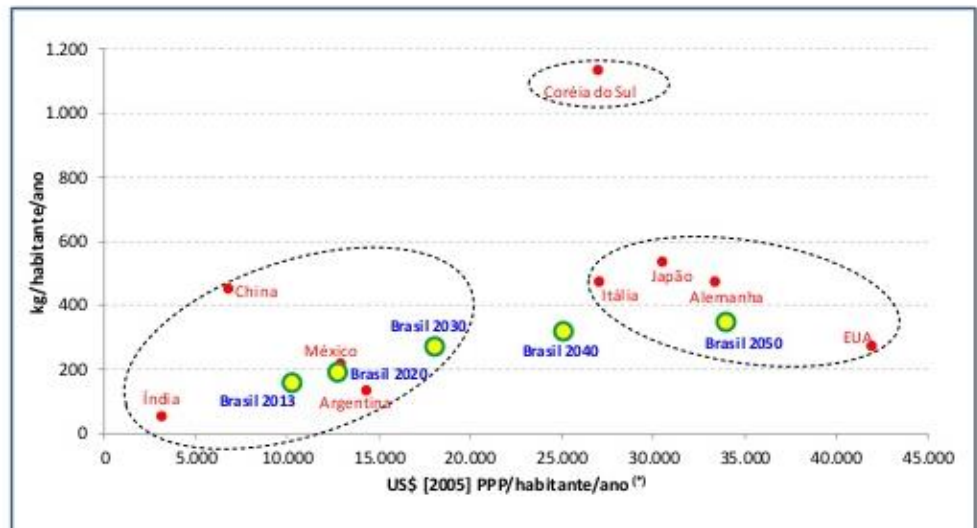
Aumento de capacidade de aço - 2015 a 2017

Em Mt



WSA (Mar 2015)

Aços e derivados:
Evolução do consumo per capita: Cenário Brasil x Mundo

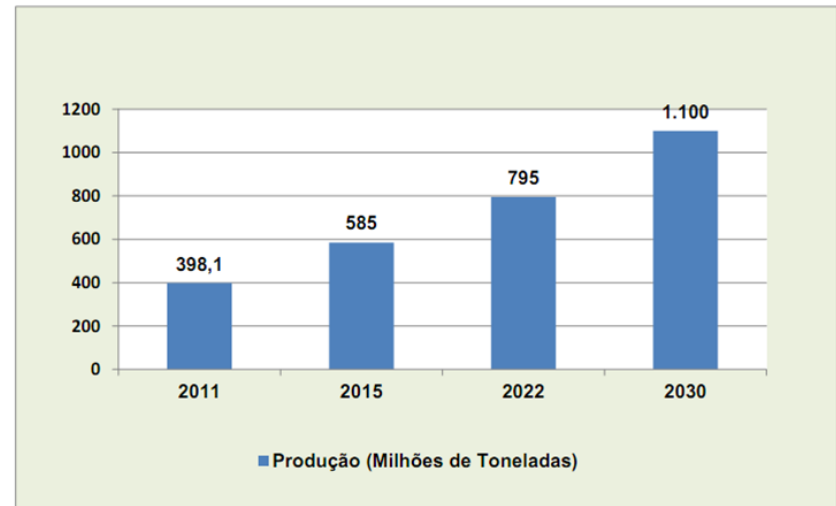
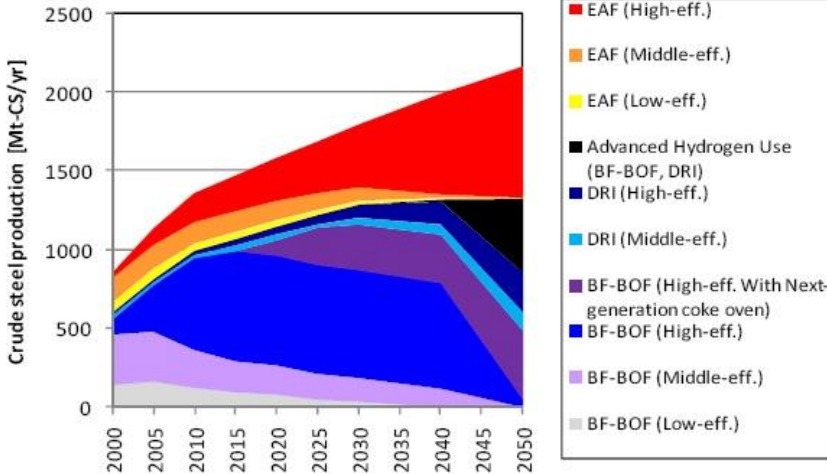
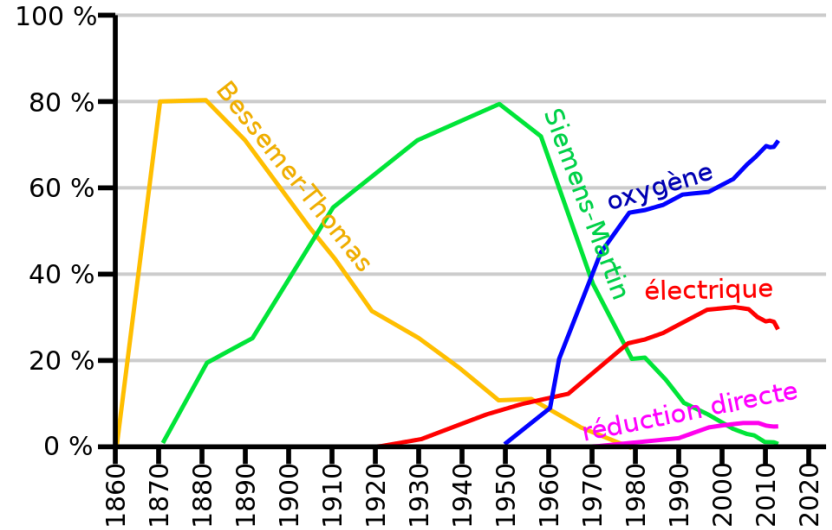


Previsão dos Institutos
(uso de aço)



IISI – World Steel in Figures / WSD (Avaliação Jan/2016)

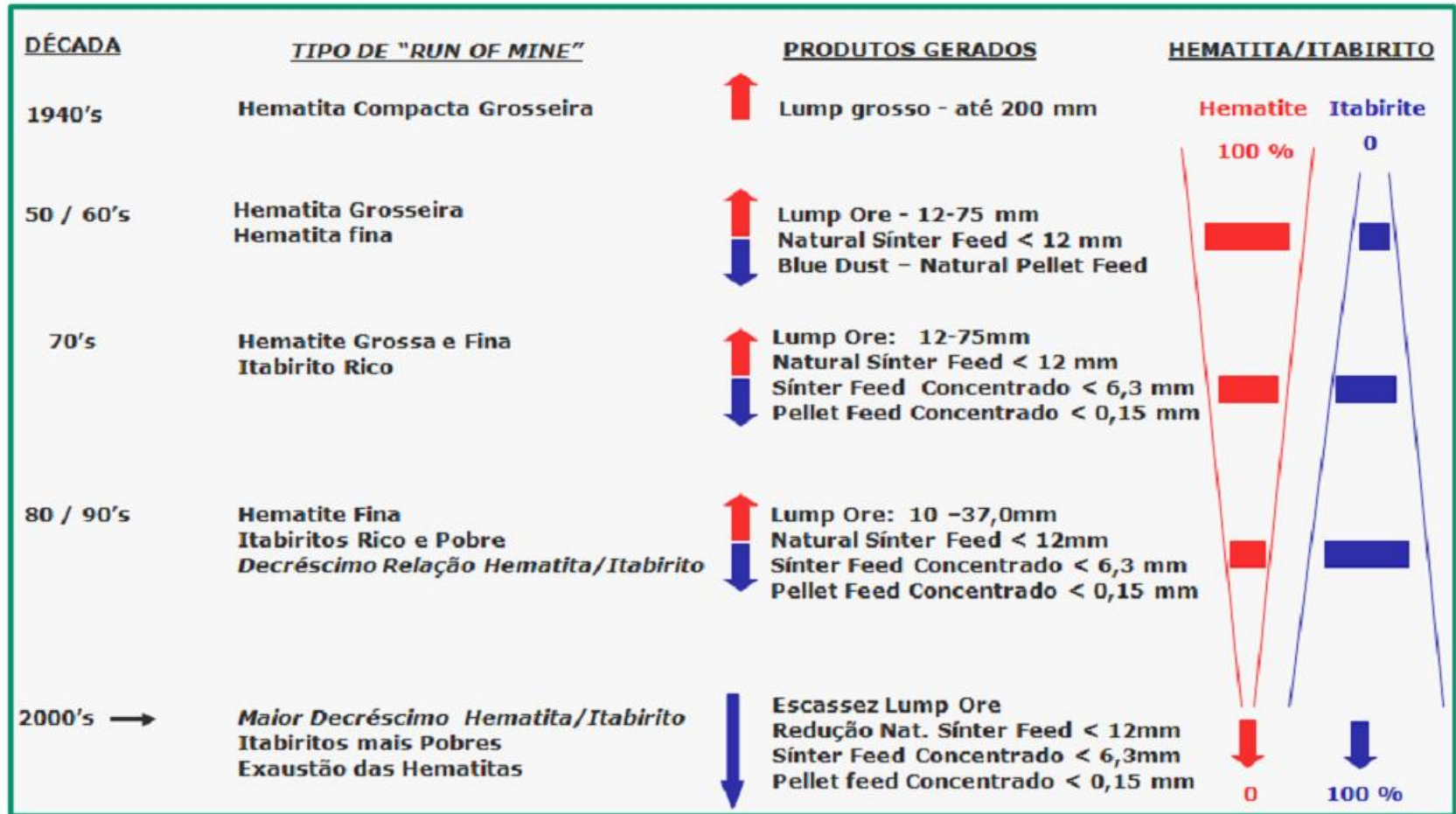
Reflexo nos Processos de Produção de Aço



Cenário Futuro da Produção de Minério de Ferro no Brasil.

Degradação Física e Química do Minério

Aumento do Volume de Minério / Ton Aço





Fonte: Credit Suisse

Reflexo no Consumo de Aglomerados a Frio

Requisitos para siderurgia



Principais desafios (oportunidades?) para as novas tecnologias

- ◆ Competição com outros materiais
- ◆ Suprimento de matérias-primas ←
- ◆ Concentração de Fornecedores
- ◆ Mercado – Concentração de Consumidores
- ◆ Posicionamento da China
- ◆ Restrições ambientais
- ◆ Volatilidade dos Mercados / Barreiras de comércio



Quem são as novas tecnologias siderúrgicas?

Preparação de matérias-primas

- ◆ Aglomeração a frio (pelotização e briquetagem) ←
- ◆ Processo HPS (Hybrid Pelletized Sinter)
- ◆ Processo SSW (Segregation Slit Wire)
- ◆ Coating granulation process (JFE)
- ◆ Conceito de mini-sinterização, 50 a 300 kt/ano (Processo SKP, etc)
- ◆ Fornos de queima mais eficientes e flexíveis com relação ao uso de diferentes combustíveis
- ◆ Sinterizações com alta produtividade, baixas emissões e alta eficiência energética



Área de Redução

◆ Alto-forno Moderno

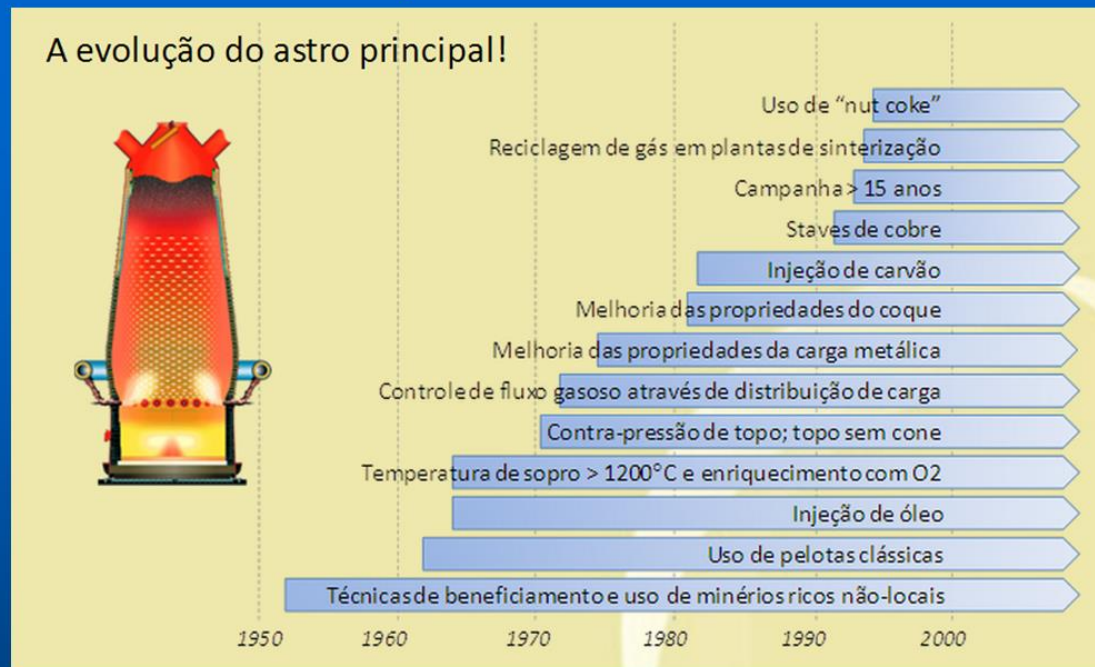
- ◆ Uso de tecnologias de melhor “convivência” com minérios com teores mais elevados de fósforo, sílica e alumina
- ◆ Menores emissões líquidas de CO₂
- ◆ Reciclagem completa dos resíduos gerados ←
- ◆ Baixa utilização de água
- ◆ Uso eficiente da energia química e calor sensível do gás de alto-forno
- ◆ Uso de minérios mais finos, através de técnicas de micro-aglomeração
- ◆ Reciclagem de gás de topo: injeção no AF



Área de Redução

- Problemas ambientais (emissões e baixo índice de reciclagem de resíduos sólidos);
- Baixa flexibilidade operacional;
- Práticas modernas ainda não entendidas (PCI, DRI, modelos, etc.);
- Produção similar entre reformas (> produtividade ⇒ < vida útil)
- Capital intensivo (Baixa rentabilidade própria);
- Baixa flexibilidade de MP;
- Capacidade instalada mundial antiga;
- Custo revamp, relining, adequação ambiental pode ser proibitivo;
- Abundância de minérios finos e/ou de baixo teor de Fe; ←

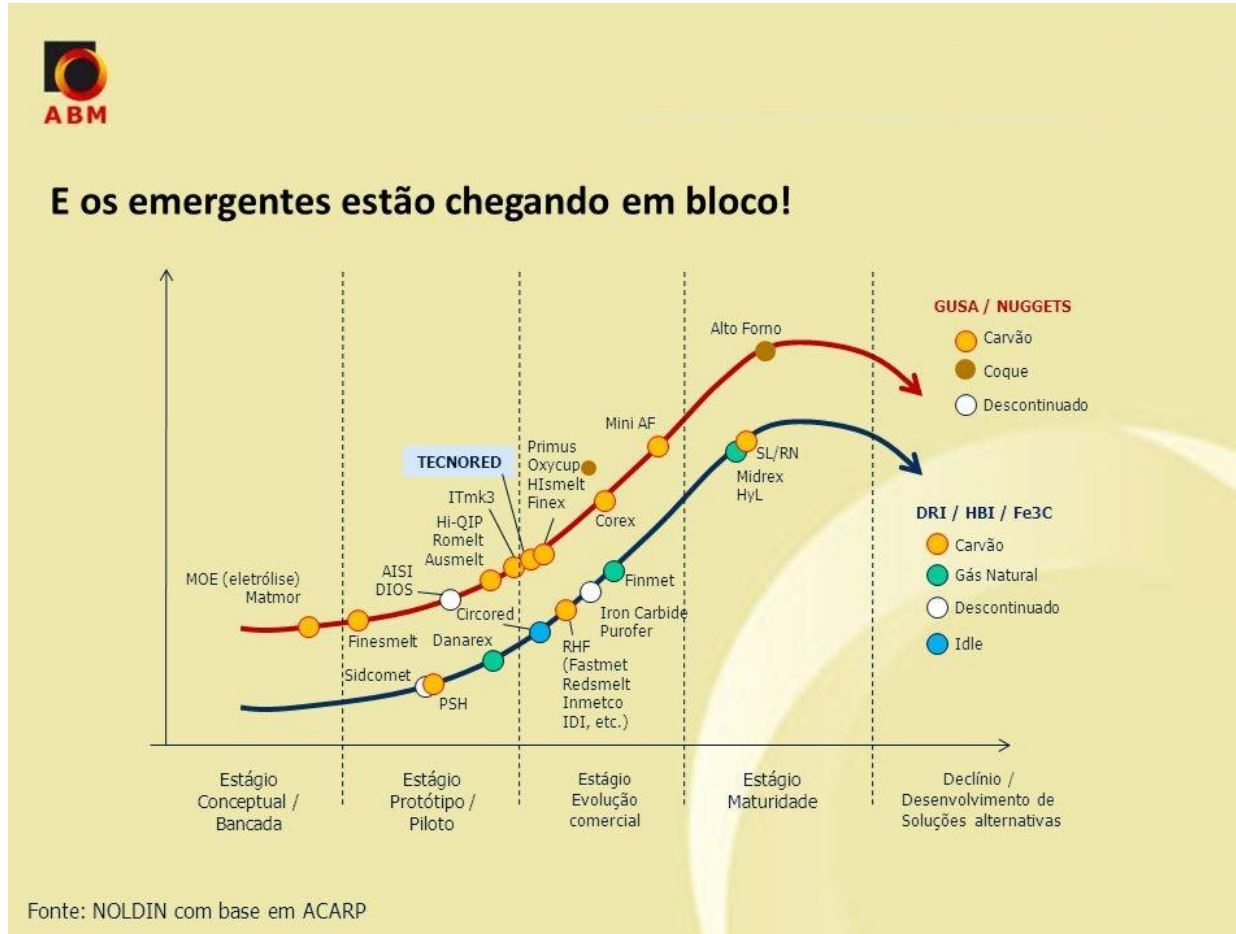
Alterações no Alto - Forno



- Utilizar gusa e sucata (reator de redução para forno de fusão)
- Operar com material alternativo de qualidade inferior (custo menor)
- Injetar óleo e gás
- Empregar coque com granulometria maior
- Absorver outros finos (bambu e borracha de peneu)
- Trabalhar com outros aglomerados
- Utilização de coque em fornos a carvão vegetal (bi-combustível – Flex Fuel)

Novas Tecnologias de Produção de Ferro Primário

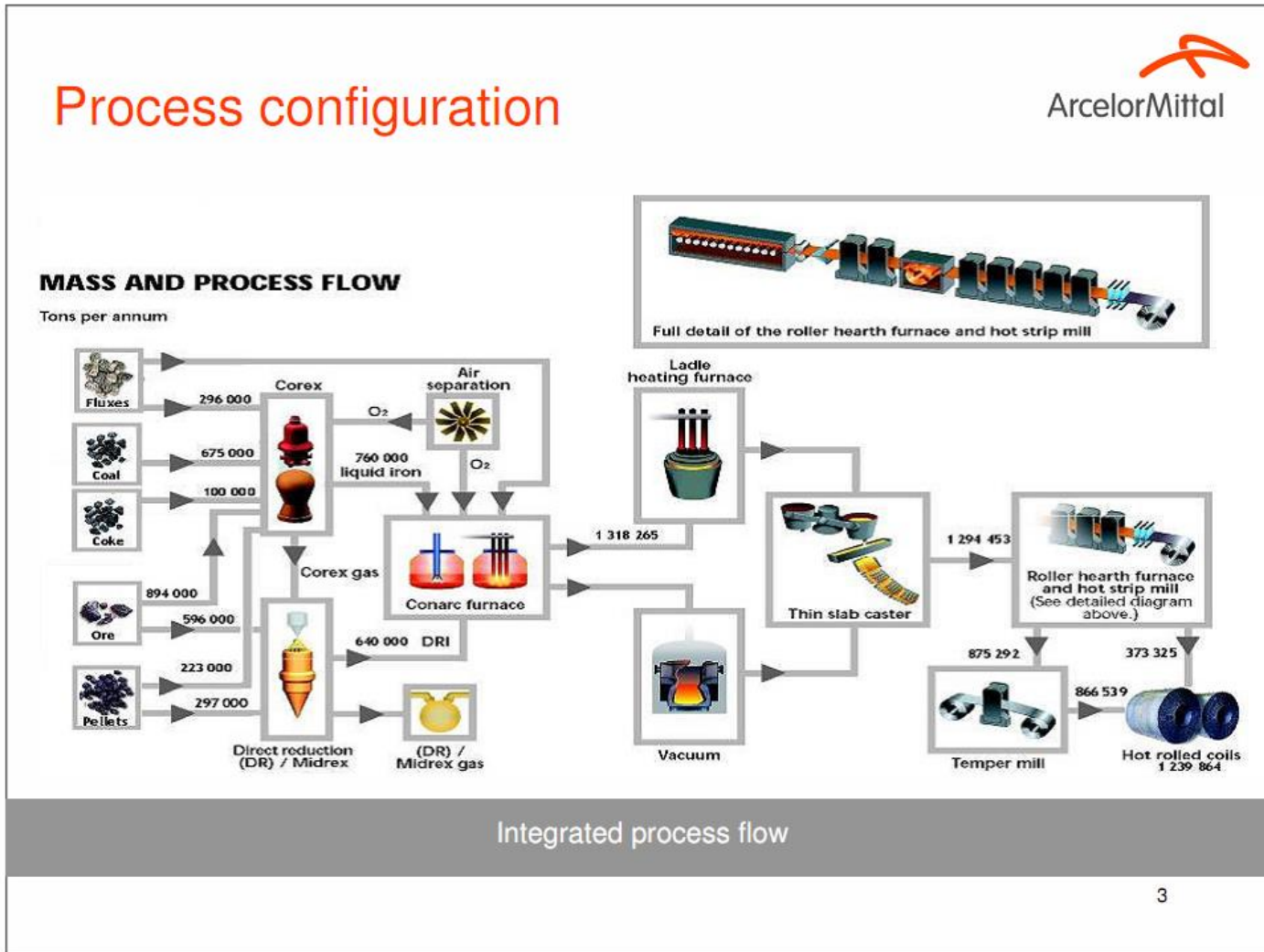
Reutilização de finos, menos uso coqueria, sinterização e pelletização



Maturidade Tecnológica

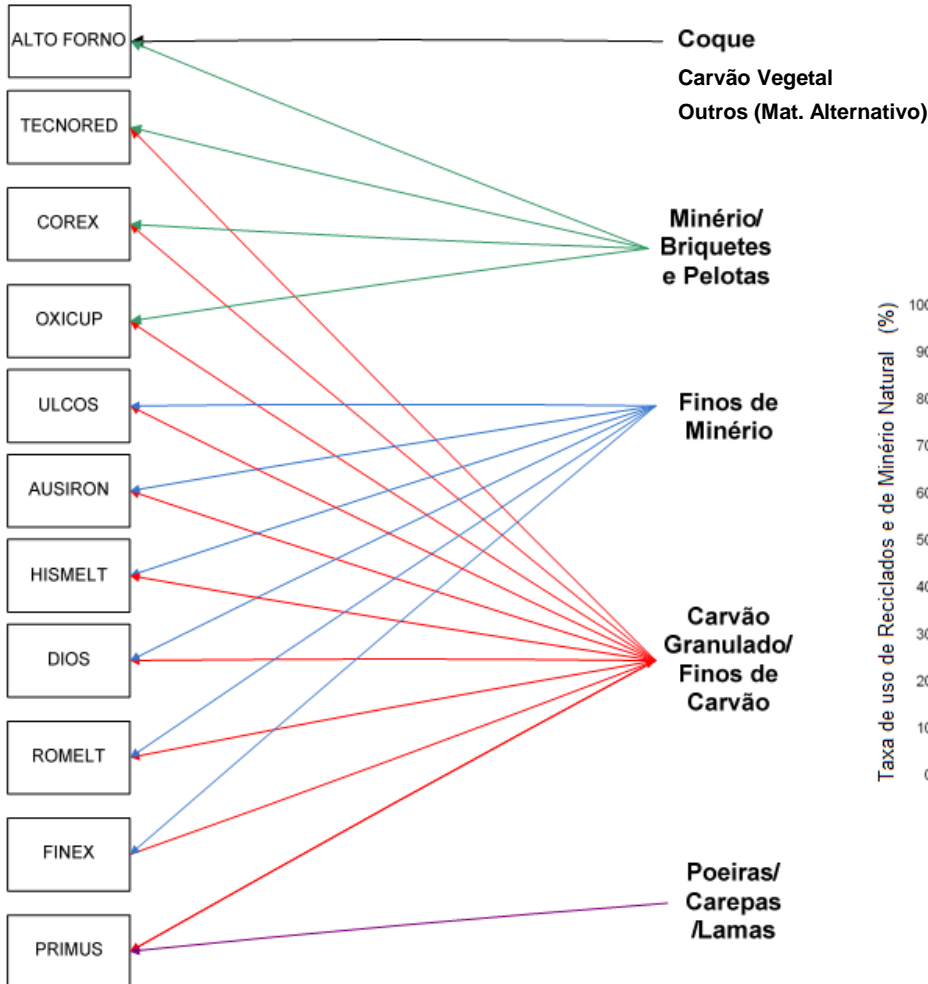
Novas Tecnologias de Produção de Ferro Primário

Reutilização de finos, menos uso coqueria, sinterização e pelletização

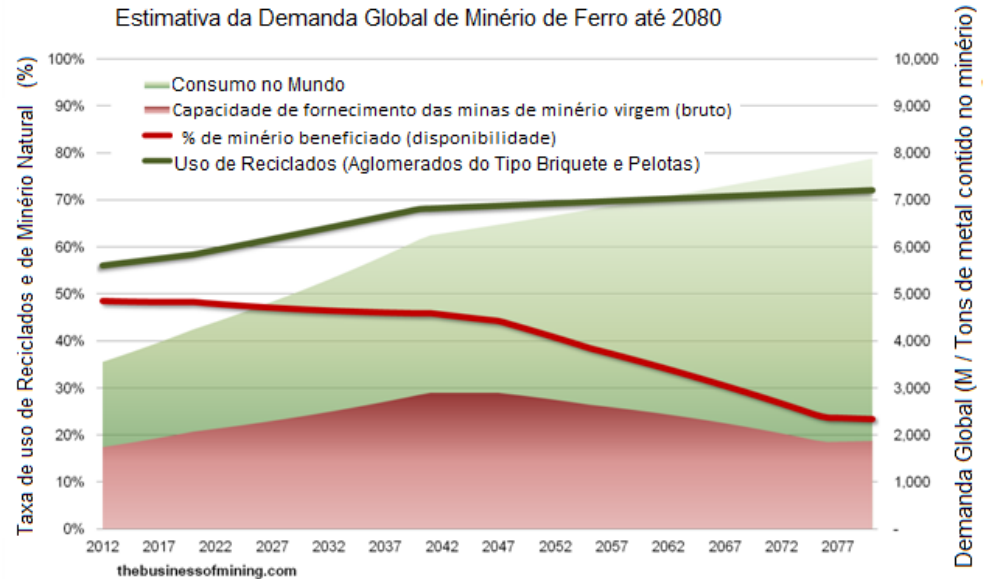


Novas Tecnologias de Produção de Ferro Primário

Reutilização de finos, menos uso coqueria, sinterização e pelletização



Relação processos x matéria prima



Visão de Mercado : Justificativas para o desenvolvimento dos briquetes - Produção Verde (Ecometalurgia)

Siderurgia (Metalurgia de Finos)

$$e^2 = economia + ecologia$$

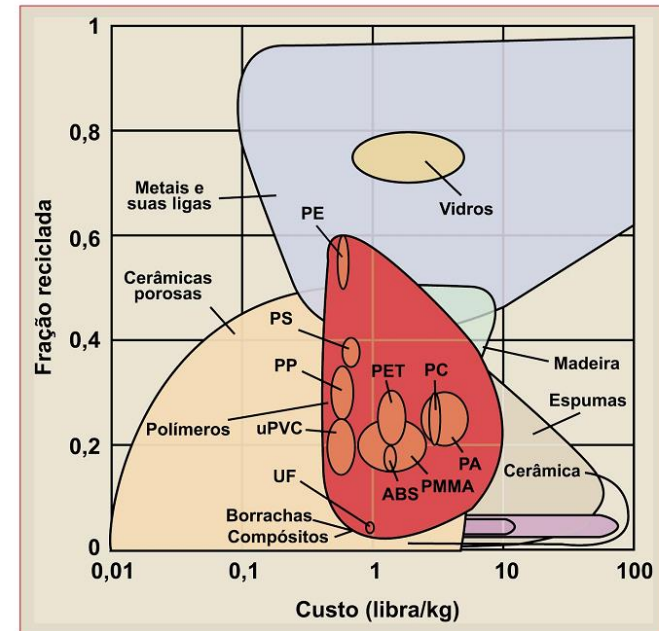
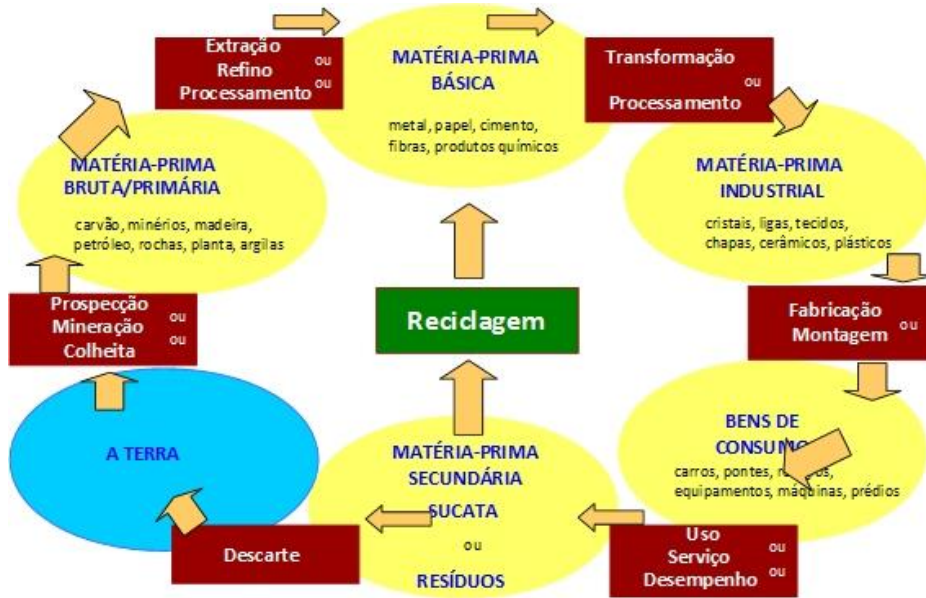


Fig. 2 – Diagrama de Ashby mostra a relação entre os preços dos diversos materiais de engenharia e as suas frações recicladas⁽³⁾

Visão de Mercado : Justificativas para o desenvolvimento dos briquetes Produção Verde (Ecometalurgia)

Siderurgia (Metalurgia de Finos)

Proposta

➤ Uso de aglomerante alternativo de cura natural (a frio) : Escoria de Aciaria

Atualmente, **três tipos de aglomerantes** são utilizados na produção de aglomerados a frio : dois inorgânicos, a **bentonita** (um tipo de argila mineral) e a **cal hidratada**; e um orgânico, que é importado e obtido a partir da árvore **pinus Europeu**, portanto, mais caro, e o pinus europeu, árvore da qual é feito, é de crescimento mais lento.

Para cada tonelada de pelota produzida em escala industrial são usados 500 gramas de aglomerante.

Participação no Custo Final do Aço

<i>As 100 maiores no valor em cada bem mineral</i>	
Participação no valor do bem	Bem Mineral
100%	Amianto, Barita, Bauxita, Cobre, Carbonato de Cálcio, Fertilizantes Potássicos, Magnesita, Níquel, Pirocloro, Salgema, Titânio, Zirconita, Lítio.
99%-90%	Cassiterita, Ferro, Grafita, Manganês, Rocha Fosfática, Zinco.
89%-70%	Carvão, Fluorita, Ouro, Prata, Cromita, Caulim
69%-50%	Calcário, Bentonita
49%-25%	Gipsita, Sal Marinho.
Menos de 25%	Areia, Argila, Brita, Talco, Rochas Ornamentais.

Transformação de Sub-Produto em Co-Produto

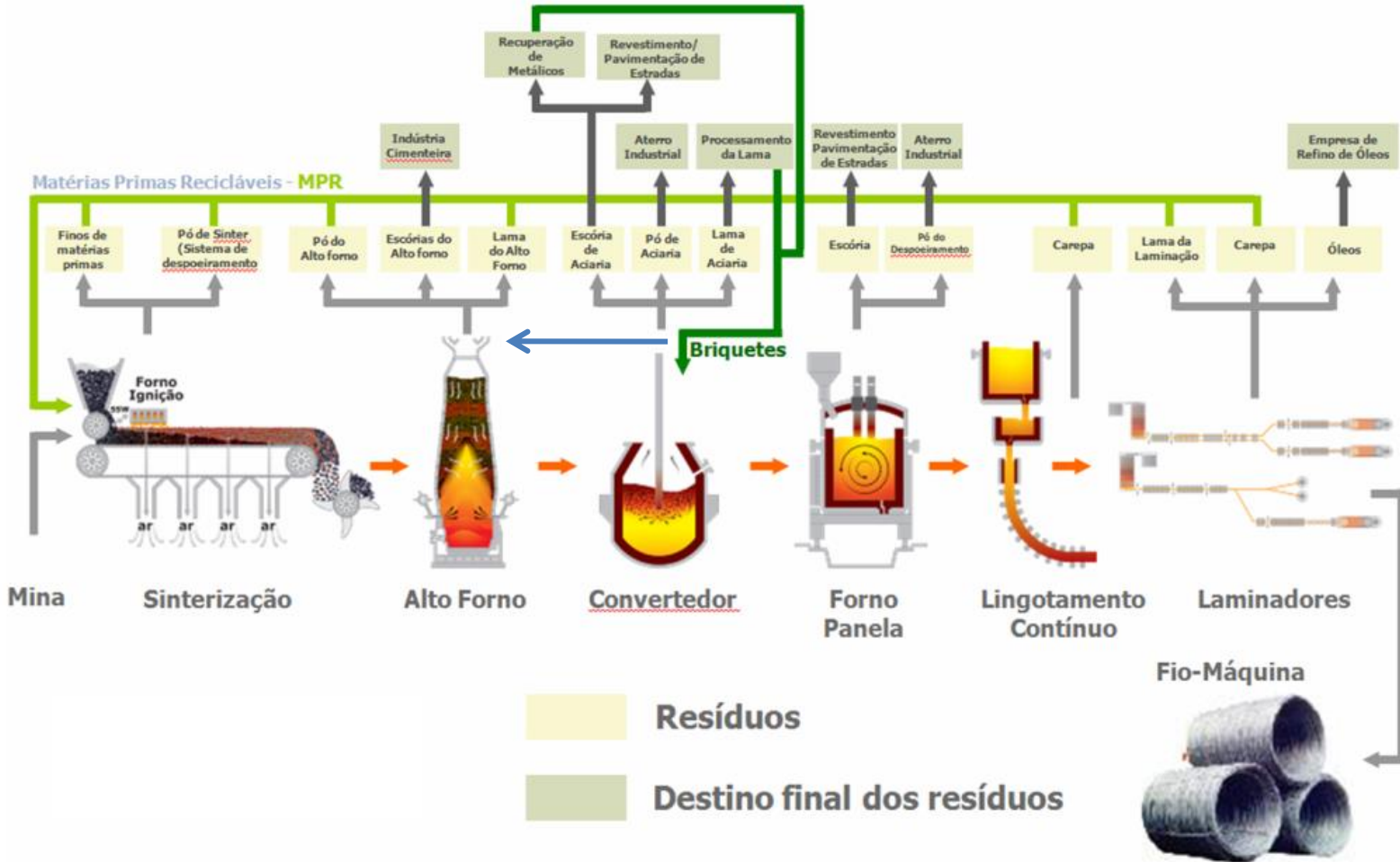
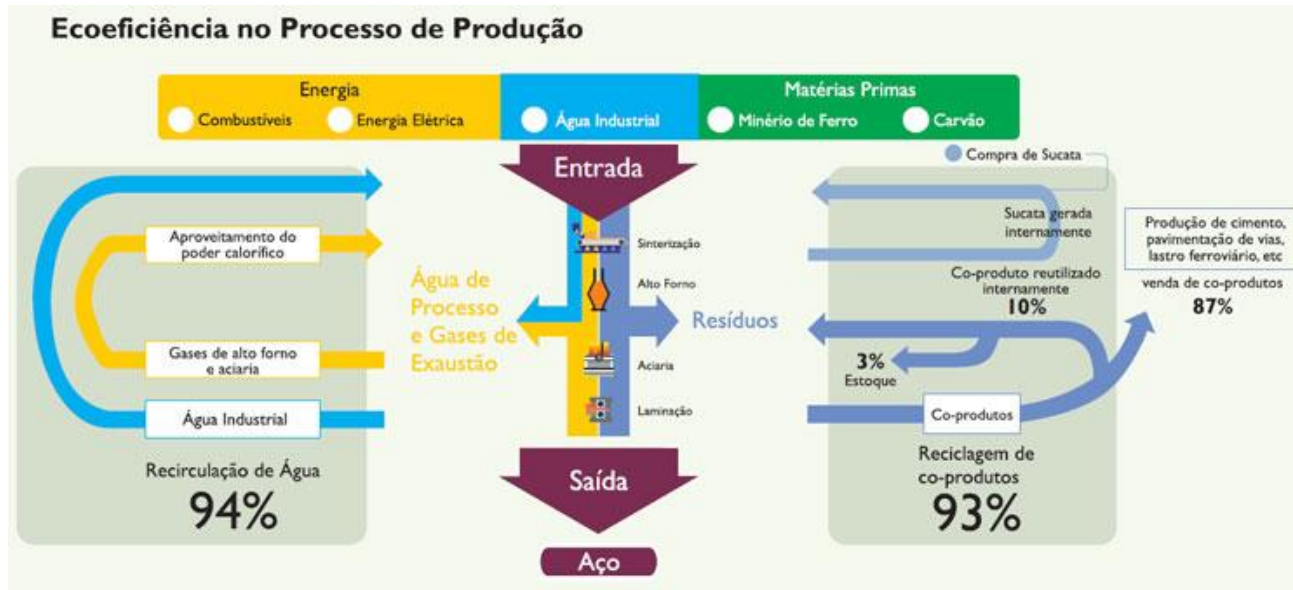
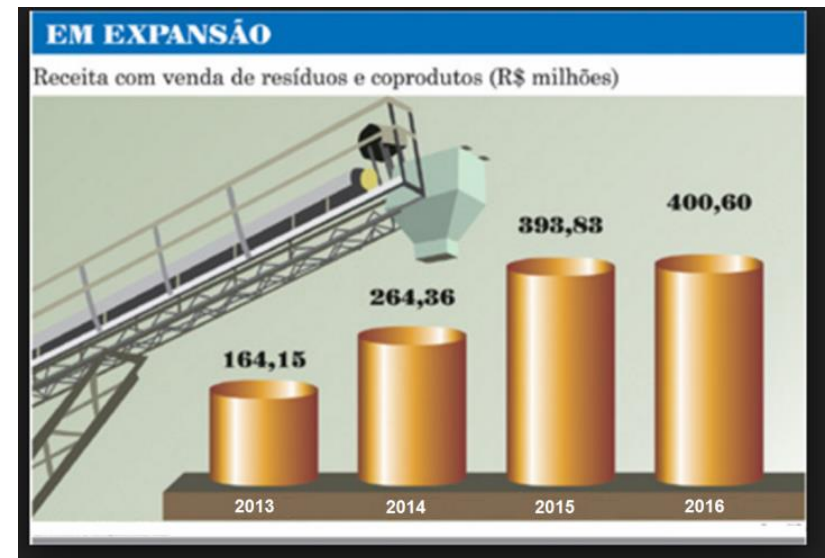


Figura: Geração e destinação de resíduos na siderurgia

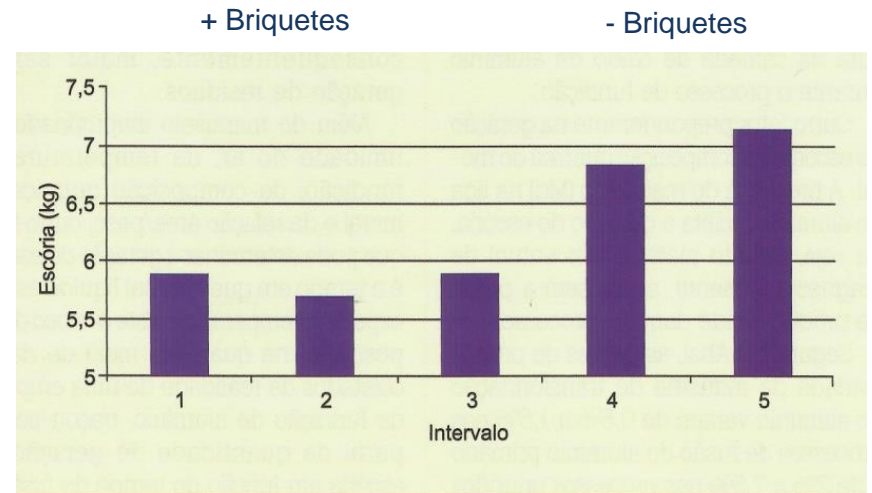
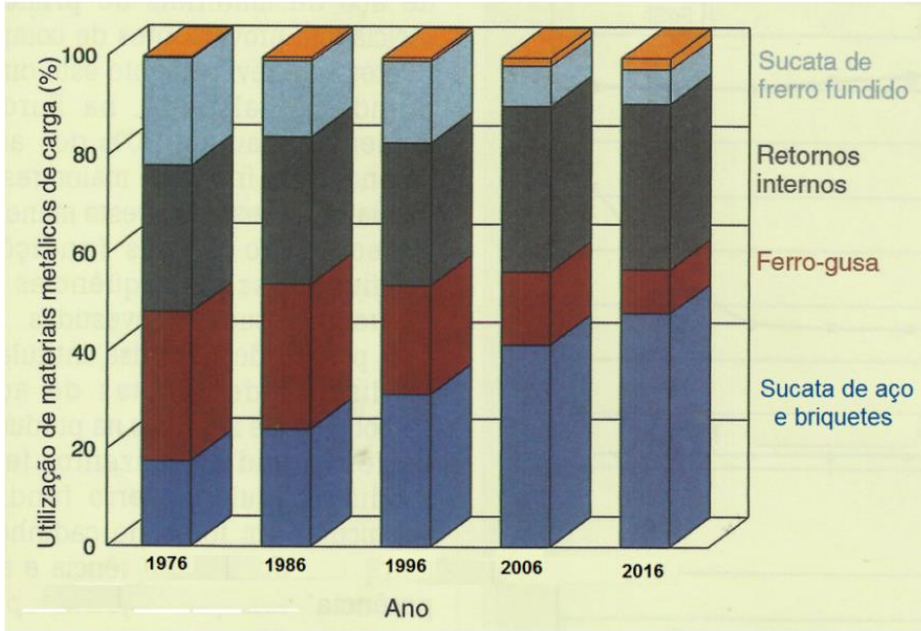


Converter Passivos em Lucro



Produção Verde (Ecometalurgia)

Fundição (Substituição do Gusa e Sucata de Aço)



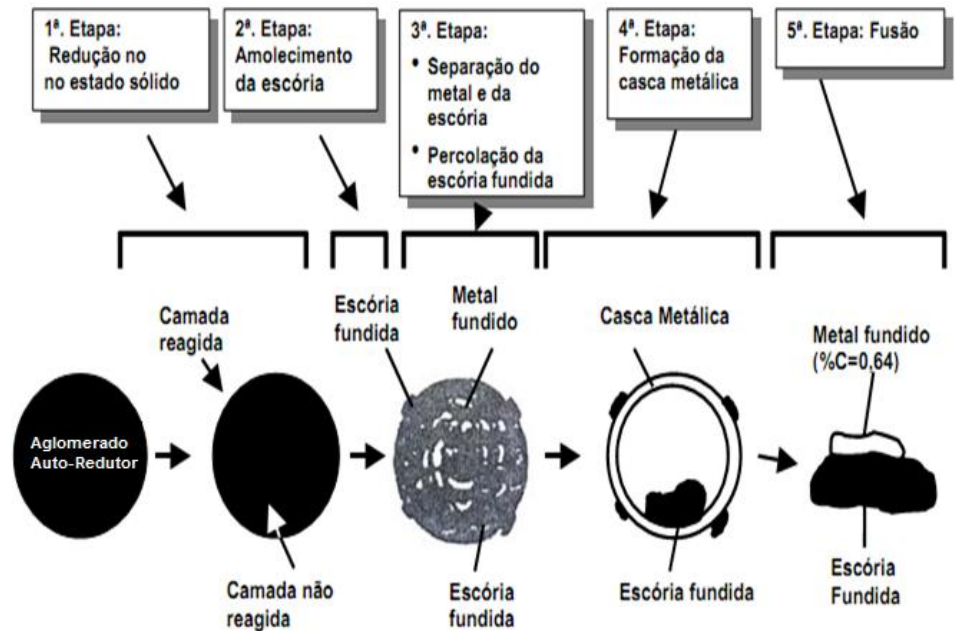
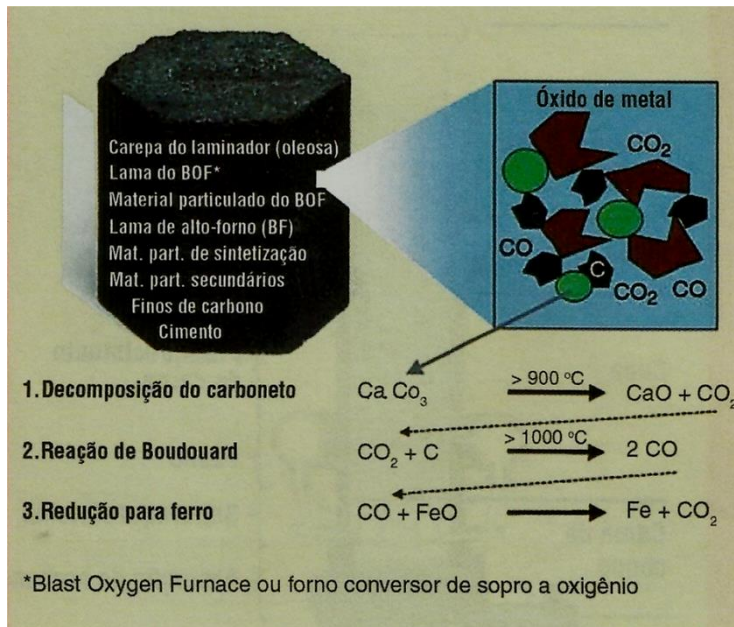
- Geração de resíduos sólidos x tempo de fusão

+ Briquetes = Processo de fusão mais rápido →

Revisão da Bibliografia (O Produto : Principais Abordagens)

Como é utilizado o briquete nas instalações metalúrgicas de produção de ferro e aço

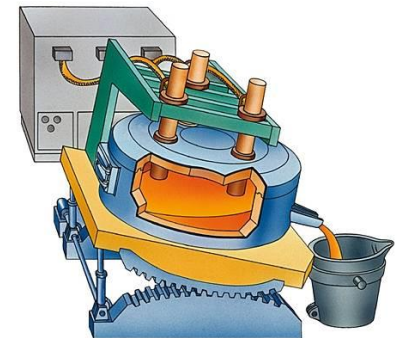
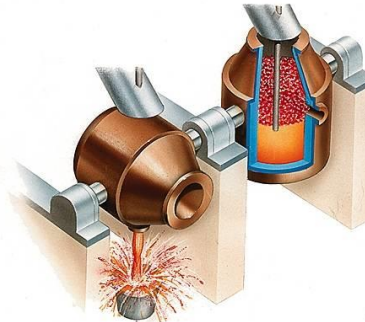
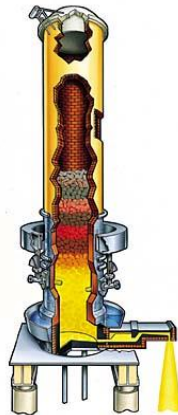
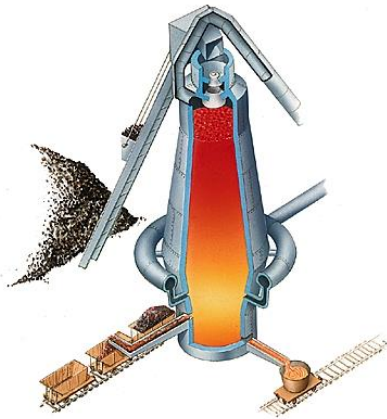
Os briquetes são utilizados nos fornos na forma de aglomerados auto-redutores



Revisão da Bibliografia
(O Produto : Principais Abordagens)

Equipamentos Siderúrgicos que podem Utilizar Briquetes em sua Carga

- ▶ Sistemas de alta pressão (alto-fornos e oxícup)
- ▶ Média pressão (cubilot, tecnoled, corex)
- ▶ Baixa pressão (conversores, panelas, carros-torpedo, fornos elétricos)



Uso de Briquetes em Alto-Forno e no Forno Oxícup (Tecnologia Emergente)

Com uso de briquetes em Alto-Forno pode-se diminuir :

- A utilização de coque ou carvão de 20 à 40%
- Geração de escória diminui de 15% a mais de 30%
- Reduz o consumo de sínter em até 35%
- Reduzir o uso de minério de ferro em 16%
- De calcário em 33%
- E de quartzo em 22%

Forno Oxícup as principais vantagens do processo:

- Não demanda grandes alterações, em usinas já existentes, para a sua implantação
- Baixos custos de investimento
- Processo similar aos altos-fornos (concorrente/substituto direto)
- Uso de resíduos siderúrgicos como matéria-prima
- Flexibilidade de produção

Uso de Briquetes em Forno Oxocup (Tecnologia Emergente)

Consumption of carbon and emission of CO in ironmaking according to the variants, kg/t

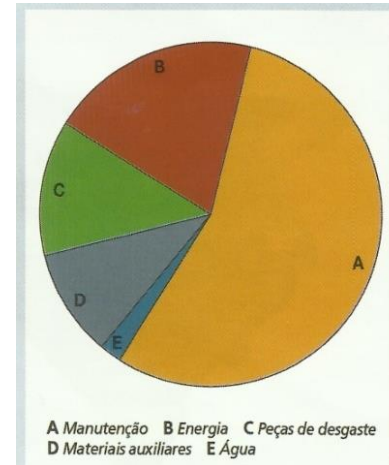
2

Points of carbon consumption, kg/t of hot metal	Blast furnace burden components				Process OXYCUP
	Sinter and pellet	Briquettes and pellets	DRI (Fastmet), sinter, pellets	DRI (Waeltz) sinter, pellets	
Sinter Production output	65	–	14	14	–
Pellet production	2,5	15	13	13	–
Production DRI *	–	–	71	393	–
Briquette composition	–	108	–	–	262,5
DRI composition	–	–	4,5	4,5	–
Coke**	315	277	285	285	263
Natural gas	56	28	50	50	–
Oxygen content in the blast***	11,5	–	9	9	39
Carbon consumed	451,0	428,0	446,5	768,5	564,5
Emission of CO ₂	1654	1569	1674	2818	2070

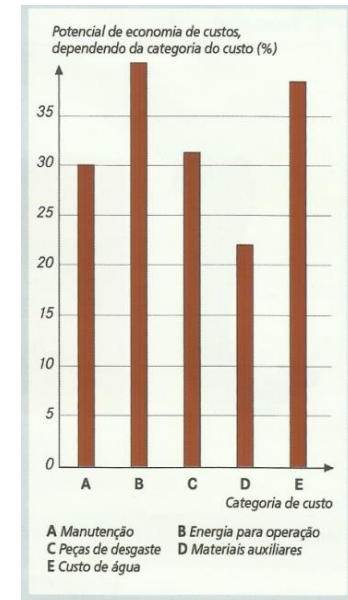
* Heating up to 1300 °C, direct iron reduction, overall heat losses.

**Less carbon, which was transferred into iron.

*** Assuming 1787 kka/m³ O₂ or C/m³ O₂.

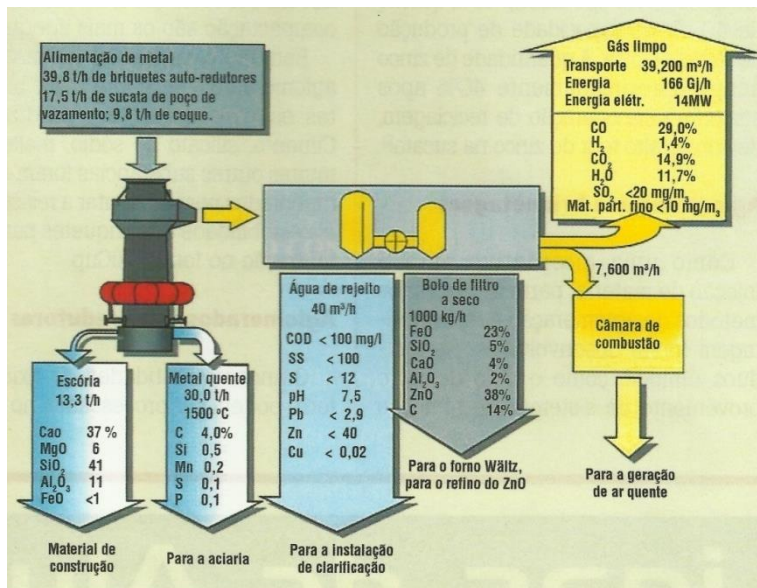


Categoria da Despesa

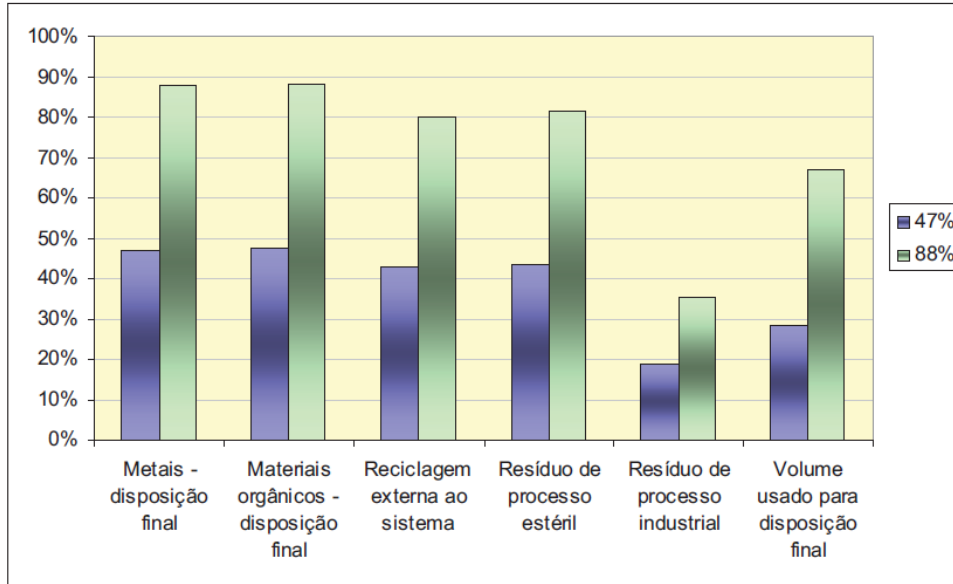


Custos da Briquetagem

Utilização no Processo



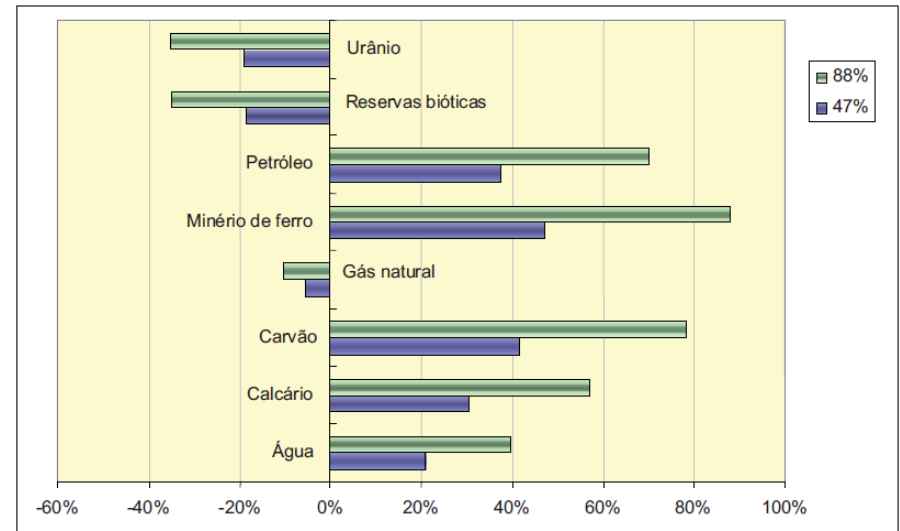
Co-Geração de Energia

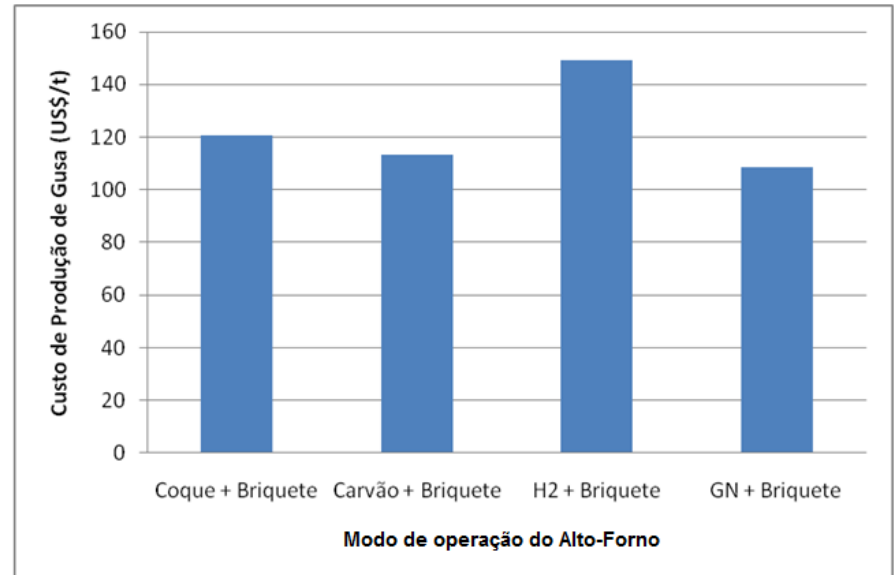
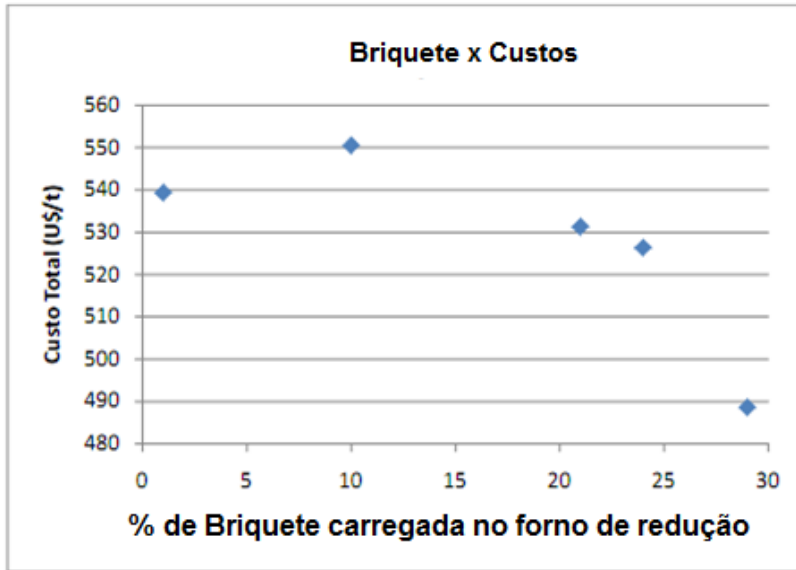


Resíduos Sólidos

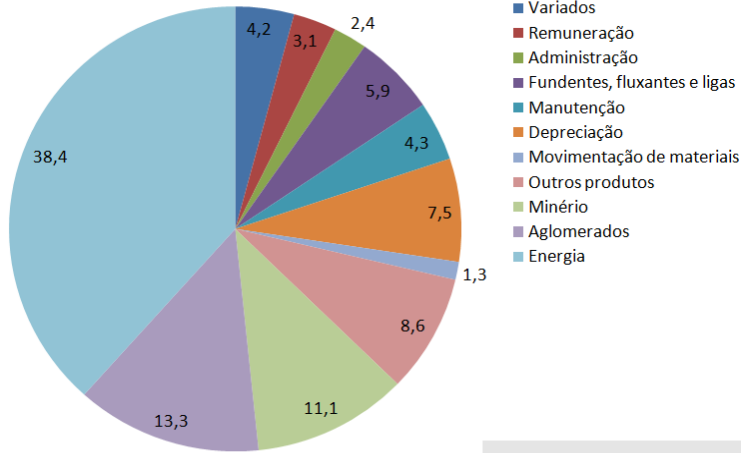
Redução Obtida

Recursos Naturais

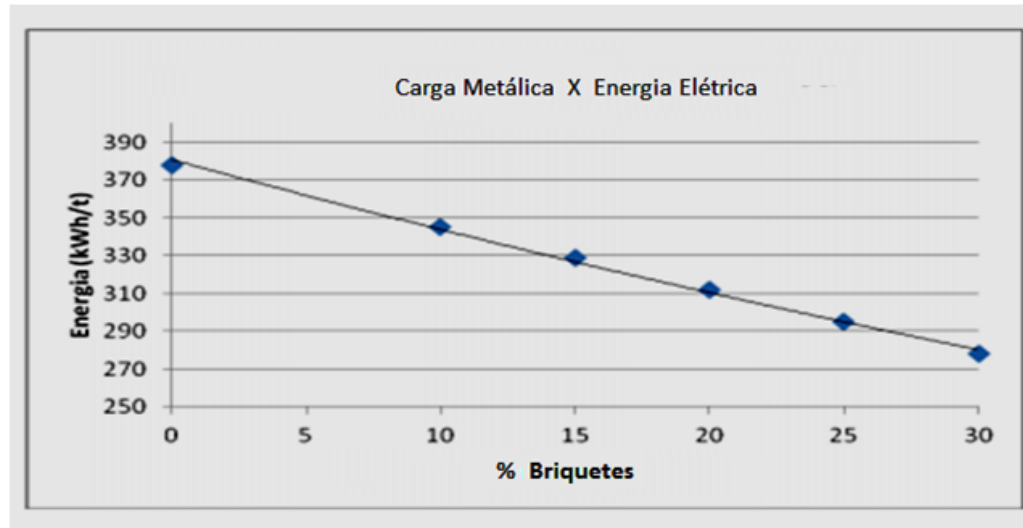
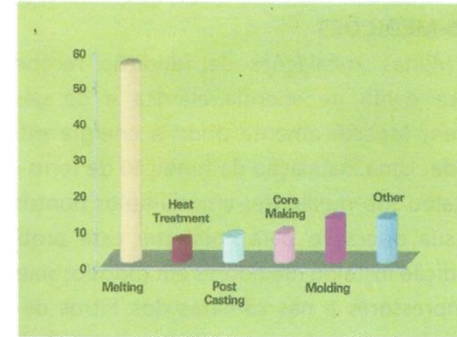
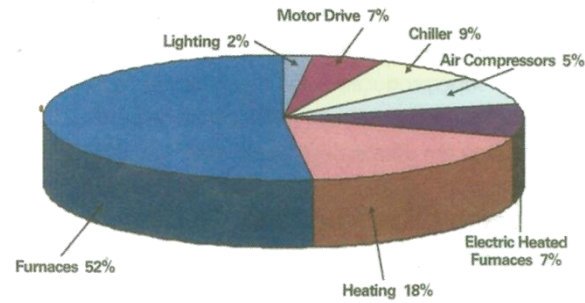




Elementos do Custo Siderúrgico %



Custos na Metalurgia (Fundição)



MATERIAIS E MÉTODOS

EXTRATÉGIA PARA ESTUDO:

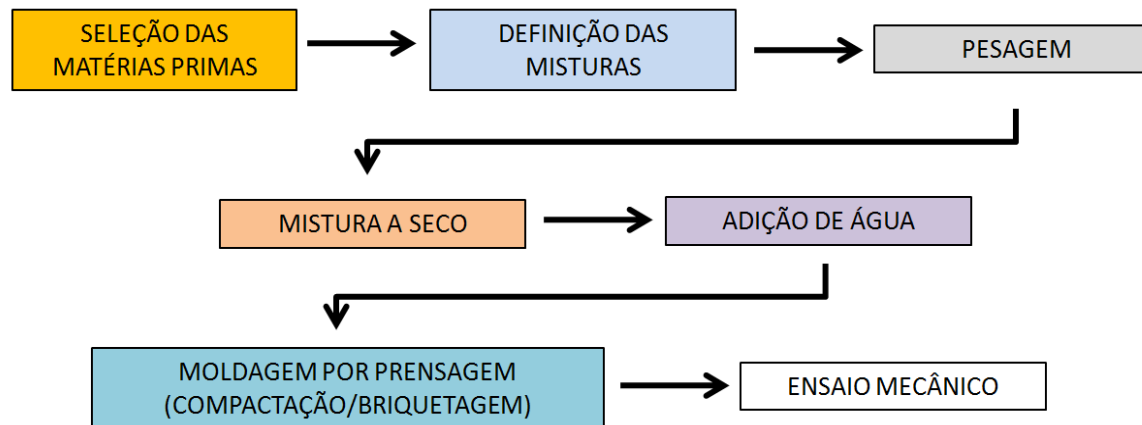


Medida da resistência a compressão direta em KN até a fratura das principais matérias primas



Ensaio preliminares com outras misturas briquetadas

O desenvolvimento da pesquisa (do produto) seguiu as seguintes etapas:



MATERIAIS E MÉTODOS

Produção dos Briquetes

MISTURAS
TESTADAS



Matérias primas (Briquetes)		% em peso								
		Escoria MRPL	Escoria Forno Elétrico	Bentonita	Calcário	Dolomita	Cal	Coque	Carvão Vegetal	Água
Testes preliminares	1	-	-	5	1	1	0,6	10	10	10
	2	-	10	-	-	-				
	3	-	-	-	10	10				
Briquete Multiconstituído		5	-	-	5	5				

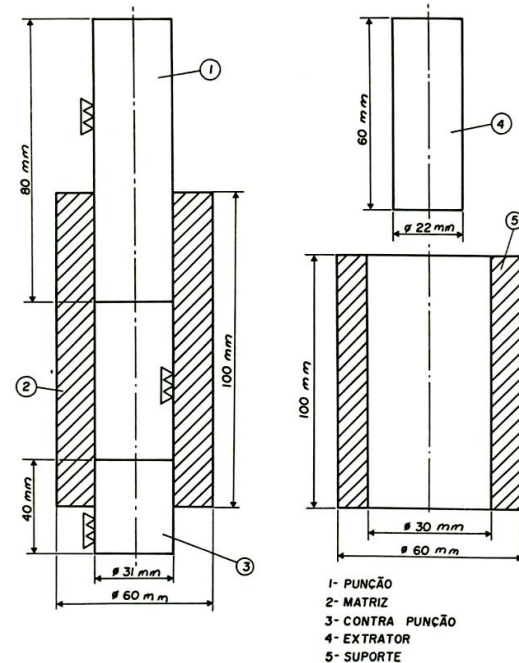
MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram executados de acordo com as norma :

- ➔ ABNT 12654 e ISO 17025 – planejamento de experimentos
- ➔ ABNT 10007 - seleção de materiais e amostragem
- ➔ ABNT 7680, 5738 e 13729 – confecção de corpos de prova
- ➔ ASTM C496 e ABNT 7222 - ensaio de compressão diametral

Sistema matiz-punção, utilizados nos ensaios de briquetagem em prensa manual tipo macaco hidraulico

Briquete Cilindrico
3 cm altura x 3 cm \varnothing



MATERIAIS E MÉTODOS



Misturador



Prensa



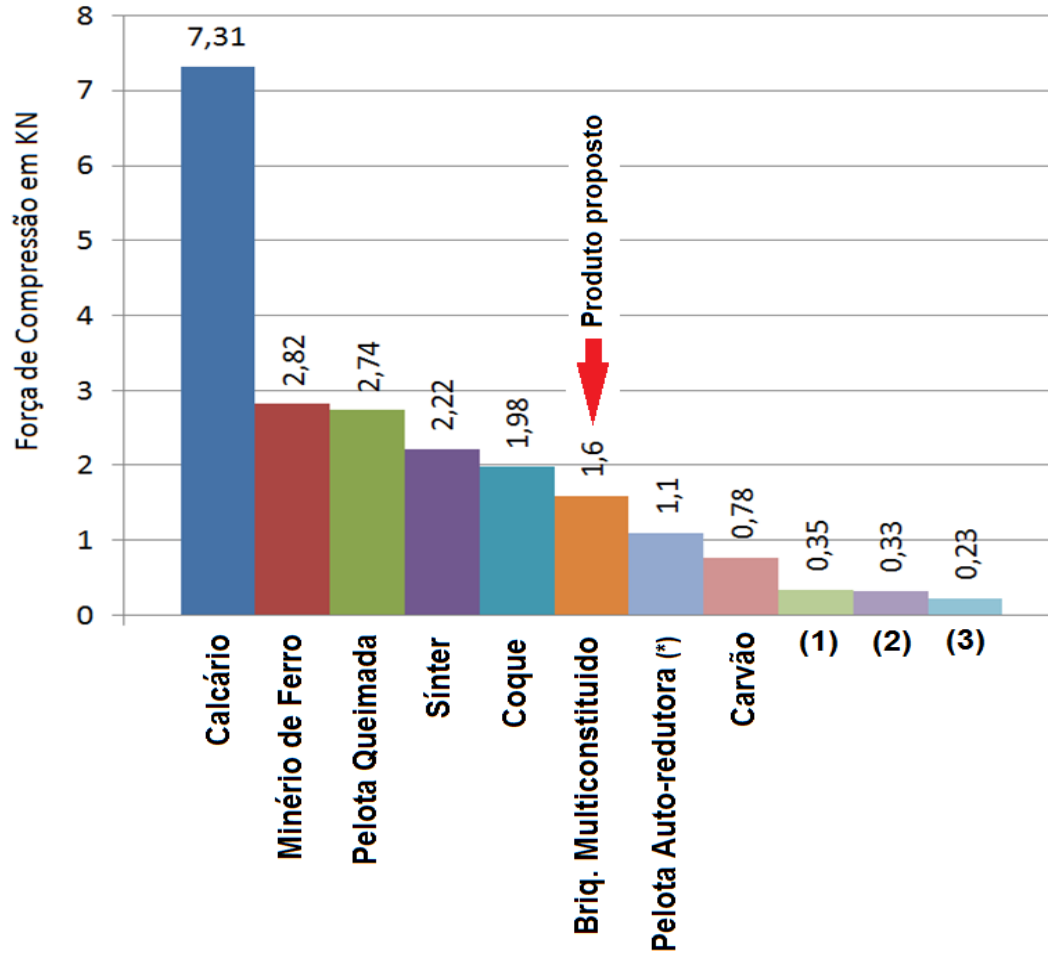
Molde de briquetagem



Briquetes (Produto)

RESULTADOS

Ensaio de Fratura das Matérias Primas e dos Briquetes



- (1) Briquete Teste Preliminar
(Bentonita + Cal + Cálccario + Dolomita + Coque + Carvão)
- (2) Briquete Teste Preliminar
(Escória de FEA + Cal + Coque + Carvão)
- (3) Briquete Teste Preliminar (Calcário + Dolomita + Cal)
- (*) estufada aglomerada com bentonita ou cimento e cal como aditivo

RESULTADOS

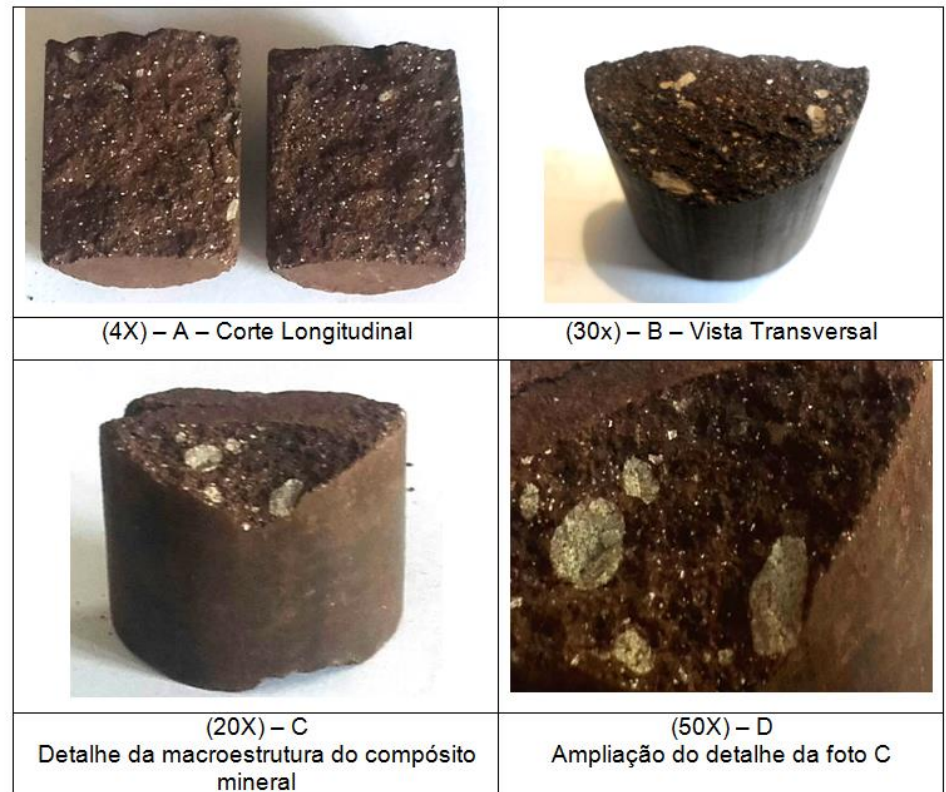
Fotomicrografias das fraturas dos briquetes produzidos nesta pesquisa

(após ensaio de compressão diametral)



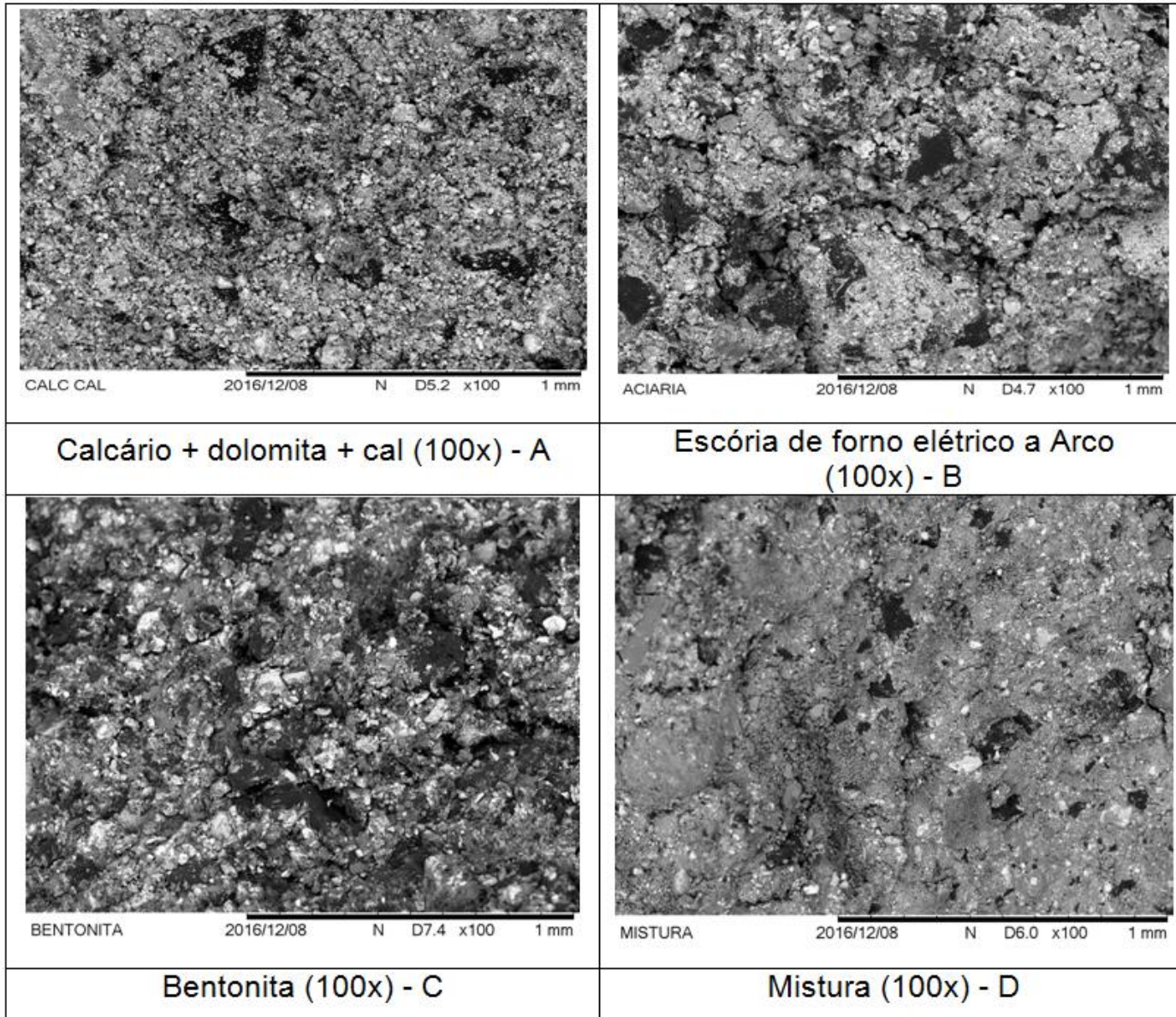
Fotomicrografias dos briquetes aglomerados com escória de aciaria

(produto objetivo desta pesquisa)



RESULTADOS

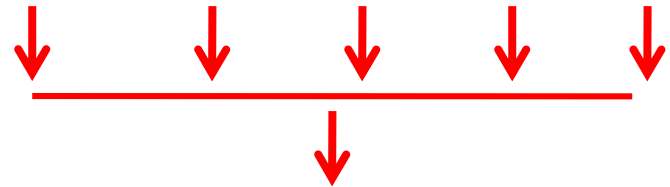
Fotomicrografia de MEV das fraturas dos briquetes, aumento de 100x



RESULTADOS

Valores do ensaio de resistência à compressão diametral em MPa

Briquetes (Misturas)	Métodos de Cálculo da Resistência à Compressão Diametral				
	Normas ASTM C496 ABNT 7222	ISO 4700	Wakeman	Kapur e Fuerstenau	Cahn e Kerpinski
(Calcário + dolomita + cal)	16,4	32,8	24,64	54,45	25,5
(Escoria de FEA + Cal + Carvão + Coque)	23,5	47	35,4	66,5	36,6
(Bentonita + Cal + calcário + dolomita + carvão + coque)	25,1	50,2	37,4	50,5	38,8
Multiconstituído	114,3	228,6	171,3	262,89	177,7



➔ Média dos Valores do Briquete Multiconstituído = 190,95 MPa

RESULTADOS



Comparação de valores de resistência à compressão diametral com a bibliografia

Fonte	Matéria Prima	Resistência à Compressão (MPa)
Tese	Briquete Minério de Fe e Mn (Bentonita + Calcário + Dolomita + Cal + Carvão e Coque)	37,95
	Briquete Minério de Fe e Mn (Escória de FEA + Cal + Carvão e Coque)	40,5
	Briquete Minério de Fe e Mn (Calcário + Dolomita + Cal)	30,25
	Briquete Multiconstituído	190,95
Bibliografia	Calcário (média/mínima) (2)	220
	Minério de Ferro (média/mínima) (2)	190
	Sinter (média/mínima) (2)	170
	Pelota queimada (mínimo) (1) (2)	160
	Coque (máximo) (2)	180
	Carvão (2)	80
	Briquete Tipo - C (médio) (3)	130
	Briquete de Manganês (4)	55
	Briquete Auto-Redutor com cimento AL-61 (6)	7845
	Briquete Auto-Redutor com cal hidrata (6)	235
	Briquete Auto-Redutor com cal hidrata estufados (6)	883
	Briquete Auto-Redutor com cal hidrata cura ao ar (6)	1765
	Briquete Minério de Ferro e Carvão Mineral (7)	22
	Pelotas Autorredutoras (cimentos portland) (5)	1000
	Kasai et al. Briquete (a frio) auto-redutor carvão mineral com cimento(7)	880
	Kasai et al. Briquete (a quente) minerio de ferro (7)	866
	Hegang (Man-Sheng et al.) briquete minerio de ferro (7)	35
	Anyashiki et al. Briquete auto-redutor cimento e cal estufado (7)	4000
	Tanaka et al. Briquete minerio de ferro e coque com bentonita estufado (7)	4470
	Hayashi et al. Briquete minerio de ferro e carvão vegetal com bentonita estufado (7)	100

(1) MAXIMIANO, (2) ROSENQVIST, (3) KOTENEV, (4) SINGH, (5) SOUSA, (6) D'ABREU, (7) TANAKA

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O valor médio de resistência alcançado é fruto :

191 MPa Briquete Multiconstituído (Coque máximo 180 MPa)

- Compactação Mecânica (Prensagem)
- Efeito cimentício
- Efeito Filler
- Distribuição Granulométrica
- Teor ótimo de água de adição
- Relação água/cal

CONCLUSÕES

1. É possível a mistura de pós finos de todos os resíduos gerados em uma usina siderúrgica integrada.
2. Assim pode-se reduzir a quantidade de material injetado via ventaneira.
3. Propõe-se um novo uso para a escória de aciaria
4. A escória de conversão e refino do aço possui características aglomerantes cimentícias que lhe permitem substituir a bentonita na aglomeração de finos de minério em briquetes auto-redutores ou auto-fundetes
5. O produto proposto, briquete multiconstituído, alcançou o valor de resistência próximo ao coque, como planejado.

CONCLUSÕES

6. Este produto sendo auto-fundente pode ter o potencial de aumentar a produtividade do alto-forno.
7. A resistência foi alcançada através da prensagem a frio e cura ao ar natural, eliminando a queima.
6. O briquete multiconstituído pode ser utilizado como carga ferrífera de grandes alto-fornos, diminuindo os custos do ferro base.
7. O produto desenvolvido atende tanto os requisitos de ecologia quanto de econômica, objetivos da reciclagem.
8. O produto pode ser veículo de aproveitamento de resíduos da indústria cimenteira e de rochas ornamentais.
9. Pode-se usar como fonte termo-redutora outra biomassa, como resíduos da agroindústria e de podas e limpeza urbanas, da indústria moveleira e da construção civil.

CONCLUSÕES

10. Este briquete permite a introdução de material plástico no alto-forno como borracha de pneumáticos automotivos.
11. Outros materiais podem substituir a bentonita (escoria de FEA).
12. O briquete multiconstituído apresenta um potencial de reduzir os materiais granulares adicionados como coque, minério, calcário e dolomita.
13. Como carga metálica reduz o uso de sínter e pelotas, reduzindo assim os investimentos nestes processos e a contaminação ambiental vinda das produção destes aglomerados.
14. É esperado que haja redução do teor de finos nos gases emitido pelos equipamentos de redução/refino.

Trabalhos Futuros

- Produção de briquetes somente de carga termorreductora
- Adição de borracha de pneumáticos automotivos nos briquetes
- Produção de briquetes dessulfurantes e desfosforantes
- Uso de outras escórias ou somatórios de escórias como aglomerantes
- Produção de briquetes de escórias de ferro-ligas
- Adição de escórias de ferro-ligas em briquetes de minério de ferro