

MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS

AUTOR: VICENTE DE SOUSA

ORIENTADOR: PROF. DR. ALEXANDE FERNANDES HABIBE

TITULO: MESTRE

ANO 2023

**SINTESE E CARACTERIZAÇÃO DE UM SINTER A PARTIR DE
MINÉRIO DE FERRO COM BASE MAGNETÍCA UTILIZANDO
ROTA DE PRODUÇÃO BASEADA EM CARVÃO VEGETAL VERSUS
COQUE DE PETRÓLEO BUSCANDO META DE BASICIDADE
PRIMÁRIA DE 1,4**

Objetivo Geral

Avaliação da sinterabilidade, com perspectiva da obtenção de uma mistura, visando produtividade, qualidade e parâmetros econômicos equilibrados.

Justificativa

Devido a escassez de minérios de ferro de boa concentração; minério bitolado de alto teor de ferro e com a sílica e fosforo dentro de limites adequados, cabe buscar novas fontes de finos com qualidade compatível às demandas do alto forno, como no caso dos finos de ferro de origem magnetítica.

Tratamento e beneficiamento de minérios

Constituem uma sequência de operações que aplicadas aos minerais visa alterar sua granulometria, a concentração relativas dos minerais presentes ou sua forma.

Processos de Aglomeração

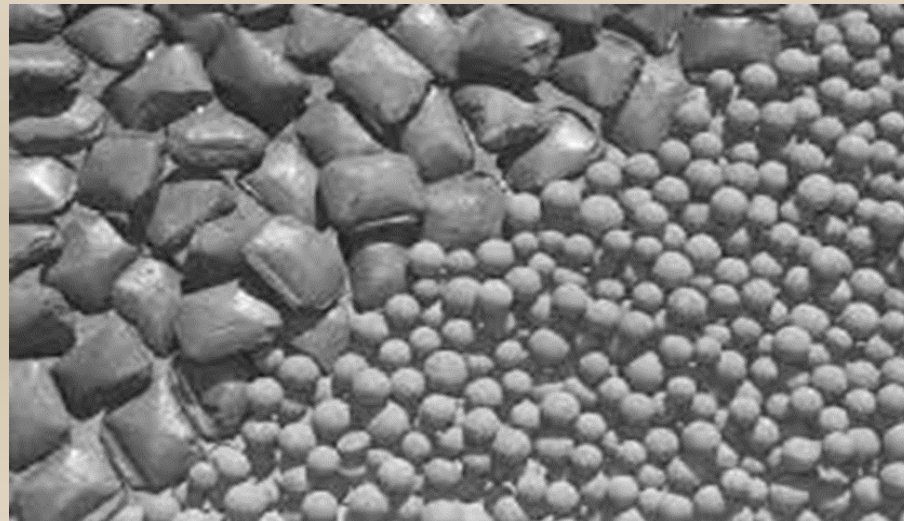
Briquetagem

Pelotização

Sinterização

Briquetagem

Processo de densificação de pós através da compactação afim de conferir maior densidade, tamanho, forma e propriedades uniformes utilizando ou não aglomerantes.



Pelotização

É obtido por uma mistura de finos de minério de ferro umedecida, com concentração na fração menor que 0,149 mm (pellet feed) com adição de aglomerantes.



Sinterização

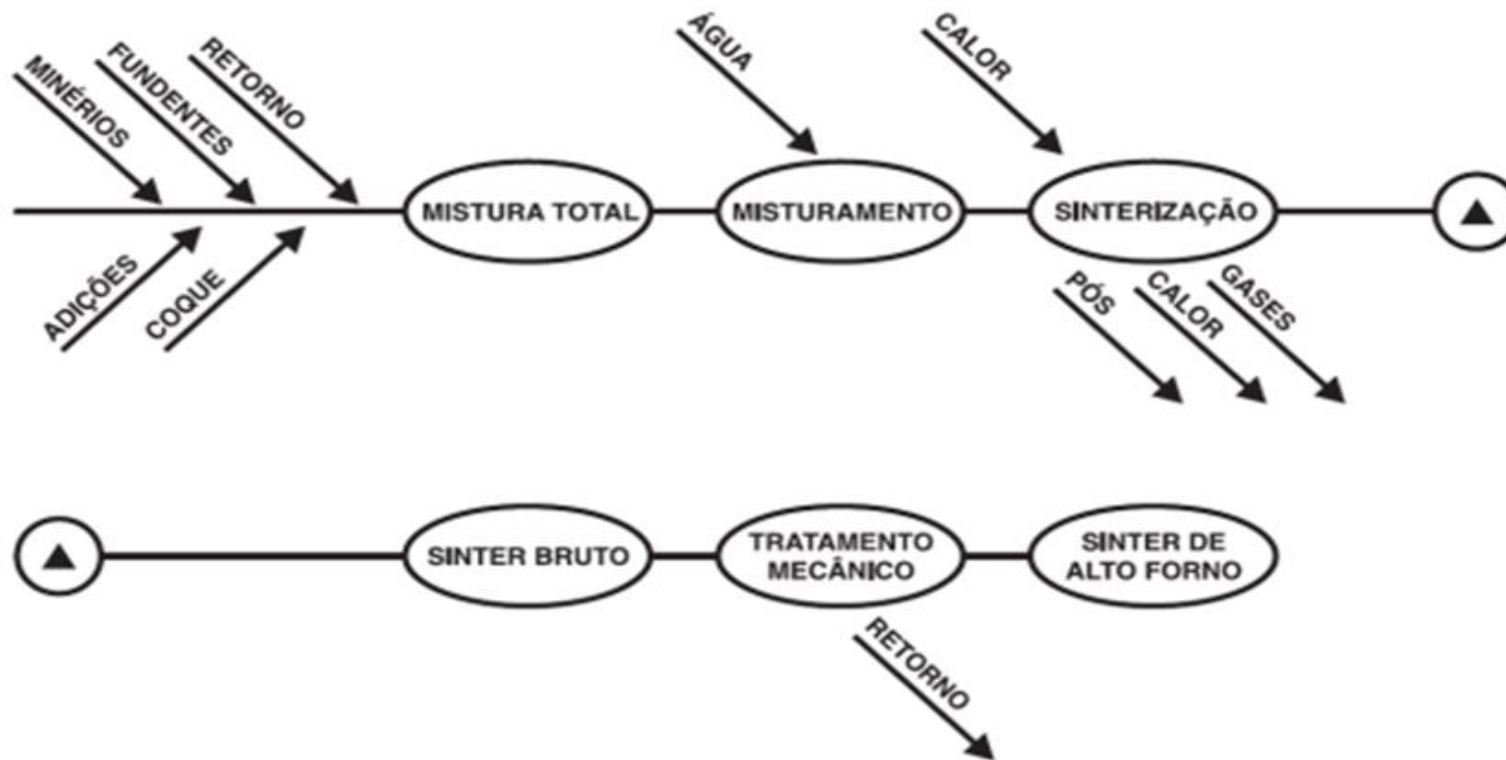
O processo conhecido também como de aglomeração a quente e, metalurgia do pó.



PROCESSO PRIMÁRIO

A meta principal é a utilização de finos de minério para síntese, utilizando alta temperatura, fundente, bem como outras matérias primas.

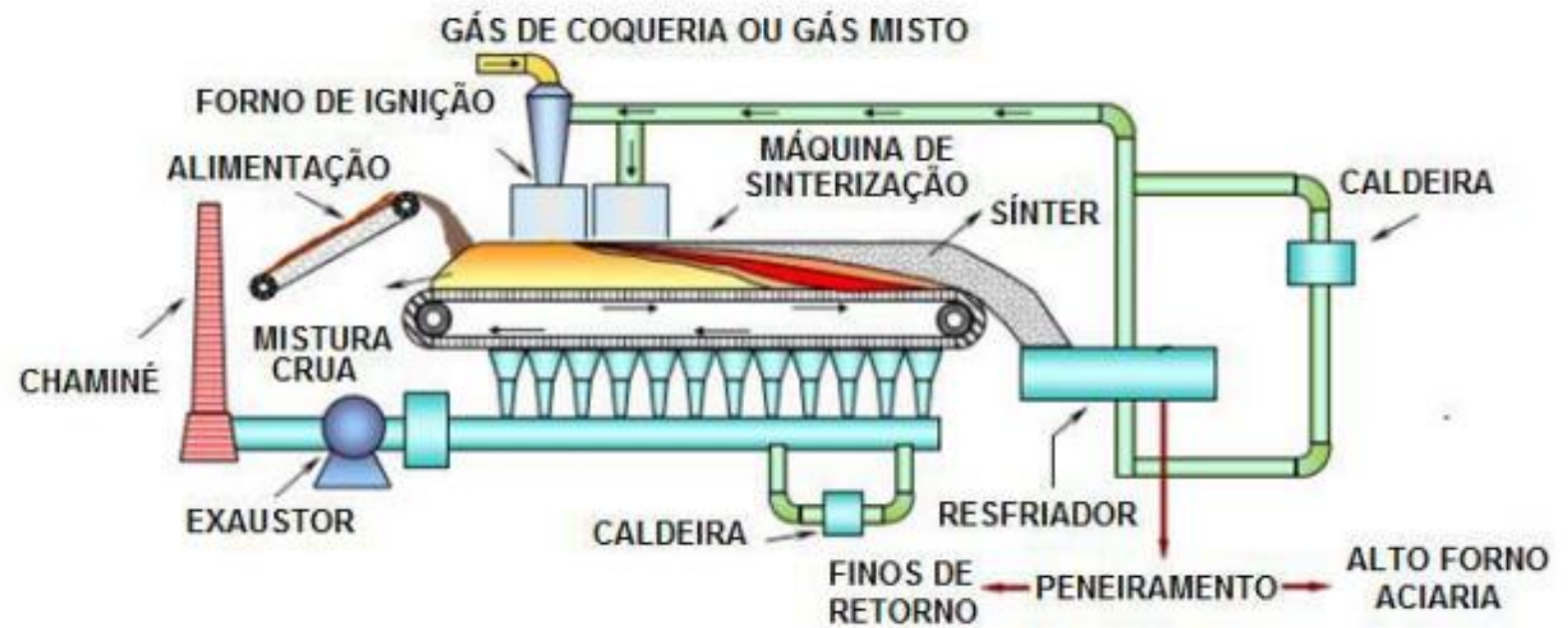
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO



Fonte: Honorato, 2005

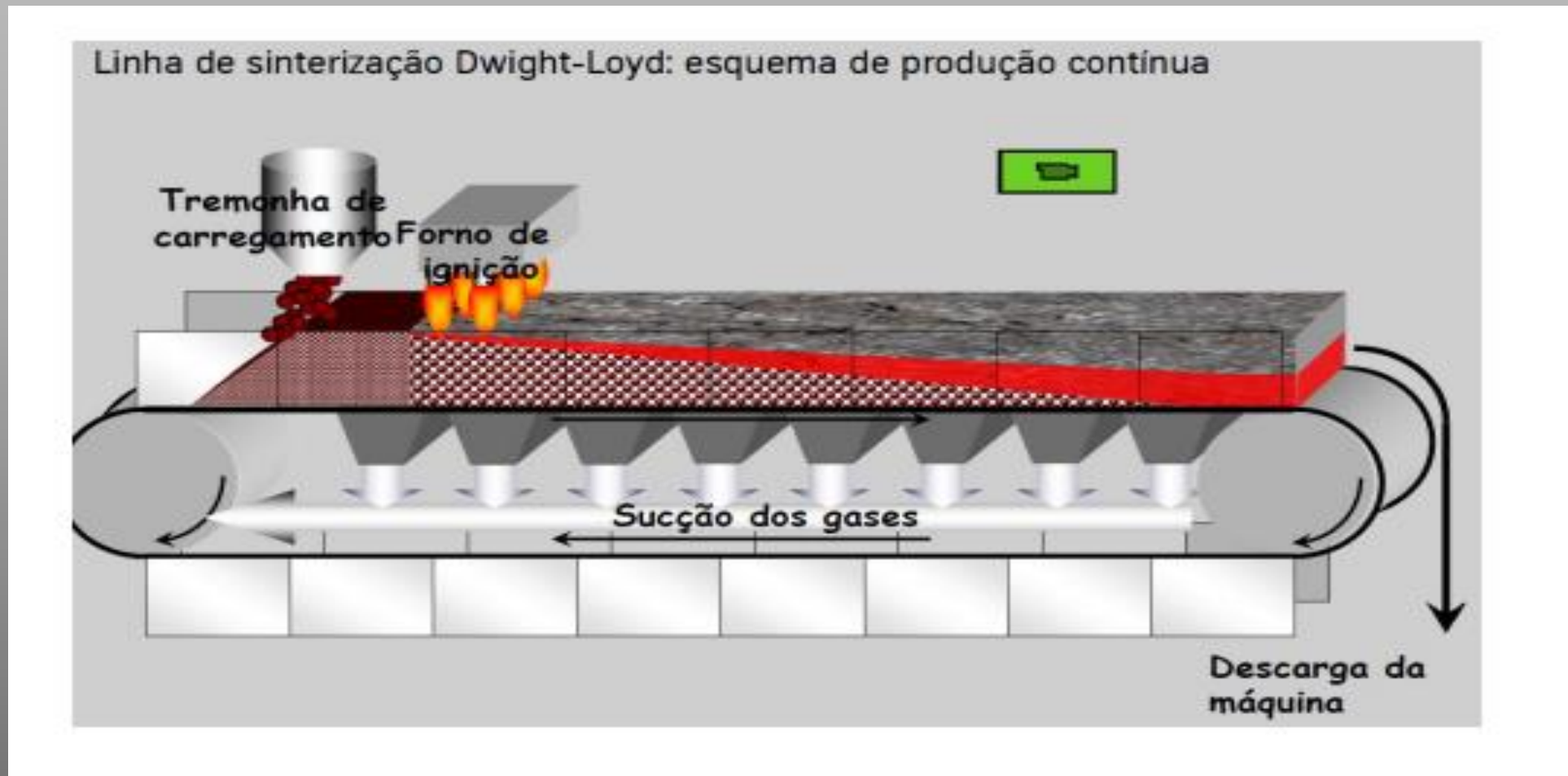
Processo Dwight & Lloyd

- Processo contínuo,
- Maiores investimentos,
- Maior produtividade

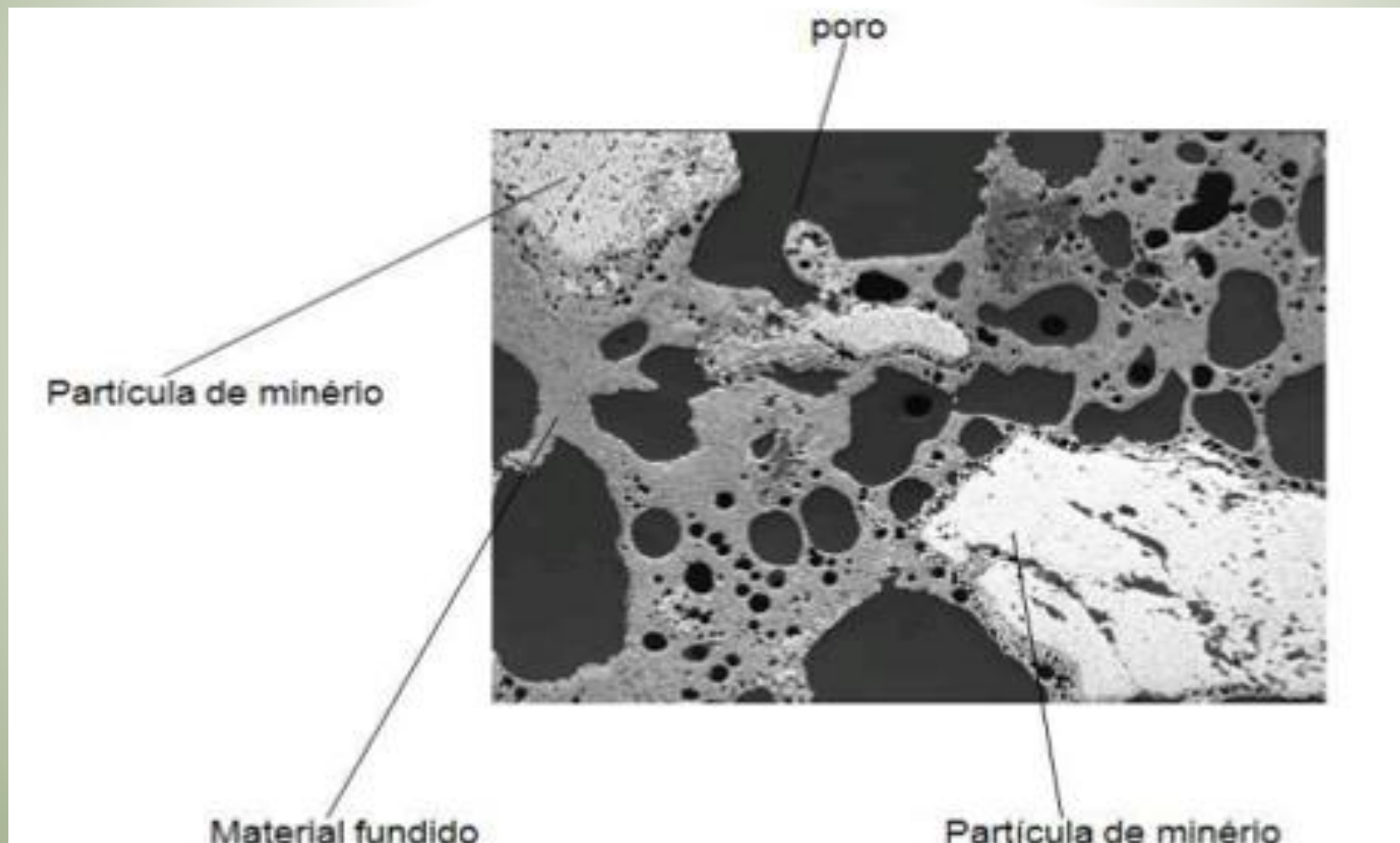


Fonte: CARDOSO, 2016.

VISÃO DO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO



Microestrutura do sinter de minério de ferro



PRINCIPAIS MATERIAS PRIMAS DE ALIMENTAÇÃO DE UM ALTO FORNO



EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DE UMA SINTERIZAÇÃO

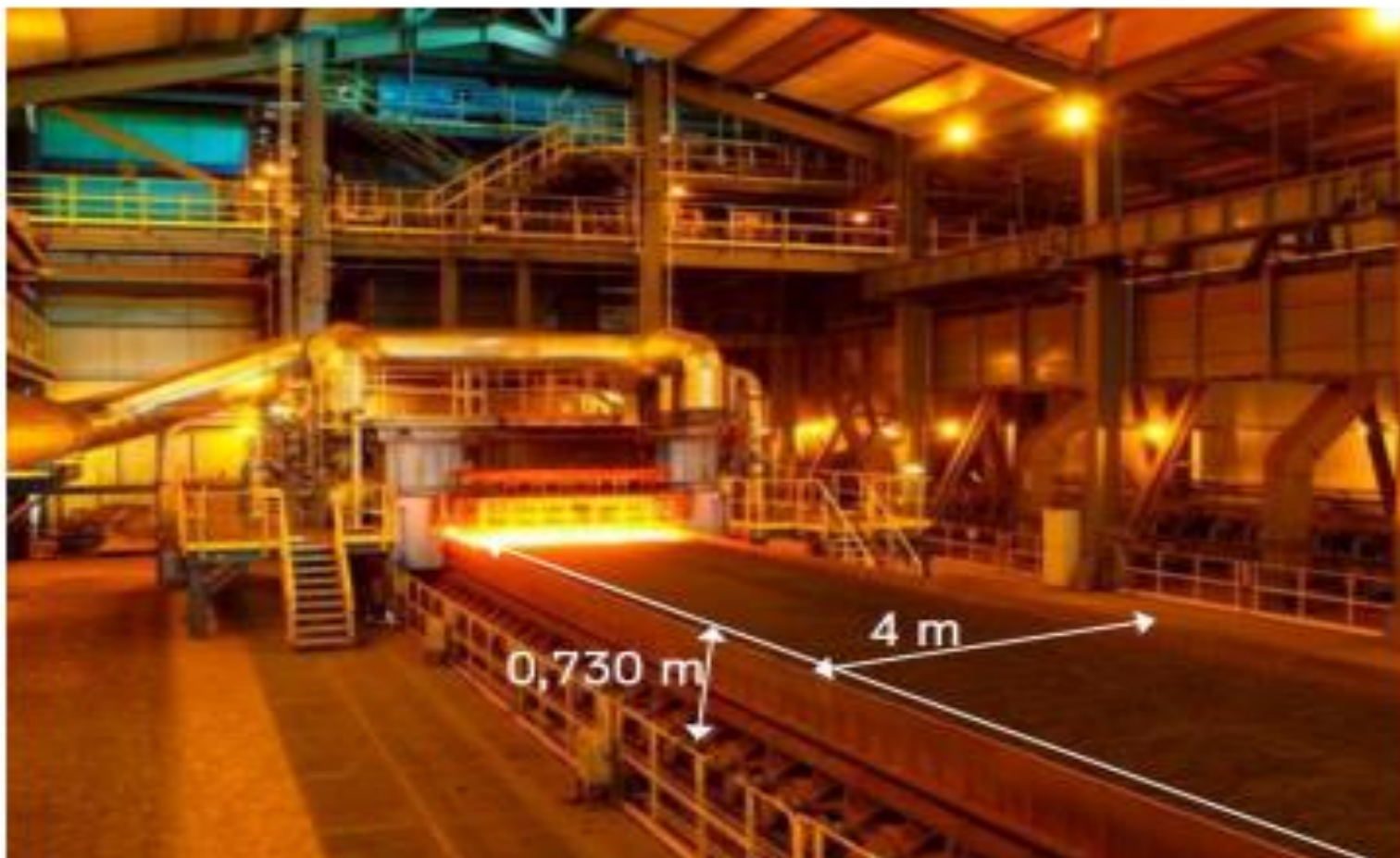
Forno de Ignição



MISTURADOR / NODULARIZADOR



MÁQUINA DE SINTERIZAÇÃO



QUEBRADOR DE SÍNTER



Resfriador de Sinter



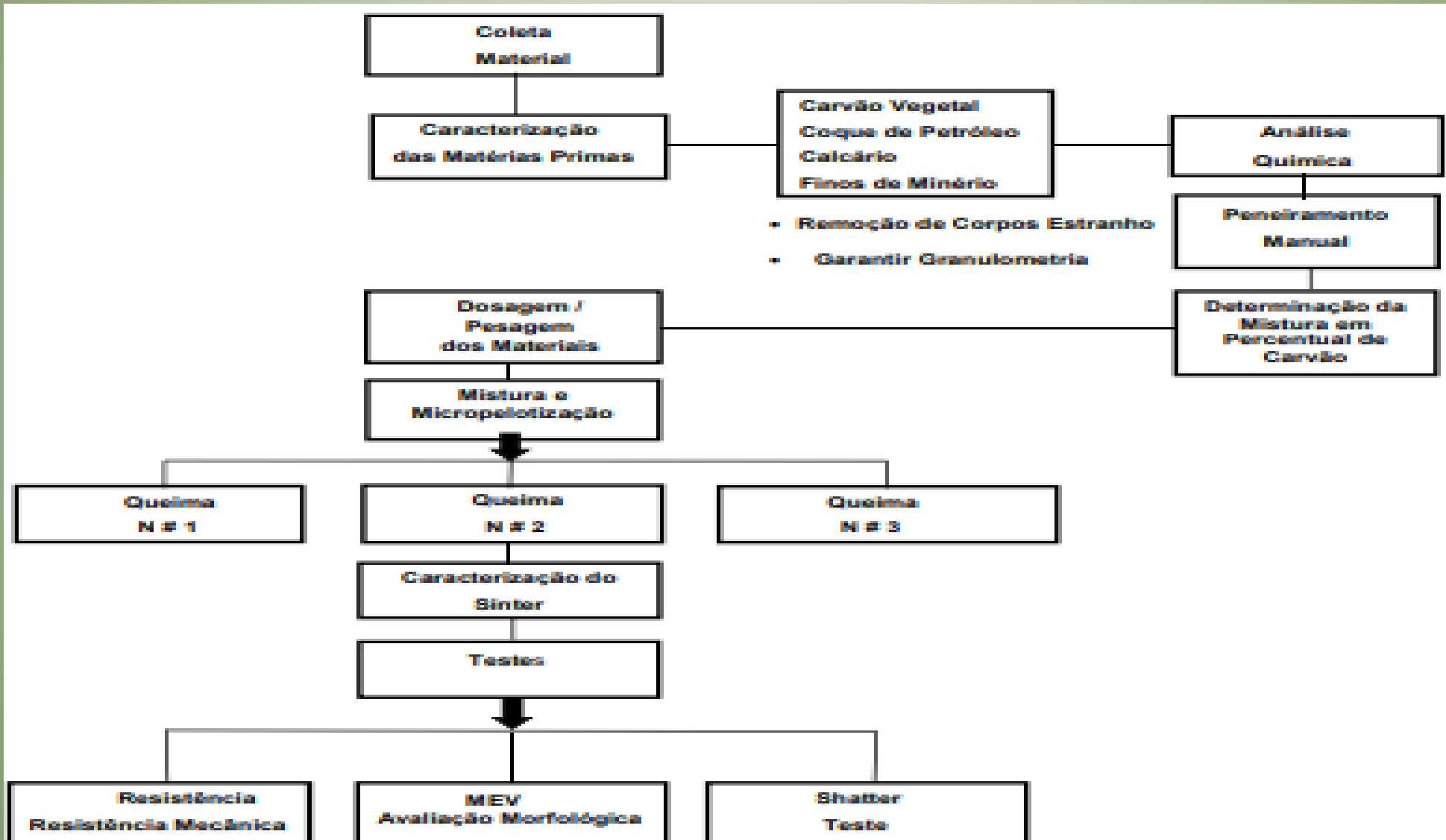
Planta Piloto



PANELA



FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA



Características da Panela e sistema de Exaustão

Panela			
	Área Util	0.2352	m ²
	Volume da Panela	0.0487	m ³
	Capacidade	120	Kg
Exautor			
	Motor	1870	rpm
		45	kW
		61	cv
	Vazão	15.558	m ³ /h
		0.259	m ³ /minuto
	Depressão	Entrada	- 200 mmca
		Saída	800 mmca

QUEIMA N 1 (Coque de Petróleo) = 1b – 1,40

THI METALURGIA		ACOMPANHAMENTO DE TESTE NA SINTERIZAÇÃO PILOTO	
CLIENTE	BEMISA	N - 1	VALIDADA
DATA	19/11/2019	Queima - 1	
MATERIAL	Sinter Feed Baratinha / Coque de Petróleo	1B-1,40	

Alimentação Total(Kg)	100				
Materia Prima	M.Total %	M. Parcial %	Peso seco Kg	Umidade %	Peso umido Kg
S / Feed Baratinha	55,75	73,36	55,75	4,41	58,32
FSD	7,60	10,00	7,60	0,00	7,60
Dolomita	2,11	2,78	2,11	4,15	2,20
Calcarão	5,60	7,37	5,60	4,73	5,88
Coque de Petróleo	4,94	6,50	4,94	8,57	5,40
Moinho/Carvão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Retorno	24,00	0,00	24,00	0,00	24,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	Média 3,64	103,404

DADOS do PROCESSO		
Altura da camada Total	mm	480
Altura da camada de Bedding	mm	35
Altura da camada de Bedding	Kg	9,000
Altura da Borda	mm	230
Altura da camada de Mistura	mm	215
Volume de Água adicionada	Kg	6,493
% Água na M.Total	%	6,49
Tempo de Misturamento	minutos	5,00
Tempo de Micropelotização	minutos	8,00
TOTAL		13,00
Moinho para Ignição	Kg	0,000
Tempo de Ignição	segundos	1,50
Mistura Total Carregada	Kg	109,520


Umidade	
Umidade Visada (%)	8,84
Umidade Real (%)	6,97
Então:	8,9116
Mistura Total Umida	109,697

Água a ser adicionada	
6,293	
0,200	=>Perda na Betoneira
6,493	
9,90	=> % de água na MT


Retorno + FSD	
31,600	
>5mm=15%	4,740
<5mm=85%	26,860

Produtividade		
ton./m ² /Dia	13,45	

QUEIMA N 1 (Coque de Petróleo) = 1b – 1,40

 THI METALURGIA		ACOMPANHAMENTO DE TESTE NA SINTERIZAÇÃO PILOTO	
CLIENTE	BEMISA	N - 1	
DATA	21/11/2019	Queima - 3	
MATERIAL	Sinter Feed Baratinha / Coque de Petroleo		
<u>VALIDADA</u>			
Alimentação Total(Kg)	100		
	M.Total %	M. Parcial %	Peso seco Kg
Materia Prima			Umidade %
			Peso umido Kg
S / Feed Baratinha	55,75	73,36	55,75
FSD	7,60	10,00	7,60
Dolomita	2,11	2,78	2,11
Calcarão	5,60	7,37	5,60
Coque de Petroleo	4,94	6,50	4,94
Moinha/Carvão	0,00	0,00	0,00
Retorno	24,00	0,00	24,00
0	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00
			Média 3,64
			0,9636
			103,781
Umidade Visada (%)	7,85		
Umidade Real (%)	6,45	Então:	0,9215
			Mistura Total Úmida 108,519
Água a ser adicionada	5,114		
	0,200	=>Perda na Betoneira	
	5,314		
			Retorno + FSD
			31,600
			>5mm=15% 4,740
			<5mm=85% 26,860
			Água a ser adicionada
	8,72	=>% de água na MT.	
DADOS do PROCESSO			
Altura da camada Total	mm	480	
Altura da camada de Bedding	mm	35	
Altura da camada de Bedding	Kg	9,000	
Altura da Borda	mm	225	
Altura da camada de Mistura	mm	220	
Volume de Água adicionada	Kg	5,314	
% Água na M.Total	%	5,31	
Tempo de Misturamento	minutos	5,00	
Tempo de Micropelotização	minutos	8,00	
	TOTAL	13,00	
Moinha para Ignição	Kg	0,800	
Tempo de Ignição	segundos	1,52	
Mistura Úmida Total Carregada	Kg	108,850	
Produtividade	ton./m ³ /Dia	14,34	

QUEIMA N 2 (Moinha de Carvão) = 1b – 1,40



THI
METALURGIA

ACOMPANHAMENTO DE TESTE NA SINTERIZAÇÃO PILOTO.

CLIENTE	BEMISA	N - 2
DATA	26/11/2019	Queima - 6
MATERIAL	Sinter Feed Baratinha / Moinha de Carvão	IB=1,40

VALIDADA

Alimentação Total(Kg)	100				
Matérias Primas	M.Total %	M. Parcial %	Peso seco Kg	Umidade %	Peso umido Kg
S / Feed Baratinha	38,10	61,45	38,10	4,41	39,86
FSD	6,20	10,00	6,20	0,00	6,20
Dolomita	1,61	2,60	1,61	4,15	1,68
Calcarão	4,57	7,37	4,57	4,73	4,80
Coque de Petróleo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moinha/Carvão	11,52	18,58	11,52	10,63	12,89
Retorno	38,00	0,00	38,00	0,00	38,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	Média 3,99	103,425
				0,9601	104,152

Umidade Visada (%)	13,50	
Umidade Real (%)	12,77	Então: 0,8650
		Mistura Total Úmida 115,607

Água a ser adicionada	12,182	
	0,200	=>Perda na Betoneira
	12,382	
		Retorno + FSD
		44,200
		>5mm=15% 6,630
		<5mm=85% 37,570
		Água a ser adicionada
	15,81	==>% de água na MT.

IB=1,40 DADOS do PROCESSO		
Altura da camada Total	mm	480
Altura da camada de Bedding	mm	35
Altura da camada de Bedding	Kg	9,000
Altura da Borda	mm	120
Altura da camada de Mistura	mm	325
Volume de Água adicionada	Kg	12,382
% Água M.Total	%	15,81
Tempo de Misturamento	minutos	5,00
Tempo de Micropelotização	minutos	8,00
	TOTAL	13,00
Moinha para Ignição	Kg	0,800
Tempo de Ignição	segundos	1,77
Mistura Úmida Total Carregada (Kg)		114,000
Produtividade	ton./m³/Dia	8,48

QUEIMA N 2 (Moinha de Carvão) = 1b – 1,40

THI METALURGIA		ACOMPANHAMENTO DE TESTE NA SINTERIZAÇÃO PILOTO	
CLIENTE	BEMISA	N - 2	VALIDADA
DATA	26/11/2019	Queima - 7	
MATERIAL	Sinter Feed Baratinha / Moinha de Carvão	IB=1,40	
Alimentação Total(Kg)	100		
	M.Total %	M. Parcial %	Peso seco Kg
Matérias Primas			Umidade %
S / Feed Baratinha	37,68	60,77	37,68
FSD	6,20	10,00	6,20
Dolomita	1,58	2,55	1,58
Calcarão	4,57	7,37	4,57
Coque de Petróleo	0,00	0,00	0,00
Moinha/Carvão	11,97	19,31	11,97
Retorno	38,00	0,00	38,00
0	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00
			Média 3,99
			0,9601
			104,152
Umidade Visada (%)	13,50		
Umidade Real (%)	12,54	Então:	0,8650
			Mistura Total Úmida 115,607
Água a ser adicionada	12,150		
	0,200	=>Perda na Betoneira	
	12,350		
			Retorno + FSD 44,200
			>5mm=15% 6,630
			<5mm=85% 37,570
			Mistura Úmida Total Carregada (Kg) 114,400
	15,81	=>% de água na MT.	
			Produtividade ton./m ² /Dia 7,72

DADOS do PROCESSO

Altura da camada Total	mm	480
Altura da camada de Bedding	mm	40
Altura da camada de Bedding	Kg	10,000
Altura da Borda	mm	120
Altura da camada de Mistura	mm	320

Volume de Água adicionada	Kg	12,35
% Água (M.T)	%	15,81

Tempo de Misturamento	minutos	7,00
Tempo de Micropelotização	minutos	7,00
TOTAL		14,00

Moinha para Ignição	Kg	0,800
Tempo de Ignição	segundos	1,80

QUEIMA N 2 (Moinha de Carvão) = 1b – 1,40



ACOMPANHAMENTO DE TESTE NA SINTERIZAÇÃO PILOTO

CLIENTE BEMISA

N - 2

VALIDADA

DATA 26/11/2019

Queima - 8

MATERIAL Sinter Feed Baratinha / Moinha de Carvão IB=1,40

Alimentação Total(Kg)	100				
	M.Total %	M. Parcial %	Peso seco Kg	Umidade %	Peso umido Kg
Matérias Primas					
S / Feed Baratinha	36,88	60,46	36,88	4,41	38,58
FSD	6,10	10,00	6,10	0,00	6,10
Dolomita	1,56	2,56	1,56	4,15	1,63
Calcario	4,50	7,38	4,50	4,73	4,72
Coque de Petroleo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moinha/Carvão	11,96	19,61	11,96	10,63	13,38
Retorno	39,00	0,00	39,00	0,00	39,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	Média 3,99	103,415

0,9601 104,152

Umidade Visada (%)	13,50		
Umidade Real (%)	13,91	Então:	0,8650
		Mistura Total Úmida	115,607

Água a ser adicionada	12,192	
	0,200	->Perda na Betoneira
	12,392	
		Água a ser adicionada
	15,81	=>% de água na MT.

Retorno + FSD	45,100	>5mm=15%	6,765
		<5mm=85%	38,335

DADOS do PROCESSO

Altura da camada Total	mm	480
Altura da camada de Bedding	mm	40
Altura da camada de Bedding	Kg	10,000
Altura da Borda	mm	120
Altura da camada de Mistura	mm	320
Contração do Bolo	mm	

Volume de Água adicionada	Kg	12,392
% Água M.Total	%	15,81

Tempo de Misturamento	minutos	7,00
Tempo de Micropelotização	minutos	7,00
TOTAL		14,00

Moinha para Ignição	Kg	0,800
Tempo de Ignição	segundos	1,43

Mistura Úmida Total Carregada (Kg)	113,150
------------------------------------	---------

Produtividade	ton./m³/Dia	10,62
---------------	-------------	-------

Parâmetros do Sistema de Exaustão

Abertura do Damper	Veloc. m/Seg	Pressão Dinâmica mmH2O	Flow CFM (M ³ /Minuto)	Flow CFM (M ³ /Hora)
0	15	13	130	7800
25	43	115	380	22800
50	48	140	418	25080
75	48	140	422	25320
100	48	140	410	24600


Materiais/Basicidades Utilizados nas Queimas (Sinterização)

Teste Minério Baratinha	Basicidade 1,4 c / Carvão Vegetal	Basicidade 1,4 c / Coque de Petróleo
--	--	---

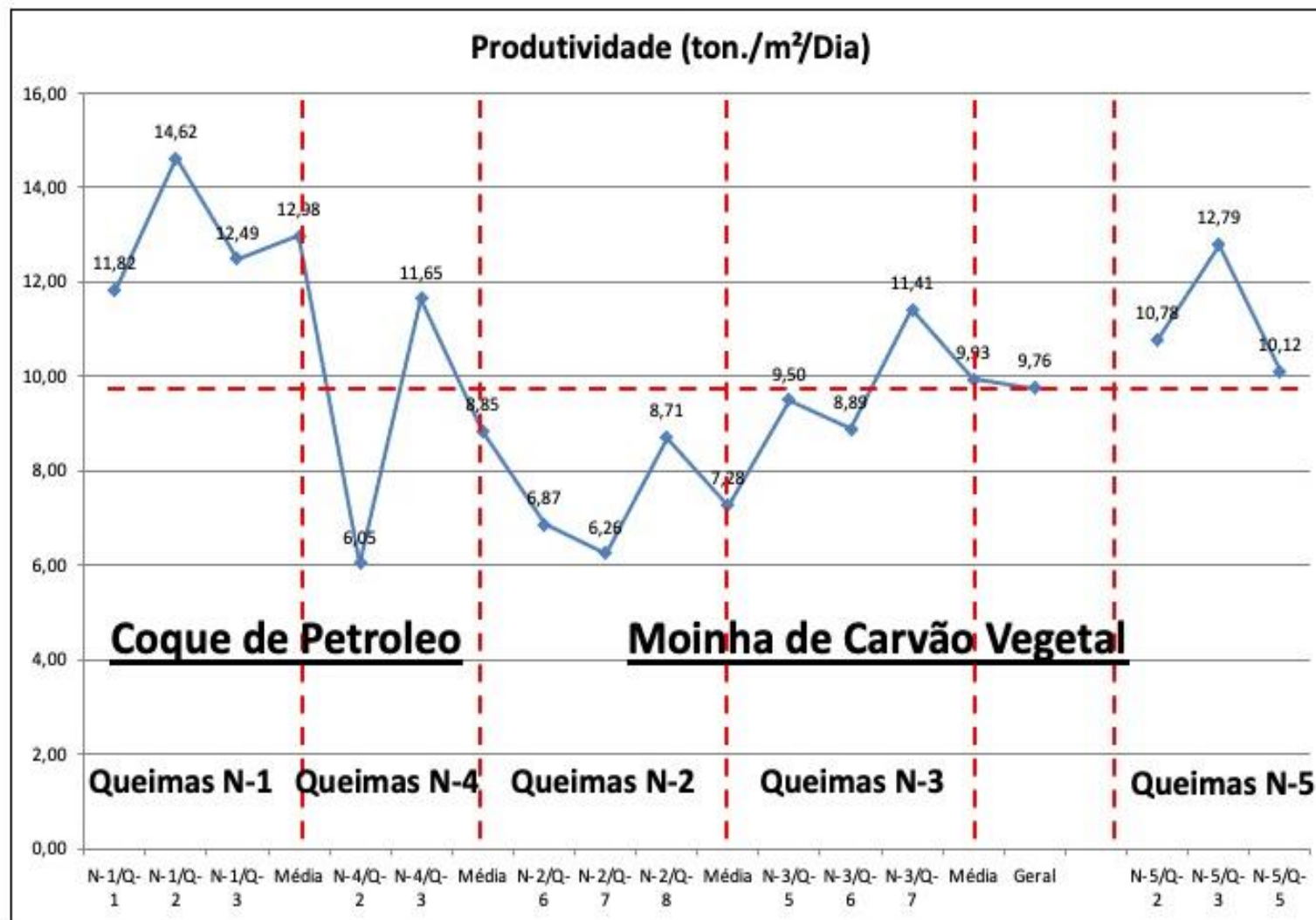
Queimas Realizadas

TOTAL DE QUEIMAS REALIZADAS.				
Nível	Total	Gerar Retorno	Não Validadas	Validadas
N - 1	5	2		3
N - 2	9	1	5	3
N - 3	8	1	4	3
N - 4	4	1	1	2
N - 5	5	1	1	3
	31			

Queimas e Parâmetros de Processo

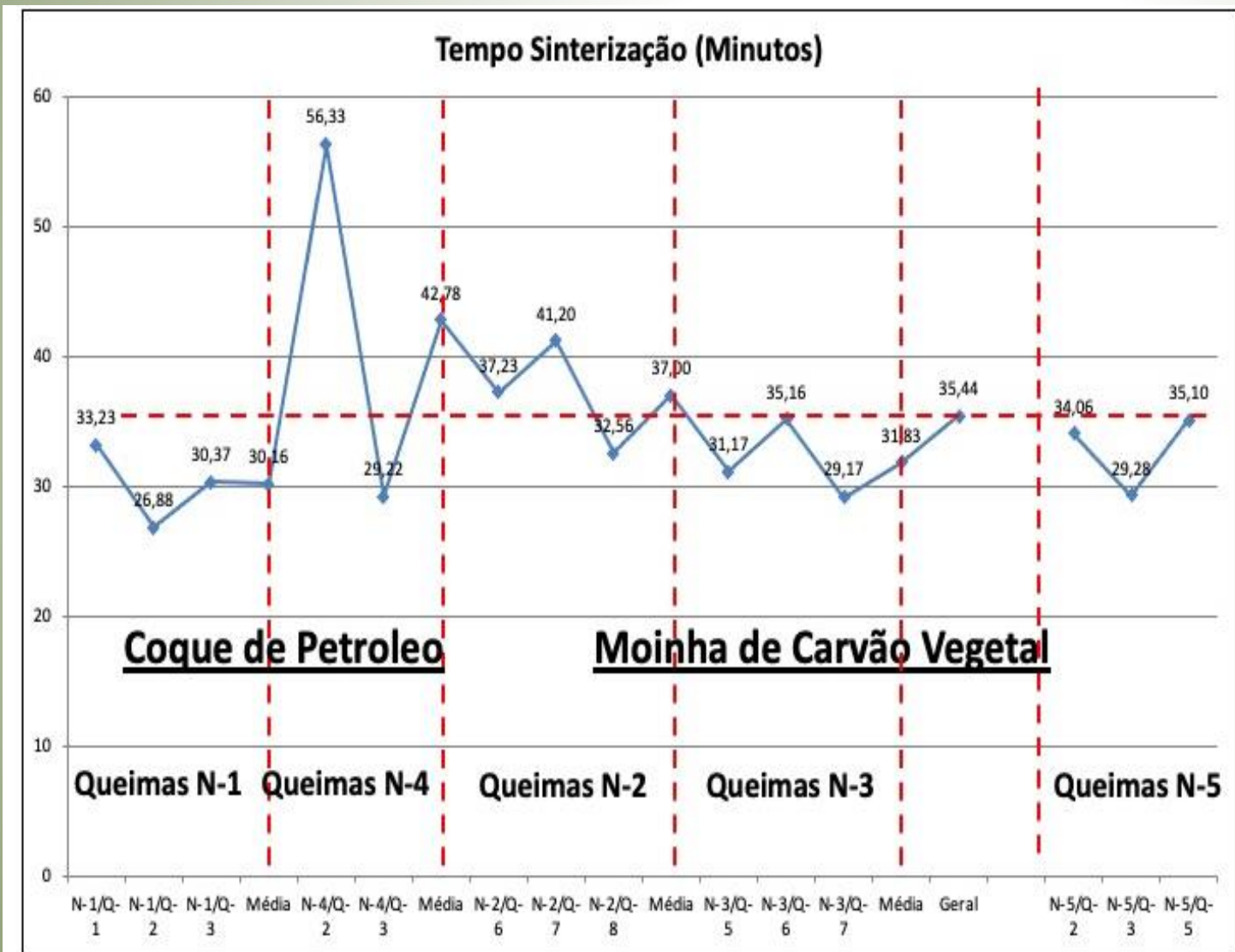
		Coque Petroleo - IB=1,40				Carvão Vegetal - IB=1,40			
		Queimas - N / 1				Queimas - N / 2			
		N-1/Q-1	N-1/Q-2	N-1/Q-3	Média	N-2/Q-6	N-2/Q-7	N-2/Q-8	Média
Sinter Produto	Kg	64,130	64,200	61,970	190,300	41,800	42,160	46,310	130,270
Produtividade	ton./m ² /Dia	11,82	14,62	12,49	12,98	6,87	6,26	8,71	7,28
Mistura Seca Carregada	Kg	101,886	101,434	101,829	305,15	99,442	100,054	97,411	296,91
Rendimento SP/M.Total	%	62,94	63,29	60,86	62,36	42,03	42,14	47,54	43,88
Tempo de Ignição	segundos	1,50	1,73	1,52	1,58	1,77	1,80	1,43	1,67
Tempo Sinterização	Minutos	33,23	26,88	30,37	30,16	37,23	41,20	32,56	37,00
Temperatura-Pico	°C	250	251	288	263	343	316	322	327
Depressão-Pico	mmCa	548	558	547	551	580	620	680	627
Camada de Mistura	mm	215	210	220	215	325	320	320	322
Camada de Bedding	Kg	9	9	9	9	9	9	10	9
Densidade de Carga	ton/m ³	1,19	1,18	1,18	1,18	1,20	1,21	1,21	1,21
Umidade	%	6,97	6,53	6,45	6,65	12,77	12,54	13,91	13,07
Misturamento	minutos	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	7,00	6,33
Micropelotização	minutos	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,00	7,00	7,33
Granulometria	%	Q-1	Q-2	Q-3	Média	Q-6	Q-7	Q-8	Média
>50 mm		20,50	4,41	12,54	12,48	6,08	7,94	8,16	7,39
>25 mm		22,88	29,43	20,77	24,36	10,51	12,02	10,26	10,93
>12 mm		23,96	29,22	30,62	27,93	18,77	20,96	21,25	20,33
>5 mm		12,01	15,07	13,58	13,55	25,71	20,12	25,43	23,75
<5 mm		20,65	21,87	22,49	21,67	38,93	38,96	34,90	37,60

Produtividade (ton./m³/Dia)



A partir das queimas realizadas na planta piloto, observar-se que a produtividade obtida com coque de petróleo utilizado como combustível em N#1 foi maior que em N#2 que utilizou moinha de carvão vegetal

Tempo Sinterização (Minutos)

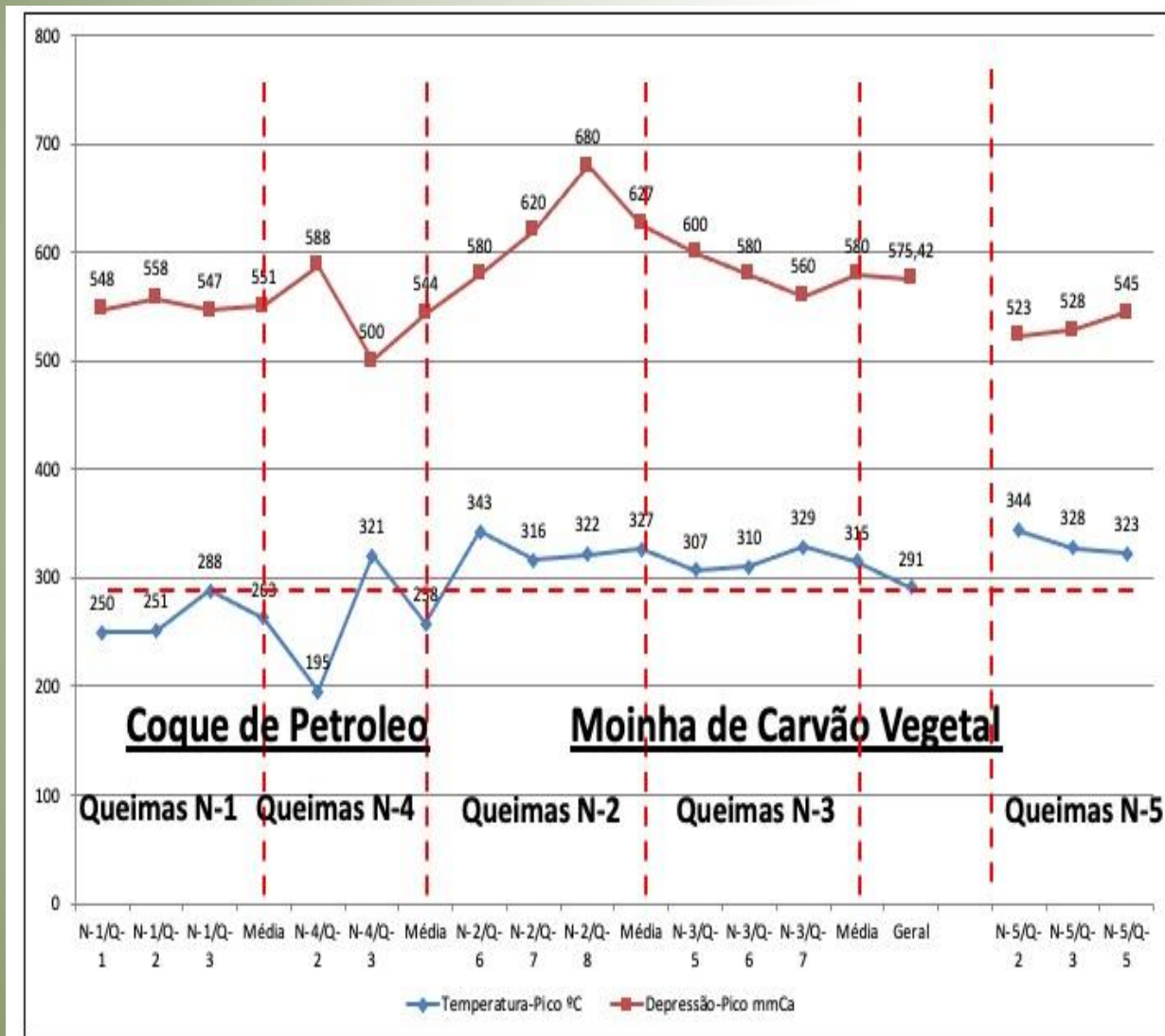


Note-se que o tempo médio de sinterização em N#1 mostra-se inferior ao tempo de sinterização em N#2. A morfologia do coque de petróleo e a homogeneidade de distribuição granulométrica garante uma queima de melhor qualidade e com resultados para o sinter mais bem distribuído.

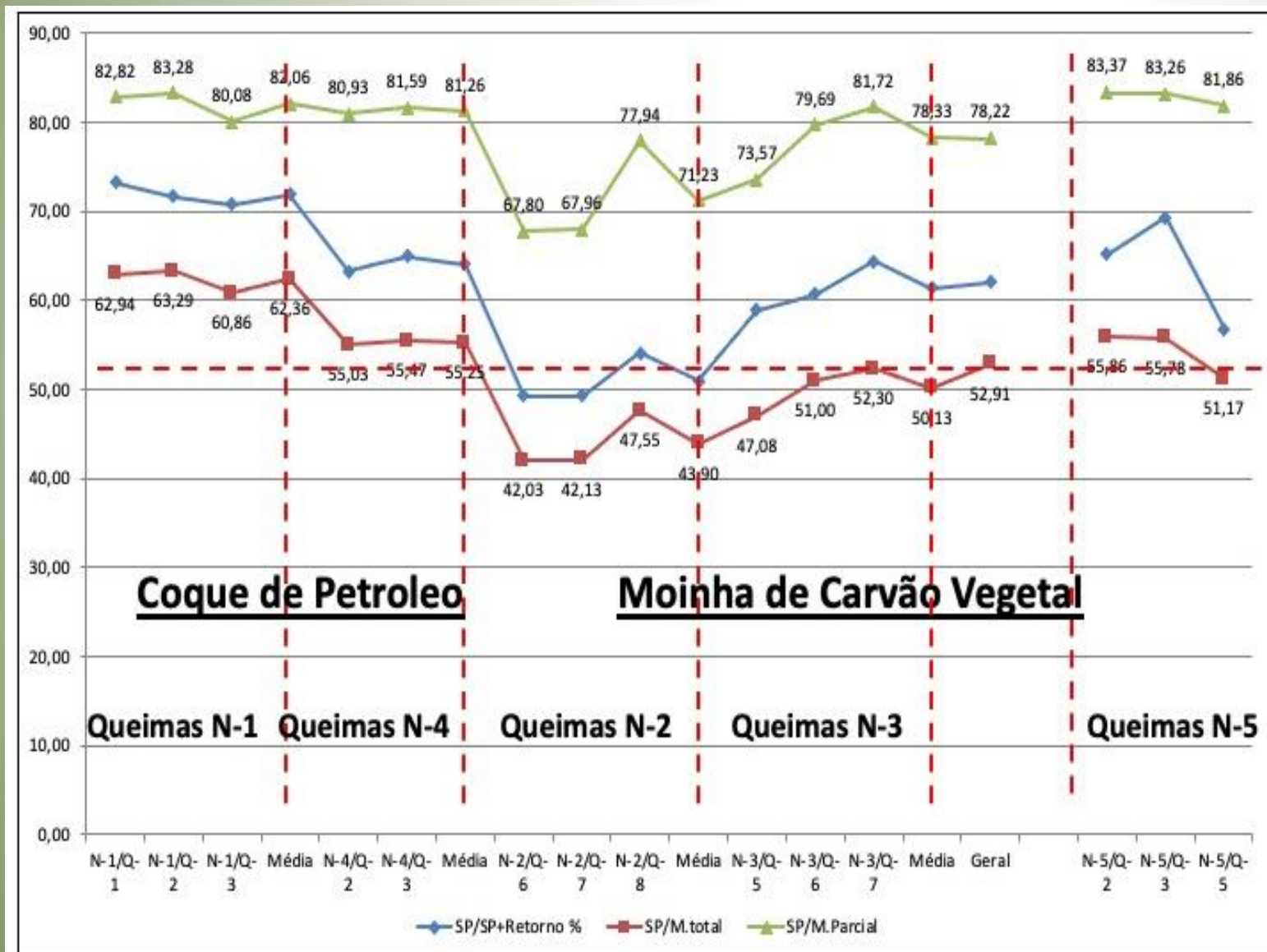
Temperatura / Depressão

A faixa de depressão obtida nas várias queimas realizadas se mostra muito estável indicando uma permeabilidade média de carga previsível e relativamente homogênea para todas as queimas realizadas, considerando a basicidade da mistura 1,4.

Com relação a temperatura não ficou evidente uma discrepância relevante entre as queimas, mesmo considerando queimas realizadas em condições em que os parâmetros de processo ainda estavam sem calibragem precisa. Dessa forma, a utilização dos dois tipos de combustíveis não ocasionou distúrbios relevantes na queima, visto que as quantidades de combustível foram equilibradas de forma a garantir uma quantidade de carbono fixo com patamares relativos para os dois casos.

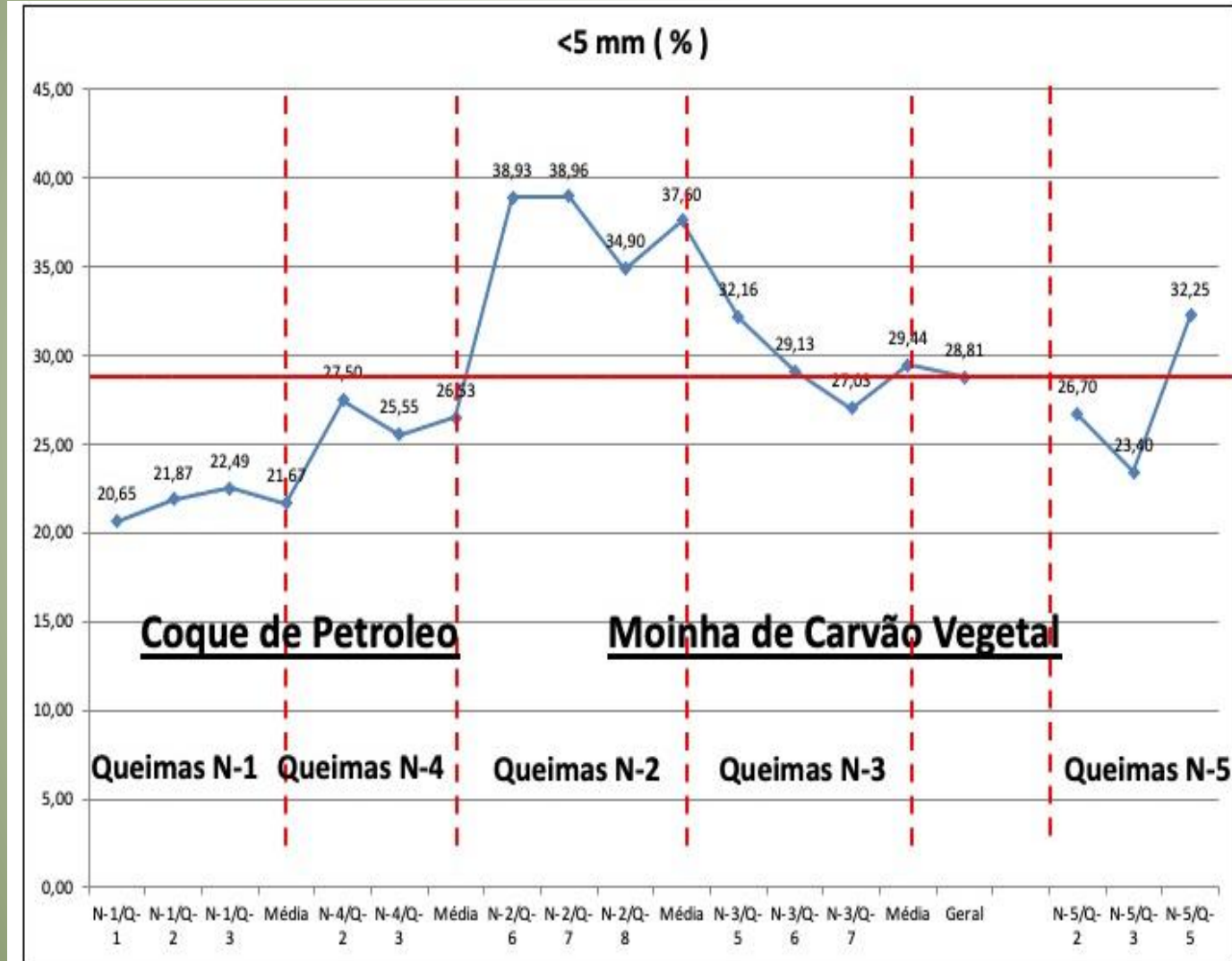


Rendimentos (%)



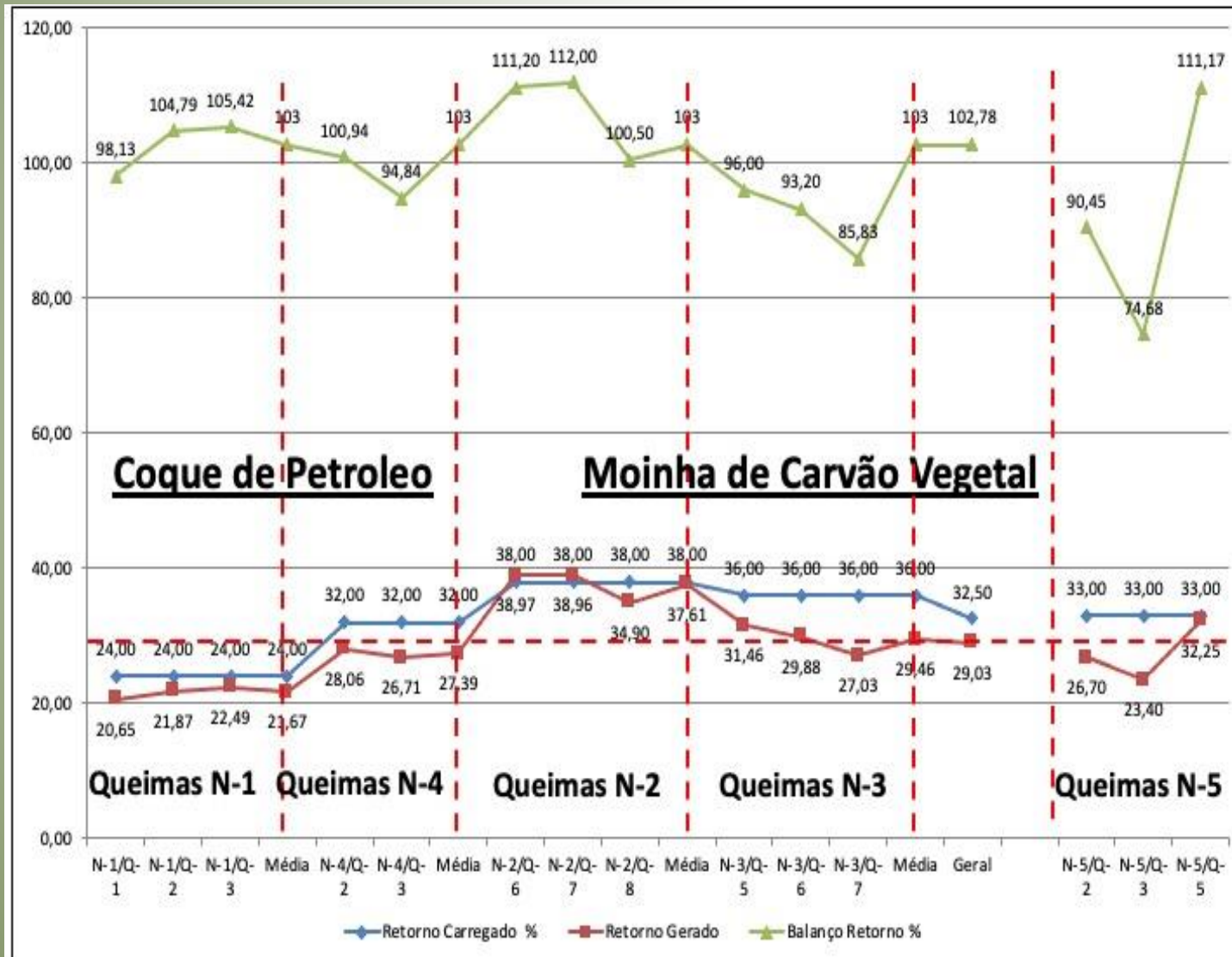
O rendimento utilizando-se coque de petróleo segue a tendência de garantir melhor homogeneidade de queima e melhor distribuição na carga, proporcionando um produto com melhor rendimento de massa e portanto uma produtividade melhor.

<5 mm (%)



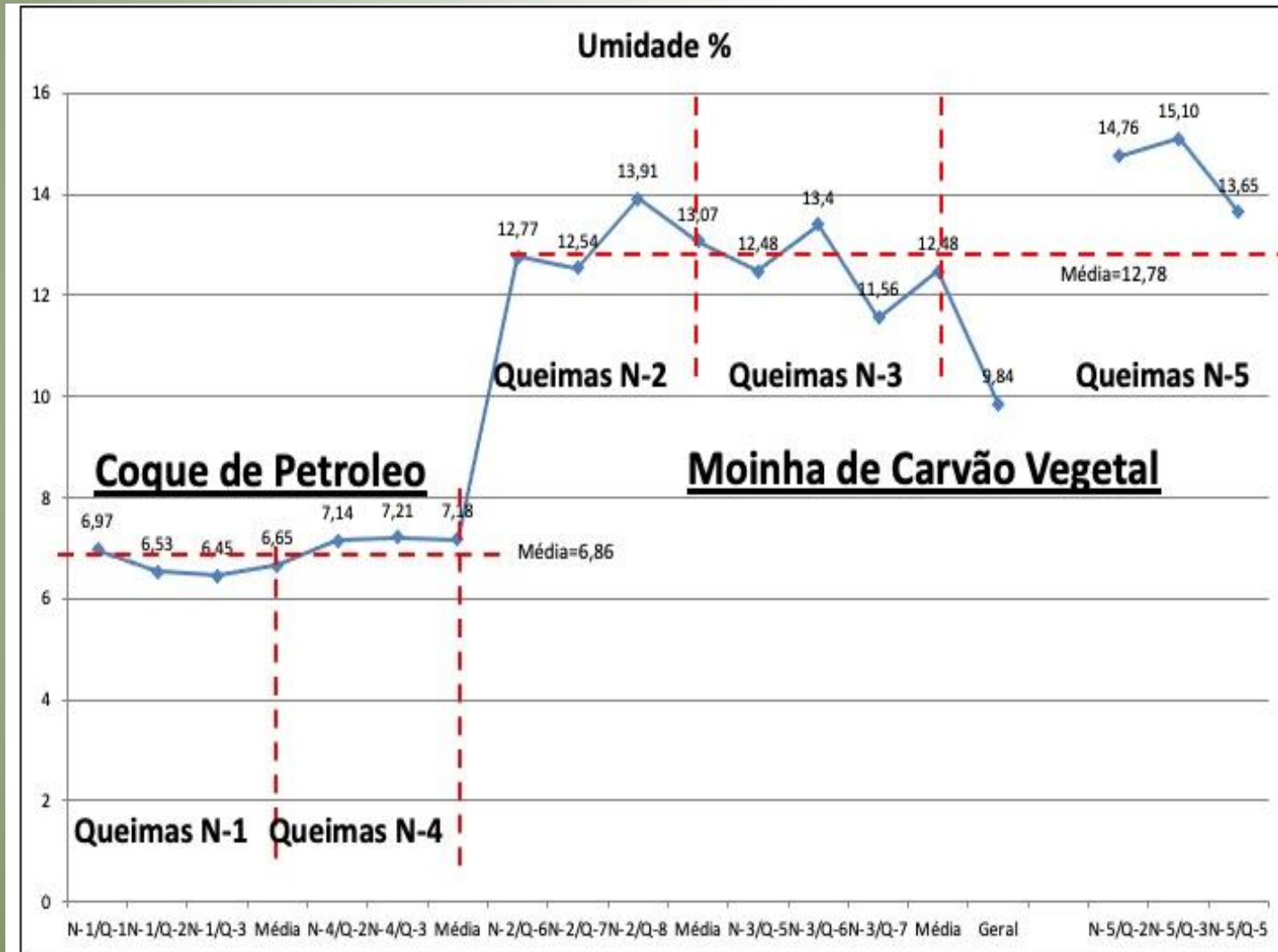
Este gráfico apresenta o percentual de finos gerados abaixo de 5mm e corrobora os resultados do gráfico anterior, reforçando a tendência de melhor rendimento com utilização de coque de petróleo versus moinha de carvão vegetal.

Retorno Carregado/Retorno Gerado/Balanço (%)



Em geral, o balanço relativo à utilização de finos de retorno gerados no processo, na carga, apresenta razoável estabilidade, mesmo considerando ajustes de parâmetros e experimentações realizadas a cada queima, desta forma com relação a esse quesito a utilização de coque de petróleo ou moinha de carvão vegetal não apresentou vantagens comparativas.

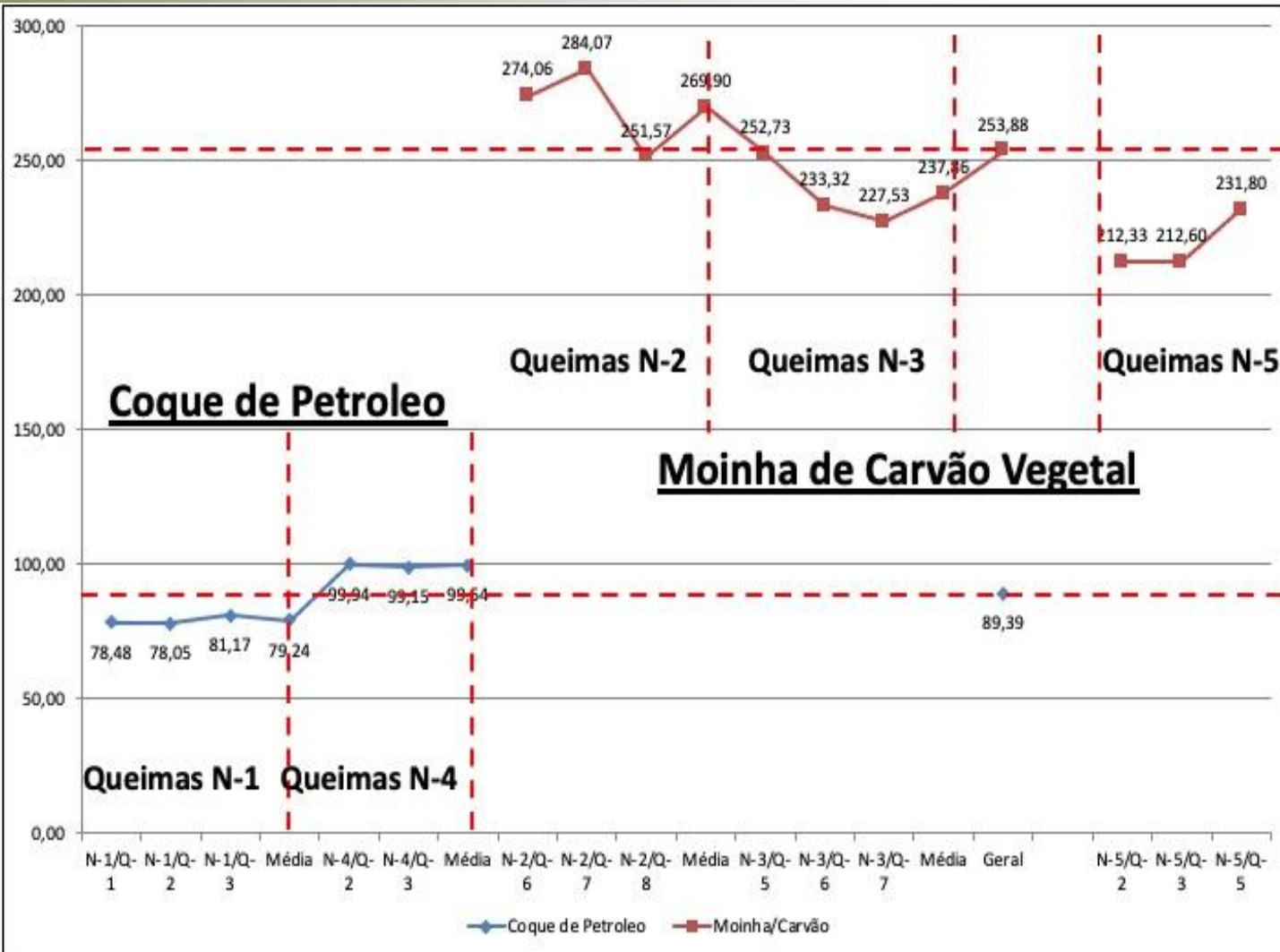
Umidade



Outra vantagem do coque de petróleo sobre a moinha de carvão vegetal se baseia na menor taxa de umidade que o combustível agrega a mistura ou seja, uma tendência ao consumo de menor quantidade de carbono fixo para atingir as temperaturas necessárias ao processo.

Tendência do Consumo de Coque de Petróleo com Relação a Moinha de Carvão Vegetal

Este gráfico apresenta uma tendência esperada de menor consumo de coque de petróleo com relação a moinha de carvão vegetal, visto que, poder calorífico do coque de petróleo é superior ao da moinha de carvão vegetal, isto decorrente do maior carbono fixo do coque de petróleo. Outras vantagens decorre da homogeneidade, granulometria do coque e sua morfologia mais adequada, favorecem também um melhor rendimento na queima bem como a utilização de menor quantidade de coque na mistura.



Teste de Queda

Coque Petroleo - IB=1,40		Carvão Vegetal - IB=1,40	
Queimas - N / 1	66,33	Queimas - N / 2	54,88

Os testes realizados no dispositivo de shatter test para avaliação da resistência mecânica do sinter indicaram para a basicidade 1,4 uma performance superior do sinter que utilizou como combustível o coque de petróleo conforme quadro

Produto Final

Sínter obtido utilizando o Coque de Petróleo



Sínter obtido utilizando a Moinha de Carvão



Conclusões

Considerando as queimas realizadas na planta piloto, e frente aos resultados obtidos e registrados nas planilhas específicas em anexo, pode-se concluir que a produtividade assinalada com coque de petróleo quando utilizado como combustível em N#1 foi maior que em N#2 que utilizou moinha de carvão vegetal.

Cabe observar que em função da utilização de um combustível mais efetivo em termos da quantidade de carbono fixo e homogeneidade de morfologia, apresenta-se a tendência de registro na produtividade coerente com a melhor qualidade do combustível.



Conclusões

Com relação aos tempos de sinterização obtidos, os resultados apontados nas planilhas e condensados nos gráficos apresentam uma estreita relação entre a qualidade do combustível e o tempo de sinterização, visto que, o tempo médio de sinterização em N#1 mostra-se inferior ao tempo de sinterização em N#2. Cabe ressaltar que a morfologia do coque de petróleo e a homogeneidade de distribuição granulométrica garante uma queima de melhor qualidade e com resultados para o sinter mais bem distribuídos. Como uma forma de comparação, a dispersão na granulometria da moinha de carvão vegetal e sua forma lamelar impõe uma distribuição de calor na mistura irregular.

Conclusões

A faixa de depressão obtida nas várias queimas realizadas com coque de petróleo se mostra muito estável indicando uma permeabilidade média de carga, previsível e relativamente homogênea. Com relação as queimas com moinha de carvão vegetal, os indicadores apontam para heterogeneidade de permeabilidade. Para todas as queimas realizadas, considerando a basicidade da mistura de 1,4, obteve-se faixas de depressão com no máximo de 150 mmca de diferença em N#2, para N#1 esta variação teve caráter marginal e não relevante.

Conclusões

Com relação a temperatura não ficou evidente uma discrepância relevante entre as queimas, mesmo considerando queimas realizadas em condições em que os parâmetros de processo ainda estavam sem calibragem precisa. Dessa forma, a utilização dos dois tipos de combustíveis não ocasionou distúrbios relevantes na queima, visto que as quantidades de combustível foram equilibradas de forma a garantir uma quantidade de carbono fixo com patamares relativos para os dois casos.

Conclusões

O rendimento utilizando-se coque de petróleo segue a tendência de garantir melhor homogeneidade de queima e melhor distribuição na carga, proporcionando um produto com melhor rendimento de massa e, portanto, uma produtividade melhor.

O percentual de finos gerados abaixo de 5mm, corrobora os resultados apresentados para o rendimento, reforçando a tendência de melhor geração de produto bitolado com utilização de coque de petróleo versus moinha de carvão vegetal.

Conclusões

Considerando a tendência geral, o balanço relativo à utilização de finos de retorno gerados no processo, na carga, apresenta razoável estabilidade, mesmo considerando ajustes de parâmetros e experimentações realizadas a cada queima, desta forma com relação a esse quesito a utilização de coque de petróleo ou moinha de carvão vegetal não apresentou vantagens comparativas.

Uma outra vantagem na utilização do coque de petróleo sobre a moinha de carvão vegetal se baseia na menor quantidade de umidade que este combustível agrega a mistura a ser sinterizada, ou seja, nesse quesito se apresenta uma tendência ao consumo de menor quantidade de carbono fixo para garantir o atingimento das temperaturas necessárias ao processo.

Conclusões

O levantamento do consumo mássico de combustível em cada mistura apresenta uma tendência esperada de menor consumo de coque de petróleo com relação a moinha de carvão vegetal, visto que, o poder calorífico do coque de petróleo é superior ao da moinha de carvão vegetal, isto decorrente do maior carbono fixo do coque de petróleo. Outras vantagens decorrentes da homogeneidade da granulometria do coque e sua morfologia mais adequada, favorecem também um melhor rendimento na queima bem como a utilização de menor quantidade de coque na mistura.

Conclusões

Os testes realizados para cada queima no dispositivo de shatter test (teste de queda) para avaliação da resistência mecânica do sínter indicaram para a basicidade 1,4 uma performance superior do sínter que utilizou como combustível o coque de petróleo. Note-se que este resultado está fortemente influenciado pela melhor ligação do particulado nos agregados que foram produzidos com coque de petróleo. A maior resistência mecânica, mesmo considerando uma sinterabilidade precária para o fino de base magnética, se mostrou favorecida pela utilização de coque de petróleo que apresentou melhor resistência mecânica