

RELATÓRIO DE ENSAIO

227.762 / 2011



AMOSTRAGEM DE CHAMINÉS

ISATEC

EMPRESA: CIA. GERAÇÃO TÉRMICA DE ENERGIA ELÉTRICA – CGTEE
Candiota – RS

PROCESSO: Caldeira IV.

DATA: 14 de Outubro de 2011.

Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

AMOSTRAGEM E DETERMINAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO, NO_x, SO₂, NÉVOAS DE SO₃ E H₂SO₄



**EMPRESA: CGTEE – COMPANHIA DE GERAÇÃO TÉRMICA
DE ENERGIA ELÉTRICA**

Usina Presidente Medici
Candiota – RS

LOCAL: Caldeira IV.

DATA: 14 de Outubro de 2011.

- 1/ 10 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

1. OBJETIVO

Realizar Amostragens no efluente gasoso proveniente da queima de carvão da Caldeira IV para determinar a Concentração e Taxa de Emissão de Material Particulado, NO_x, SO₂, névoas de SO₃ e H₂SO₄.

2. METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE

As coletas de amostras e determinações foram executadas conforme normas da EPA (Environmental Protection Agency - USA), da CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo) e da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Os métodos observados foram os seguintes:

- Determinação de pontos de Amostragem em DCFE (Duto ou Chaminé de Fonte Estacionária)
CETESB – L9.221 – Jul/90 # EPA - Method 1 – Fev/2000 # NBR 10701 – Jul/89
- Determinação da velocidade e da vazão dos gases em DCFE
CETESB – L9.222 – Mai/92 # EPA – Method 2 – Fev/2000 # NBR 11966 – Jul/89
- Determinação da massa molecular seca do fluxo de gases em DCFE
CETESB – L9.223 – Jun/92 # EPA – Method 3 – Ago/03# NBR 10702 – Jul/89
- Determinação da umidade dos efluentes em DCFE
CETESB – L9.224 – Ago/30 # EPA – Method 4 – Fev/2000 # NBR 11967 – Jul/89
- Determinação de material particulado em DCFE
CETESB – L9.217 – Nov/89 # EPA – Method 17 – Fev/2000 # NBR 12827 – Set/93
- Determinação de SO₂ e névoas de SO₃ e H₂SO₄ em DCFE
CETESB – L9.228 – Jun / 92 # EPA – Method 8– Fev/2000 # NBR 12021 – Dez / 90
- Determinação de NO_x em DCFE
CETESB – L9.229 – Out/92 # EPA – Method 7– Fev/2000

3. EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM:

- Coletor isocinético de Poluentes Atmosféricos – CIPA – Energética
- Analisador de Combustão e Monitor Ambiental de Emissões – Tempest 50

Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

4. DADOS DA CHAMINÉ/DUTO:

- | | |
|--|---------------|
| ➤ Formato da chaminé/duto: | Circular |
| ➤ Diâmetro da Chaminé: | 4,77 m |
| ➤ Distância após o ponto de amostragem até o acidente mais próximo | > 2 Diâmetros |
| ➤ Distância antes do ponto de amostragem até o acidente mais próximo | > 8 Diâmetros |
| ➤ Número de pontos da seção transversal: | 06 pontos |

5. CONDIÇÕES OPERACIONAIS E DE COLETA

- Durante o período das medições, a Unidade funcionou, segundo informações da Empresa, nas condições usuais de trabalho.
- As coletas e medições foram realizadas utilizando-se um equipamento completo para amostragens de gases e particulados.
- As análises químicas foram realizadas nos laboratórios da ISATEC – Rio Grande/RS.
- Os trabalhos de coleta e medição foram realizados pelos técnicos da ISATEC na presença de representantes da CGTEE.
- A preparação dos filtros e frascos lavadores, bem como a recuperação das amostras foram realizados nas dependências da CGTEE.
- Os resultados desta amostragem são válidos para o dia e condições operacionais praticados nesta ocasião.

Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO E SO_x

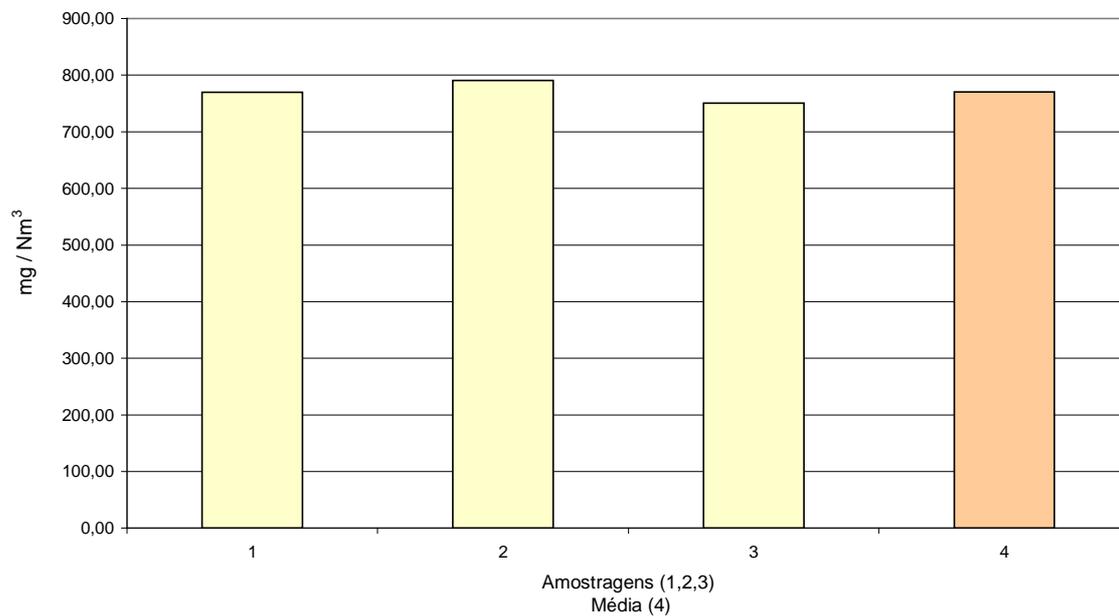
		AMOSTRAS			
		1	2	3	Média
Dia da Amostragem	d:m:a	14/10/11	14/10/11	14/10/11	-
Hora início da amostragem	h:min	09:25	11:05	12:30	-
Hora de término da amostragem	h:min	10:29	12:09	13:36	-
Tempo de amostragem	min	60	60	60	-
Temperatura da chaminé	°C	155,8	156,1	156,4	156,1
Pressão na chaminé	"Hg	29,22	29,22	29,22	29,22
Pressão no medidor de gas	"Hg	29,46	29,46	29,46	29,46
Volume água nas condições de chaminé	ft ³	4,32	4,66	4,43	4,47
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	62,56	62,39	61,99	62,31
Proporção vol. vapor d'água nos gases chaminé		0,065	0,069	0,067	0,067
Peso molecular base úmida		28,885	28,976	28,988	28,950
Velocidade na chaminé	ft / min	4519,76	4539,19	4583,11	4547,35
Velocidade na chaminé	m / s	22,96	23,06	23,28	23,10
Área da Boquilha	ft ²	0,00026	0,00026	0,00026	0,00026
Isocinetismo	%	96,43	96,27	94,44	95,71
Área da Chaminé	m ²	17,8701	17,8701	17,8701	17,8701
Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ / h	1477098,65	1483447,82	1497799,93	1486115,47
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ / h	859462,35	857874,86	868133,61	861823,61
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	1,1021	1,0982	1,0902	1,0968
Concentração de Material Particulado no efluente	mg / Nm ³	770,16	790,49	750,86	770,50
Taxa de emissão de Material Particulado	kg / h	661,927	678,144	651,844	663,972
Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	mg / Nm ³	78,05	73,71	29,43	60,395
Taxa de emissão de H ₂ SO ₄	kg / h	67,078	63,233	25,549	51,953
Concentração de SO ₂ no efluente	mg / Nm ³	1682,85	1824,71	1833,95	1780,50
Taxa de emissão de SO ₂	kg / h	1446,344	1565,371	1592,112	1534,609

- 4 / 10 -

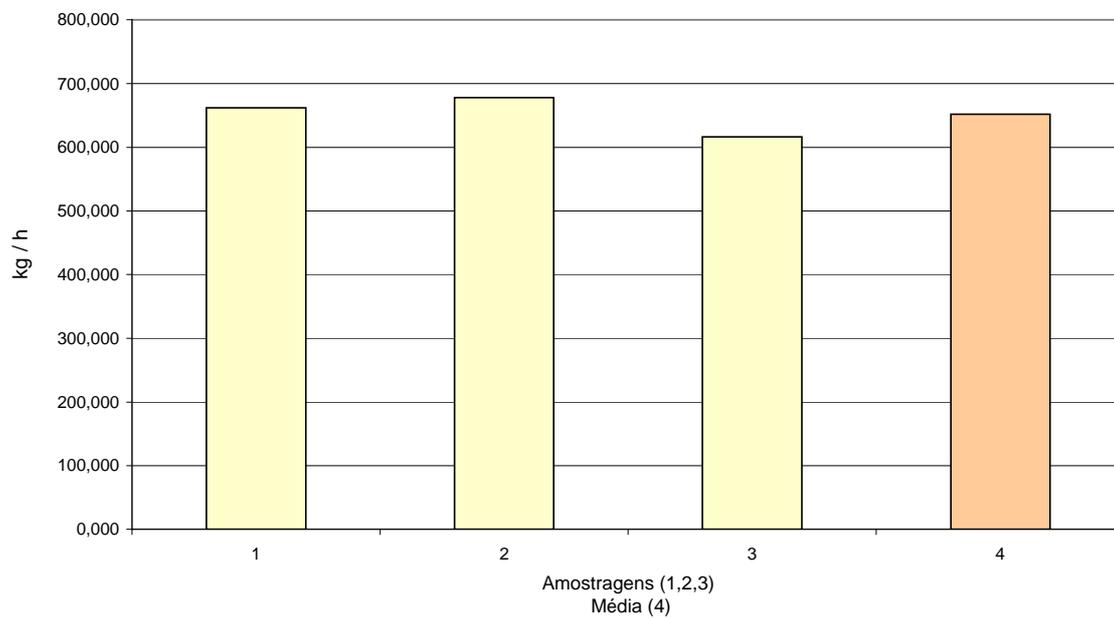
OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

Concentração de MP no efluente

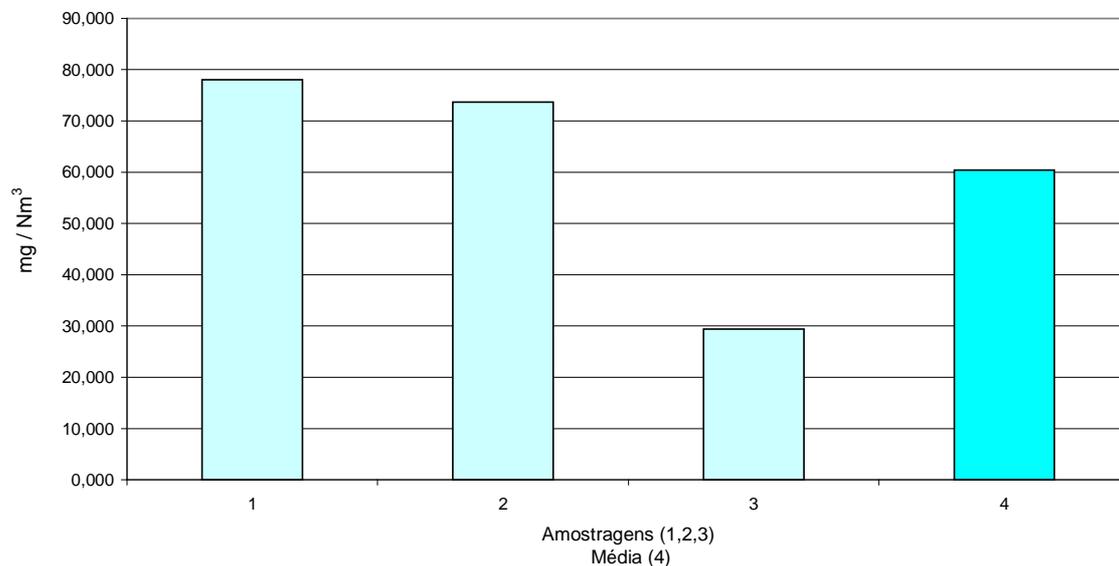


Taxa de emissão de MP

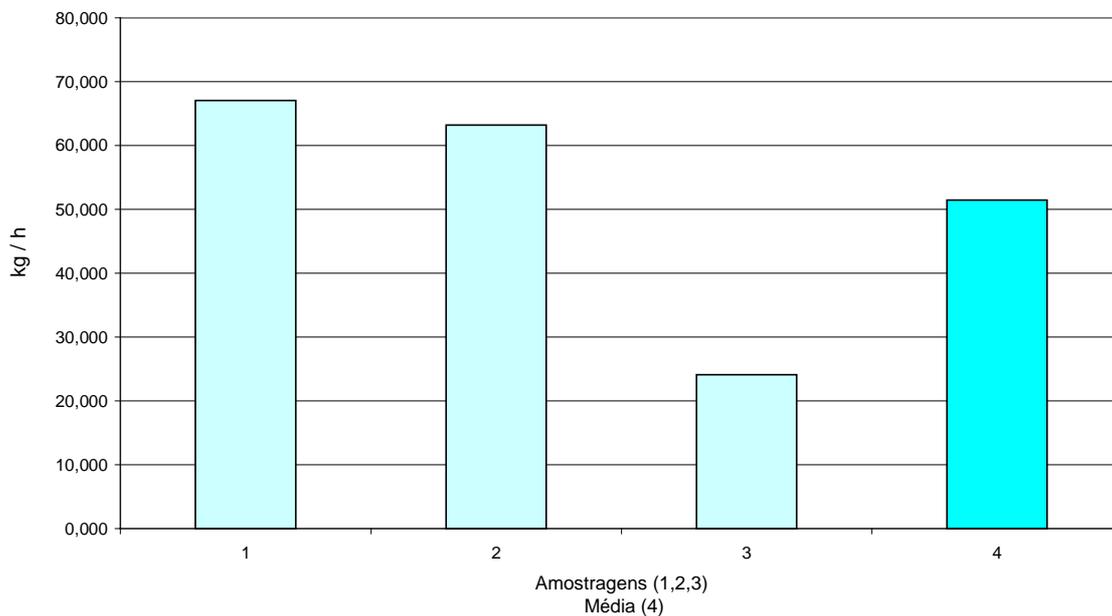


Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

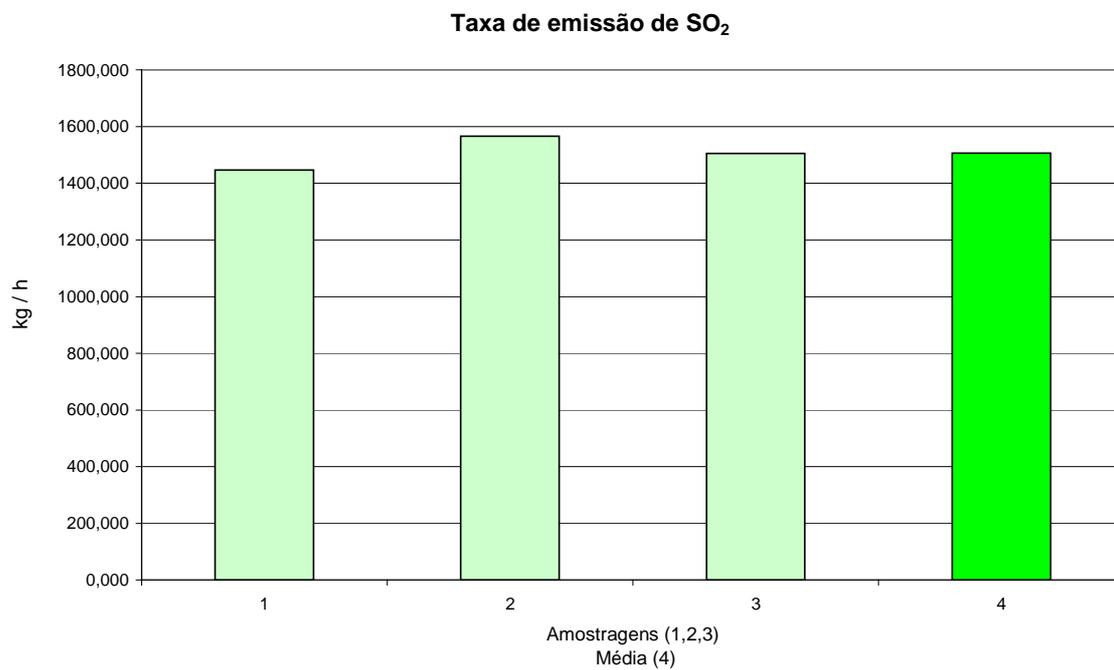
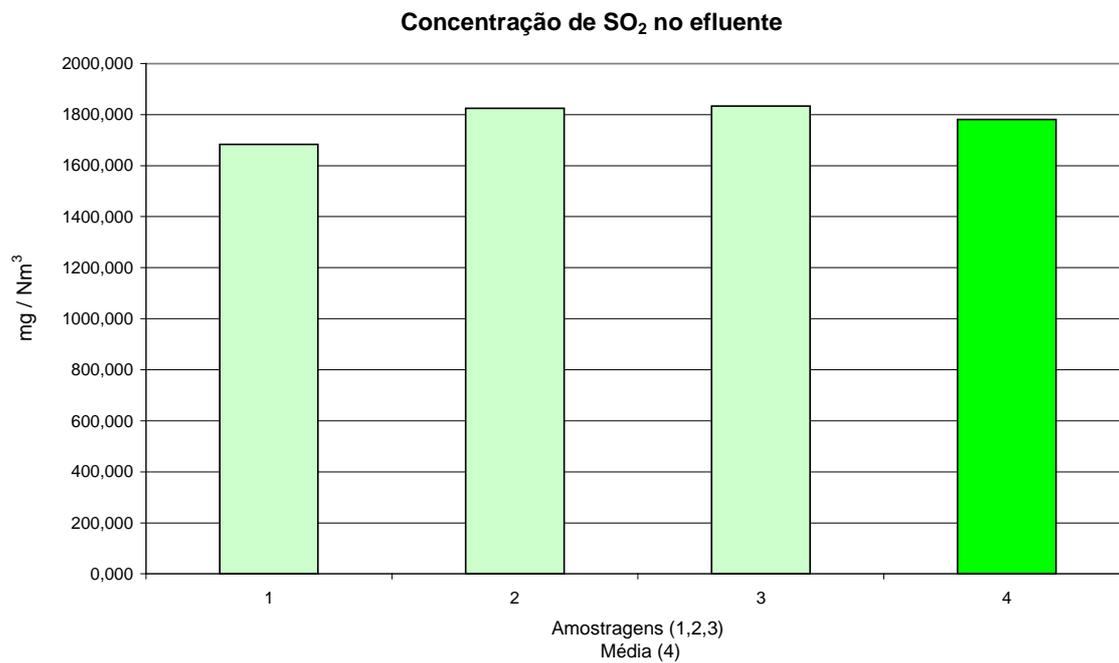
Concentração de H₂SO₄ no efluente



Taxa de emissão de H₂SO₄



Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

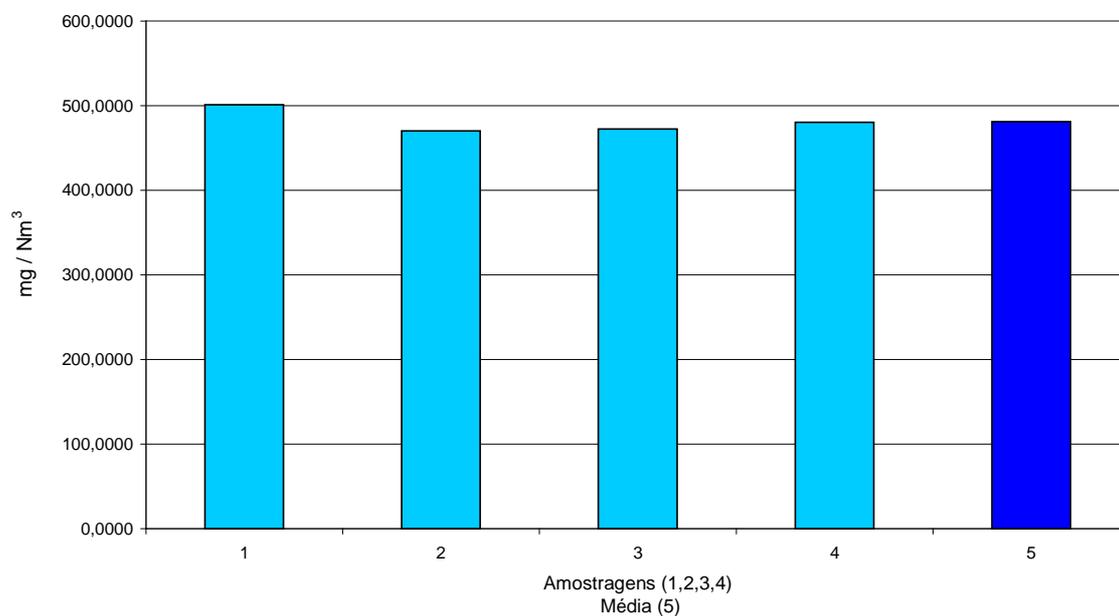


Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

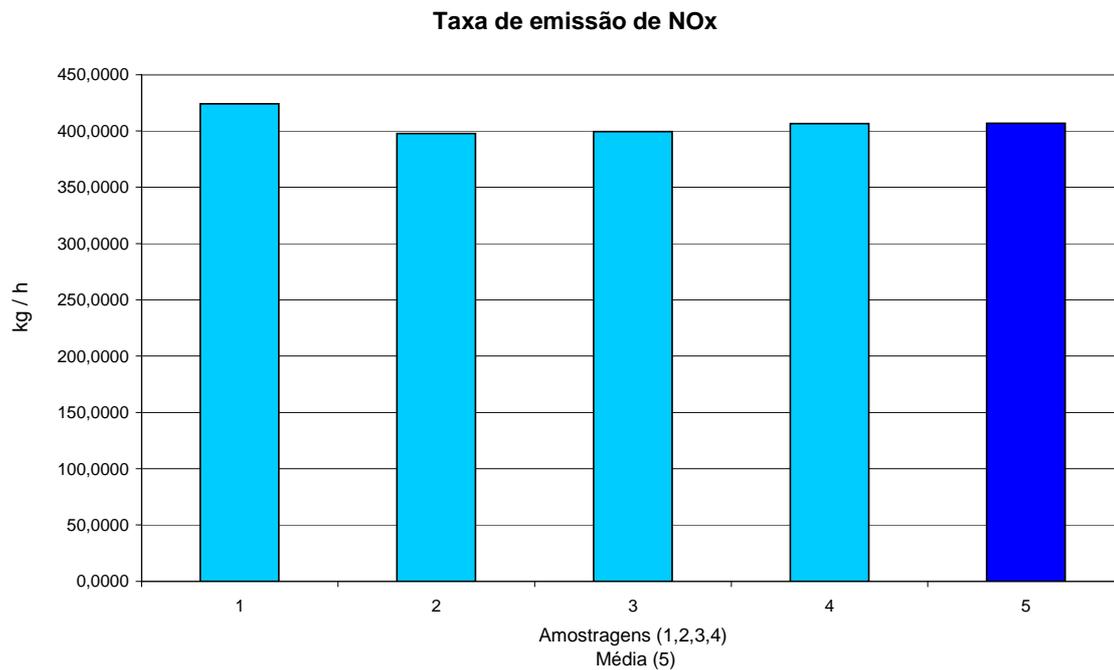
6.2. RESULTADOS DE NO_x

		Amostras				
		1	2	3	4	Média
Vazão média do efluente	Nm ³ / h	861823,6				
Concentração de NO _x no efluente	mg / Nm ³	501,0714	470,2679	472,3214	480,5357	481,0491
Taxa de emissão de NO _x	kg / h	431,8352	405,2880	407,0577	414,1370	414,5795

Concentração de NO_x no efluente



Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011



ANEXOS

Em anexo se encontram as seguintes folhas:

- Planilhas de Preparação e Retomada do Material de Coleta
- Folhas de Amostragem de Campo
- Planilhas de Cálculo das amostragens de chaminé
- AFT –Anotação de função técnica do responsável.

Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

Rio Grande, 24 de Outubro de 2011.

RODRIGO R. DAVESAC D.Sc
CRQ nº 05301819
Gerente

- 10 / 10 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

Relatório de Ensaio N.º 227.762 / 2011

ANEXOS

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉIS DE FONTES ESTACIONÁRIAS

PLANILHA 1 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO - AMOSTRAGEM 1

EMPRESA			LOCAL			DATA		NUMERO		
CGTEE			Caldeira IV			14/10/11		1		
Amostragem de			Duto		Pressão Barométrica		Duração da amostragem			
MP	SOx		4,77	m	29,31	pol Hg		60 minutos		
Amostrador			K		Boquilha		FCM	Cp	Início	
Renan Morais			1,75		5,5 mm		1	0,862	Fim	
PONTO		Tempo	Distância do ponto	ΔP	Pressão Estática	ΔH	Temperatura Medidor		Temperatura Chaminé	Medidor Gases
		min	cm	mm H2O	mm H2O	mm H2O	Entrada	Saída	°C	litros
1	5	21,0	22,00	-	38,50	17	15	153	41131,400	
2	5	69,6	28,00	-30,00	49,00	19	16	156	-	
3	5	141,2	30,00	-	52,50	20	17	158	-	
4	5	335,8	36,00	-32,00	63,00	21	17	158	-	
5	5	407,4	32,00	-	56,00	22	18	155	-	
6	5	456,0	28,00	-30,00	49,00	22	18	154	41741,600	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	5	21,0	22,00	-	38,50	23	19	154	41741,600	
2	5	69,6	28,00	-30,00	49,00	23	19	155	-	
3	5	141,2	30,00	-	52,50	24	20	157	-	
4	5	335,8	36,00	-32,00	63,00	24	20	158	-	
5	5	407,4	30,00	-	52,50	24	20	156	-	
6	5	456,0	28,00	-30,00	49,00	25	21	155	42333,400	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉDIA	60	-	29,167	-30,667	51,042	22,0	18,3	155,8	1202,000	

Monitoramentos

Monitoramentos				Identificação dos equipamentos			
Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	-	Barômetro	EA 065
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	-	Cronômetro	EA 145
Temperatura borbulhadores(°C)	10	11	11	11	11	Sonda Rígida	EA 026
						Coluna U	EA 140
						Termopar Chaminé	EA 096
						Aparelho	EA 071
						Pitot	P 09
						Boquilha	5,5

Teste de Vazamento do trem

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Teste de Vazamento do Pitot

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Verificação da temperatura antes da amostragem *

Temperatura Ambiente	16	°C	Temperatura no Gasometro entrada	16	°C
			Temperatura no Gasometro saída	15	°C

* Diferença entre a temperatura ambiente e temperatura no gasômetro seco entrada: Máximo 6°C

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan01

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRI **ISATEC**

PLANILHA 2 - PLANILHA DE PREPARAÇÃO E RETOMADA DE AMOSTRAS COMPOSIÇÃO DE GASES E RESULTADOS DE LABORATÓRIO - AMOSTRAGEM 1

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira IV	DATA 14/10/11	NÚMERO 1
-------------------------	-----------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Renato Soares**

Identificação da Balança	EA 016	Peso Padrão	500 g
Identificação do Peso Padrão	EA 067	Valor indicado na balança	499,9g < 500,05 < 500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Renato Soares**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	710,48	743,21	32,73
2	200	H2O2 5%	697,63	711,99	14,36
3	200	H2O2 5%	715,29	724,67	9,38
4	-	Sílica	734,97	739,56	4,59
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2858,37	2919,43	61,06

Composição do Gases

Responsável **Renato Soares**

Identificação do analisador de gases	EA 018
--------------------------------------	--------

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1°	2°	3°	MÉDIA		
O ₂	12,1	12,1	12,1	12,1	32	3,9
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	7,2	7,2	7,2	7,2	44	3,2
N ₂	80,7	80,7	80,7	80,7	28	22,6
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,64

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,0257	g	de	MP	Certificado nº	227.762 / 227.782
86,02	mg	de	H2SO4	Certificado nº	227.765 / 227.780
1854,67	mg	de	SO2	Certificado nº	227.768 / 227.781

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Renan Moraes**

Elemento Filtrante	N°	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	40	62,3011	63,1242	0,8231
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,8231

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan02

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PLANILHA 3 - PLANILHA DE CÁLCULO DE AMOSTRAGEM - AMOSTRAGEM 1

ISATEC

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira IV	DATA 14/10/11	NÚMERO 1
-------------------------	-----------------------------	-------------------------	--------------------

(g) MH ₂ O = 61,060	(R) Tc = 772,35	("Hg)Patm= 29,310	("H ₂ O)Pest= -1,207	(mm) Øb = 5,50
(R) Tm = 528,30	("H ₂ O)ΔH= 2,010	(ft ³) Vm = 42,448	Cp = 0,862	(m) ØC = 4,77
FCM = 1,00	Pms = 29,636	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 1,069	(min) @ = 60	
(mg)MP = 848,800	(mg)H ₂ SO ₄ = 86,015	(mg)SO ₂ = 1854,670		

Pc = Pressão na chaminé	29,221	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,458	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	4,315	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	62,559	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,065		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu = Peso molecular base úmida	28,885		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	4519,763	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	22,960	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab = Área da Boquilha	0,000256	ft ²	Ab = (Øb / 25,4) ² / 183,35
I = Isocinetismo 90 < I < 110	96,43	%	I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100
Ac = Área da Chaminé	17,8701	m ²	Ac = Øc ² * 0,7854
Vaacc = Vazão do efluente nas condições da chaminé	1477098,651	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca	859462,348	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva)] * 16,44 / Tc
Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,102	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP= Concentração de Material Particulado no efluente	770,16	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	661,927	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	78,05	mg / Nm ³	C H ₂ SO ₄ = H ₂ SO ₄ / Vmcnbs
Te H ₂ SO ₄ = Taxa de Emissão de H ₂ SO ₄	67,078	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	1682,85	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	1446,344	kg / h	Te SO ₂ =(C SO ₂ * Vaecnbs) / 1000000

OBSERVAÇÕES:

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan03

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉIS DE FONTES ESTACIONÁRIAS

PLANILHA 4 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 2

EMPRESA CGTEE			LOCAL Caldeira IV			DATA 14/10/11		NUMERO 2	
Amostragem de MP SOx			Duto 4,77 m		Pressão Barométrica 29,31 pol Hg		Duração da amostragem 60 minutos		
Amostrador Renan Moraes			K 1,75	Boquilha 5,5 mm	FCM 1	Cp 0,862	Início 11:05	Fim 12:09	
PONTO	Tempo min	Distância do ponto cm	ΔP mm H2O	Pressão Estática mm H2O	ΔH mm H2O	Temperatura Medidor		Temperatura Chaminé °C	Medidor Gases litros
						Entrada °C	Saída °C		
1	5	21,0	22,00	-	38,50	20	17	154	42340,200
2	5	69,6	28,00	-30,00	49,00	22	18	156	-
3	5	141,2	30,00	-	52,50	23	19	158	-
4	5	335,8	36,00	-32,00	63,00	24	20	158	-
5	5	407,4	34,00	-	59,50	24	20	155	-
6	5	456,0	28,00	-30,00	49,00	25	20	155	42949,800
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	21,0	22,00	-	38,50	25	21	153	42949,200
2	5	69,6	28,00	-30,00	49,00	26	21	156	-
3	5	141,2	30,00	-	52,50	26	21	158	-
4	5	335,8	36,00	-34,00	63,00	27	22	159	-
5	5	407,4	32,00	-	56,00	27	22	155	-
6	5	456,0	28,00	-30,00	49,00	27	22	156	43547,800
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	60	-	29,500	-31,000	51,625	24,7	20,3	156,1	1207,000

Monitoramentos

Identificação dos equipamentos						
Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 065
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	Cronômetro	EA 145
Temperatura borbulhadores(°C)	10	10	11	11	Sonda Rígida	EA 026

Teste de Vazamento do trem

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Teste de Vazamento do Pitot

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Verificação da temperatura antes da amostragem *

Temperatura Ambiente	-	°C	Temperatura no Gasometro entrada	-	°C
			Temperatura no Gasometro saída	-	°C

* Diferença entre a temperatura ambiente e temperatura no gasômetro seco entrada: Máximo 6°C

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan04

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS **ISATEC**

PLANILHA 5 - PLANILHA DE PREPARAÇÃO E RETOMADA DE AMOSTRAS COMPOSIÇÃO DE GASES E RESULTADOS DE LABORATÓRIO - AMOSTRAGEM 2

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira IV	DATA 14/10/11	NÚMERO 2
-------------------------	-----------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Renato Soares**

Identificação da Balança	EA 016	Peso Padrão	500 g
Identificação do Peso Padrão	-	Valor indicado na balança	499,9g < - <500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Renato Soares**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	714,15	749,76	35,61
2	200	H2O2 5%	720,01	735,36	15,35
3	200	H2O2 5%	700,56	708,92	8,36
4	-	Sílica	742,11	748,67	6,56
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2876,83	2942,71	65,88

Composição do Gases

Responsável **Renato Soares**

Identificação do analisador de gases	EA 018
--------------------------------------	--------

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1º	2º	3º	MÉDIA		
O ₂	11,7	11,7	11,7	11,7	32	3,7
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,3	8,3	8,3	8,3	44	3,7
N ₂	80,0	80,0	80,0	80,0	28	22,4
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,80

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,0251	g	de	MP	Certificado nº	227.763 / 227.782
80,95	mg	de	H2SO4	Certificado nº	227.766 / 227.780
2003,85	mg	de	SO2	Certificado nº	227.769 / 227.781

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Renan Moraes**

Elemento Filtrante	Nº	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	30	50,6207	51,4637	0,8430
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,8430

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA
IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan05

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PLANILHA 6 - PLANILHA DE CÁLCULO DE AMOSTRAGEM - AMOSTRAGEM 2

ISATEC

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira IV	DATA 14/10/11	NÚMERO 2
-------------------------	-----------------------------	-------------------------	--------------------

(g) MH ₂ O = 65,880	(R) Tc = 772,95	("Hg)Patm= 29,310	("H ₂ O)Pest= -1,220	(mm) Øb = 5,50
(R) Tm = 532,43	("H ₂ O)ΔH= 2,032	(ft ³) Vm = 42,624	Cp = 0,862	(m) ØC = 4,77
FCM = 1,00	Pms = 29,796	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 1,075	(min) @ = 60	
(mg)MP = 868,100	(mg)H ₂ SO ₄ = 80,945	(mg)SO ₂ = 2003,850		

Pc = Pressão na chaminé	29,220	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,459	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	4,660	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	62,387	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,069		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu = Peso molecular base úmida	28,976		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	4539,190	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc)/(Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	23,059	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab = Área da Boquilha	0,000256	ft ²	Ab = (Øb / 25,4) ² / 183,35
I = Isocinetismo 90 < I < 110	96,27	%	I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100
Ac = Área da Chaminé	17,8701	m ²	Ac = Øc ² * 0,7854
Vaacc = Vazão do efluente nas condições da chaminé	1483447,819	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca	857874,864	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva) * 16,44] / Tc
Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,098	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP= Concentração de Material Particulado no efluente	790,49	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	678,144	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	73,71	mg / Nm ³	C H ₂ SO ₄ = H ₂ SO ₄ / Vmcnbs
Te H ₂ SO ₄ = Taxa de Emissão de H ₂ SO ₄	63,233	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	1824,71	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	1565,371	kg / h	Te SO ₂ =(C SO ₂ * Vaecnbs) / 1000000

OBSERVAÇÕES:

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM - E-0004 Rev 02-Plan06

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS



PLANILHA 7 - PLANILHA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO AMOSTRAGEM 3

EMPRESA CGTEE			LOCAL Caldeira IV			DATA 14/10/11		NUMERO 3	
Amostragem de MP SOx			Duto 4,77 m		Pressão Barométrica 29,31 pol Hg		Duração da amostragem 60 minutos		
Amostrador Renan Morais			K 1,75	Boquilha 5,5 mm	FCM 1	Cp 0,862	Início 12:30	Fim 13:36	
PONTO	Tempo min	Distância do ponto cm	ΔP mm H2O	Pressão Estática mm H2O	ΔH mm H2O	Temperatura Medidor		Temperatura Chaminé °C	Medidor Gases litros
						Entrada °C	Saída °C		
1	5	21,0	26,00	-	45,50	24	19	153	43552,600
2	5	69,6	28,00	-30,00	49,00	25	20	156	-
3	5	141,2	30,00	-	52,50	26	21	156	-
4	5	335,8	38,00	-34,00	66,50	27	22	159	-
5	5	407,4	32,00	-	56,00	27	22	156	-
6	5	456,0	26,00	-30,00	45,50	28	23	154	44159,200
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	21,0	26,00	-	45,50	28	23	154	44159,200
2	5	69,6	28,00	-30,00	49,00	29	24	156	-
3	5	141,2	30,00	-	52,50	29	24	159	-
4	5	335,8	36,00	-34,00	63,00	30	25	158	-
5	5	407,4	32,00	-	56,00	30	25	159	-
6	5	456,0	28,00	-30,00	49,00	31	26	157	44762,400
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	60	-	30,000	-31,333	52,500	27,8	22,8	156,4	1209,800

Monitoramentos

Temperatura do Forno (°C)	-	-	-	-	Barômetro	EA 065
Temperatura Sonda Rígida (°C)	-	-	-	-	Cronômetro	EA 145
Temperatura borbulhadores(°C)	9	11	11	12	Sonda Rígida	EA 026

Identificação dos equipamentos

Coluna U	EA 140
Termopar Chaminé	EA 096
Aparelho	EA 071
Pitot	P 09
Boquilha	5,5

Teste de Vazamento do trem

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Teste de Vazamento do Pitot

Início	OK	Fim	OK
--------	----	-----	----

Verificação da temperatura antes da amostragem *

Temperatura Ambiente	-	°C	Temperatura no Gasometro entrada	-	°C
			Temperatura no Gasometro saída	-	°C

* Diferença entre a temperatura ambiente e temperatura no gasômetro seco entrada: Máximo 6°C

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan07

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRI **ISATEC**

PLANILHA 8 - PLANILHA DE PREPARAÇÃO E RETOMADA DE AMOSTRAS COMPOSIÇÃO DE GASES E RESULTADOS DE LABORATÓRIO - AMOSTRAGEM 3

EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira IV	DATA 14/10/11	NÚMERO 3
-------------------------	-----------------------------	-------------------------	--------------------

Verificação da Balança

Responsável **Renato Soares**

Identificação da Balança	EA 016	Peso Padrão	500 g
Identificação do Peso Padrão	-	Valor indicado na balança	499,9g < - <500,1 g

Borbulhadores

Responsável **Renato Soares**

Número dos Borbulhadores	Volume(mL)	Solução Absorvente	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
1	200	Álcool Isopropílico 80%	711,30	744,65	33,35
2	200	H2O2 5%	720,01	735,00	14,99
3	200	H2O2 5%	718,49	727,34	8,85
4	-	Sílica	736,72	742,05	5,33
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
TOTAL			2886,52	2949,04	62,52

Composição do Gases

Responsável **Renato Soares**

Identificação do analisador de gases	EA 018
--------------------------------------	--------

Componentes	AMOSTRAS				Peso Molecular	PM X %
	1°	2°	3°	MÉDIA		
O ₂	11,8	11,8	11,7	11,8	32	3,8
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	28	0,0
CO ₂	8,1	8,2	8,1	8,1	44	3,6
N ₂	80,1	80,0	80,2	80,1	28	22,4
PESO MOLECULAR SECO = Pms =						29,77

Resultados dos Ensaio de Laboratório

Responsável **LABAN**

0,0197	g	de	MP	Certificado nº	227.764 / 227.782
32,09	mg	de	H2SO4	Certificado nº	227.767 / 227.780
1999,41	mg	de	SO2	Certificado nº	227.770 / 227.781

Resultados das Pesagens de Material Particulado

Responsável **Renan Moraes**

Elemento Filtrante	N°	Tara (g)	Final (g)	Diferença (g)
Capsula	64	66,4378	67,2367	0,7989
Filtro	-	-	-	-
Ciclone	-	-	-	-
Total				0,7989

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA
IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan08

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PLANILHA 9 - PLANILHA DE CÁLCULO DE AMOSTRAGEM - AMOSTRAGEM 3



EMPRESA CGTEE	LOCAL Caldeira IV	DATA 14/10/11	NÚMERO 3
-------------------------	-----------------------------	-------------------------	--------------------

(g) MH ₂ O = 62,520	(R) Tc = 773,55	("Hg)Patm= 29,310	("H ₂ O)Pest= -1,234	(mm) Θb = 5,50
(R) Tm = 537,60	("H ₂ O)ΔH= 2,067	(ft ³) Vm = 42,723	Cp = 0,862	(m) ΘC = 4,77
FCM = 1,00	Pms = 29,772	("H ₂ O)ΔP ^{1/2} = 1,085	(min) @ = 60	
(mg)MP = 818,600	(mg)H ₂ SO ₄ = 32,085	(mg)SO ₂ = 1999,410		

Pc = Pressão na chaminé	29,219	"Hg	Pc = Patm + Pest / 13,6
Pm = Pressão no medidor de gas	29,462	"Hg	Pm = Patm + ΔH / 13,6
Vacc = Volume agua nas condições de chaminé	4,426	ft ³	Vacc = (MH ₂ O * Tc) / (374 * Pc)
Vmcc = Volume gases medido nas condições chaminé	61,985	ft ³	Vmcc = (Vm * Tc * Pm * FCM) / (Tm * Pc)
Pvva = Proporção vol. vapor'agua nos gases chaminé	0,067		Pvva = Vacc / (Vacc + Vmcc)
Pmu = Peso molecular base úmida	28,988		Pmu = Pms * (1 - Pvva) + (18 * Pvva)
Vc = Velocidade na chaminé	4583,106	ft / min	Vc = 5128,8 * Cp * [(Tc) / (Pc * Pmu)] ^{1/2} * ΔP ^{1/2}
Vc ₁ = Velocidade na chaminé	23,282	m / s	Vc ₁ = Vc * 0,00508
Ab = Área da Boquilha	0,000256	ft ²	Ab = (Θb / 25,4) ² / 183,35
I = Isocinetismo 90 < I < 110	94,44	%	I = [(Vmcc + Vacc) / (@ * Ab * Vc)] * 100
Ac = Área da Chaminé	17,8701	m ²	Ac = Θc ² * 0,7854
Vaacc = Vazão do efluente nas condições da chaminé	1497799,930	m ³ / h	Vaacc = Ac * Vc * 18,288
Vaecnbs = Vazão do efluente nas condições normais, base seca	868133,615	Nm ³ / h	Vaecnbs = [Vaacc * Pc * (1 - Pvva)] * 16,44 / Tc
Vmcnbs = Volume amostrado nas condições normais, base seca	1,090	Nm ³	Vmcnbs = (Vm * Pm * FCM) / (Tm * 2,1476)
C MP= Concentração de Material Particulado no efluente	750,86	mg / Nm ³	C MP= MP / Vmcnbs
Te MP= Taxa de Emissão de Material Particulado	651,844	Kg / h	Te MP=(C MP * Vaecnbs) / 1000000
C H ₂ SO ₄ = Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	29,43	mg / Nm ³	C H ₂ SO ₄ = H ₂ SO ₄ / Vmcnbs
Te H ₂ SO ₄ = Taxa de Emissão de H ₂ SO ₄	25,549	kg / h	Te H ₂ SO ₄ =(C H ₂ SO ₄ * Vaecnbs) / 1000000
C SO ₂ = Concentração de SO ₂ no efluente	1833,95	mg / Nm ³	C SO ₂ = SO ₂ / Vmcnbs
Te SO ₂ = Taxa de Emissão de SO ₂	1592,112	kg / h	Te SO ₂ =(C SO ₂ * Vaecnbs) / 1000000

OBSERVAÇÕES:

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA

IST/ENAM -E-0004 Rev 02-Plan09

CÁLCULO DE AMOSTRAGENS DE EFLUENTES GASOSOS DE DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PLANILHA 10 - PLANILHA DE CÁLCULO DE CONCENTRAÇÃO E TAXA DE EMISSÃO DE NOx



EMPRESA CGIEE	LOCAL Caldeira IV	DATA
-------------------------	-----------------------------	-------------

Responsável Renan Moraes

Identificação dos Equipamentos							
Vacuômetro	EA 133	Barômetro	EA 065	Termômetro	204620/03	Pipeta	M 006

Amostra 01		Amostra 02		Amostra 03		Amostra 04	
Identificação do Frasco	M 001	Identificação do Frasco	M 003	Identificação do Frasco	M 004	Identificação do Frasco	EA 053
Volume do Frasco (Vf)	2229,1 mL	Volume do Frasco (Vf)	2234,2 mL	Volume do Frasco (Vf)	2227,1 mL	Volume do Frasco (Vf)	2250,9 mL
Volume Absorvente (Va)	25 mL						
Condições Iniciais		Condições Iniciais		Condições Iniciais		Condições Iniciais	
Data	14/10/2011	Data	14/10/2011	Data	14/10/2011	Data	14/10/2011
Hora	09:30	Hora	09:35	Hora	09:40	Hora	09:45
Pressão Atmosférica inicial	744,47 mmHg						
Pressão inicial do Frasco	400 mmHg						
Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,47 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,47 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,47 mmHg	Pressão absoluta inicial do Frasco (Pi)	344,47 mmHg
Temperatura inicial do Frasco	15 °C						
Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	288 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	288 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	288 K	Temperatura absoluta inicial do Frasco (Ti)	288 K
Condições Finais		Condições Finais		Condições Finais		Condições Finais	
Data	14/10/2011	Data	14/10/2011	Data	14/10/2011	Data	14/10/2011
Hora	23:30	Hora	23:35	Hora	23:40	Hora	23:45
Pressão Atmosférica Final	744 mmHg						
Pressão final do Frasco	5 mmHg						
Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	739 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	739 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	739 mmHg	Pressão absoluta final do Frasco (Pf)	739 mmHg
Temperatura final do Frasco	16 °C						
Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	289 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	289 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	289 K	Temperatura absoluta final do Frasco (Tf)	289 K
Resultados de Análise		Resultados de Análise		Resultados de Análise		Resultados de Análise	
Massa Total de NOx (m _{NOx})	539,938 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	507,917 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	508,496 µg	Massa Total de NOx (m _{NOx})	522,93 µg
Cert Ensaio N°	228.018	Cert Ensaio N°	228.019	Cert Ensaio N°	228.020	Cert Ensaio N°	228.021
Cálculo do Volume amostrado		Cálculo do Volume amostrado		Cálculo do Volume amostrado		Cálculo do Volume amostrado	
Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1077,57 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1080,06 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1076,59 mL	Volume da amostra nas condições normais, base seca (Van)	1088,22 mL
Cálculo da Concentração de NOx		Cálculo da Concentração de NOx		Cálculo da Concentração de NOx		Cálculo da Concentração de NOx	
Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	501,071 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	470,268 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	472,321 mg/Nm ³	Concentração de NOx nas condições normais, base seca (C _{NOx})	480,536 mg/Nm ³
Cálculo da Taxa de Emissão de NOx		Cálculo da Taxa de Emissão de NOx		Cálculo da Taxa de Emissão de NOx		Cálculo da Taxa de Emissão de NOx	
Vazão (V _{aecnbs})	861824 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	861824 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	861824 Nm ³ /h	Vazão (V _{aecnbs})	861824 Nm ³ /h
Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	431,835 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	405,288 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	407,058 Kg/h	Taxa de Emissão de NOx (T _{eNOx})	414,137 Kg/h

$$Van = (273 * (Vf - Va) / 760) * ((Pf / Tf) - (Pi / Ti))$$

$$C_{NOx} = (m_{NOx} / Van) * 1000$$

$$T_{eNOx} = C_{NOx} * V_{aecnbs} * 10^{-6}$$

Limite de detecção do método: 1,32µg

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA IST/ENAM - E-0004 Rev 02-Plan10



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - 5ª REGIÃO

RIO GRANDE DO SUL
Av. Itaqui, 45 - Fone/Fax:(51) 3330-5659
CEP 90.460-140 - Porto Alegre - Rio Grande do Sul
e-mail: crqv@crqv.org.br
www.crqv.org.br

**CERTIFICADO DE
ANOTAÇÃO DE FUNÇÃO TÉCNICA
- AFT -**

Nº 72994

Certifico, conforme despacho do Senhor Presidente do Conselho Regional de Química da 5ª Região, que foi procedida a Anotação de Função Técnica do profissional **RODRIGO ROCHA DAVESAC**, inscrito no C.P.F. sob o número 610.510.470-72, registrado como **ENGENHEIRO QUÍMICO** sob o número **05301819**, neste Conselho, relativamente as análises químicas e físico-químicas realizadas no laboratório, pela assessoria técnica, emissão de laudos e pareceres, pesquisa e desenvolvimento de projetos e equipamentos, na empresa ISATEC - PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E ANÁLISES QUÍMICAS LTDA., localizada à Avenida FRANCISCO MARTINS BASTOS, 202, RIO GRANDE/RS, em conformidade com o art. 1º da Lei nº 6.839, de 30 de outubro de 1980; arts. 334, alínea "b", 335, alínea "b", 337 e 341, do Decreto-Lei nº 5.452 (Consolidação das Leis do Trabalho - CLT), de 01 de maio de 1943; art. 27, da Lei nº 2.800, de 18 de junho de 1956; art. 1º, incisos II e IV e 2º, inciso IV, alínea "a", do Decreto nº 85.877, de 07 de abril de 1981 e Resoluções Normativas de nºs 51, de 12 de dezembro de 1980, 105, de 17 de setembro de 1987 e 122, de 09 de novembro de 1990, do Conselho Federal de Química

Certificado de Anotação de Função Técnica válido de **25/06/2011** até **23/06/2012**.

Taxa de AFT no valor de R\$ 144,67, recolhida conforme o recibo nº 201.697.

Porto Alegre, 14 de junho de 2011.

Visto: Julian Bobbarello

MARISTELA MENDES DALMÁS
CHEFE DO DEPARTAMENTO