

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº **69620**

Página: **1 de 27**

INTERESSADO: Grameyer Equipamentos Eletrônicos.
Rua Marechal Castelo Branco, 2477.
Schroeder, SC

ORDEM DE SERVIÇO: 61811

DATA DE EMISSÃO: 25/05/09 – REW

ENSAIOS EM CONJUNTO DE MANOBRA E CONTROLE DE MÉDIA TENSÃO

1. OBJETO DE ENSAIO:

- Conjunto de manobra e controle, com as seguintes especificações:

Especificações / Características	
Modelo	GCMT-01
Ano de fabricação	2009
Classe de tensão	17,5 kV
Tensão de operação	13,8 kV
Tensão aplicada, 60Hz, 1 minuto	38 kV
Nível básico de impulso 1,2/50µs	95 kV
Frequência nominal	60 Hz
Corrente suportável de curta duração	25 kA
Valor de crista corrente suportável	65 kA
Corrente nominal	1250 A
Grau de proteção	IP- 4X
Norma	NBR IEC 62271-200/2007
Disjuntor	Schneider Evolis



Fig.01 –Cubículo ensaiado.

2. OBJETIVO:

Realizar os seguintes ensaios no equipamento descrito anteriormente:

- Ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico – 95 kV;
- Ensaio de tensão suportável nominal a frequência industrial;
- Ensaio de elevação de temperatura – 1250 A / 1000 A;
- Ensaio de grau de proteção – IP-4X;
- Ensaio de operação mecânica.

3. EQUIPAMENTOS/INSTRUMENTOS UTILIZADOS:

- 01 Gerador de impulso, Foster, 5 estágios, tipo Marx d/ya;
- 01 Divisor de tensão resistivo, Foster, tipo d/ya 442;
- 01 Transformador de ensaio, Foster, modelo D/YA442;
- 01 Osciloscópio digital, Tektronix, modelo TDS 3012, com drive 3/2 1.44 Mb;
- 01 Variador de tensão trifásico, STP, modelo VTRE-170;
- 01 Transformador de ensaio, Waltec, tipo TTE, 15 kVA;
- 01 Indicador digital de temperatura, Tecsystem, modelo NT538;
- 01 Analisador de energia, Fluke, modelo 434;
- 03 Alicates sensores de corrente, Fluke, modelo i2000;
- 19 Termopares do tipo PT-100;
- 01 Termômetro de líquido em vidro, Precision;
- 01 Fio de aço Ø 1,0 mm.

4. EQUIPE EXECUTANTE:

- Rafael Eduardo Werlich, Engenheiro Eletricista, FURB/IPTB;
- Marcello Nascimento Pessoa, Estagiário, FURB/IPTB.

5. DATA E LOCAL DE REALIZAÇÃO:

Os ensaios foram realizados entre os dias 11 e 15/05/2009, no Laboratório de Alta Tensão, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Blumenau, da FURB.

6. INSPETOR:

- Paulo Álvaro Rodríguez Morales, Grameyer;
- Adilson Guetten, Grameyer.

7. DESENVOLVIMENTO:**7.1. Ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico**

O ensaio de impulso atmosférico foi realizado em diferentes condições,

conforme Tabela 9 da NBR IEC 60694:2006, descritas a seguir:

- Aa – BCbcF** (dispositivo de manobra fechado)
- Bb – ACacF** (dispositivo de manobra fechado)
- Cc – ABabF** (dispositivo de manobra fechado)
- A – BCabcF** (dispositivo de manobra aberto e inserido)
- B – ACabcF** (dispositivo de manobra aberto e inserido)
- C – ABabcF** (dispositivo de manobra aberto e inserido)
- a – ABCbcF** (dispositivo de manobra aberto e inserido)
- b – ABCacF** (dispositivo de manobra aberto e inserido)
- c – ABCabF** (dispositivo de manobra aberto e inserido)

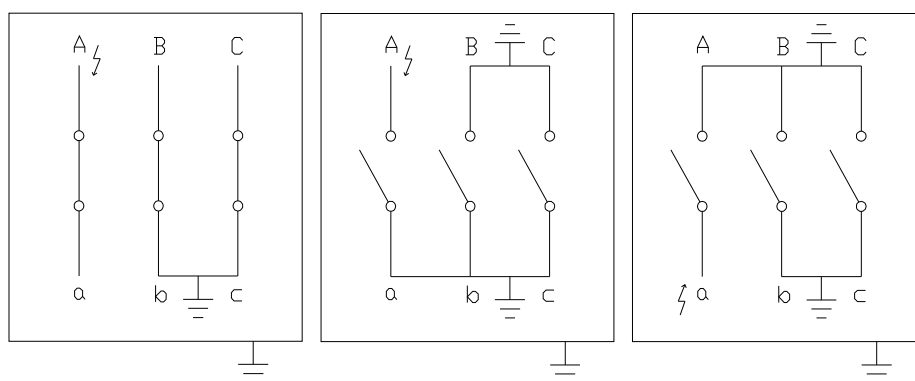


Fig. 02 – Esquemas para ensaio de impulso, respectivamente.

Legenda:

- A** – Entrada de alimentação – Fase A
- B** – Entrada de alimentação – Fase B
- C** – Entrada de alimentação – Fase C
- a** – Saída para a carga – Fase A
- b** – Saída para a carga – Fase B
- c** – Saída para a carga – Fase C
- F** – Invólucro metálico (massa)
- Dispositivo de manobra** – Disjuntor

Foram aplicados 15 (quinze) impulsos de polaridade positiva precedidos de 15 (quinze) de polaridade negativa, para cada condição descrita anteriormente. O valor de crista foi ajustado para 95 kV, com tempos de frente e cauda de 0,84 / 47,5 μ s, respectivamente, portanto dentro das tolerâncias exigidas pela NBR – 6936:1992, item 5.3.3(Tolerâncias para a tensão de ensaio).

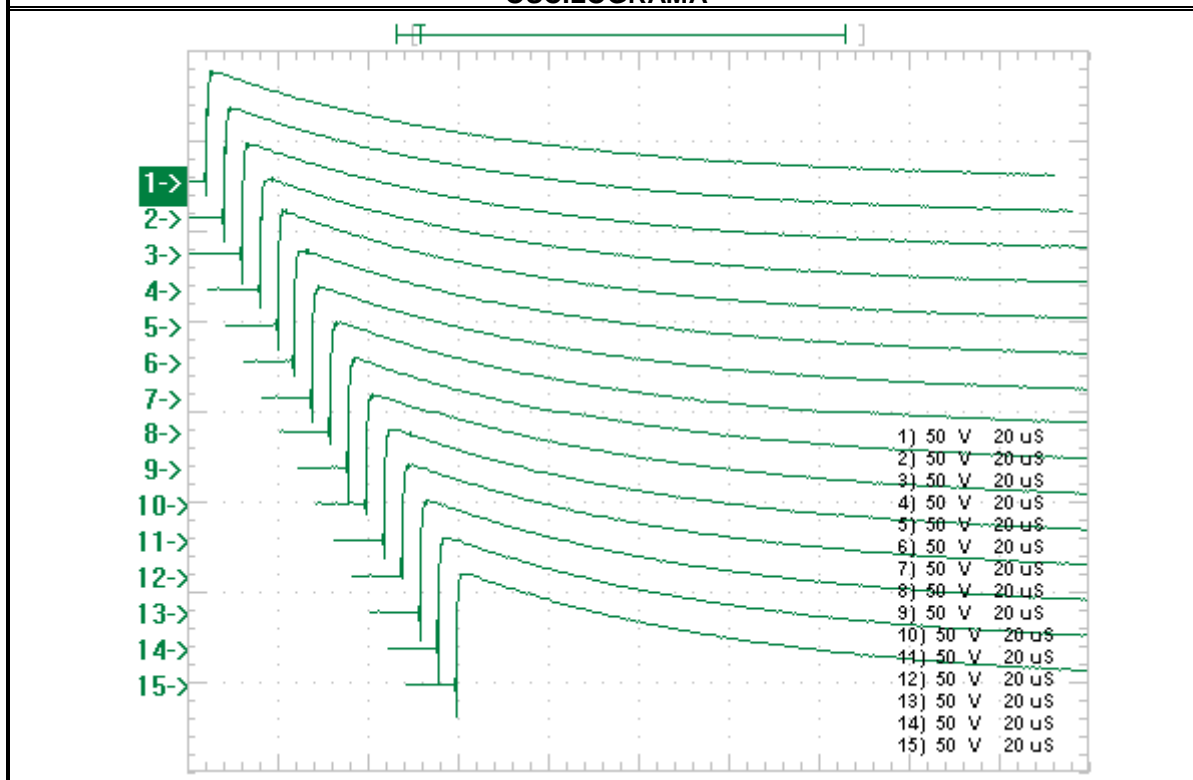
A seguir, os oscilogramas dos impulsos aplicados.

Obs.: Exemplo: 1º Caso - Aa – BCbcF – impulso aplicado em Aa com BCbcF conectados ao sistema de aterramento do gerador de impulso, estando o dispositivo de manobra fechado.

Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Aa – BCbcF (dispositivo de manobra fechado)

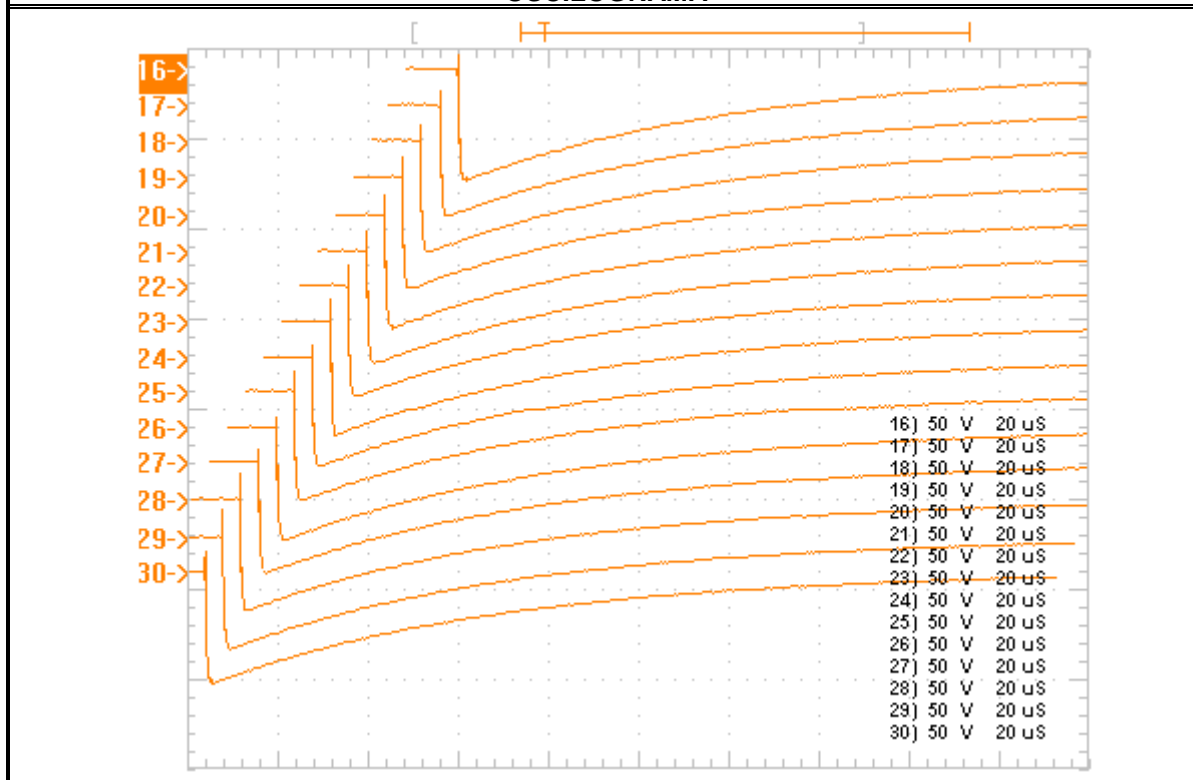
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Aa – BCbcF (dispositivo de manobra fechado)

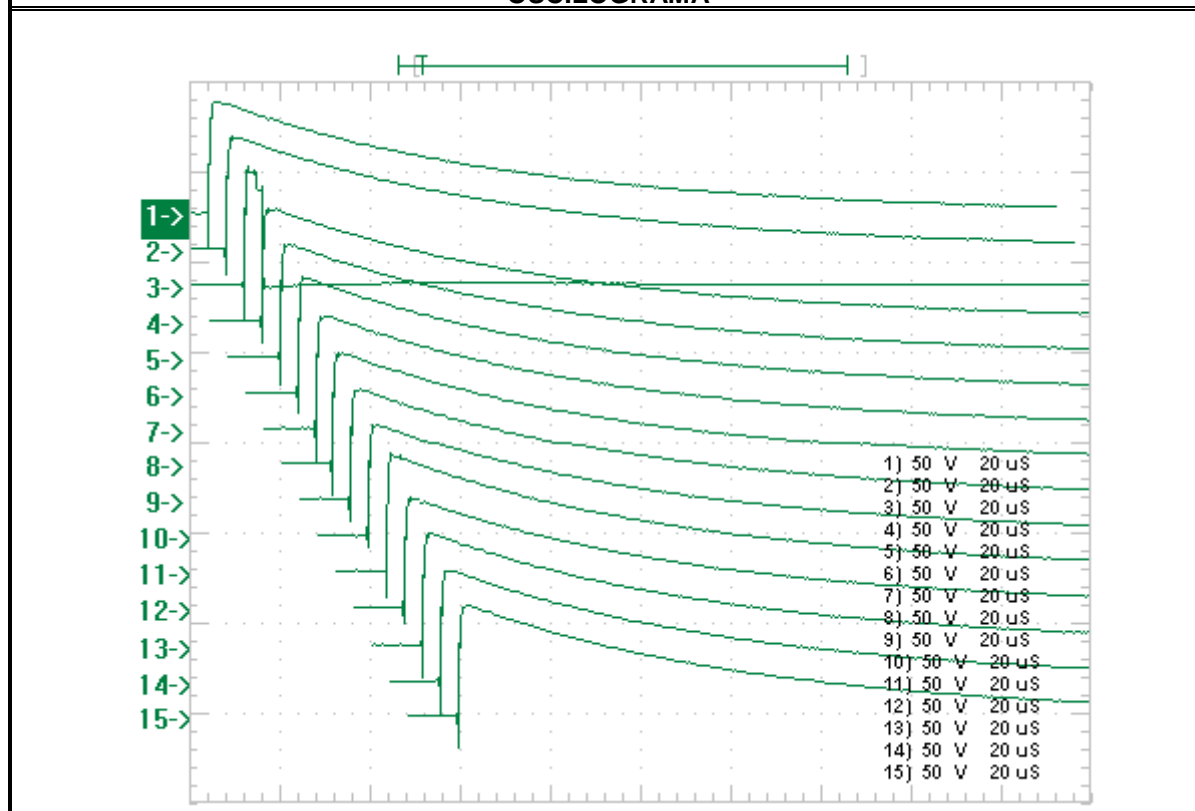
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Bb – ACacF (dispositivo de manobra fechado)

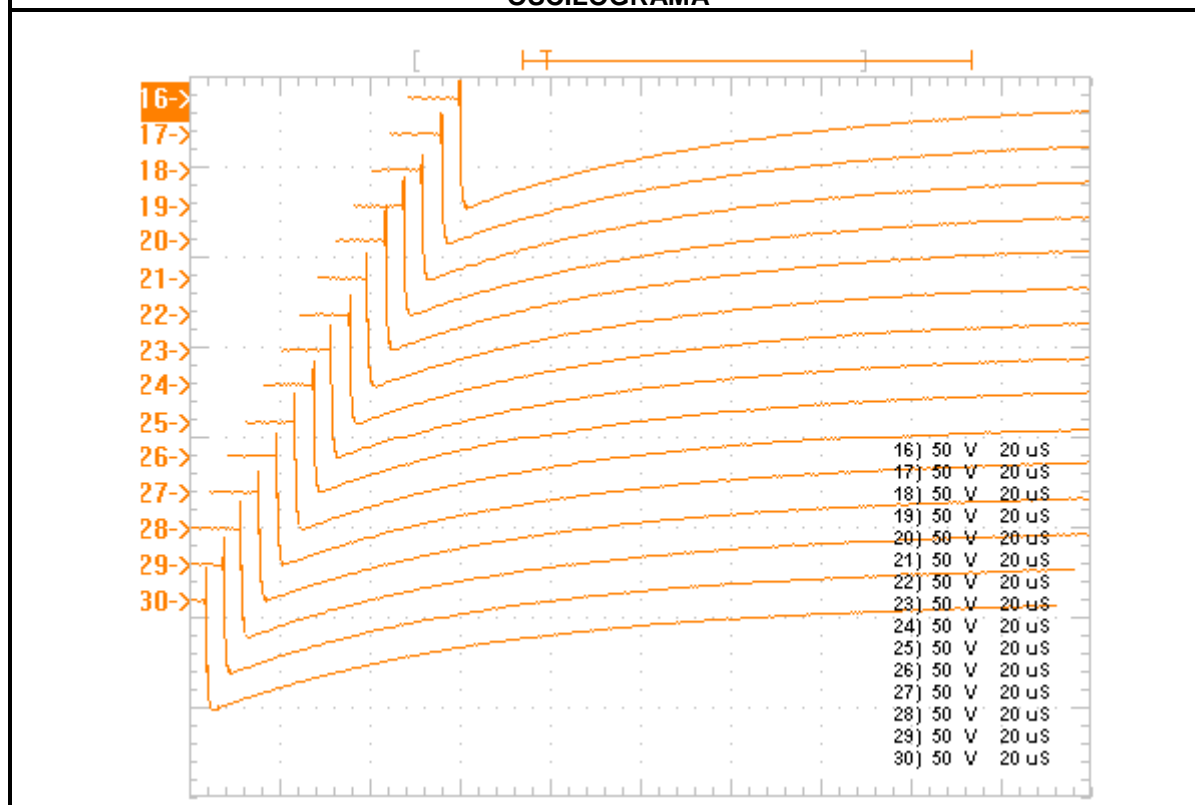
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Bb – ACacF (dispositivo de manobra fechado)

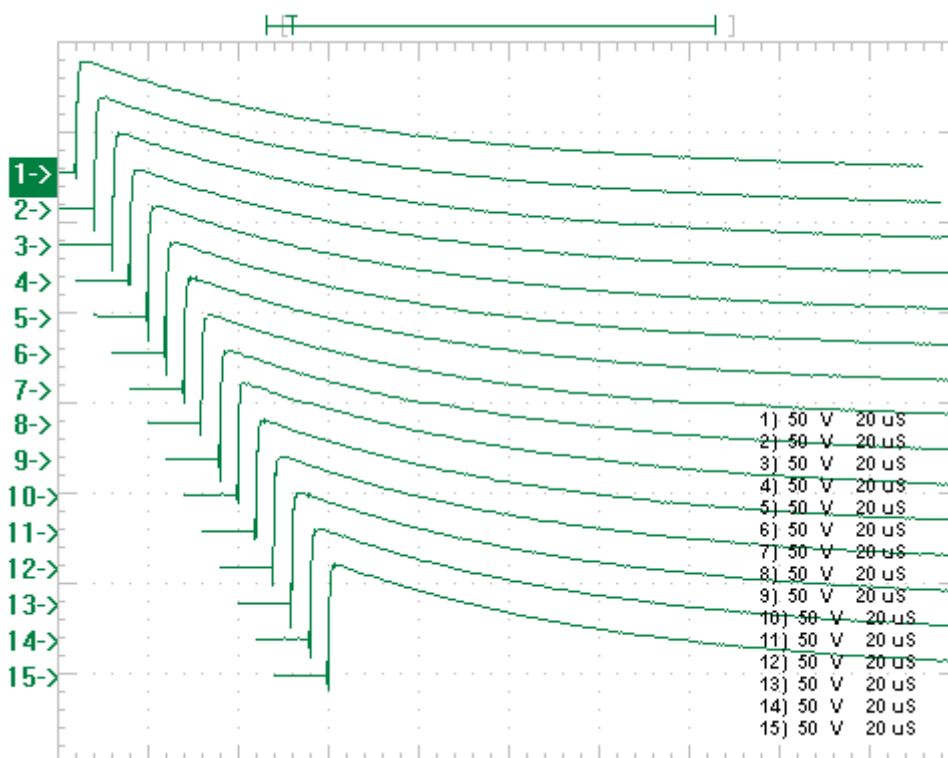
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Cc – ABabF (dispositivo de manobra fechado)

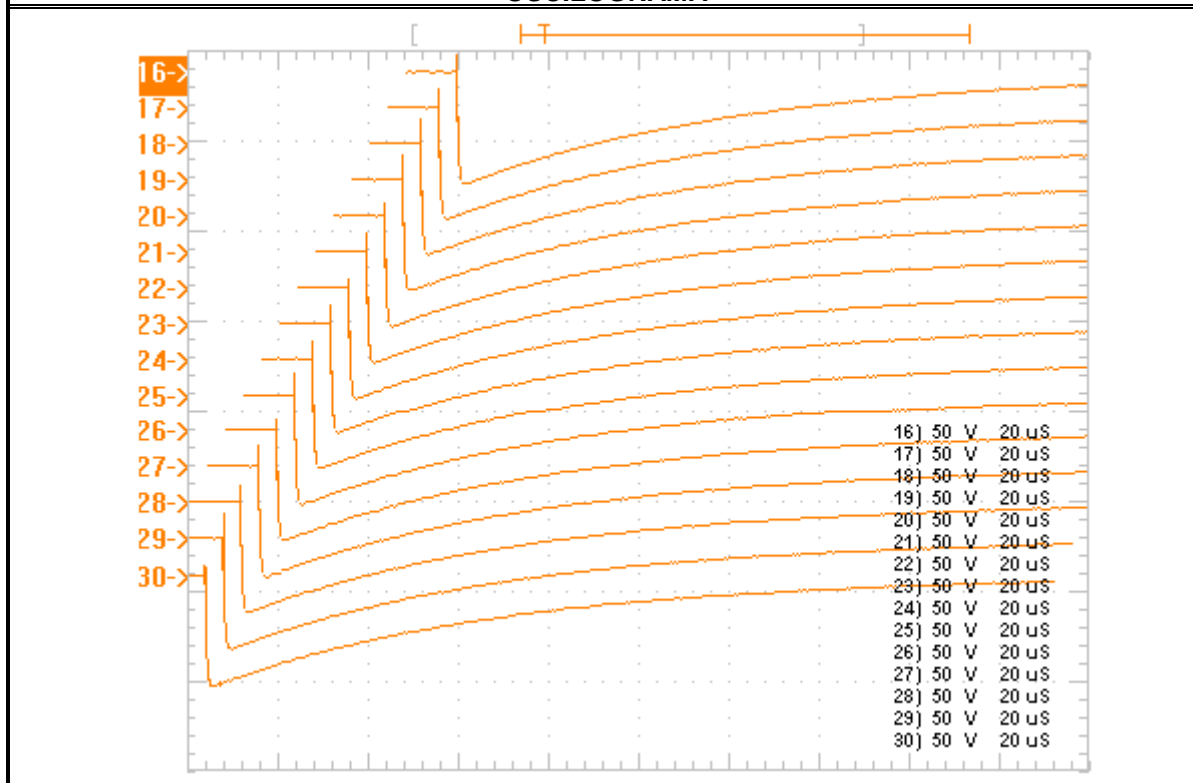
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Cc – ABabF (dispositivo de manobra fechado)

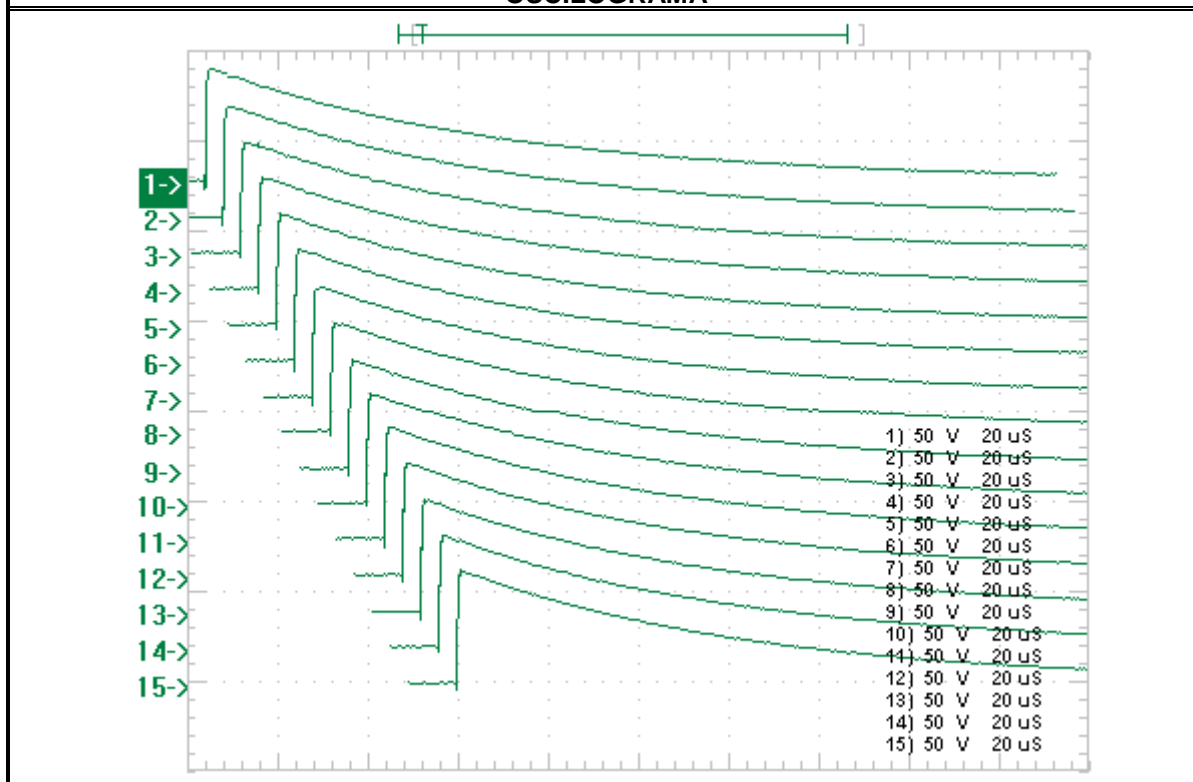
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: A – BCabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

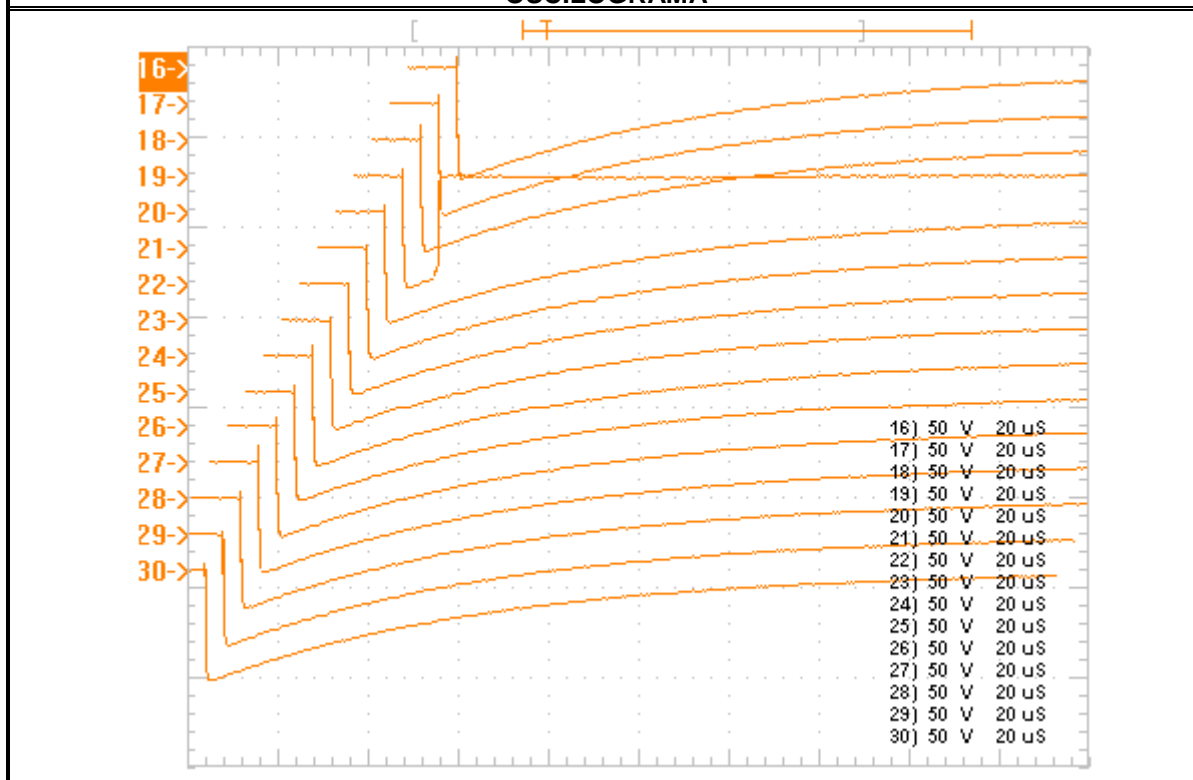
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: A – BCabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

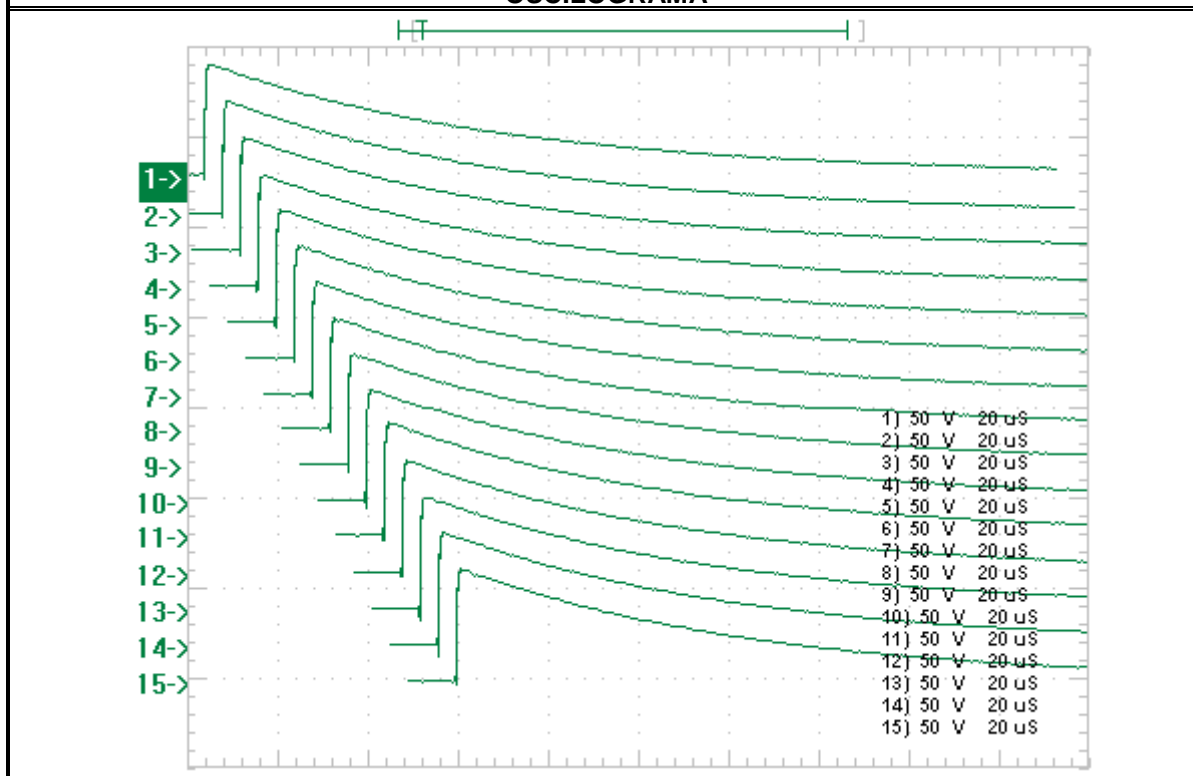
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: B – ACabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

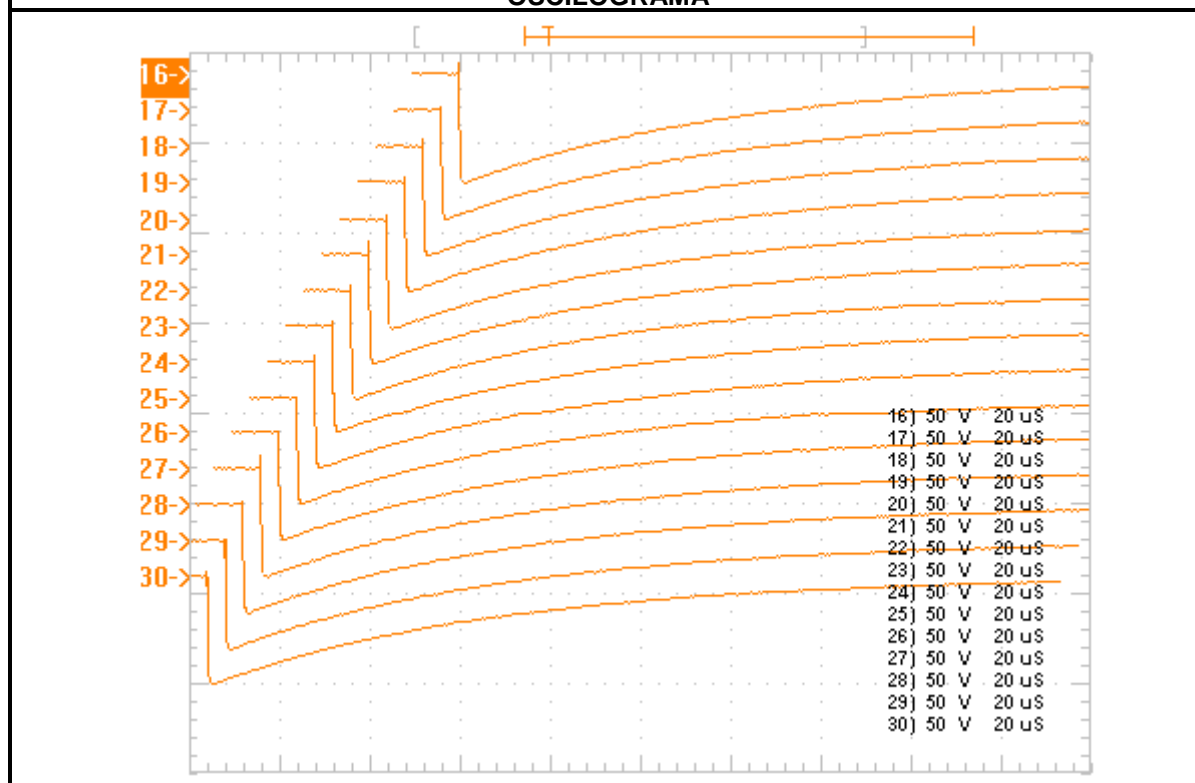
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: B – ACabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

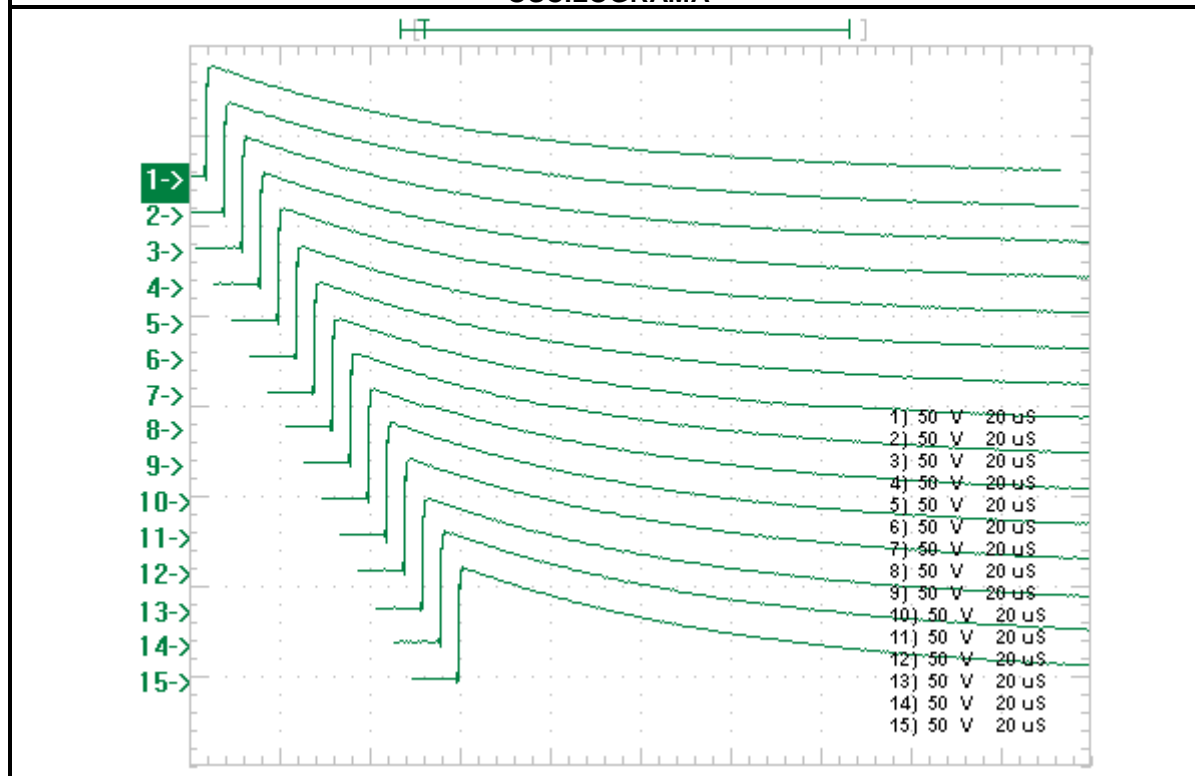
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: C – ABabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

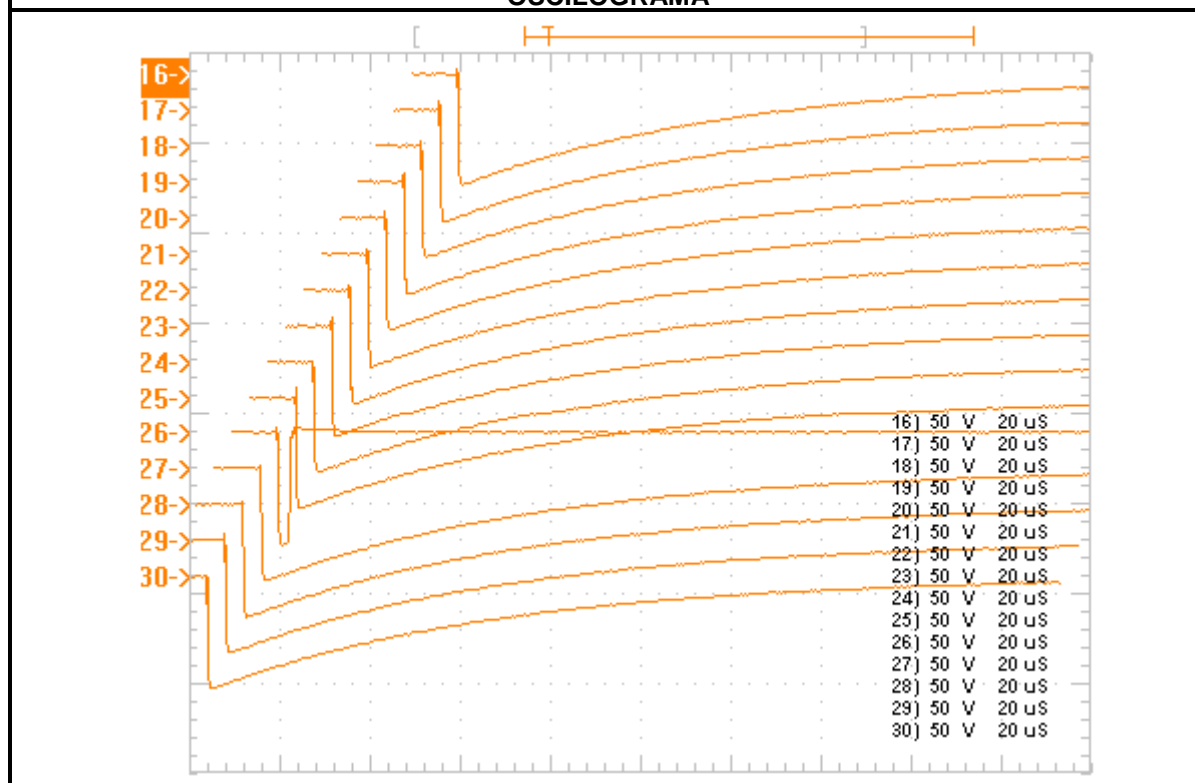
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: C – ABabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

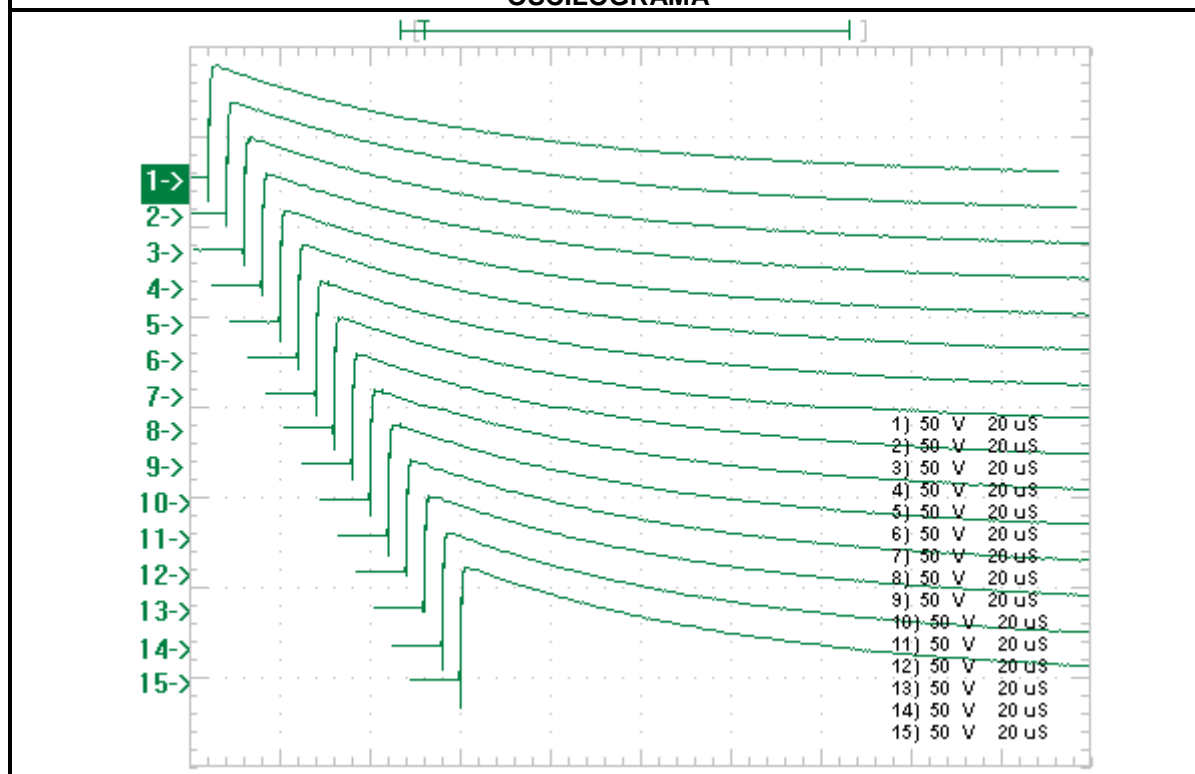
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: a – ABCbcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

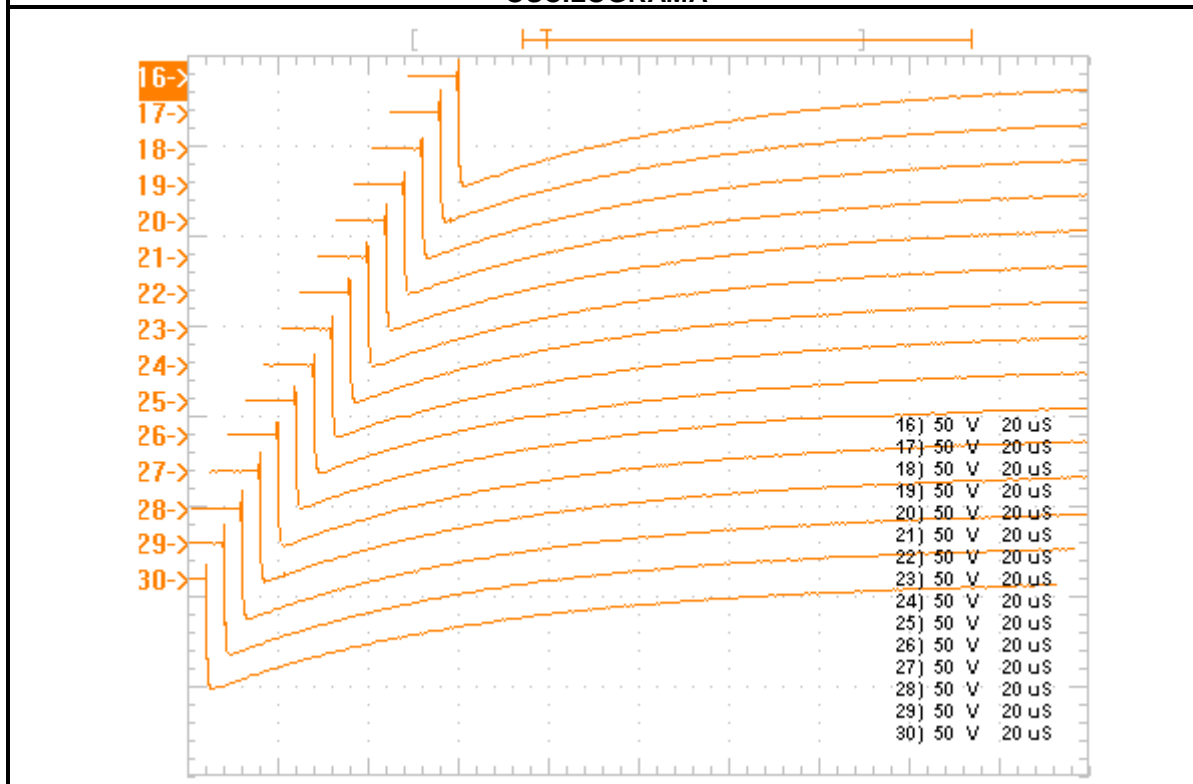
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: a – ABCbcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

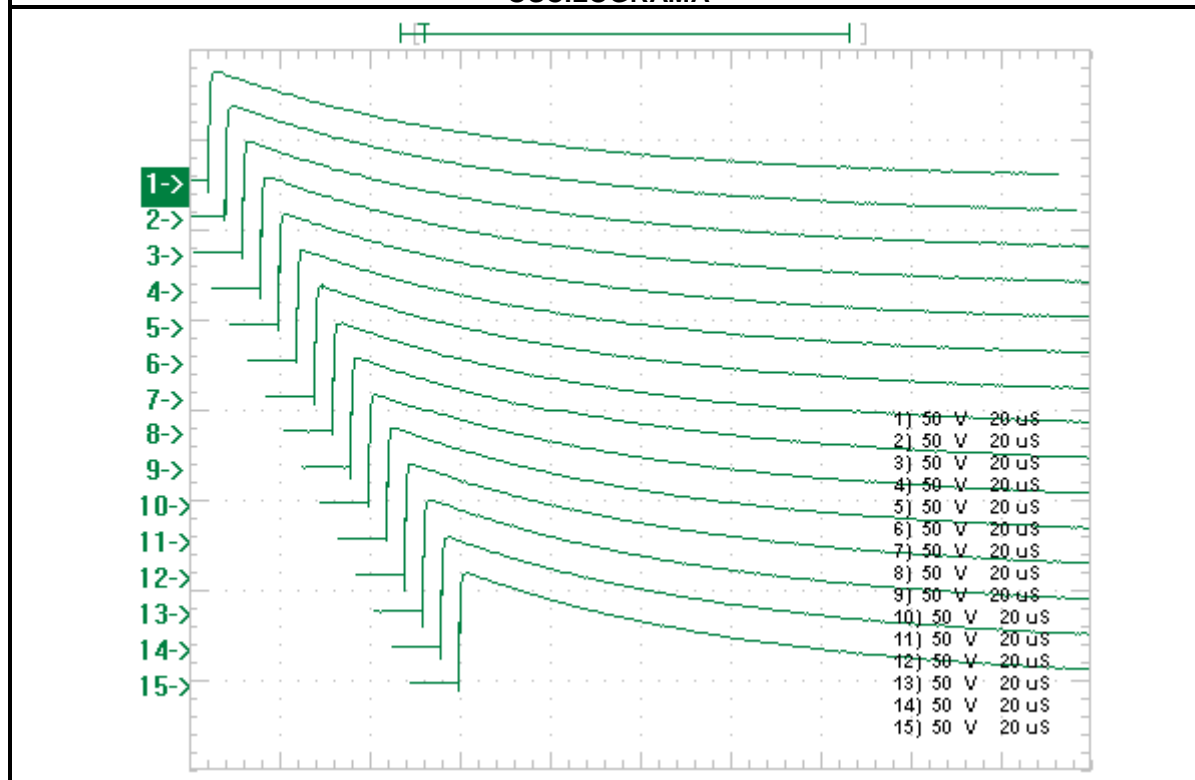
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: b – ABCacF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

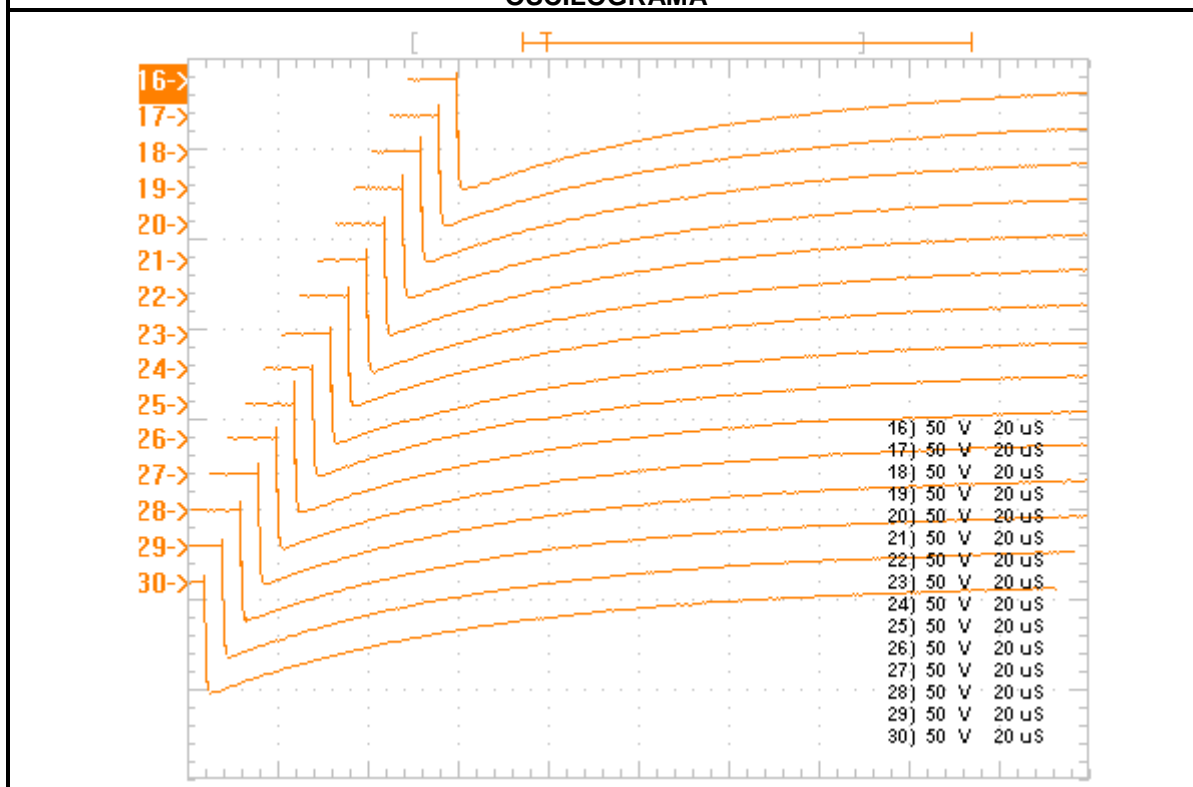
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: b – ABCacF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

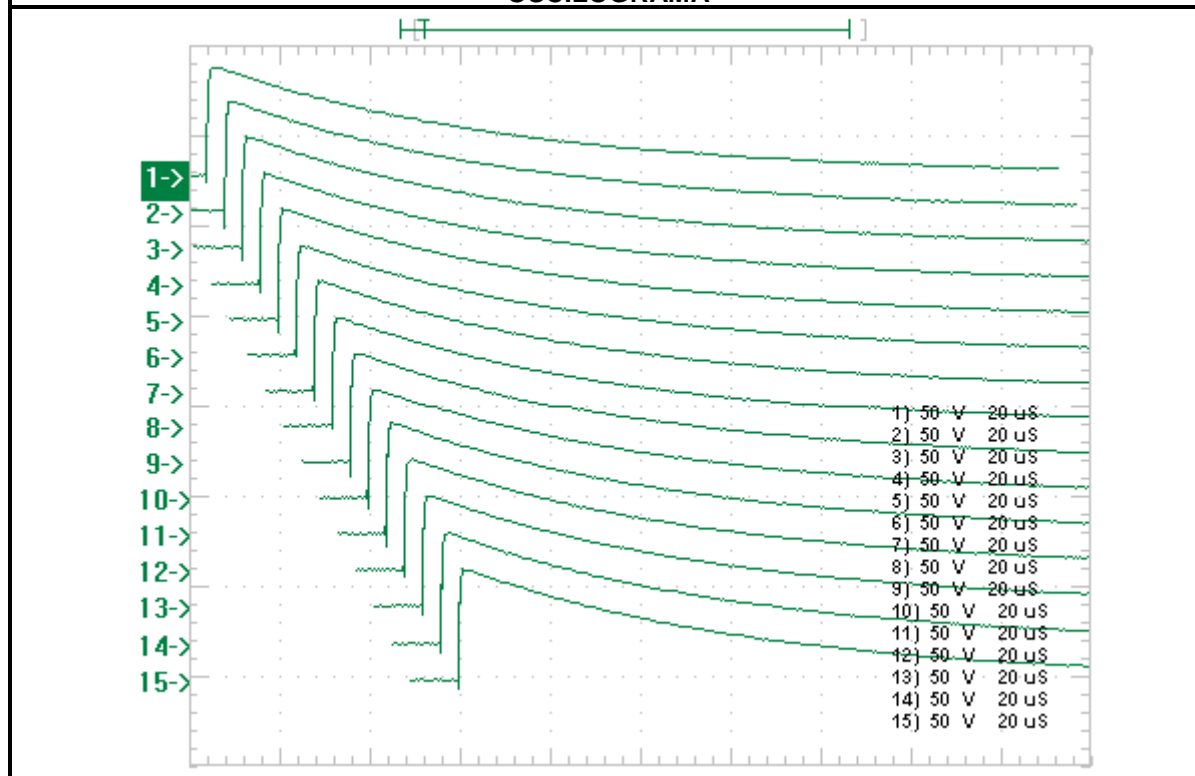
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: c – ABCabF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

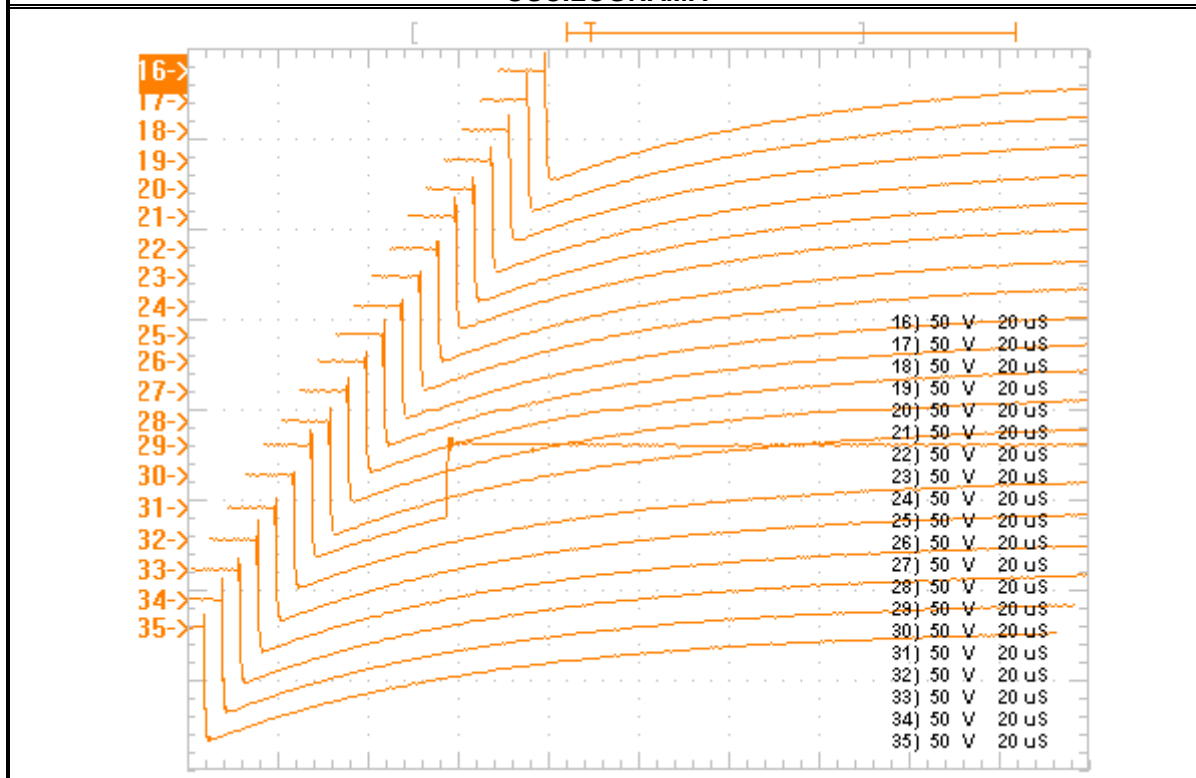
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Grameyer	Tipo: GCMT-01	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,661 V/kV
Temperatura: 21,4 °C	Umidade Relativa: 39 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 0,84 x 47,5 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: c – ABCabF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

OSCILOGRAMA



7.2. Ensaio de tensão suportável nominal a frequência industrial

Configuração	Tensão aplicada (AC- 60Hz)	Duração	Situação
A - BCMassa	38 kV _{eficaz}	1 min	Aprovado
B - ACMassa	38 kV _{eficaz}	1 min	Aprovado
C - ABMassa	38 kV _{eficaz}	1 min	Aprovado
ABC – abcMassa*	38 kV _{eficaz}	1 min	Aprovado
abc – ABCMassa*	38 kV _{eficaz}	1 min	Aprovado

* disjuntor extraído

7.3. Ensaio de elevação de temperatura – 1250 A / 1000 A

Antes do teste de elevação de temperatura foram medidos os valores de resistência ôhmica, conforme tabela abaixo:

Fases	R (mΩ)	R _{médio} (mΩ)
A	0,10369	0,10327
	0,10380	
	0,10300	
	0,10333	
	0,10251	
B	0,09339	0,09146
	0,09056	
	0,09180	
	0,09074	
	0,09081	
C	0,09102	0,08993
	0,08955	
	0,09030	
	0,08941	
	0,08938	

Em seguida foi aplicada corrente elétrica trifásica, 60 Hz, conforme tabela a seguir:

1º Ensaio de elevação de temperatura – 1250 A		
Fase A	Fase B	Fase C
1254 A	1293 A	1236 A

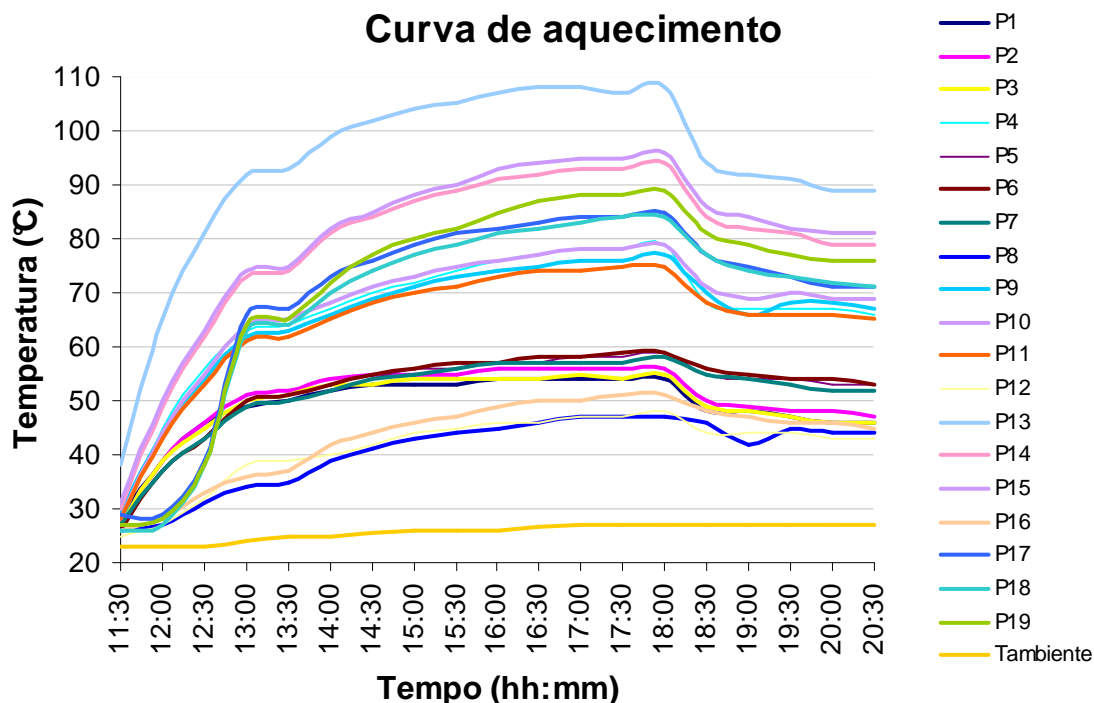
A corrente elétrica foi mantida até a ocorrência da estabilização da temperatura, verificada pela variação na elevação de temperatura de no máximo 1°C durante 1 hora.

Após isso a corrente elétrica foi reduzida até os valores abaixo:

2º Ensaio de elevação de temperatura – 1000 A		
Fase A	Fase B	Fase C
1024 A	1061 A	1008 A

Na tabela e gráfico a seguir as leituras das sondas PT-100, em °C:

Hora	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	T _{ambiente}
11:30	28	27	27	27	26	26	27	26	29	28	28	25	38	30	31	26	29	26	27	23
12:00	39	39	39	45	37	37	37	27	44	44	43	27	65	49	50	28	29	27	28	23
12:30	46	46	45	56	43	43	43	31	54	55	53	32	81	62	63	33	39	38	38	23
13:00	49	51	50	63	49	50	49	34	62	64	61	38	92	73	74	36	66	63	64	24
13:30	50	52	51	64	50	51	50	35	63	65	62	39	93	74	75	37	67	64	65	25
14:00	52	54	53	67	52	53	52	39	66	68	65	40	99	81	82	42	73	70	72	25
14:30	53	55	53	70	54	55	54	41	69	71	68	42	102	84	85	44	76	74	77	25,5
15:00	53	55	54	72	56	56	55	43	71	73	70	44	104	87	88	46	79	77	80	26
15:30	53	55	54	74	56	57	56	44	73	75	71	45	105	89	90	47	81	79	82	26
16:00	54	56	54	76	57	57	57	45	74	76	73	46	107	91	93	49	82	81	85	26
16:30	54	56	54	77	57	58	57	46	75	77	74	46	108	92	94	50	83	82	87	26,5
17:00	54	56	55	78	58	58	57	47	76	78	74	47	108	93	95	50	84	83	88	27
17:30	54	56	54	78	58	59	57	47	76	78	75	47	107	93	95	51	84	84	88	27
18:00	54	56	55	79	59	59	58	47	77	79	75	48	108	94	96	51	85	84	89	27
18:30	48	50	49	68	55	56	55	46	70	71	68	44	94	84	86	48	77	77	81	27
19:00	48	49	48	67	54	55	54	42	66	69	66	44	92	82	84	47	75	74	79	27
19:30	47	48	47	67	54	54	53	45	68	70	66	44	91	81	82	46	73	73	77	27
20:00	46	48	46	67	53	54	52	44	68	69	66	43	89	79	81	46	71	72	76	27
20:30	46	47	46	66	53	53	52	44	67	69	65	43	89	79	81	45	71	71	76	27



P₁ (°C) - Barramento de entrada a 1 metro da fonte – fase A;

P₂ (°C) - Barramento de entrada a 1 metro da fonte – fase B;

P₃ (°C) - Barramento de entrada a 1 metro da fonte – fase C;

P_4 (°C) - Ponto estrela;
 P_5 (°C) - Contato do barramento de entrada com barra do TC – fase A;
 P_6 (°C) - Contato do barramento de entrada com barra do TC – fase B;
 P_7 (°C) - Contato do barramento de entrada com barra do TC – fase C;
 P_8 (°C) - Teto da tampa do compartimento dos TC's com compartimento de barras;
 P_9 (°C) - Contato inferior do disjuntor na barra do TC – fase A;
 P_{10} (°C) - Contato inferior do disjuntor na barra do TC – fase B;
 P_{11} (°C) - Contato inferior do disjuntor na barra do TC – fase C;
 P_{12} (°C) - Ambiente do compartimento do disjuntor;
 P_{13} (°C) - Contato superior do disjuntor, na barra – fase A;
 P_{14} (°C) - Contato superior do disjuntor, na barra – fase B;
 P_{15} (°C) - Contato superior do disjuntor, na barra – fase C;
 P_{16} (°C) - Teto do compartimento de barras principal;
 P_{17} (°C) - Barramento principal na conexão com a barra do disjuntor – fase A;
 P_{18} (°C) - Barramento principal na conexão com a barra do disjuntor – fase B;
 P_{19} (°C) - Barramento principal na conexão com a barra do disjuntor – fase C;
 $T_{ambiente}$ (°C) - Temperatura ambiente externa.

A elevação de temperatura calculada é a diferença entre a temperatura medida nas sondas PT-100 para cada ponto (P_n) e a temperatura ambiente ($T_{ambiente}$) registrados no mesmo instante e no término do período de realização do ensaio. A $T_{ambiente}$ foi tomada através de termômetro de mercúrio, localizado a um metro do cubículo, imerso em óleo mineral.



Fig. 03 – Cubículo no ensaio de elevação de temperatura.

Elevação de temperatura (°C) – 1º Ensaio																	
Hora	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}
18:00	27	29	28	52	32	32	31	20	50	52	48	21	81	67	69	24	58
																	57
																	62

Elevação de temperatura (°C) – 2º Ensaio																	
Hora	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}
20:30	19	20	19	39	26	26	25	17	40	42	38	16	62	52	54	18	44
																	44
																	49

Após a realização do ensaio de aquecimento foram medidos novamente os

valores de resistência ôhmica, conforme tabela a seguir:

Fases	R (mΩ)	R _{médio} (mΩ)
A	0,10234	0,10113
	0,10130	
	0,10066	
	0,09942	
	0,10195	
B	0,09251	0,09131
	0,09177	
	0,09128	
	0,09058	
	0,09040	
C	0,09030	0,08958
	0,08869	
	0,09091	
	0,08931	
	0,08867	

A variação da resistência ôhmica foi:

Variação da resistência	Fases		
	A	B	C
	-2,06 %	-0,17 %	-0,40 %

7.4. Ensaio de grau de proteção – IP-4X

O ensaio foi realizado conforme tabela 1 e 2 da NBR IEC 60529:2005 a seguir:

Contra o acesso às partes perigosas		
Primeiro numeral característico	Graus de proteção	
	Descrição sucinta	Definição
4	Protegido contra o acesso às partes perigosas com um fio	Fio de Ø 1,0 mm não deve penetrar totalmente

Contra a penetração de objetos sólidos estranhos		
Primeiro numeral característico	Graus de proteção	
	Descrição sucinta	Definição
4	Protegido contra objetos sólidos estranhos de Ø 1,0 mm e maior	O fio de Ø 1,0 mm não deve penetrar totalmente

Após as tentativas de inserção do objeto em diferentes partes do invólucro,

verificou-se o atendimento aos requisitos da respectiva norma.

7.5. Ensaio de operação mecânica

Função	Ciclo	Resultado da ação	Qtd	Situação
Operação	Inserir contator → Ligar → Desligar → Extrair	-	25	Aprovado
Intertravamento	Ligar contator → Inserir contator → Desligar contator	Contator ligado impede sua inserção com porta aberta	50	Aprovado

Ao término da realização do ensaio de operação mecânica foram medidos os valores de resistência ôhmica e comparados com os valores medidos antes do ensaio de elevação de temperatura, conforme tabela abaixo:

Fases	R (mΩ)	R _{médio} (mΩ)
A	0,10028	0,09994
	0,09897	
	0,09984	
	0,10057	
	0,10004	
B	0,09019	0,09006
	0,08926	
	0,09125	
	0,09047	
	0,08911	
C	0,08834	0,08802
	0,08924	
	0,08789	
	0,08758	
	0,08706	

A variação da resistência ôhmica foi:

Variação da resistência	Fases		
	A	B	C
	-3,22 %	-1,54 %	-2,12 %

8. REFERÊNCIAS:

- NBR IEC 62271-200:2007 – “Conjunto de manobra e controle de alta tensão Parte 200: Conjunto de manobra e controle de alta-tensão em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até e inclusive 52 kV”, ABNT, RJ;
- NBR IEC 60694:2006 – “Especificações comuns para normas de equipamentos de manobra de alta-tensão e mecanismos de comando”,

- ABNT, RJ;
- NBR 6936:1992 – “Técnicas de ensaios elétricos de alta-tensão – Procedimento”, ABNT, RJ;
 - NBR IEC 60529:2005 – “Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP)”, ABNT, RJ.

Responsável pelo ensaio:



Rafael Eduardo Werlich
Engenheiro Eletricista
CREA – SC 67.633-7