

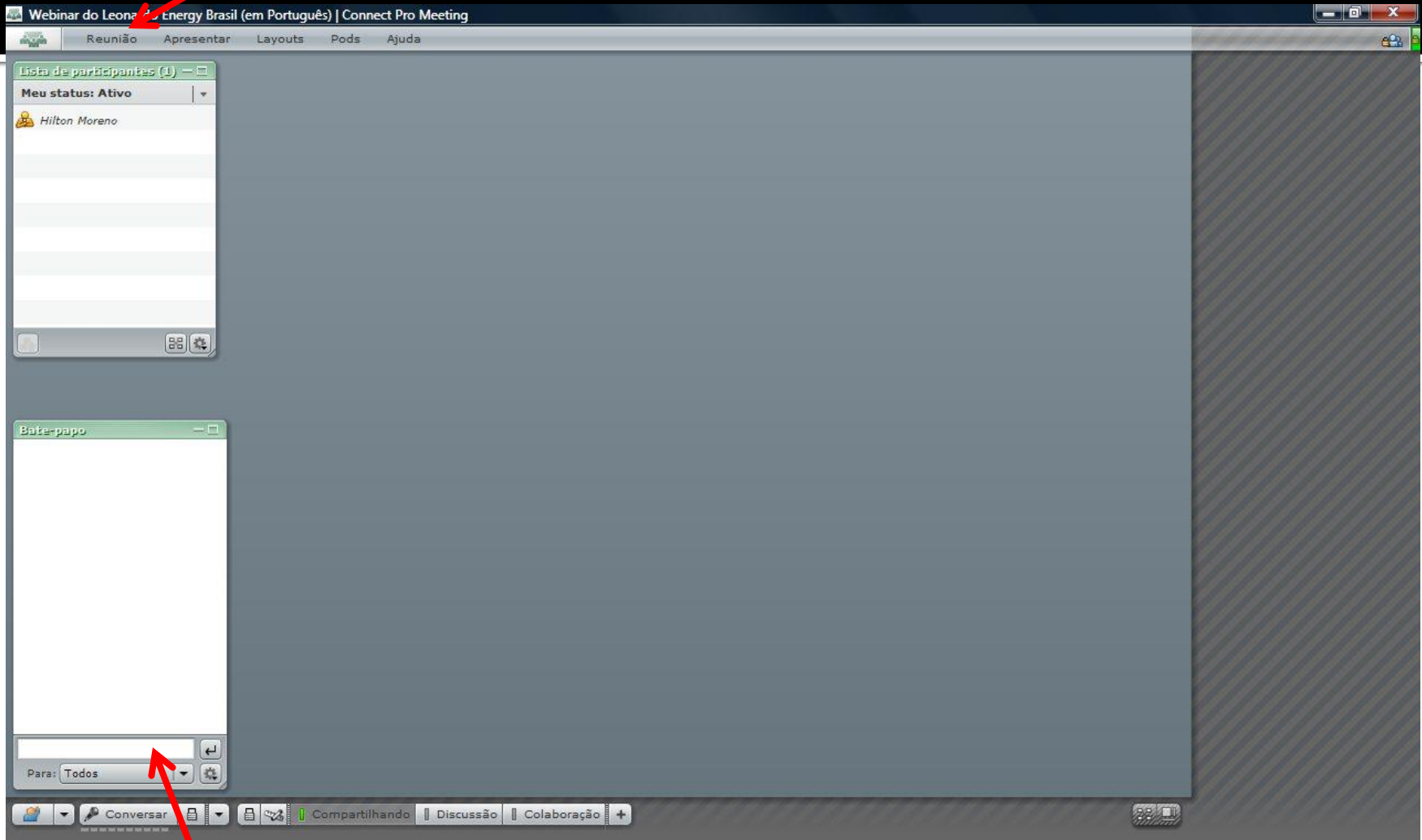


BEM-VINDO AO WEBINAR

“Dimensionamento dos condutores de fase e neutro na presença de harmônicas”

**por: Eng. Hilton Moreno
Hilton Moreno Consulting
www.hiltonmoreno.com.br**

Teste de som: Reunião → Gerenciar minhas configurações → Assistente de configuração de áudio



Área para digitar questões e comentários - respostas no final da apresentação



O PORTAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



REGRAS DO WEBINAR:

- Perguntas e/ou comentários são feitas unicamente por escrito, utilizando-se o campo apropriado;
- Perguntas e/ou comentários podem ser enviadas durante o desenvolvimento da apresentação, mas serão respondidas somente após o final da mesma;
- Pode acontecer que, dependendo do número de perguntas e do tempo disponível, algumas perguntas fiquem sem resposta durante o webinar;
- Se houver interrupção inesperada do webinar, certifique-se que sua conexão com a internet está funcionando normalmente e tente novamente a conexão;
- Não é emitido certificado de participação no webinar.



O PORTAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



PALESTRANTE:
Hilton Moreno
Eng. Eletricista
Professor
Consultor
Diretor Geral da Hilton Moreno
Consulting

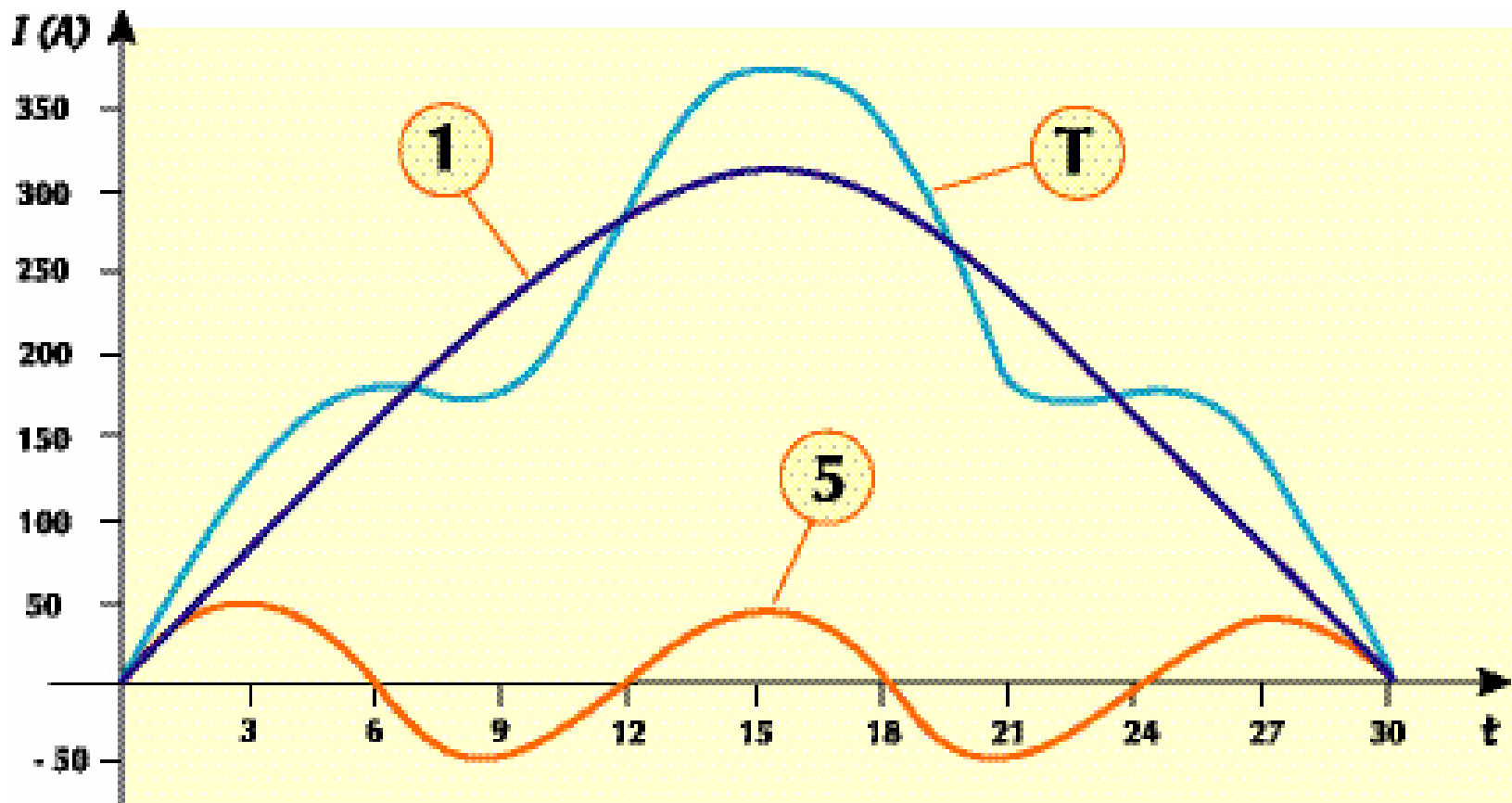


Dimensionamento dos condutores de fase e neutro na presença de harmônicas

Hilton Moreno

HILTON[®]
MORENO
CONSULTING

Definição de harmônica



SINAL 1= FUNDAMENTAL

SINAL 5= QUINTA HARMÔNICA

Etapas do dimensionamento

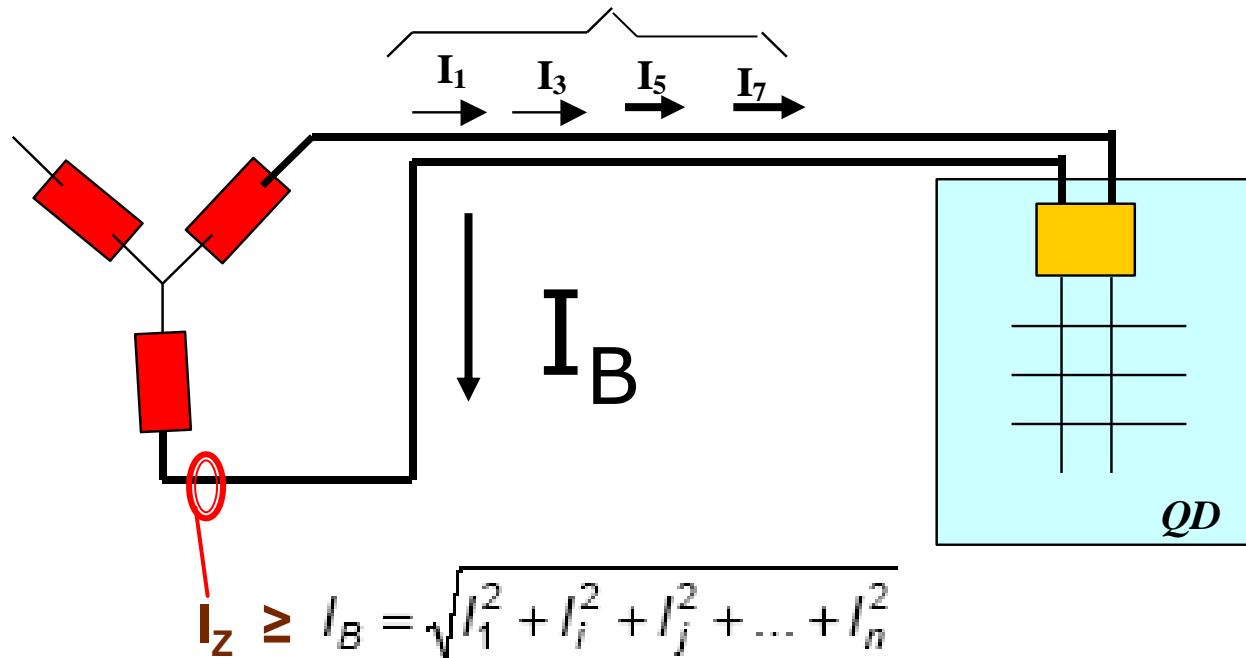
NBR 5410

- Escolha do tipo de linha elétrica (conduto + condutores)
- Determinação da corrente de projeto
- Aplicação do critério da seção mínima
- Aplicação do critério de capacidade de corrente
- Aplicação do critério de queda de tensão
- Aplicação do critério de proteção contra sobrecarga
- Aplicação do critério de proteção contra curto-circuito
- Escolha da maior seção encontrada nas aplicações dos critérios

Critério da capacidade de corrente Condutor de fase

Condutores de fase na presença de harmônicas

- 6.2.6.1.2.a - ...a capacidade de condução de corrente dos condutores de fase (I_Z) deve ser igual ou superior à corrente de projeto (I_B) do circuito, **incluindo as componentes harmônicas.**



Critério da capacidade de corrente Condutor neutro

6.2.6.2 Seção do condutor neutro - circuito 3F+N

6.2.6.2.6 $15\% \leq \text{THD}_3$ e múltiplos $\longrightarrow S_N \leq S_F$ [tab. 48]

Tabela 48 — Seção reduzida do condutor neutro¹⁾

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

¹⁾ As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.

6.2.6.2.3 $15\% < \text{THD}_3$ e múltiplos $\leq 33\%$ $\longrightarrow S_N = S_F$

6.2.6.2.5 THD_3 e múltiplos $> 33\%$ $\longrightarrow S_N \geq S_F$ [anexo F]

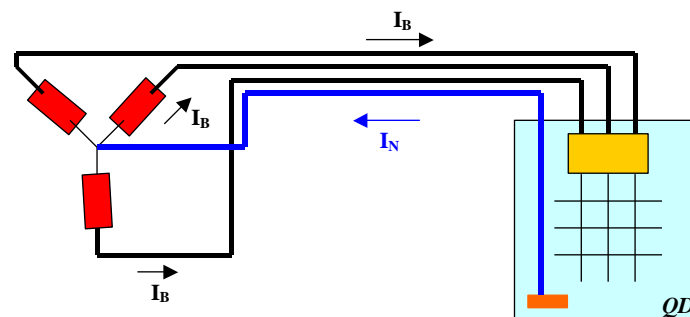
Anexo F

$$I_N = f_h I_B \longrightarrow I_B = \sqrt{I_1^2 + I_i^2 + I_j^2 + \dots + I_n^2}$$

Tabela F.1 – Fator f_h para a determinação da corrente de neutro

Taxa de 3ª harmônica	f_h	
	Circuito trifásico com neutro	Circuito com duas fases e neutro
33% a 35%	1,15	1,15
36% a 40%	1,19	1,19
41% a 45%	1,24	1,23
46% a 50%	1,35	1,27
51% a 55%	1,45	1,30
56% a 60%	1,55	1,34
61% a 65%	1,64	1,38
≥ 66%	1,73	1,41

Na falta de estimativa mais precisa

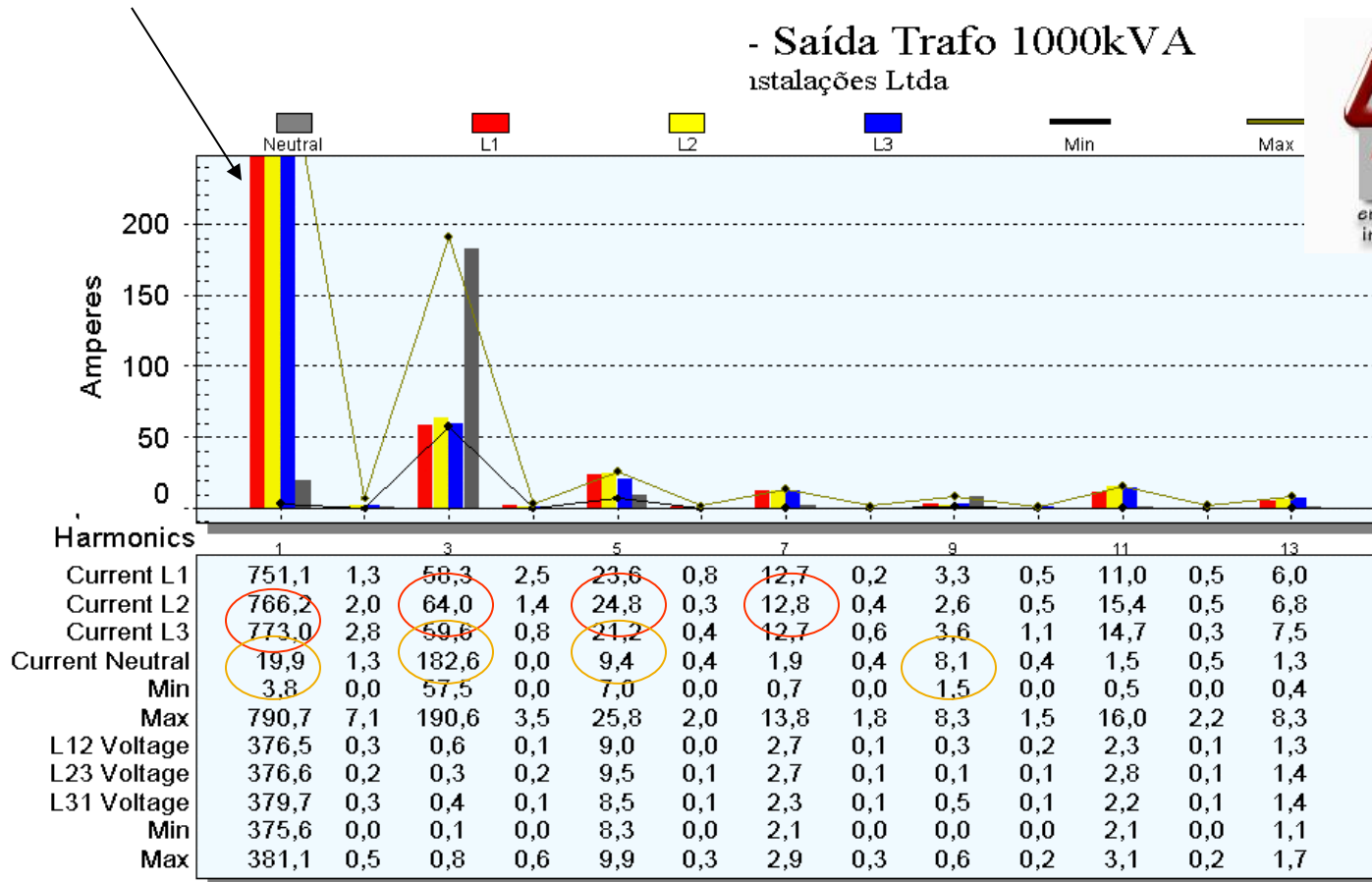


Caso 1: alimentador de QGBT

- Medição realizada nos terminais de baixa tensão de um transformador de 1000 kVA, que alimenta uma grande empresa brasileira de *call center*.
- Seja um circuito de 3 fases com neutro instalado sozinho no interior de uma bandeja, com temperatura ambiente de 30°C, onde são utilizados cabos unipolares em trifólio com isolamento em EPR.

Caso 1: alimentador de QGBT

Obs: Valor vai até 790 A



Caso 1: alimentador de QGBT

■ Condutor de fase

$$I_B = \sqrt{(773,0)^2 + (64,0)^2 + (24,8)^2 + (12,8)^2} = 776,1 \text{ A}$$

Tabela 39 da NBR 5410:2004, coluna de 3 condutores carregados, método F:

$$S_F = 400 \text{ mm}^2 (I_Z = 823 \text{ A})$$

Caso 1: alimentador de QGBT



■ Condutor neutro

$$THD_3 = 64,0 / 766,2 \times 100\% = 8,3\%$$

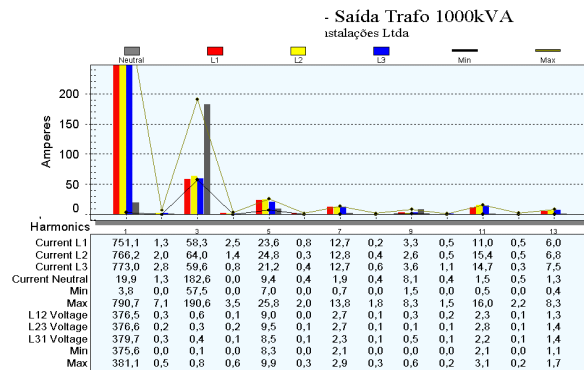
$$THD_3 < 15\%: S_N < S_F \text{ [Tab 48]}$$

$$S_N = 185 \text{ mm}^2 (I_Z = 510 \text{ A})$$

Tabela 48 — Seção reduzida do condutor neutro¹⁾

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
S ≤ 25	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

¹⁾ As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.

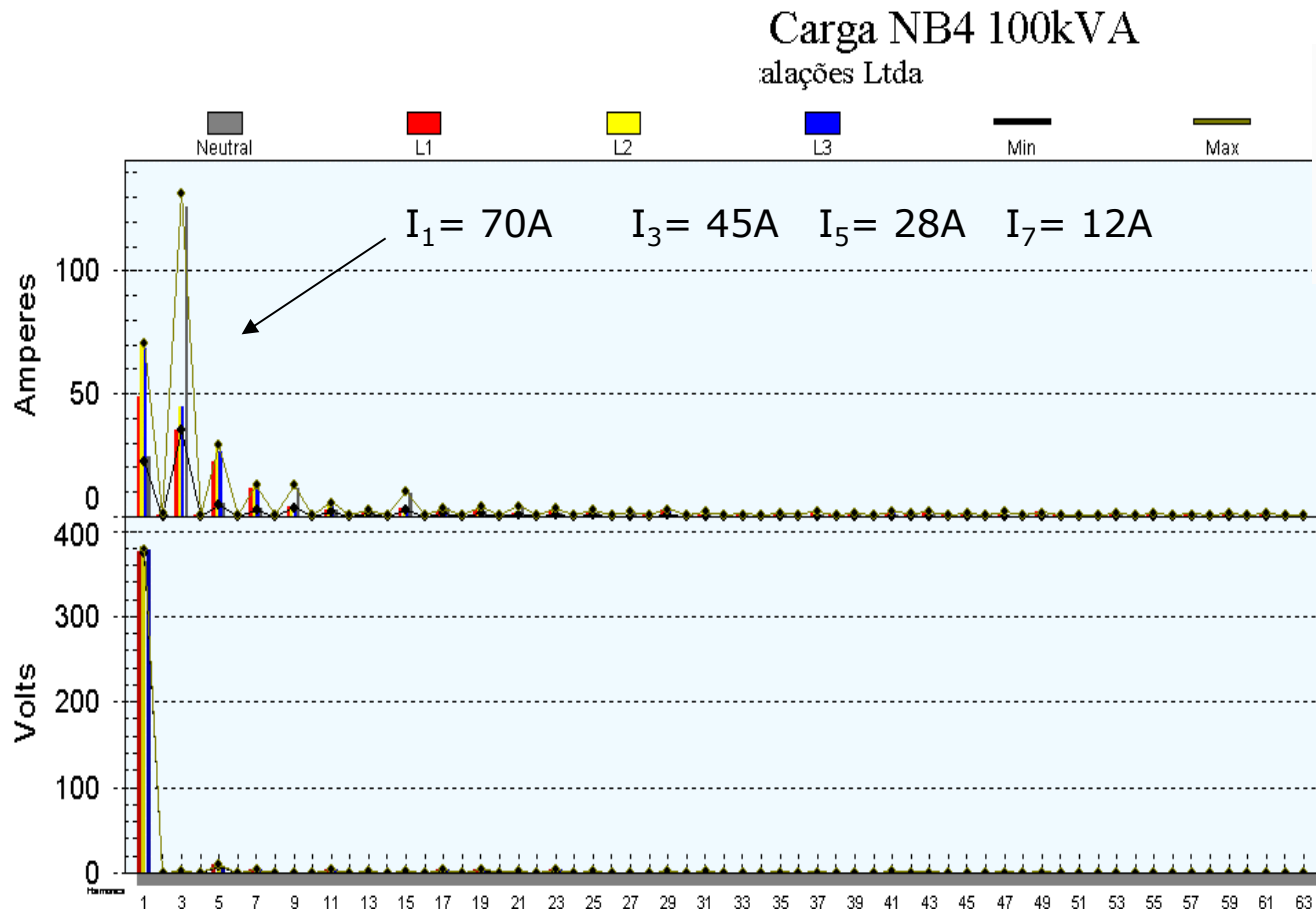


Caso 2: alimentador de nobreak

- Medição realizada nos terminais de nobreak de 100 kVA - 3f - 220/380 V.
- Seja um circuito de 3 fases com neutro instalado sozinho no interior de uma bandeja, com temperatura ambiente de 30°C, onde são utilizados cabos unipolares em trifólio com isolação em EPR.

Caso 2: alimentador de nobreak

- Condutor de fase



Caso 2: alimentador de nobreak

- Condutor de fase

$$I_B = \sqrt{(70)^2 + (45)^2 + (28)^2 + (12)^2} = 88,6 \text{ A}$$

$$\text{THD}_3 = 45 / 70 \times 100\% = 64,3\%$$

6.2.5.6.1: $\text{THD}_3 > 15\%$ - considerar 4 condutores carregados:

$$f = 0,86$$

$$I'_B = 88,6 / 0,86 = 103 \text{ A}$$

Tabela 39 da NBR 5410:2004, coluna de 3 condutores carregados,
método F: $S_F = 25 \text{ mm}^2$ ($I_Z = 135 \text{ A}$)

Caso 2: alimentador de nobreak

- Condutor neutro

$$\text{THD}_3 = 45 / 70 \times 100\% = 64,3\%$$

$\text{THD}_3 > 33\%$: $S_N > S_F$ [Anexo F]

$$I_N = f_h I_B$$

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + I_i^2 + I_j^2 + \dots + I_n^2}$$

Tabela F.1 – Fator f_h para a determinação da corrente de neutro

Taxa de 3ª harmônica	f_h	
	Circuito trifásico com neutro	Circuito com duas fases e neutro
33% a 35%	1,15	1,15
36% a 40%	1,19	1,19
41% a 45%	1,24	1,23
46% a 50%	1,35	1,27
51% a 55%	1,45	1,30
56% a 60%	1,55	1,34
61% a 65%	1,64	1,38
≥ 66%	1,73	1,41

Caso 2: alimentador de nobreak

$$I_N = 1,64 \times 88,6 = 145 \text{ A}$$

Com 145 A, Tabela 39 da NBR 5410:2004, coluna de 3 condutores carregados, método F:

$$S_N = 35 \text{ mm}^2 (I_Z = 169 \text{ A})$$

Resumo dos casos



	S_{fase}	S_{neutro}
Caso 1	# 400	# 185
Caso 2	# 25	# 35

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico



THDs de tensão e corrente em lâmpadas incandescentes

Nº.	Fabricante/tipo	Potência (W)	THD (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo clara	40	4,01	3,67
2	Fabricante 2 – tipo clara	40	3,91	3,95
3	Fabricante 3 – tipo bulbo translúcido	60	3,76	3,64
4	Fabricante 4 – tipo cristal	100	3,22	3,15
5	Fabricante 1 – tipo bulbo translúcido	100	3,76	3,66

THDs de lâmpadas (100 W) incandescentes dimerizadas

Nº.	Fabricante/tipo	Iluminamento em 75%		Iluminamento em 25%	
		THD (%)		THD (%)	
		V	I	V	I
1	Fabricante 1 – tipo rotativo	3,40	26,62	3,29	78,03
2	Fabricante 2 – tipo deslizante	3,87	37,86	4,10	16,72
3	Fabricante 2 – tipo rotativo	4,24	33,74	3,94	74,86

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricitista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico



THDs de Lâmpadas Fluorescentes Compactas

Nº.	Fabricante/tipo	Potência (W)	THD (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	5	3,91	103,05
2	Fabricante 2 – tipo 1	11	4,11	89,58
3	Fabricante 3 – tipo 1	15	4,36	105,09
4	Fabricante 4 – tipo 1	15	4,21	111,21
5	Fabricante 5 – tipo 1	15	4,30	133,30
6	Fabricante 6 – tipo 1	18	4,40	126,94
7	Fabricante 5 – tipo 2	25	4,21	114,96

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricitista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico



THDs de lâmpadas fluorescentes convencionais com reatores eletromagnéticos

Nº.	Fabricante/tipo	Lâmpadas	THD (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	1 x 20W	4,09	5,45
2	Fabricante 2 – tipo 1	1 x 40W	4,30	11,25
3	Fabricante 1 – tipo 2	1 x 40W	4,00	12,30
4	Fabricante 1 – tipo 3	1 x 40W	4,19	12,20
5	Fabricante 2 – tipo 2	2 x 20W	4,01	11,70

Tabela 5

THDs de lâmpadas fluorescentes convencionais com reatores eletrônicos

Nº.	Fabricante/tipo	Lâmpadas	THD (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	1 x 20W	4,16	131,83
2	Fabricante 1 – tipo 2	1 x 40W	4,31	125,86
3	Fabricante 2 – tipo 1	1 x 40W	4,23	103,88
4	Fabricante 2 – tipo 2	2 x 40W	4,37	15,78

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico



THDs de aparelhos eletrônicos

Nº.	Aparelho/fabricante	THD (%)	
		V	I
Computador			
7	Pentium 4 – 3 GHz – monitor 17"	5,28	94,42
Televisão			
5	Fabricante 5 - 20"	1,69	136,17
Aparelho de som			
2	Fabricante 2	1,27	61,18
Impressora a laser			
1	Fabricante 1	3,47	111,6
Laptop			
1	Pentium 4 – 3 GHz - 15"	3,04	10,00
Rádio relógio			
1	Fabricante 1	3,37	51,03
Telefone sem fio			
3	Fabricante 3	1,61	37,84
Videocassete			
1	Fabricante 1	3,28	135,23
Videogame			
2	Fabricante 2	4,01	56,92

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico



THDs de condicionadores de ar

Nº.	Fabricante/tipo	BTU	Resfriar		Ventilar	
			THD (%)		THD (%)	
			V	I	V	I
9	Fabricante 1 - tipo 3	21000	1,15	17,31	1,10	7,87

THDs de aparelhos refrigeradores

Nº.	Aparelho/fabricante	THD (%)	
		V	I
Geladeira			
3	Fabricante 1 - tipo 3 (1 porta)	4,10	15,80
Freezer			
2	Fabricante 2	2,61	14,47
Frigobar			
1	Fabricante 1	1,28	7,20
Bebedouro			
2	Fabricante 2	1,25	7,99

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico

THDs de eletrodomésticos baseados em motores

Nº.	Aparelho/fabricante	THD (%)	
		V	I
Aspirador de pó			
1	Fabricante 1	4,07	22,68
Batedeira			
1	Fabricante 1	4,16	5,62
Circulador de ar			
1	Fabricante 1	2,80	3,80
Enceradeira			
1	Fabricante 1	3,11	11,26
Espremedor de laranja			
1	Fabricante 1	3,76	10,16
Exaustor de fogão			
1	Fabricante 1	3,32	7,8
Liquidificador			
2	Fabricante 2	2,51	16,85
Lavadora de roupas			
2	Fabricante 2	3,26	17,06
Tanquinho			
1	Fabricante 1	1,75	8,98
Ventilador de teto			
1	Fabricante 1	4,20	4,21
Ventilador pequeno			
3	Fabricante 3	5,32	5,49

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico



Consumidores residenciais

Nº.	Consumo médio (kWh/mês)	I _{eficaz} médio (A)			THD _I -médio (%)			THD _V - médio (%)		
		I _a	I _b	I _c	I _a	I _b	I _c	V _a	V _b	V _c
1	Baixo - 89	1,28			7,62			1,61		
3	Médio 1 - 212	1,93			23,54			1,32		
3	Médio 2 - 296	2,61			11,92			1,46		
4	Alto - 690	I _a	I _b	I _c	I _a	I _b	I _c	V _a	V _b	V _c
		3,17	3,35	1,04	5,52	13,70	61,51	1,24	1,42	1,66

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricitista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico



Consumidores comerciais

N°	Ramo de atuação	I _{eficaz} médio (A)		THD _I -médio (%)			THD _V - médio (%)			
		I _a	I _b	I _a	I _b	V _a	V _b			
1	Escritório administrativo	15,30	1,89	10,69	6,04	3,01	2,51			
2	Bar	9,42	7,44	6,91	4,84	1,52	2,35			
3	Contabilidade	15,17	20,17	6,47	15,05	2,68	2,67			
4	Curso de informática	7,57	8,47	84,17	79,09	1,52	1,45			
5	Escritório de jornalismo	4,52	4,54	30,39	28,27	1,50	1,17			
6	Salão de beleza	15,14	13,81	9,81	26,03	1,97	2,36			
7	Seguradora	15,14	13,81	9,81	26,03	1,97	2,36			
8	Venda de bijuterias	14,36	25,54	28,90	28,23	1,96	1,83			
10	Venda de cosméticos	7,23	11,13	27,78	44,12	2,08	1,55			
11	Venda de roupas	4,02	0,89	8,75	67,14	1,35	1,97			
-		I _{eficaz} média (A)			THD _I -médio (%)			THD _V -médio (%)		
		I _a	I _b	I _c	I _a	I _b	I _c	V _a	V _b	V _c
12	Agência de turismo	13,60	13,90	10,70	5,72	10,62	53,31	1,47	2,35	2,00
13	Escritório de advogados	13,79	14,53	19,38	31,34	7,76	17,14	3,36	3,10	2,89

Fonte de dados: Igor Amariz Pires

engenheiro eletricista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.

Publicado na Revista O Setor Elétrico



Transformadores

Nº.	I_{eficaz} médio (A)				THD_I-médio (%)				THD_V - médio (%)		
	I_a	I_b	I_c	I_n	I_a	I_b	I_c	I_n	V_a	V_b	V_c
1	38,58	43,08	45,88	17,60	7,48	8,33	8,24	26,90	1,21	1,07	1,33
2	76,81	100,41	82,41	35,89	9,65	8,35	8,34	51,63	1,84	1,75	1,83
3	103,65	128,49	97,69	35,59	10,14	6,48	6,00	55,22	1,85	1,82	1,77
4	169,32	138,50	193,71	55,73	14,20	13,69	20,35	165,35	1,67	1,51	1,54

1. Transformador de consumidores residenciais (45 kVA)
2. Transformador de consumidores residenciais e comerciais (75 kVA)
3. Transformador de consumidores residenciais e comerciais (112,5 kVA)
4. Transformador de consumidores comerciais (225 kVA)

- A NBR 5410 apresenta prescrições adequadas que permitem considerar a presença de harmônicas no dimensionamento de condutores elétricos de baixa tensão;
- A aplicação das prescrições de dimensionamento da norma em instalações existentes, a partir de medições de campo, é fácil;
- A aplicação das prescrições de dimensionamento da norma na etapa do projeto elétrico é difícil, pois os profissionais não dispõem dos espectros harmônicos das cargas;
- Os fabricantes, a academia e as concessionárias poderiam ajudar muito os projetistas de instalações BT na medida em que promovam a divulgação de espectros harmônicos.

Muito obrigado!

Hilton Moreno
www.hiltonmoreno.com.br

