

Joan Francisco Alvarez Burgos

**Repotencialização em Subestações de Alta Tensão
Utilizando Módulos de Manobra Híbridos
Compactos**

Florianópolis, SC-Brasil

7 de setembro de 2016

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Motivação	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Metodologia	4
1.4	Contexto histórico	4
2	EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES	5
2.1	Para-Raios	5
2.2	Muflas e Terminações	6
2.3	Condutores	6
2.4	Transformador de Corrente (TC)	6
2.4.1	Características construtivas	6
2.4.1.1	Formas Construtivas	7
2.4.1.2	Tipos de isolamento	11
2.4.2	Características Elétricas	11
2.4.2.1	Correntes Nominais	14
2.4.2.2	Cargas Nominais	14
2.4.2.3	Fator de Sobrecorrente	14
2.4.2.4	Corrente de Magnetização	14
2.4.2.5	Tensão Secundária	14
2.4.2.6	Fator Térmico Nominal	14
2.4.2.7	Corrente Térmica Nominal	14
2.4.2.8	Fator Térmico de Curto-circuito	14
2.4.2.9	Corrente Dinâmica Nominal	14
2.4.2.10	Tensão Suportável à Frequência Industrial	14
2.4.2.11	Polaridade	14
2.4.3	Classificação	14
2.4.3.1	TCs para serviço de medição	14
2.4.3.1.1	Fator de sobrecorrente	14
2.4.3.2	TCs para serviço de proteção	15
2.5	Transformador de Potencial (TP)	15

2.6	Chave seccionadora	15
2.7	Painéis	15
2.8	Disjuntor	15
2.9	Transformador de Potência	15
2.10	Capacitores de Potência	15
2.11	Resistores de Aterramento	15
2.12	Reguladores de Tensão	15
2.13	Religadores Automáticos	15
2.14	Relés	15
3	PROJETO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO .	17
4	PROBLEMÁTICA DA DEMANDA DE CARGA DA SUBESTAÇÃO CAMBORIÚ (CBU) – SC	19
5	SOLUÇÃO DE AMPLIAÇÃO PARA A SUBESTAÇÃO CAMBORIÚ	21
6	COMO É FEITO EM OUTRAS PARTES DO MUNDO	23
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O estudo de caso consiste na ampliação da Subestação Camboriú de responsabilidade das Centrais Elétricas de Santa Catarina – Celesc que opera em plena carga de 30MVA segundo dados do Centro de Operação do Sistema Elétrico da Celesc desde final de 2013.

1.1 MOTIVAÇÃO

O acadêmico teve a possibilidade de realizar o programa de estágio na empresa Celesc Distribuição S.A. na Divisão de Subestações que possibilitou o contato com projetos de todo o estado de Santa Catarina.

Com o crescente aumento da demanda no município de Balneário Camboriú e os desligamentos acidentais de energia no verão de 2013/2014 visto que a população pode variar de 100 mil habitantes para expressivos 1 milhão nas festas de fim de ano.

A nova tecnologia de Módulo de Manobra Híbridos Compactos que integram dentro de si diversos equipamentos como: disjuntor, seccionadoras, chaves de aterramento, terminais de vedação de cabos, interruptores de chaveamento rápidos e TPs, exceto TCs do tipo anel e dito híbridos, pois combinam as tecnologias de extinção de arco como Air Insulated System (AIS) e Gas Insulated System (GIS) que utiliza gás SF_6 trazendo assim o que tem de melhor das duas tecnologias para confiabilidade e robustez do sistema.

Somando que esta tecnologia tem sido implantada em subestações compactas com tecnologia RDS na Subestação Bombinhas e em subestações abrigadas como a Subestação Agrônômica.

1.2 OBJETIVOS

O projeto visa estudar a implantação e execução do projeto já realizado pela Departamento de Planejamento, enumeração e função de componentes da subestação e principalmente estudar a solução que foi lançada com o objetivo de ampliar de 30MVA para 75MVA até final de 2016 e possibilidade de ampliação futura para até 160MVA utilizando o mesmo pátio de manobra,

ou seja, utilizando o mesmo terreno que encontra se sem espaço físico para abrigar mais equipamentos que não sejam compactos.

1.3 METODOLOGIA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

1.4 CONTEXTO HISTÓRICO

2 EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES

Inicialmente para melhor elucidar o trabalho proposto faz-se necessário uma descrição inicial do que é uma subestação e a enumeração dos seus principais equipamentos que a compõe. Somente no [Capítulo 3](#) se fará uma descrição da maneira como esses equipamentos podem ser arranjados para melhor confiabilidade do sistema.

SUBESTAÇÃO

Uma Subestação é um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos destinados a modificar as características da energia elétrica de tensão e corrente, permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização. [\(FILHO, 2007\)](#)

2.1 PARA-RAIOS

O para-raios (mostrado na [Figura 1a](#)) é um equipamento de proteção principalmente constituído por uma série de varistores¹ de alta potência colocados em série, projetado para reduzir o nível dos surtos de sobretensão a valores compatíveis com a suportabilidade desses sistemas provenientes principalmente de descargas atmosféricas.

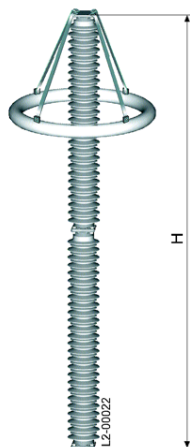
Os para-raios utilizam a propriedade de não linearidade dos elementos que são fabricados para conduzir a corrente de descarga associados às tensões induzidas nas redes, em seguida interromper as correntes subsequentes e conduzi-las à terra.

Estes são construídos por meio da escolha de dos materiais: o carbonato de silício (SiC) ou óxido de zinco (ZnO).



¹ Um componente elétrico que varia sua resistência conforme a tensão aplicada [\(MILLMAN, 1983, p. 413\)](#)

Figura 1 – Para-raios e sua placa de identificação

(a) Para-raio de Potência



(b) Placa de identificação

 SIEMENS 			
PARA-RAIOS DE ÓXIDO DE ZINCO		3EL2 120-2PM31-4NA1	
Tensão Nominal	120 kV	Número de série	(*)
Max. TOC	96 kV	ano de fabricação	2008
Nível básico de impulso	650 kV	Massa total da unidade completa	36,0 kg
Frequência Nominal	60 Hz	Corrente suportável sob falta	65 kA/0,2s
Tensão de Referência	117...139 kV	Corrente nominal descarga (8/20µs)	10 kA(pico)
Classe de descarga na linha	3	Norma técnica de projeto e ano de sua Edição IEC 60099-4, Ed 1.2, 2001-12	
Tensão residual com 10 kA, 1/2µs		305 kV	
Tensão residual com 10 kA, 8/20µs		288 kV	
Tensão residual com 1 kA, 30/60µs		236 kV	
Número do CONTRATO		*	
Número do Manual de Instrução		928 00047 179	
MADE IN GERMANY			

2.2 MUFLAS E TERMINAÇÕES

2.3 CONDUTORES

2.4 TRANSFORMADOR DE CORRENTE (TC)

Um transformador de corrente ou simplesmente TC é um dispositivo que reproduz no seu circuito secundário, a corrente que circula em um enrolamento primário com sua posição vetorial substancialmente mantida, em uma proporção definida, conhecida e adequada. Os transformadores de corrente, também chamados de transformadores de instrumentos, utilizados em aplicações de alta tensão (situações essas onde circulam, frequentemente, altas correntes), fornecem correntes suficientemente reduzidas e isoladas do circuito primário de forma a possibilitar o seu uso por equipamentos de medição, controle e proteção.(FILHO, 2013)

2.4.1 Características construtivas

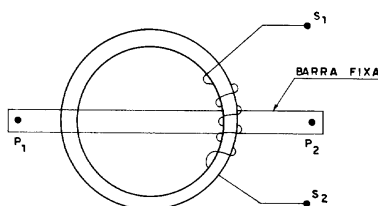
A seguir apresenta-se as diferentes formas para diferentes usos do TC.

2.4.1.1 Formas Construtivas

a) TC tipo barra

É aquele cujo enrolamento é constituído por uma barra fixada através do núcleo do transformador, conforme mostrado na [Figura 2](#).

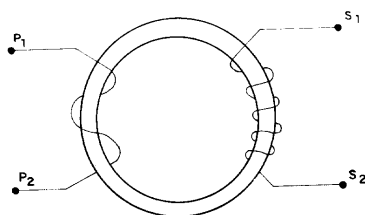
Figura 2 – TC tipo barra



b) TC tipo enrolado

É aquele cujo enrolamento é constituído de uma ou mais espiras envolvendo o núcleo do transformador, conforme ilustrado na [Figura 3](#).

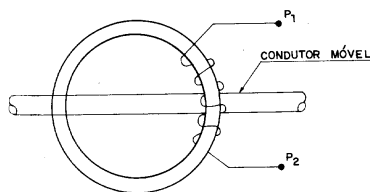
Figura 3 – TC tipo enrolado



c) TC tipo janela

É aquele que não possui o primário fixo no transformador e é constituído de uma abertura através do núcleo, por onde passa o condutor que forma o circuito primário, conforme apresenta na [Figura 4](#).

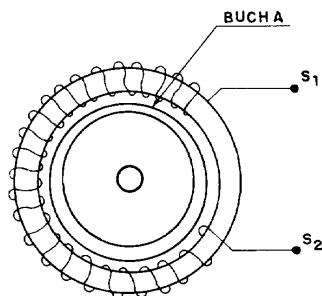
Figura 4 – TC tipo janela



d) TC tipo bucha

É aquele cuja características são semelhantes às do tc do tipo barra, porém sua instalação é feita na bucha dos equipamentos, que funcionam como enrolamento primário, de acordo com a [Figura 5](#).

Figura 5 – TC tipo bucha



e) TC tipo núcleo dividido

É aquele cujas características são semelhantes às do tipo janela, em que o núcleo pode ser separado para permitir envolver o condutor que funciona como enrolamento primário, conforme se mostra na [Figura 6](#).

f) TC tipo vários enrolamentos primários

É aquele constituído de vários enrolamentos primários montados isoladamente e apenas um enrolamento secundário, conforme a [Figura 7](#).

Figura 6 – TC tipo núcleo dividido

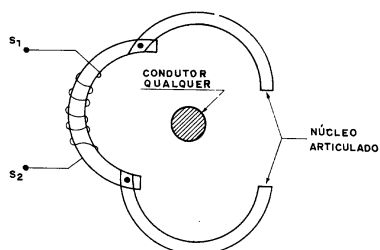
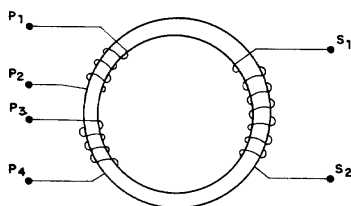


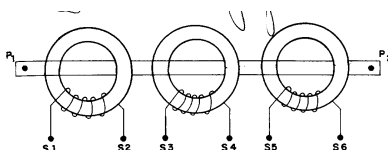
Figura 7 – TC tipo vários enrolamentos primários



g) TC tipo vários núcleos secundários

É aquele constituído de dois ou mais núcleos secundários montados isoladamente formando com o enrolamento primário, um só conjunto, conforme se mostra na [Figura 8](#).

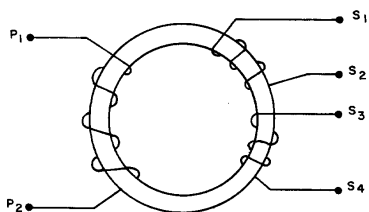
Figura 8 – TC tipo vários núcleos secundários



h) TC tipo vários enrolamentos secundários

É aquele constituído de um núcleo envolvido pelo enrolamento primário e vários enrolamentos secundários, conforme se mostra na [Figura 9](#), e que podem ser ligados em série ou paralelo.

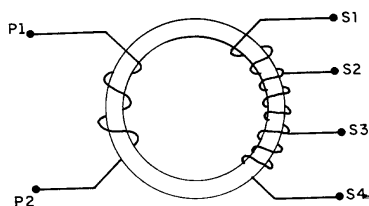
Figura 9 – TC tipo vários enrolamentos secundários



i) TC tipo derivação no secundário

É aquele constituído de um único núcleo envolvido pelo enrolamentos primário e secundário, sendo este promovido de uma ou mais derivações. Entretanto, o primário pode ser constituído de um ou mais enrolamentos, conforme se mostra na [Figura 7](#). Como os ampères-espiras variam em cada relação de transformadores considerada, somente é garantida a classe de exatidão do equipamento para a derivação que contiver o maior número de espiras. A versão desse tipo de TC é apresentada na [Figura 10](#).

Figura 10 – TC tipo derivação no secundário



j) TC de barra do tipo relação múltiplas com primário em várias seções

É aquele constituído de múltiplas barras no primário que podem ser ligadas em série-paralelo formando múltiplas relações.

2.4.1.2 Tipos de isolamento

a) TCs de baixa tensão

Os núcleo e os enrolamentos são encapsulados em resina epóxi que os torna rígidos, tornando-os compactos com características eletromecânicas de grande desempenho. Porém o epóxi tem a desvantagem de ser descartável depois de uma falha interna não sendo possível sua recuperação.

b) TCs de média e alta tensão

Para a média tensão o isolamento pode ser em resinas sintéticas e a óleo mineral isolante, geralmente imerso num tanque metálico cheio de óleo. Agora os terminais constituídos por isoladores de porcelana.

Para a alta tensão é usado porcelana-óleo e a hexafluoreto de enxofre (SF_6).

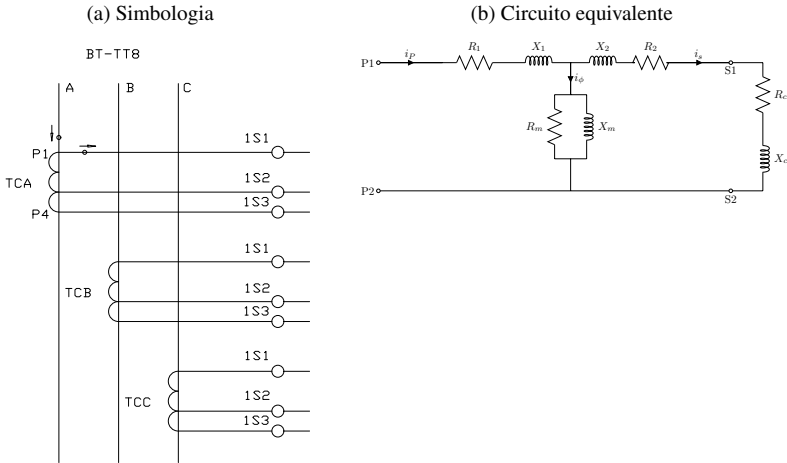
2.4.2 Características Elétricas

O circuito equivalente padrão dos transformadores de corrente mostra os terminais primários de alta tensão P1 e P2 e os terminais secundários S1 e S2, como visto na [Figura 11b](#).

O ponto para transformadores com polaridade aditiva, mostrado na [Figura 11a](#) indica onde entra a corrente no primário e onde sai a corrente no secundário (defasagem de 180°). Modelos industriais de TC's têm os terminais de alta tensão marcados como P1 e P2 (Primário 1 e Primário 2), sendo que em muitos casos pode haver diferentes ligações do circuito primário com diferente relação de transformação. Os terminais secundários são marcados como 1S1, 1S2, 1S3, indicando respectivamente o número do enrolamento, o símbolo de terminal secundário (s) e o número da derivação do terminal secundário. Na [Figura 11a](#) é mostrado a simbologia de três TC's nas fases A, B e C da baixa tensão de um transformador.

O circuito equivalente, de modo geral, para um transformador de corrente pode ser modelado como no esquema da [Figura 11b](#). Onde as resistências e as reatâncias com índice 1 são relativas ao primário, as com índice 2 são

Figura 11 – Simbologia e circuito equivalente simplificado do TC



Fonte: Do autor

relativas ao secundário e o núcleo de ferro do acoplamento magnético representado com o índice m onde o R_m representa as perdas ôhmicas através das correntes de histerese e de Foulcault e X_m responsável pela corrente reativa devida à circulação das linhas de fluxo do circuitos magnético. (FILHO, 2013)

Pela Figura 11b pode-se entender que a uma corrente I_p absorvida da rede provoca uma queda de tensão no primário, ensiguida é transmitida ao secundário que alimenta a bobina secundária e a bobina do galvanômetro (ou medidor digital) representado pela impedância $Z_c = R_c + iX_c$. As perdas do núcleo por meio da corrente I_ϕ determinam o erro de medição, com isto é possível calcular a corrente do secundário por $I_s = I_p - I_\phi$.

Figura 12 – Foto de um Transformador de Corrente



Fonte: Do autor

2.4.2.1 Correntes Nominais**2.4.2.2 Cargas Nominais****2.4.2.3 Fator de Sobrecorrente****2.4.2.4 Corrente de Magnetização****2.4.2.5 Tensão Secundária****2.4.2.6 Fator Térmico Nominal****2.4.2.7 Corrente Térmica Nominal****2.4.2.8 Fator Térmico de Curto-circuito****2.4.2.9 Corrente Dinâmica Nominal****2.4.2.10 Tensão Suportável à Frequência Industrial****2.4.2.11 Polaridade****2.4.3 Classificação****2.4.3.1 TCs para serviço de medição**

São os transformadores cuja função é medir, requer reproduzir fielmente a magnitude e o ângulo de fase da corrente, sua precisão deve ser garantida desde uma pequena fração de corrente nominal da ordem de 10% até o excesso de corrente da ordem de 20%, sobre o valor nominal.(MEZA, 2014)

2.4.3.1.1 Fator de sobrecorrente

Além de representar uma elevada segurança aos operadores e leituristas, os TCs têm a finalidade de proteger os instrumentos de medida contra sobrecargas ou sobrecorrentes de valores muito elevados. Isto é possível, porque o seu núcleo é especificado para entrar em saturação para correntes superiores à corrente nominal vezes o fator de sobrecorrente, conforme se pode mostrar na Equação 2.1.

$$F_s = \frac{I_{ps}}{I_{np}} \quad (2.1)$$

2.4.3.2 TCs para serviço de proteção

São os transformadores cuja função é proteger um circuito, requer conservar sua fidelidade até um valor de vinte vezes a magnitude de corrente nominal, quando trata-se de grande redes com altas correntes poder ser necessário requerer trinta vezes a corrente nominal.

No caso dos relés de sobrecorrente, só importa a relação de transformação, mas em outros tipos de relés, como pode ser os de impedância, é requerido além da relação de transformação, manter o erro do ângulo de fase dentro dos valores predeterminados.(MEZA, 2014)

2.5 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)

2.6 CHAVE SECCIONADORA

2.7 PAINÉIS

2.8 DISJUNTOR

2.9 TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

2.10 CAPACITORES DE POTÊNCIA

2.11 RESISTORES DE ATERRAMENTO

2.12 REGULADORES DE TENSÃO

2.13 RELIGADORES AUTOMÁTICOS

2.14 RELÉS

3 PROJETO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam

facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

4 PROBLEMÁTICA DA DEMANDA DE CARGA DA SUBESTAÇÃO CAMBORIÚ (CBU) – SC

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing

elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

5 SOLUÇÃO DE AMPLIAÇÃO PARA A SUBESTAÇÃO CAMBO-RIÚ

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing

elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

6 COMO É FEITO EM OUTRAS PARTES DO MUNDO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam

facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

CONCLUSÃO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam

facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

REFERÊNCIAS

FILHO, J. M. *Instalacoes eletricas industriais*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 914 p. ISBN 9788521615200. 5

FILHO, J. M. *Manual de Equipamentos Elétricos*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 685 p. ISBN 9788521622116. 6, 12

MEZA, O. R. J. *Subestaciones Eléctricas: Transformadores de instrumento*. 1. ed. Nuevo León, Mexico, 2014. 43 p. Apostila. Disponível em: <http://gama.fime.uanl.mx/~omeza/>. 14, 15

MILLMAN, S. A history of engineering and science in the bell system, physical science. In: _____. 1. ed. University of Michigan: ATandT Bell Laboratories, 1983. cap. 11, p. 413. ISBN 0932764037. Disponível em: <http://etler.com/docs/Books/History/Physical/>. 5