

Joan Francisco Alvarez Burgos

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

Florianópolis, SC-Brasil

14 de abril de 2016

Joan Francisco Alvarez Burgos

**REPOTENCIALIZAÇÃO EM SUBESTAÇÕES DE ALTA
TENSÃO UTILIZANDO MÓDULOS DE MANOBRA
HÍBRIDOS COMPACTOS**

Monografia submetida ao Programa de
Graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para aprovação na disci-
plina EEL7890 – Trabalho de Conclu-
são de Curso (TCC).

Orientador: Maurício Valencia Ferreira
da Luz

Florianópolis, SC-Brasil

14 de abril de 2016

Alvarez Burgos, Joan Francisco

Repotencialização em Subestações de Alta Tensão Utilizando Módulos de Manobra Híbridos Compactos : / Joan Francisco Alvarez Burgos; orientador, Maurício Valencia Ferreira da Luz. - Florianópolis, SC-Brasil 2016.

81 p.

- Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico - CTC.
Programa de Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui Referências

1.Subestações. 2.Sistemas de Potência. 3.Instalações Elétricas.
4.Orçamentos. I. Ferreira da Luz, Maurício Valencia . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Graduação em
Engenharia Elétrica. II. Repotencialização em Subestações de Alta Tensão
Utilizando Módulos de Manobra Híbridos Compactos.

Joan Francisco Alvarez Burgos

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

Esta Monografia foi julgada no contexto da disciplina EEL7890 – Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), e aprovado em sua forma final pelo Programa de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, SC-Brasil, 14 de abril de 2016

Prof. Dr. Eng. Renato Lucas Pacheco

Coordenador de Graduação

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eng. Maurício Valencia Ferreira da Luz

Orientador

Professor

Convidado 1

Professor

Convidado 2

Este trabalho é dedicado à minha família que foram tão compreensíveis e me deram tanto apoio nos momentos difíceis da jornada da graduação

AGRADECIMENTOS

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.

“ O homem disse que tinha de ir embora – antes queria me ensinar uma coisa muito importante: – Você quer conhecer o segredo de ser um menino feliz para o resto da sua vida?

– Quero – Respondi.

O segredo se resume em três palavras, que ele pronunciou com intensidade, mãos nos meus ombros e olhos nos meus olhos:

– Pense nos outros.”

Fernando Sabino

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Para-raios e sua placa de identificação	24
Figura 2 – TC tipo barra	25
Figura 3 – TC tipo enrolado	25
Figura 4 – TC tipo janela	26
Figura 5 – TC tipo bucha	26
Figura 6 – TC tipo núcleo dividido	27
Figura 7 – TC tipo vários enrolamentos primários	27
Figura 8 – TC tipo vários núcleos secundários	27
Figura 9 – TC tipo vários enrolamentos secundários	28
Figura 10 – TC tipo derivação no secundário	28
Figura 11 – Simbologia e circuito equivalente simplificado do TC . .	30
Figura 12 – Placa de identificação de um TC utilizado no barramento de 138 kV	31
Figura 13 – Foto de um Transformador de Corrente	32
Figura 14 – Identificação das partes de um TP	33
Figura 15 – Tipos construtivos de chaves seccionadoras	35
Figura 16 – Vistas dos painéis da casa de comando	36
Figura 17 – Disjuntor Siemens a SF6 modelo 3AP1 FG junto a sua placa de identificação	38
Figura 18 – Princípio básico de um transformador	39
Figura 19 – Tipos de enrolamentos de transformadores de potência .	40
Figura 20 – Tipos de ligação dos enrolamentos de um transformador de potência	41
Figura 21 – Placa de identificação de um transformador de potência .	58
Figura 22 – Especificação de um relé eletromecânico da marca Finder	59
Figura 23 – Relé SEL-351A para linhas	59
Figura 24 – Anunciadores de alarmes SEL-2523	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação das partes de um TP	33
Tabela 2 – Tabela ANSI	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Celesc	Centrais Elétricas de Santa Catarina
SE	Subestação
CBU	Camboriú
CMB	Camboriú Morro do Boi

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω	Letra grega Ômega
Δ	Letra grega Delta

SUMÁRIO

	Lista de ilustrações	11
1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Motivação	21
1.2	Objetivos	21
1.3	Metodologia	22
2	EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES	23
2.1	Para-Raios	23
2.2	Muflas e Terminações	24
2.3	Condutores	24
2.4	Transformador de Corrente (TC)	24
2.4.1	Características construtivas	24
2.4.1.1	Formas Construtivas	25
2.4.1.2	Tipos de isolamento	29
2.4.2	Características Elétricas	29
2.4.3	Classificação	30
2.4.3.1	TCs para serviço de medição	30
2.4.3.2	TCs para serviço de proteção	31
2.5	Transformador de Potencial (TP)	31
2.6	Chave seccionadora	34
2.7	Painéis	34
2.8	Disjuntor	35
2.8.1	Disjuntor de alta tensão	37
2.9	Transformador de Potência	37
2.9.1	Derivações	40
2.9.2	Acessórios	40
2.9.2.1	Indicador de Nível de Óleo	40
2.9.2.2	Temômetro de Óleo	42
2.9.2.3	Transformador de Corrente	42
2.9.2.4	Termômetro do Enrolamento com Imagem Térmica	42
2.9.2.5	Controladores Micro-Processados de Temperatura	43

2.9.2.6	Válvula de Alívio de Pressão	43
2.9.2.7	Relê Detector de Gás Tipo Buchholz	44
2.9.2.8	Secador de Ar de Sílica Gel	44
2.9.2.9	Relê de Pressão Súbita	45
2.9.2.10	Manômetro e Manovacuômetro	45
2.9.2.11	Indicador de Fluxo de Óleo	46
2.9.2.12	Relê Regulador de Tensão	46
2.9.2.13	Paralelismo entre Transformadores	46
2.9.2.14	Monitoramento de Buchas	47
2.9.2.15	Monitor de Gás e Umidade	48
2.10	Capacitores de Potência	49
2.11	Resistores de Aterramento	49
2.12	Reguladores de Tensão	49
2.13	Religadores Automáticos	49
2.14	Relés	49
2.14.1	Relê de Sobrecorrente	49
2.14.2	Relê Eletromecânico	49
2.14.3	Relê de indução eletromagnética	49
2.14.4	Relê eletrônico ou estáticos	50
2.14.5	Relê digital	50
2.15	Anunciadores de Alarme	56
3	PROJETO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO .	61
4	PROBLEMÁTICA DA DEMANDA DE CARGA DA SUBESTAÇÃO CAMBORIÚ (CBU) – SC	65
5	SOLUÇÃO DE AMPLIAÇÃO PARA A SUBESTAÇÃO CAMBORIÚ	69
6	COMO É FEITO EM OUTRAS PARTES DO MUNDO	73
	Conclusão	77
	REFERÊNCIAS	81

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 sucessivos cortes não intencionais 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 todas as funções de manobra 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 Air Insulated System (AIS) e Gas Insulated System (GIS) que utiliza gás SF₆ trazendo assim o que tem de melhor das duas tecnologias com 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 Agronômica.

1.2 OBJETIVOS

O projeto visa estudar a implantação e execução do projeto já realizado pela Divisão de Planejamento e Normas, 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 2015 e possibilidade de ampliação futura para até 100MVA utilizando o mesmo pátio de manobra,

ou seja, utilizando o mesmo terreno que encontra 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.

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.

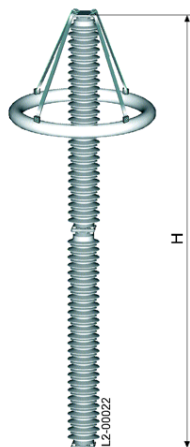
Os para-raios utilizam a propriedade de não linearidade dos elementos que são fabricados para conduzir a corrente de descarga associados às tensões induzidas nas redes, em seguida interromper as correntes subsequentes e conduzi-las à terra.

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.

2.4.1 Características construtivas

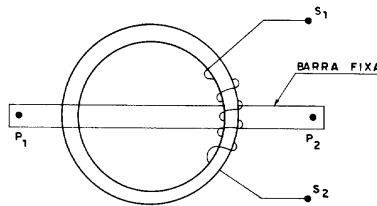
A seguir apresenta-se as diferentes formas para diferentes usos do TC.

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](#).

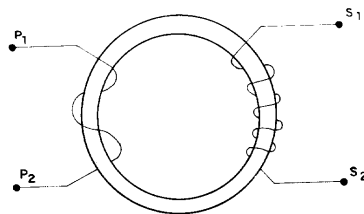
Figura 2 – TC tipo barra



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](#).

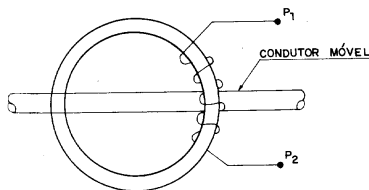
Figura 3 – TC tipo enrolado



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](#).

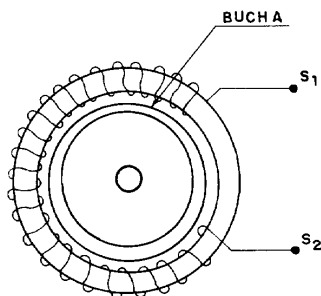
Figura 4 – TC tipo janela



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

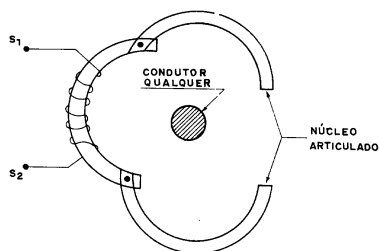
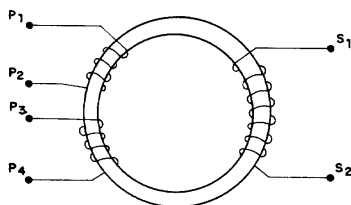


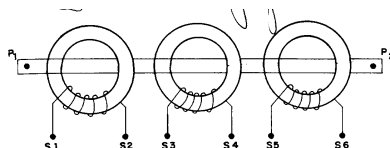
Figura 7 – TC tipo vários enrolamentos primários



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](#).

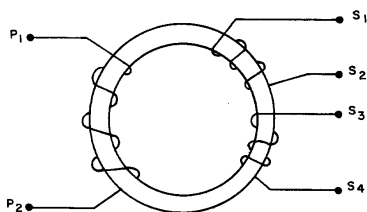
Figura 8 – TC tipo vários núcleos secundários



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.

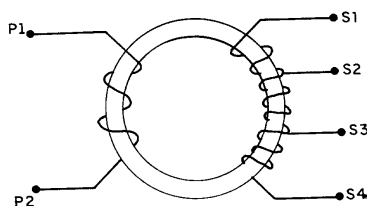
Figura 9 – TC tipo vários enrolamentos secundários



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 (F_6).

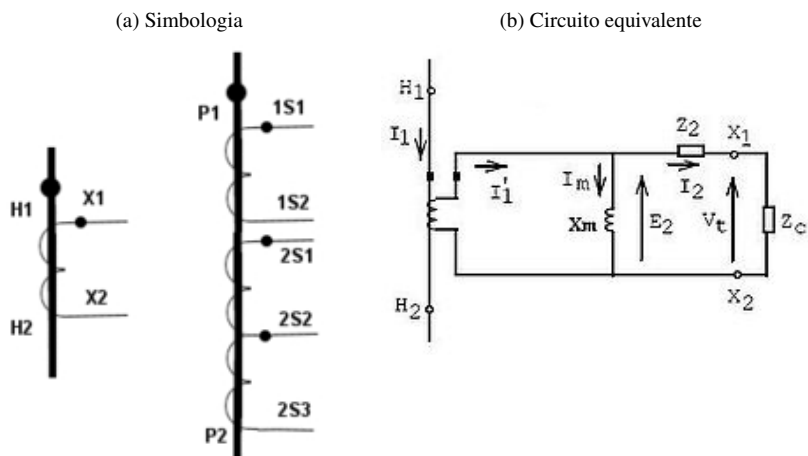
2.4.2 Características Elétricas

A simbologia padrão dos transformadores de corrente mostra os terminais primários de alta tensão H1 e H2 e os terminais secundários X1 e X2, como visto na [Figura 11a](#).

O ponto, para transformadores com polaridade aditiva, 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 que permitam alterar a relação de transformação. Os terminais secundários são marcados como 1s1, 1s2, 2s2 (número, algarismo, número), indicando respectivamente o número do enrolamento, o símbolo de terminal secundário (s) e o número da derivação do terminal secundário.

O circuito equivalente aproximado para um transformador de corrente é mostrado na Figura 10, onde a transformação da corrente entre os circuitos primário e secundário é feita sem perdas. A impedância de dispersão do primário Z_1 é multiplicada pelo quadrado da relação N^2 quando referida ao

Figura 11 – Simbologia e circuito equivalente simplificado do TC



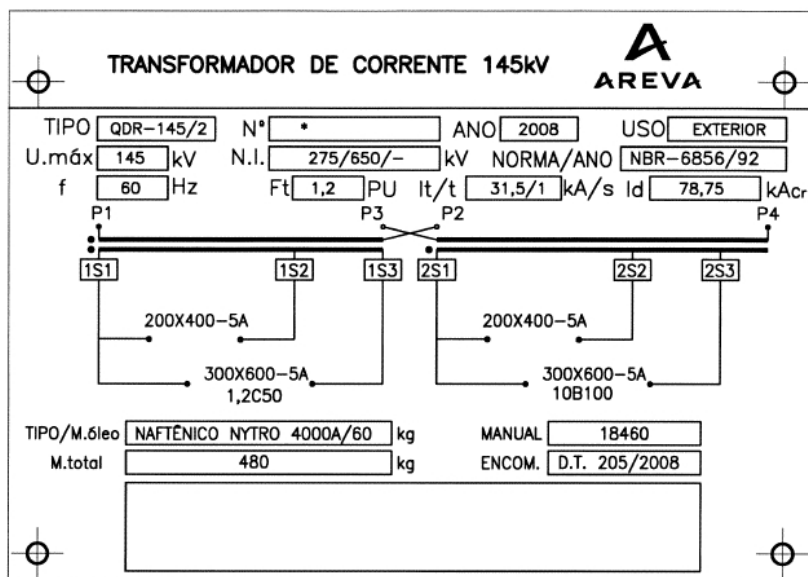
secundário. A impedância de dispersão secundária é Z_2 . Os componentes de perdas no núcleo por correntes parasitas e por magnetização são dados por Z_m e a impedância de carga é dada por Z_c . Este circuito generalizado pode ser simplificado como mostrado no esquema ao lado. A impedância primária Z_1 pode ser desprezada, uma vez que o reduzido número de espiras no primário (o que é verdadeiro para a maioria dos TC's comerciais) tem pequena resistência e pouca dispersão. A corrente através do ramo magnetizante X_m é I_m , chamada corrente de excitação. A corrente de excitação é atrasada de 90° em relação a V_1' .

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)

Figura 12 – Placa de identificação de um TC utilizado no barramento de 138 kV



2.4.3.2 TCs para serviço de proteção

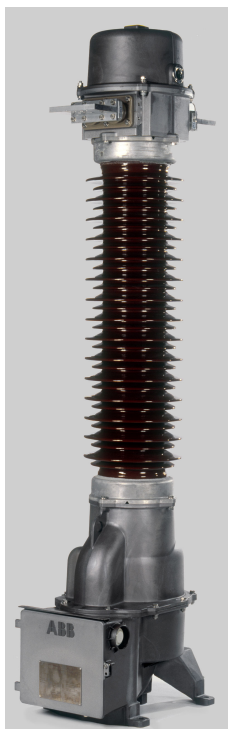
São os transformadores cuja função é proteger um circuito, requer conservar sua fidelidade até um valor de vinte vezes a magnitude de corrente nominal, quando trata-se de grande redes com altas correntes poder ser necessário requerer trinta vezes a corrente nominal.

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)

Transformador de Potencial (TP) é um equipamento usado principalmente para sistemas de medição de tensão elétrica, sendo capaz de reduzir

Figura 13 – Foto de um Transformador de Corrente



a tensão do circuito para níveis compatíveis com a máxima suportável pelos instrumentos de medição. Sua principal aplicação é na medição de tensões com valores elevados, ou seja, em seu circuito primário é conectada a tensão a ser medida, sendo que no secundário será reproduzida uma tensão reduzida e diretamente proporcional a do primário. Assim, com menor custo e maior segurança, pode-se conectar o instrumento de medição no secundário. A razão entre a tensão no primário sobre a tensão apresentada no secundário de qualquer transformador é uma constante chamada de relação de transformação (RT). A RT é determinada na fabricação do TP pela razão entre o número de espiras do enrolamento primário sobre o número de espiras do enrolamento secundário, assim conhecendo-se a RT e a tensão no circuito secundário, tem-se o valor da tensão no circuito primário. Os TPs podem ser considerados especiais, pois são fabricados de forma a apresentar uma RT

com ótima exatidão, ou seja, uma pequena variação na tensão do primário causará uma variação proporcional também no secundário, permitindo assim que indicação no instrumento de medição apresente uma incerteza de medição muito pequena. A tensão reduzida do circuito secundário do TP também é usada para alimentar, de forma igualmente segura, os circuitos de proteção e controle de subestações. Os principais componentes de um TP é mostrado na [Figura 14](#).

Figura 14 – Identificação das partes de um TP

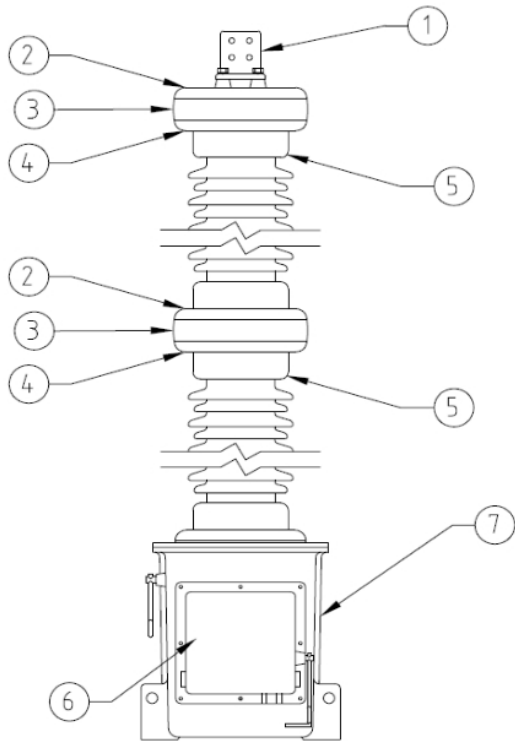


Tabela 1 – Identificação das partes de um TP

Pos.	Componente	Material	Acabamento
1	Terminal de Linha	Liga de Alumínio	Natural

2	Placa Superior	Liga de Alumínio	A+B
3	Anel de Junção	Liga de Alumínio	A+B
4	Placa Inferior	Liga de Alumínio	A+B
5	Flange do isolador	Liga de Alumínio	A+B
6	Caixa de terminais secundários	Liga de Alumínio	A+B
7	Unidade Eletromagnética	Liga de Alumínio	A+B

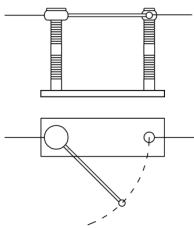
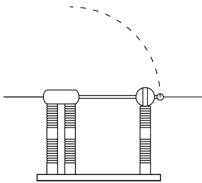
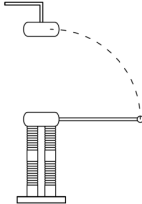
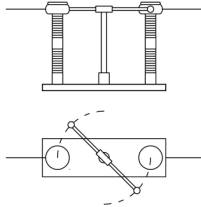
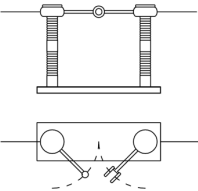
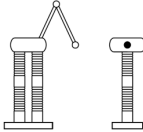
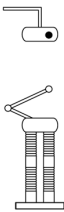
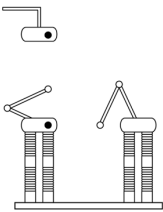
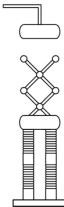
2.6 CHAVE SECCIONADORA

As chaves podem desempenhar nas subestações diversas funções, sendo a mais comum a de seccionamento de circuitos por necessidade operativa, ou por necessidade de isolar componentes do sistema (equipamentos e linhas) para a realização de manutenção nos mesmos. Neste último caso, a chave aberta que isola o componente em manutenção deve ter uma suportabilidade entre terminais às solicitações dielétricas de forma que o pessoal de campo possa executar o serviço de manutenção em condições adequadas de segurança. A manutenção em uma única chave normalmente acarreta desligamentos indesejáveis nas subestações, chegando, em alguns casos, a provocar o desligamento de toda a subestação. Este caso que ocorre, por exemplo, durante a manutenção dos seccionadores ligados à barra principal de subestações com arranjo barra principal/barra transferência.

2.7 PAINÉIS

Os quadros de baixa tensão compõem-se de um ou mais painéis modulares configurando seções verticais blindadas com dimensões padronizadas e com possibilidade de ampliar o número de módulos de um quadro através de simples acoplamento. Basicamente um painel de distribuição contém unidades de manobra de circuitos alimentadores com chave seccionadora com fusíveis, ou disjuntor. A fiação de comando entre as unidades, quando houver, está disposta em canaletas verticais em cada painel e a interligação entre painéis pode ser executada no topo e/ou na parte inferior dos mesmos. Todas as unidades de controle e/ou distribuição são montadas em compartimentos individuais.

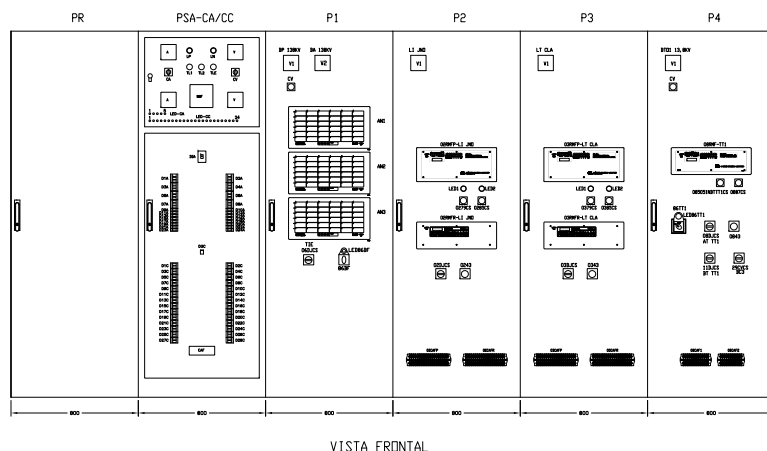
Figura 15 – Tipos construtivos de chaves seccionadoras

Abertura Lateral	Abertura Vertical	Abertura Vertical Reversa
		
Abertura Dupla Lateral	Abertura Central	Abertura Semi-pantográfica Horizontal
		
Abertura Semi-pantográfica Vertical	Abertura Semi-pantográfica Horizontal e Vertical	Abertura Pantográfica
		

2.8 DISJUNTOR

Disjuntor é um dispositivo eletromecânico que permite proteger uma determinada instalação elétrica contra sobre-intensidades (curto-circuito ou sobrecarga). Sua principal característica é a capacidade de poder ser rearmado manualmente quando estes tipos de defeitos ocorrem, diferindo do fusível, que

Figura 16 – Vistas dos painéis da casa de comando



tem a mesma função, mas que fica inutilizado depois de proteger a instalação. Assim, o disjuntor interrompe a corrente em uma instalação elétrica antes que os efeitos térmicos e mecânicos desta corrente possam se tornar perigosos às próprias instalações. Por esse motivo, ele serve tanto como dispositivo de manobra como de proteção de circuitos elétricos. Atualmente é muito utilizado em instalações elétricas residenciais e comerciais o disjuntor magneto-térmico ou termomagnético, como é chamado no Brasil.

Esse tipo de disjuntor possui três funções:

- Manobra (abertura ou fecho voluntário do circuito);
- Proteção contra curto-circuito - Essa função é desempenhada por um atuador magnético (solenóide), que efetua a abertura do disjuntor com o aumento instantâneo da corrente elétrica no circuito protegido;
- Proteção contra sobrecarga: é realizada através de um atuador bi-metálico, sensível ao calor e provoca a abertura quando a corrente elétrica permanece, por um determinado período, acima da corrente nominal do disjuntor;

As características de disparo do disjuntor são fornecidas pelos fabricantes através de duas informações principais: corrente nominal e curva de disparo. Outras características são importantes para o dimensionamento, tais como: tensão nominal, corrente máxima de interrupção do disjuntor e número de polos (unipolar, bipolar ou tri-polar).

2.8.1 Disjuntor de alta tensão

Para a interrupção de altas correntes, especialmente na presença de circuitos indutivos, são necessários mecanismos especiais para a interrupção do arco voltaico (ou arco elétrico), resultante na abertura dos polos. Para aplicações de grande potência, esta corrente de curto-circuito, pode alcançar valores de 100kA. Após a interrupção, o disjuntor deve isolar e resistir às tensões do sistema. Por fim, o disjuntor deve atuar quando comandado, ou seja, deve haver um alto grau de confiabilidade.

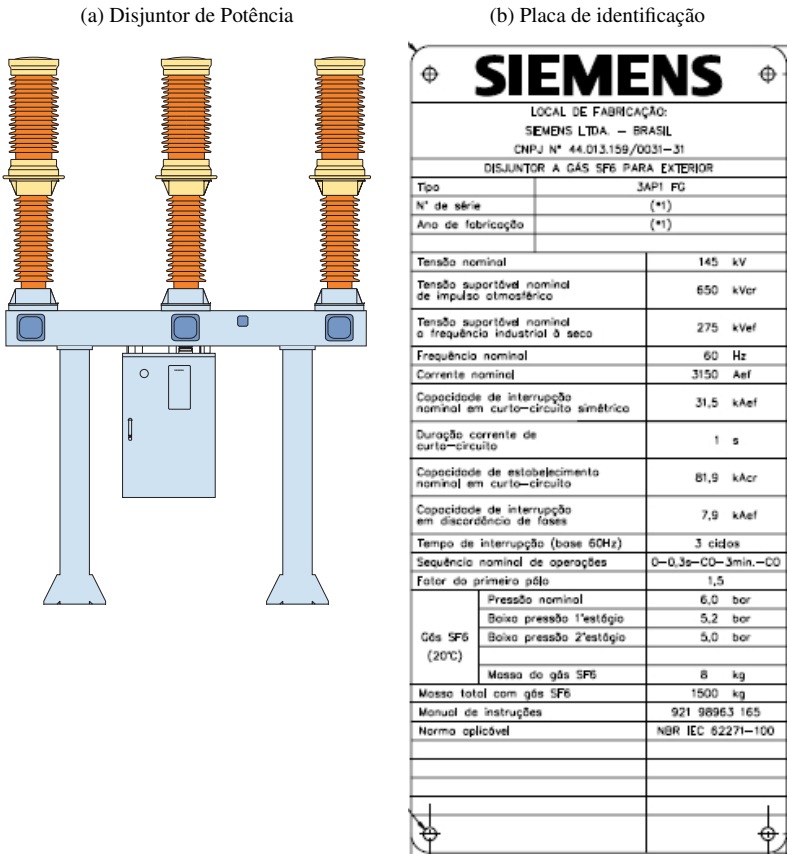
Alguns tipos de disjuntores de alta potência:

- Disjuntor a grande volume de óleo;
- Disjuntor a pequeno volume de óleo;
- Disjuntor a ar comprimido;
- Disjuntor a vácuo;
- Disjuntor a hexafluoreto de enxofre (SF₆);

2.9 TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

A invenção do transformador de potência, que remonta o fim do século XIX, tornou-se possível o desenvolvimento do moderno sistema de alimentação em corrente alternada, com subestações de potência frequentemente localizadas a muitos quilômetros dos centros de consumo (carga). Antes disto, nos primórdios do suprimento de eletricidade pública, estes eram sistemas de corrente contínua, com a fonte de geração, por necessidade, localizados próximo do local de consumo.

Figura 17 – Disjuntor Siemens a SF6 modelo 3AP1 FG junto a sua placa de identificação

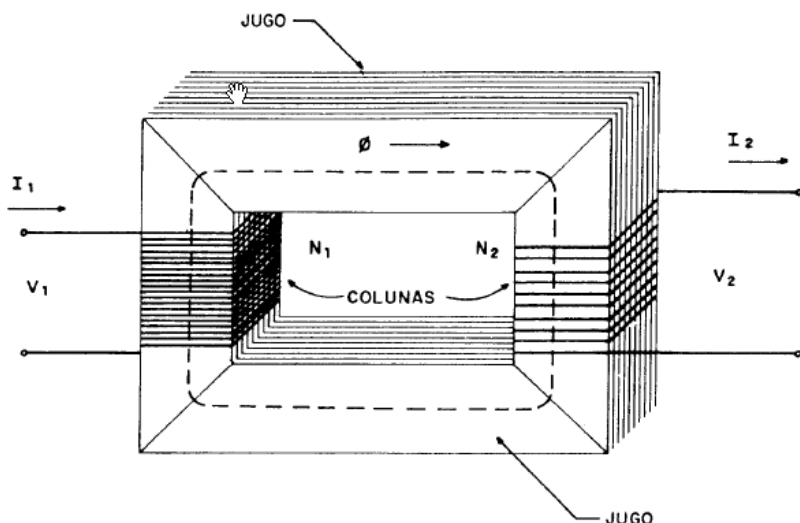


Indústrias pioneiras no fornecimento de eletricidade foram rápidas em reconhecer os benefícios de uma ferramenta a qual poderia dispor alta corrente, normalmente obtida a baixa tensão de saída de um gerador elétrico, e transformá-lo para um determinado nível de tensão possível de transmiti-la em condutores de dimensões práticos a consumidores que, naquele tempo, poderiam estar afastados a um quilômetro ou mais e poderiam fazer isto com uma eficiência e que, para os padrões da época, era nada menos que fenomenal.

Um sistema de corrente alternada opera, em cada uma de suas par-

tes, com a tensão mais conveniente, tanto do ponto de vista técnico quanto do ponto de vista econômico. Assim, têm-se tensões entre 13,8 e 25 kV na geração, entre 138 e 765 kV na transmissão, entre 13,8 e 34,5 kV na distribuição. Esta enorme flexibilidade é obtida através dos transformadores, equipamentos estáticos, de alta eficiência e grande confiabilidade. O princípio de funcionamento é ilustrado na Figura . Sobre circuito magnético, formado de chapas de aço-silício, enrolam-se duas bobinas com N_1 e N_2 espiras, respectivamente. Supondo-se que o fluxo alternado ϕ circule, apenas, no circuito magnético, e desprezando-se as resistências, tensão por espira será constante e $V_1/V_2=N_2/N_1$. Estas simples relações, bastante próximas das verificadas na prática, mostram como é possível transformar tensões e correntes e interligar, assim diferentes partes de um sistema de transmissão.

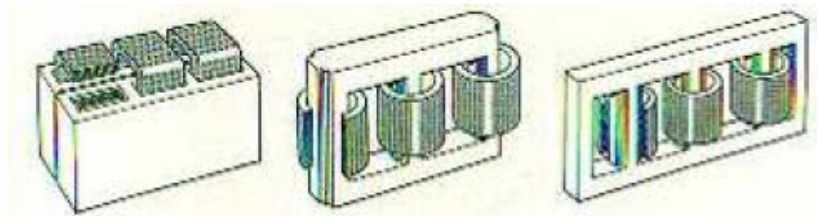
Figura 18 – Princípio básico de um transformador



Os transformadores elevadores de usinas são de dois enrolamentos, o primário em delta e o secundário em estrela aterrada. Os demais transformadores do sistema são, em geral, autotransformadores, em estrela aterrada. Os autotransformadores, geralmente, possuem enrolamento terciário em delta, de 13,8 kV, para ligação de compensação reativa e/ou para alimentação de

serviços auxiliares, com 1/3 da potência dos outros enrolamentos. Quando o terciário não for necessário para essas funções, sua exclusão depende de estudos de circulação de harmônicos de sequência zero, de estudos de energização e de sua necessidade ou não para a realização de ensaios.

Figura 19 – Tipos de enrolamentos de transformadores de potência



2.9.1 Derivações

Para adequar a tensão primária do transformador à tensão de alimentação, o enrolamento primário, normalmente TS, é dotado de derivações (TAPs), que podem ser escolhidos mediante a utilização de um painel de ligações ou comutador, conforme projeto e tipo construtivo, instalados junto à parte ativa, dentro do tanque. Este aparato, na maioria dos transformadores de potência, deve ser manobrado com o transformador desconectado da rede de alimentação.

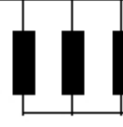

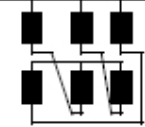
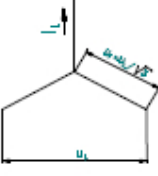

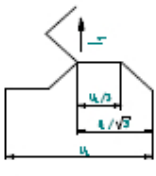
2.9.2 Acessórios

Outros componentes são necessários para o perfeito funcionamento do transformador. Na tabela 5 encontra-se este componentes chamados acessórios, em função da potência. São os acessórios que informam através de seus contatos, as condições de operação do transformador.

2.9.2.1 Indicador de Nível de Óleo

O óleo isolante do transformador se dilata ou se contrai conforme a variação da temperatura ambiente e variação da carga alimentada pelo

Figura 20 – Tipos de ligação dos enrolamentos de um transformador de potência

Determinação	Estrela	Triângulo	Zig-Zag
Tensão de Linha	U_L	U_L	U_L
Tensão no Enrolamento	$\frac{U_L}{\sqrt{3}}$	U_L	$\frac{U_L}{\sqrt{3}}$
Corrente de Linha	I_L	I_L	I_L
Corrente de Enrolamento	I_L	$\frac{I_L}{\sqrt{3}}$	I_L
Ligações dos Enrolamentos			
Esquemas			
Potência Aparente	kVA	$S = 3 \cdot U_f \cdot I_f = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$	
Potência Ativa	kW	$P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \theta = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$	
Potência Reativa	kVar	$Q = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \theta = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \theta$	
Fator de Potência do Primário		$\cos \theta_1 = \cos \theta_2 \cdot (100 - e_s) - e_r$ (*)	
Fator de Potência do Secundário		Do projeto de instalação ($\cos \theta_2$)	

(*) e_y = Tensão de curto-circuito
 e_r = componente da tensão de curto-circuito

transformador, em função disso, haverá elevação ou abaixamento no nível de óleo. Sendo assim, a finalidade do indicador de nível de óleo é mostrar com perfeição o nível de óleo no visor e ainda servir como aparelho de proteção ao transformador. O ponteiro indicador de nível de óleo é movimentado por meio de dois magnéticos (ímãs) permanentes, que são acoplados a um flutuador (bóia). O movimento é efetuado pela bóia, de acordo com o nível de óleo, que

transmite indicações precisas ao ponteiro, devido a grande sensibilidade dos magnéticos.

2.9.2.2 Termômetro de Óleo

O termômetro é utilizado para indicação da temperatura do óleo, e o termômetro conhecido como termômetro com capilar é usado em transformadores de potência. São constituídos de um bulbo, um capilar e um mostrador, o mostrador é constituído de uma caixa, um visor com indicador, micro-ruptores, dois a quatro ponteiros de limite, que se movimentam apenas por ação externa, e um ponteiro de indicação de temperatura máxima. Este ponteiro é impulsionado pela agulha de temperatura, apenas quando em ascensão desta, pois na redução fica imóvel, possibilitando assim, a verificação da temperatura máxima atingida em um dado período. Conforme a variação da temperatura do bulbo, o líquido (fluido térmico) em seu interior sofre dilatação ou contração, transmitindo a variação de temperatura até o mecanismo interno do mostrador do termômetro, no mesmo instante o ponteiro indicador é acionado. Quando o valor da temperatura atingir os valores ajustados para fechamento dos micro-ruptores, o sinal será transmitido ao sistema de proteção podendo acionar o alarme, desligando e fazendo o controle automático do dispositivo de resfriamento do transformador imerso em óleo.

2.9.2.3 Transformador de Corrente

São utilizados para obter a corrente de qualquer dos enrolamentos do transformador. Os transformadores de corrente tipo bucha, são constituídos apenas do enrolamento secundário pois o primário é obtido diretamente do cabo de conexão entre a bucha e o enrolamento do transformador no qual o TC está instalado e podem ser de medição ou de proteção.

2.9.2.4 Termômetro do Enrolamento com Imagem Térmica

A imagem térmica é a técnica utilizada para medir a temperatura no enrolamento do transformador. Ela é denominada imagem térmica por reproduzir indiretamente a temperatura do enrolamento. A temperatura do enrolamento,

que é a parte mais quente do transformador, é a temperatura do óleo acrescida da sobre-elevação da temperatura do enrolamento em relação ao óleo. O termômetro do enrolamento com imagem térmica e seu diagrama esquemático é composto de uma resistência de aquecimento e um sensor de temperatura simples ou duplo, ambos encapsulados e montados em um poço protetor, imerso em uma câmara de óleo. O conjunto é instalado na tampa do transformador, equalizando-se com a temperatura do topo do óleo. A resistência de aquecimento é alimentada por um transformador de corrente associado ao enrolamento (normalmente) secundário do transformador principal indicando assim a temperatura no ponto mais quente do enrolamento. Portanto, a elevação da temperatura da resistência de aquecimento é proporcional à elevação da temperatura do enrolamento além da temperatura máxima do óleo. A constante do tempo do sistema é da mesma ordem de grandeza do enrolamento, logo o sistema reproduz uma verdadeira imagem térmica da temperatura do enrolamento.

2.9.2.5 Controladores Micro-Processados de Temperatura

Os controladores micro-processados de temperatura e nível de óleo foram desenvolvidos para substituir, com vantagens da tecnologia micro-processada, os termômetros de óleo e enrolamento e indicadores de nível tradicionais utilizados em transformadores e reatores de potência. Este equipamento recebe o valor da resistência de um sensor e o transforma (através de um transdutor incorporado) em temperatura equivalente, a qual é vista em painel frontal digital, podendo ser transmitida remotamente através de interface serial RS485 ou sinal analógico. Desempenha diversas funções de controle e acionamento de contatos, sendo que através de teclado frontal podemos configurar os parâmetros de sua atuação e ler os valores medidos e ajustados.

2.9.2.6 Válvula de Alívio de Pressão

A válvula de alívio de pressão, de fechamento automático, instalada em transformadores imersos em líquido isolante, tem a finalidade de protegê-los contra uma possível deformação ou ruptura do tanque em casos de defeitos internos com aparecimento de pressão elevada. A válvula é extremamente

sensível e rápida (opera em menos de dois milésimos de segundo), fecha-se automaticamente após a operação impedindo assim a entrada de qualquer agente externo no interior do transformador. Possui contatos para alarme e desligamento.

2.9.2.7 Relê Detector de Gás Tipo Buchholz

O relê de gás tem por finalidade proteger equipamentos imersos em líquido isolante, através da supervisão do fluxo anormal do óleo ou ausência, e a formação anormal de gases pelo equipamento. São utilizados em transformadores que possuem tanque para expansão de líquido isolante. Este tipo de relê detecta de forma precisa, por exemplo, os seguintes problemas: vazamento de líquido isolante, curto-circuito interno do equipamento ocasionando grande deslocamento de líquido isolante, formação de gases internos devido a falhas intermitentes ou contínuas que estejam ocorrendo no interior do equipamento. O relê detector de gás é normalmente instalado entre o tanque principal e o tanque de expansão do óleo dos transformadores. A carcaça do relê é de ferro fundido, possuindo duas aberturas flangeadas e ainda dois visores nos quais está indicada uma escala graduada de volume de gás. Internamente encontram-se duas bóias de gás no relê, a bóia superior é forçada a descer em caso de acúmulo de gás (isto acontece também caso haja vazamento de óleo). Se por sua vez uma produção excessiva de gás provoca uma circulação de óleo no relê, é a bóia inferior que reage, antes mesmo que os gases formados atinjam o relê. Em ambos os casos, as bóias ao sofrerem o deslocamento acionam contatos.

2.9.2.8 Secador de Ar de Sílica Gel

O secador de ar de sílica gel é usado nos transformadores providos de conservador de óleo, funcionando como um desumidificador de ar do transformador. Para evitar a deterioração do óleo do equipamento ou bolsa de borracha pelas impurezas e umidade no ar respirado, coloca-se um copo com óleo e sílica gel na passagem por onde o ar é suspirado. Quando o nível do óleo no conservador baixar, haverá o respiro de ar atmosférico, este ar passará primeiramente pelo copo de óleo, onde ficarão eliminadas as impurezas sólidas

e em seguida o ar atravessa os cristais de sílica gel, que retiram a umidade do ar, em seguida, já totalmente limpo e sem umidade, o ar penetra no conservador. O ar ao passar pela sílica gel deixará na mesma a umidade, fazendo que a sílica gel troque de coloração, até a sua saturação conforme indicado abaixo:

- coloração laranja: sílica gel seca;
- coloração amarela: sílica gel com aproximadamente 20% da umidade absorvida;
- coloração amarelo-claro: sílica gel com 100% de umidade absorvida (saturada); para regeneração da sílica gel recomenda-se colocar em estufa com temperatura máxima de 120°C de 2 a 4 horas.

2.9.2.9 Relé de Pressão Súbita

O relé de pressão súbita é um equipamento de proteção para transformadores do tipo selado. Normalmente o relé de pressão súbita é instalado acima do nível máximo do líquido isolante, no espaço compreendido entre o líquido isolante e a tampa do transformador. Entretanto é aceitável também a montagem horizontal, sobre a tampa do transformador. O relé é projetado para atuar quando ocorrem defeitos no transformador que produzem pressão interna anormal, sendo sua operação ocasionada somente pelas mudanças rápidas da pressão interna independente da pressão de operação do transformador. Por outro lado, o relé não opera devido a mudanças lentas de pressão, próprias do funcionamento normal do transformador, bem como durante perturbações do sistema (raios, sobre-tensão de manobra ou curto-circuito), a menos que tais perturbações produzam danos no transformador.

2.9.2.10 Manômetro e Manovacuômetro

O manômetro é um instrumento utilizado para medir a pressão interna do tanque de óleo. E o manovacuômetro mede pressão e vácuo. Podem possuir contatos de atuação.

2.9.2.11 Indicador de Fluxo de Óleo

O indicador de fluxo indica a vazão em circuitos de resfriamento de transformadores. O princípio de funcionamento é um sistema de palheta fixa a um eixo transversal, fazendo girar uma haste e cujo movimento é regulado por uma mola. O movimento do eixo ao ponteiro é transmitido por ímãs permanentes, acoplados magneticamente, através de uma parede que isola a parte inferior do tubo ao lado externo. O mecanismo externo de indicação aloja também o(s) contato(s) elétrico(s). O acionamento sinaliza a ausência de fluxo, sendo necessário uma vazão nominal conforme tabela 8.

2.9.2.12 Relé Regulador de Tensão

Tem como finalidade manter a tensão do transformador sob a mesma tensão da rede de alimentação. Através de um transformador de potencial e um transformador de corrente instalados na rede de alimentação (normalmente no lado de baixa tensão), faz um comparativo entre a tensão na rede e o valor nele ajustado da tensão e corrente nominais a serem fornecidas. Caso os valores permanecerem divergentes por tempo maior do que um pré-ajustado, o equipamento, através do fechamento de seus contatos envia sinais de “elevar TAP” ou “baixar TAP” ao mecanismo motorizado do comutador sob carga. Também possuem proteção contra sobre-corrente, sub-tensão e sobre-tensão, bloqueando a comutação sob carga em caso de ocorrência.

2.9.2.13 Paralelismo entre Transformadores

Respeitadas as condições de rede de paralelismo entre os transformadores, o comando dos circuitos auxiliares pode ser colocado para trabalhar em paralelo da seguinte maneira: o controle pode ser feito por um sistema analógico, através de lógica com contatos ou pode também ser feito com sistema micro-processado. O sistema micro-processado reduz consideravelmente as dimensões da caixa de equipamentos auxiliares, possibilita o controle e supervisão (local e remota) da operação em paralelo de transformadores equipados com comutadores de derivação em carga. O sistema feito através da lógica de contatos também poderá ter indicação remota, porém será necessária

a utilização de diversos componentes elétricos e eletrônicos para desempenhar todas as funções feitas com apenas dois equipamentos micro-processados. Modelos atuais de relés reguladores de tensão incluem saídas para utilização em paralelo com demais relés reguladores. Desta forma pode-se trabalhar com até 6 transformadores em paralelo, sendo necessário para tal, que cada transformador possua seu equipamento. Quando o paralelismo é feito através de equipamento específico, é necessário apenas um relé regulador de tensão para cada transformador, porém é necessário um equipamento de paralelismo para cada transformador.

Existem dois métodos para o paralelismo de transformadores com CDC:

- Corrente circulante: o objetivo deste sistema é manter a corrente de circulação entre os transformadores a menor possível, admitindo assim pequena diferença nos TAP do comutador;
- Mestre-comandado (padrão da NBR 9368): os controladores quando colocados em paralelo com os transformadores no mesmo TAP, o mantém durante as comutações, transmitindo o comando do primeiro transformador (mestre) para os demais (comandados). Não admite diferença de TAP entre os transformadores.

O diagrama esquemático de comutação sob carga com relé regulador de tensão e supervisor de paralelismo com sistema micro-processado é mostrado na figura 31.

2.9.2.14 Monitoramento de Buchas

O monitor de buchas permite que seja efetuada de forma *on-line*, durante a operação normal, a monitoração da capacitância e do fator de dissipação da isolamento de buchas, TC's e outros equipamentos. Com isso, podem ser evitadas falhas potencialmente catastróficas, ao se detectar os problemas ainda em fase incipiente. A forma construtiva da bucha capacitiva dá origem a uma capacitância entre o condutor central da bucha e o terra. Uma vez energizada a bucha, esta capacitância permite a passagem de uma corrente de fuga para o terra. Esta corrente também possui componente resistiva. Qualquer alteração

nestes dois parâmetros da isolação da bucha causa uma mudança correspondente na corrente de fuga. Opera medindo continuamente as correntes de fuga das 3 buchas de um conjunto trifásico, através de adaptadores conectados aos TAPs de teste ou TAPs de tensão de cada bucha e compara estes valores com os valores iniciais das buchas obtidos em ensaios do fabricante, no caso de buchas novas, ou de ensaios off-line realizados na instalação do Monitor de Buchas. É composto pelo adaptador (1 por bucha), módulo de medição (1 para cada 3 buchas do enrolamento de mesmo nível de tensão) e módulo de interface (1 para até 3 níveis de tensão do mesmo transformador).

2.9.2.15 Monitor de Gás e Umidade

Os gases combustíveis dissolvidos no óleo de equipamentos de Alta Tensão são reconhecidamente um dos melhores indicadores do estado interno do equipamento e de sua isolação, e o hidrogênio é considerado um gás chave por estar presente na maioria dos defeitos em transformadores, podendo indicar a ocorrência de falhas ainda em fase incipiente. O Monitor de Gás e Umidade “GMM” efetua a monitoração on-line da quantidade de hidrogênio dissolvido em óleo mineral isolante, emitindo alarmes tanto por níveis de hidrogênio acima do limite estabelecido, quanto por taxa de aumento elevada. Mede o conteúdo de hidrogênio sem interferência cruzada de outros gases, como por exemplo, o CO. Desta forma é obtida a máxima sensibilidade na detecção de defeitos, sem que as alterações no hidrogênio sejam encobertas por concentrações constantes e muitas vezes mais elevadas de CO. O GMM monitora também a saturação de água no óleo (0 a 100%) e a temperatura do óleo associada, calculando o teor de água (ppm) no óleo isolante. O Monitor de Gás e Umidade é composto pelo Módulo de Medição e pelo Módulo de Interface. O Módulo de Medição deve ser acoplado a uma válvula de óleo do tipo passagem livre localizada em local com boa circulação de óleo. Possui uma porta de comunicação serial RS485, através da qual são transmitidas as informações ao Módulo de Interface, que disponibiliza as informações localmente em seus displays e remotamente através das saídas analógicas, saídas a contatos secos e pelas portas seriais RS485 e RS232 com protocolos Modbus RTU e DNP3.0. O Módulo de Interface efetua também os cálculos de

tendência e o armazenamento de valores históricos em memória não volátil.

2.10 CAPACITORES DE POTÊNCIA

2.11 RESISTORES DE ATERRAMENTO

2.12 REGULADORES DE TENSÃO

2.13 RELIGADORES AUTOMÁTICOS

2.14 RELÉS

Os relés são os elementos mais importantes dos sistemas de proteção. A função primordial deles é identificar os defeitos, localizá-los da maneira mais exata possível e alertar a quem opera o sistema; promovendo o disparo de alarmes, sinalizações e enviando sinais para a abertura de disjuntores de modo a isolar o defeito.

2.14.1 Relé de Sobrecorrente

São todos os relés que atuam para uma corrente maior que a do seu ajuste. Caso ocorra uma falha no sistema e a corrente de curto-circuito ultrapassar a corrente de ajuste do sensor do relé, o mesmo atua instantaneamente ou temporizado, conforme a necessidade.

2.14.2 Relé Eletromecânico

São os relés pioneiros da proteção, projetados e construídos com predominância dos movimentos mecânicos provenientes dos acoplamentos elétricos e magnéticos. Quando o relé de sobre-corrente eletromecânico opera, fecha o seu contato, energizando o circuito DC que irá comandar a operação de abertura do disjuntor.

2.14.3 Relé de indução eletromagnética

Este relé, também conhecido como relé motorizado, funciona utilizando o mesmo princípio de um motor de indução, onde um rotor (tambor ou disco)

gira. O giro do rotor produz o fechamento do contato NA do relé, que ativa o circuito ou mecanismo que provoca a abertura do disjuntor.

2.14.4 Relé eletrônico ou estáticos

São relés construídos com dispositivos eletrônicos, próprios e específicos aos objetivos da proteção. Nestes relés, não há nenhum dispositivo mecânico em movimento, todos os comandos e operações são feitos eletronicamente.

2.14.5 Relé digital

São relés eletrônicos gerenciados por microprocessadores específicos a este fim, onde sinais de entrada das grandezas e parâmetros digitados são controlados por *software* que processa a lógica da proteção através de algoritmos. O relé digital pode simular um relé ou todos os relés existentes em um só equipamento, produzindo ainda outras funções, tais como, medições de suas grandezas de entradas e/ou associadas, sendo conhecido como relé multi-função.

Tabela 2 – Tabela ANSI

Nº	Denominação
1	Elemento Principal
2	Relé de partida ou fechamento temporizado
3	Relé de verificação ou interbloqueio
4	Contator principal
5	Dispositivo de interrupção
6	Disjuntor de partida
7	Relé de taxa de variação
8	Dispositivo de desligamento da energia de controle
9	Dispositivo de reversão
10	Chave comutadora de sequência das unidades
11	Dispositivo multifunção
12	Dispositivo de sobrevelocidade

13	Dispositivo de rotação síncrona
14	Dispositivo de subvelocidade
15	Dispositivo de ajuste ou comparação de velocidade e/ou frequência
16	Dispositivo de comunicação de dados
17	Chave de derivação ou descarga
18	Dispositivo de aceleração ou desaceleração
19	Contator de transição partida-marcha
20	Válvula operada eletricamente
21	Relé de distância
22	Disjuntor equalizador
23	Dispositivo de controle de temperatura
24	Relé de sobreexcitação ou Volts por Hertz
25	Relé de verificação de Sincronismo ou Sincronização
26	Dispositivo térmico do equipamento
27	Relé de subtensão
28	Detector de chama
29	Contator de isolamento
30	Relé anunciador
31	Dispositivo de excitação
32	Relé direcional de potência
33	Chave de posicionamento
34	Dispositivo master de sequência
35	Dispositivo para operação das escovas ou curto-circuitar anéis coletores
36	Dispositivo de polaridade ou polarização
37	Relé de subcorrente ou subpotência
38	Dispositivo de proteção de mancal
39	Monitor de condições mecânicas
40	Relé de perda de excitação ou relé de perda de campo
41	Disjuntor ou chave de campo
42	Disjuntor / chave de operação normal

43	Dispositivo de transferência ou seleção manual
44	Relé de sequência de partida
45	Monitor de condições atmosféricas
46	Relé de reversão ou desbalanceamento de corrente
47	Relé de reversão ou desbalanceamento de tensão
48	Relé de sequência incompleta / partida longa
49	Relé térmico
50	Relé de sobrecorrente instantâneo
51	Relé de sobrecorrente temporizado
52	Disjuntor de corrente alternada
53	Relé para excitatriz ou gerador CC
54	Dispositivo de acoplamento
55	Relé de fator de potência
56	Relé de aplicação de campo
57	Dispositivo de aterramento ou curto-circuito
58	Relé de falha de retificação
59	Relé de sobretensão
60	Relé de balanço de corrente ou tensão
61	Sensor de densidade
62	Relé temporizador
63	Relé de pressão de gás (Buchholz)
64	Relé detetor de terra
65	Regulador
66	Relé de supervisão do número de partidas
67	Relé direcional de sobrecorrente
68	Relé de bloqueio por oscilação de potência
69	Dispositivo de controle permissivo
70	Reostato
71	Dispositivo de detecção de nível
72	Disjuntor de corrente contínua
73	Contator de resistência de carga
74	Relé de alarme

75	Mecanismo de mudança de posição
76	Relé de sobrecorrente CC
77	Dispositivo de telemedição
78	Relé de medição de ângulo de fase / proteção contra falta de sincronismo
79	Relé de religamento
80	Chave de fluxo
81	Relé de frequência (sub ou sobre)
82	Relé de religamento de carga de CC
83	Relé de seleção / transferência automática
84	Mecanismo de operação
85	Relé receptor de sinal de telecomunicação (teleproteção)
86	Relé auxiliar de bloqueio
87	Relé de proteção diferencial
88	Motor auxiliar ou motor gerador
89	Chave seccionadora
90	Dispositivo de regulação (regulador de tensão)
91	Relé direcional de tensão
92	Relé direcional de tensão e potência
93	Contator de variação de campo
94	Relé de desligamento
95	Usado para aplicações específicas
96	Relé auxiliar de bloqueio de barra
97 à 99	Usado para aplicações específicas
150	Indicador de falta à terra
AFD	Detector de arco voltaico
CLK	Clock
DDR	Sistema dinâmico de armazenamento de perturbações
DFR	Sistema de armazenamento de faltas digital
ENV	Dados do ambiente
HIZ	Detector de faltas com alta impedância
HMI	Interface Homem-Máquina

HST	Histórico
LGC	Esquema lógico
MET	Medição de Subestação
PDC	Concentrador de dados de fasores
PMU	Unidade de medição de fasores
PQM	Esquema de monitoramento de potência
RIO	Dispositivo Remoto de Inputs/Outputs
RTU	Unidade de terminal remoto / Concentrador de Dados
SER	Sistema de armazenamento de eventos
TCM	Esquema de monitoramento de Trip
SOTF	Fechamento sob falta

Complementação da Tabela ANSI:

50N - sobrecorrente instantâneo de neutro

51N - sobrecorrente temporizado de neutro (tempo definido ou curvas inversas)

50G - sobrecorrente instantâneo de terra (comumente chamado 50GS)

51G - sobrecorrente temporizado de terra (comumente chamado 51GS e com tempo definido ou curvas inversas)

50BF - relé de proteção contra falha de disjuntor (também chamado de 50/62 BF)

51Q - relé de sobrecorrente temporizado de sequência negativa com tempo definido ou curvas inversas

51V - relé de sobrecorrente com restrição de tensão

51C - relé de sobrecorrente com controle de torque

50PAF - sobrecorrente de fase instantânea de alta velocidade para detecção de arco voltaico

50NAF - sobrecorrente de neutro instantânea de alta velocidade para detecção de arco voltaico

59Q - relé de sobretensão de sequência negativa

59N - relé de sobretensão residual ou sobretensão de neutro (também chamado de 64G) , calculado ou TP em delta aberto 64 - relé de proteção

de terra pode ser por corrente ou por tensão. Os diagramas unifilares devem indicar se este elemento é alimentado por TC ou por TP, para que se possa definir corretamente. Se for alimentado por TC, também pode ser utilizado como uma unidade 51 ou 61. Se for alimentado por TP, pode-se utilizar uma unidade 59N ou 64G. A função 64 também pode ser encontrada como proteção de carcaça, massa-cuba ou tanque, sendo aplicada em transformadores de força até 5 MVA.

67N - relé de sobrecorrente direcional de neutro (instantâneo ou temporizado)

67G - relé de sobrecorrente direcional de terra (instantâneo ou temporizado)

67Q - relé de sobrecorrente direcional de sequência negativa

78 - Salto vetorial (Vector Shift)

Proteção Diferencial - ANSI 87:

O relé diferencial 87 pode ser de diversas maneiras:

87T - diferencial de transformador (pode ter 2 ou 3 enrolamentos)

87N - diferencial de neutro

REF – falta restrita à terra

87Q - diferencial de sequência negativa (aplicado para detecção de faltas entre espiras em transformadores)

87G - diferencial de geradores

87GT - proteção diferencial do grupo gerador-transformador

87SP - proteção diferencial de fase dividida de geradores

87V – Diferencial de tensão de fase

87VN – Diferencial de tensão de neutro

87B - diferencial de barras. Pode ser de alta, média ou baixa impedância

Pode-se encontrar em circuitos industriais elementos de sobrecorrente ligados num esquema diferencial, onde os TCs de fases são somados e ligados ao relé de sobrecorrente.

Também encontra-se um esquema de seletividade lógica para realizar a função diferencial de barras.

Pode-se encontrar em algumas documentações o relé 68 sendo referido

à função de seletividade lógica.

87M - diferencial de motores - Neste caso pode ser do tipo percentual ou do tipo autobalanceado.

O percentual utiliza um circuito diferencial através de 3 TCs de fases e 3 TCs no neutro do motor. O tipo autobalanceado utiliza um jogo de 3 TCs nos terminais do motor, conectados de forma a obter a somatória das correntes de cada fase e neutro. Na realidade, trata-se de um elemento de sobrecorrente, onde o esquema é diferencial e não o relé.

Dispositivo de comunicação de dados - ANSI 16:

As letras sufixos ao dispositivo definem sua aplicação. Os primeiros sufixos são:

S – comunicação de dados serial

E – comunicação de dados Ethernet

Os sufixos subsequentes definem:

C – dispositivo de segurança de rede (ex. VPN, encriptação)

F – firewall ou filtro de mensagens

M – função de gerenciamento da rede (SNMP)

R – roteador

S – switch

T – telefone

Uma switch Ethernet gerenciável terá o seguinte código: 16ESM

2.15 ANUNCIADORES DE ALARME

Anunciadores de alarme têm como principal função sinalizar corretamente estados críticos de instalações, preservando a integridade das mesmas. Eles sinalizam acústica e opticamente alarmes de equipamentos numa forma padronizada, dentro do mais elevado padrão ergonômico e cognitivo possível. Recomenda-se, em geral, realizar a conexão direta de sinais elétricos de alarme do campo com o anunciador, evitando-se a sua passagem por sistemas digitais de automação e de controle. Assim, obtém-se um nível de segurança operacional adequado.

O comprimento máximo de cabos de sinal é de 600 m (sem blindagem) ou de 1000 m (com blindagem). Estes valores máximos podem ser fortemente reduzidos em áreas com fortes campos eletromagnéticos, como em calhas a céu aberto em subestações. Também é de suma importância que os cabos sejam alocados em calhas portando cabos com tensões homogêneas. A alocação de cabos de alta e baixa tensão conjuntamente em calhas pode causar disfunções sérias no anunciador ou mesmo falhas de hardware.

Figura 22 – Especificação de um relé eletromecânico da marca Finder

RELÉ ELETROMAGNÉTICO

CARACTERÍSTICAS GERAIS

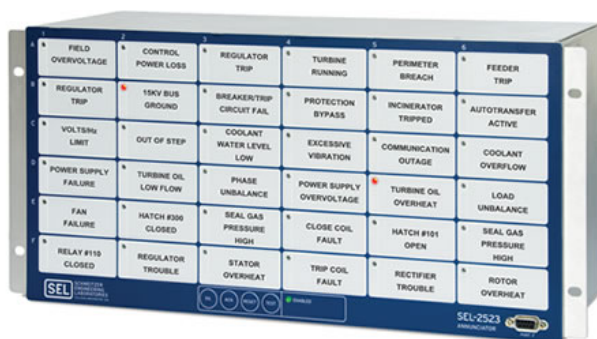
ISOLAÇÃO		tensão nominal de isolamento		V	250
ISOLAÇÃO segundo EN 61810-5		tensão de impulso nominal		kV	4
		grau de poluição			3
		categoria de sobretensão			III
IMUNIDADE					
IMUNIDADE A DISTÚRBIOS INDUZIDOS				TRANSIENTES RÁPIDOS (segundo EN 61000-4-4) nível 4 (4 kV)	
				PULSOS DE TENSÃO (segundo EN 61000-4-5) nível 3 (2 kV)	
OUTROS DADOS					
TEMPO DE BOUNCE: NA/NC		ms	1/6		
RESISTÊNCIA DA VIBRAÇÃO (10...55Hz): NA/NC		g/g	10/5		
POTÊNCIA DISPERSA NO AMBIENTE		sem carga nominal	W	0.2 (12V) - 0.9 (240V)	
		com carga nominal	W	0.5 (12V) - 1.5 (240V)	
COMPRIMENTO DE DESNUDAMENTO DO CABO		mm	10		
			38.51	38.61	
⊖ TORQUE		Nm	0.5		
TERMINAIS GUIADOS SEÇÃO DISPONÍVEL			fio rígido	fio flexível	fio rígido
		mm²	1x2.5 / 2x1.5	1x2.5 / 2x1.5	1x2.5
		AWG	1x14 / 2x16	1x14 / 2x16	1x14

Figura 23 – Relé SEL-351A para linhas



Fonte: Do autor

Figura 24 – Anunciadores de alarmes SEL-2523



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. [23](#)

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/>. [30](#)

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/>. [23](#)