

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**PEDRO HENRIQUE BIERNASKI KLEINERT**

**PROJETO DE DIPLOMAÇÃO**

**ESTUDO E PROJETO ELÉTRICO BÁSICO DE UMA  
SUBESTAÇÃO**

Porto Alegre

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

## **ESTUDO E PROJETO ELÉTRICO BÁSICO DE UMA SUBESTAÇÃO**

Projeto de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para Graduação em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro

Porto Alegre

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PEDRO HENRIQUE BIERNASKI KLEINERT

## **ESTUDO E PROJETO ELÉTRICO BÁSICO DE UMA SUBESTAÇÃO**

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina de “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro

Prof. Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro, UFRGS

Formação (Instituição onde obteve o título – Cidade, País)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro, UFRGS

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil.

Prof. Dr. Sérgio Luis Haffner, UFRGS

Doutor pela Universidade Estadual de Campinas – Campinas, Brasil.

Prof. Dr. Felipe Hernandez Garcia, UFRGS

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil.

Porto Alegre, Dezembro de 2011.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha irmã, em especial pela dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço aos meus pais que sempre estimularam meu estudo apesar da dificuldades, aos mestres que estimularam a busca pelo conhecimento necessário para a formação acadêmica, aos engenheiros da CDP engenharia que ensinaram sobre subestações e sempre estiveram dispostos a ajudar e a meus amigos, que sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis do curso.

## **RESUMO**

Este projeto tem o objetivo de apresentar uma subestação, com suas classificações e seus equipamentos e a partir de um exemplo de caso, será explicada a elaboração de um projeto elétrico de uma subestação utilizando os conhecimentos adquiridos durante a graduação acadêmica, no decorrer do estágio e em pesquisas.

**Palavras-chaves: Engenharia Elétrica. Transmissão de energia. Subestação. Projeto Elétrico.**

## **ABSTRACT**

This project aims to provide a substation, with their ratings and their equipment and from one case example, we will explain the development of an electric substation project using the knowledge acquired during the academic degree, during the stage and research.

**Keywords: Electrical engineering. Power transmission. Substation. Electrical Project.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Subestação 500kV – Furnas – Ibiúna, SP.....	16
Figura 2: Barramentos simples .....	18
Figura 3: Barramento duplo, disjuntor duplo .....	18
Figura 4: Barramento principal e de transferência .....	19
Figura 5: Barramento duplo, disjuntor simples .....	19
Figura 6: Barramento em anel .....	20
Figura 7: Barramento em disjuntor e meio .....	20
Figura 8: Subestações com entrada direta sem barramentos .....	21
Figura 9: Transformador de Potência WEG.....	26
Figura 10: Transformador de corrente 69kV.....	29
Figura 11: Transformador de potencial capacitivo 69Kv.....	30
Figura 12: Disjuntor 69Kv – AREVA.....	32
Figura 13: Chave Seccionadora 69Kv – S&C.....	34
Figura 14: Pára-raio 69Kv – Delmar.....	35
Figura 15: Relé SEL 451-5. ....	40
Figura 16: Banco de Capacitores .....	40
Figura 17: Diagrama unifilar básico da Subestação .....	42
Figura 18: Diagrama Unifilar simplificado da entrada da subestação .....	43
Figura 19: Diagrama Unifilar Simplificado do setor 23kV .....	44
Figura 20: Borne Conector modelo OTTA-6 .....	47
Figura 21: Chave teste .....	48
Figura 22: Esquema da caixa de interligação do Transformador de Potencial .....	49
Figura 23: Esquema da caixa de interligação dos transformadores de corrente .....	49
Figura 24: Caixa de interligação dos transformadores de potencial de 23kV .....	50

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 - TABELA NEMA SG6 .....</b>	<b>23</b>
<b>TABELA 2 - NOMENCLATURA ANSI .....</b>	<b>38</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>SUBESTAÇÕES.....</b>	<b>15</b>
2.1	DEFINIÇÃO.....	15
2.2	TIPOS DE SUBESTAÇÕES.....	16
2.3	TIPOS DE BARRAMENTOS.....	17
2.4	PROJETOS DE UMA SUBESTAÇÃO.....	21
<b>3</b>	<b>EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO.....</b>	<b>25</b>
3.1	TRANSFORMADOR DE FORÇA.....	25
3.2	TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO.....	27
3.2.1	TRANSFORMADOR DE CORRENTE.....	27
3.2.2	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL.....	29
3.3	DISJUNTOR.....	31
3.4	CHAVE SECCIONADORA.....	33
3.5	PÁRA-RAIO.....	34
3.6	RELÉ.....	36
3.7	CAPACITORES EM DERIVAÇÃO E EM SÉRIE.....	40
<b>4</b>	<b>PROJETO ELÉTRICO DE UMA SUBESTAÇÃO.....</b>	<b>41</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS DA SUBESTAÇÃO.....	41
4.2	DIAGRAMA UNIFILAR DA SUBESTAÇÃO.....	43
4.2.1	DIAGRAMA UNIFILAR DO TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA.....	45
4.2.2	DIAGRAMA UNIFILAR DOS ALIMENTADORES DE 23Kv.....	45
4.2.3	DIAGRAMA UNIFILAR DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL DE 23Kv.....	46
4.2.4	DIAGRAMA UNIFILAR DO MÓDULO DO BANCO DE CAPACITORES.....	46
4.2.5	DIAGRAMA UNIFILAR DO MÓDULO DE TRANSFERÊNCIA.....	46
4.2.6	DIAGRAMA UNIFILAR DO MÓDULO DE SERVIÇOS AUXILIARES.....	47
4.3	DIAGRAMA TRIFILAR DA SUBESTAÇÃO.....	47
4.3.1	DIAGRAMA TRIFILAR DO TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA.....	48
4.3.2	DIAGRAMA TRIFILAR DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL DE 23Kv.....	50
4.3.3	DIAGRAMA TRIFILAR DO MÓDULO BANCO DE CAPACITORES.....	50
4.3.4	DIAGRAMA TRIFILAR DOS ALIMENTADORES DE 23 Kv.....	51
4.3.5	DIAGRAMA TRIFILAR DO MÓDULO DE TRANSFERÊNCIA.....	51
4.3.6	DIAGRAMA TRIFILAR DO MÓDULO DE SERVIÇOS AUXILIARES.....	52
4.4	DIAGRAMA FUNCIONAL DA SUBESTAÇÃO.....	52
4.4.1	DIAGRAMA FUNCIONAL DO TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA.....	52
4.4.1.1	DIAGRAMA FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR 125Vcc.....	53
4.4.1.2	DIAGRAMA FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR 127/220Vca.....	53
4.4.1.3	DIAGRAMA FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO.....	53
4.4.1.4	DIAGRAMA FUNCIONAL DE VENTILAÇÃO FORÇADA.....	56

<b>4.4.2 DIAGRAMA FUNCIONAL DO MÓDULO BANCO DE CAPACITORES DE 23Kv.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4.2.1 DIAGRAMA FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR 125Vcc.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4.2.2 DIAGRAMA FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR 127/220Vca.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4.2.3 DIAGRAMA FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>4.4.3 DIAGRAMA FUNCIONAL DO MÓDULO DOS ALIMENTADORES E DO TRANSFERÊNCIA DE 23Kv.....</b>	<b>58</b>
<b>4.4.3.1 DIAGRAMA FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR 125Vcc.....</b>	<b>58</b>
<b>4.4.3.2 DIAGRAMA FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR 127/220Vca.....</b>	<b>58</b>
<b>4.4.3.3 DIAGRAMA FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.4 DIAGRAMA FUNCIONAL DE TELECOMANDO.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.4.1 DIAGRAMA FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR 125Vcc.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.4.2 DIAGRAMA FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR 127/220Vca.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.1.3 DIAGRAMA FUNCIONAL DE TELECOMANDO.....</b>	<b>60</b>
<b>4.5 VISTA DOS PAINÉIS.....</b>	<b>61</b>
<b>4.6 LISTA DE CABOS.....</b>	<b>61</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

DELET: Departamento de Engenharia Elétrica

PPGEE: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CDP: Consultoria e Desenvolvimento de Projetos

SE: Subestação

NEMA: National Electrical Manufacturers Association

NBR: Norma Brasileira Regulamentadora

ANSI: American National Standards Institute

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnica

NR: Norma Regulamentadora

TR: Transformador

TC: Transformador de Corrente

TP: Transformador de Potencial

TPC: Transformador de Potencial Capacitivo

TPI: Transformador de Potencial Indutivo

DJ: Disjuntor

PR: Pára-Raio

CS: Chave Seccionadora

CPU: Central Processing Unit

CC: Corrente Contínua

CA: Corrente Alternada

AT: Alta tensão

BT: Baixa Tensão

CI: Caixa de Interligação

IHM: Interface Homem Máquina

SEL: Schweitzer Engineering LaboratorieS

## 1 INTRODUÇÃO

Como nos dias de hoje as unidades geradoras encontram-se muito distantes dos grandes centros de carga, o setor elétrico passou a depender muito das subestações para a transmissão da energia, já que elas adequam os níveis de tensão de forma a diminuir as perdas durante o seu percurso. Além de diminuir os custos das transmissões, as subestações são responsáveis também pelas proteções das linhas, além de possuir equipamentos de manobra que aumentam a confiabilidade do sistema elétrico.

O projeto de uma subestação é dividido em três partes, o projeto civil, o projeto eletromecânico e o projeto elétrico.

Este trabalho tem como objetivo mostrar como foi desenvolvido o projeto elétrico de uma subestação de energia, realizado durante o estágio na empresa CDP Engenharia. O projeto teve como base outros projetos realizados para a mesma concessionária e que possuíam características semelhantes a este. Minha participação foi de auxílio ao engenheiro Gilberto Cracco no desenvolvimento do projeto, participando de todas as etapas da elaboração do mesmo. Quanto ao andamento do projeto, ele está sendo analisado pela concessionária e poderá haver correções de acordo com as necessidades da mesma.

Além do projeto elétrico da subestação, será abordada ainda uma classificação das subestações quanto à sua funcionalidade e quanto ao seu tipo de operação, além de mostrar os equipamentos que a formam, de uma maneira mais sucinta.

## 2 SUBESTAÇÕES

### 2.1 Definição:

Subestações de energia elétrica são instalações cuja finalidade é adequar os parâmetros de tensão e corrente das linhas em que estão ligadas a níveis viáveis, tanto tecnicamente quanto economicamente para a transmissão e distribuição desta energia.

As subestações servem para viabilizar a transmissão da energia elétrica já que essa transmissão deve ser feita da forma mais eficiente com a menor porcentagem de perdas no caminho. Como a principal perda na transmissão ocorre por efeito Joule , ( $P = R \times I^2$ ) devido á altas correntes nos cabos, essa energia deve ser elevada a altos valores de tensão para que as perdas sejam diminuídas. Logo, quando a energia é gerada seja energia hidráulica, térmica, eólica ou nuclear, ela deve ser elevada a altas tensões durante o percurso até as redes de distribuição onde será rebaixada conforme a necessidade das localidades. Portanto, durante o percurso energia elétrica passará por subestações que possibilitam o aumento e a diminuição dos valores da tensão e também fazem a proteção dos sistemas elétricos.

Para que a energia seja distribuída para os consumidores ela terá sua tensão rebaixada em uma subestação para valores que evitem riscos de acidentes e minimizem os custos de cabos e equipamentos de distribuição.

As subestações também podem ser usadas como conversoras da energia, isto no Brasil ocorre na usina de Itaipú que tem a necessidade de transformar a energia comprada de geradores paraguaios cuja frequência é de 50Hz em 60Hz, que é a frequência de distribuição no Brasil.

Para realizar essas funções as subestações possuem equipamentos de manobra, transformação e de compensação usados para dirigir o fluxo de energia do sistema de potência e possibilitar a sua diversificação através de rotas alternativas, bem como realizar a proteção do sistema através de equipamentos que identificam e isolam trechos defeituosos.

A figura a seguir mostra, como exemplo, uma Subestação elevadora de 500kV localizada em Ibiúna, SP.



Figura 1: Subestação 500kV – Furnas – Ibiúna, SP.

## 2.2 Tipos de Subestações

As subestações podem ser classificadas dependendo de vários fatores, desde a sua função até a sua forma de instalação. Primeiramente será apresentada uma classificação quanto à função que as subestações exercem. Dependendo da função ela pode ser das seguintes formas: uma subestação elevadora, de cliente, de transmissão, de interligação, de distribuição e conversoras.

As elevadoras são aquelas subestações construídas na saída das unidades geradoras de energia elétrica e tem como finalidade, como o nome já diz de elevar a tensão em que a energia está sendo produzida a fim de diminuir custos da transmissão. Isso, pelo fato de que a transmissão deve ser feita com as menores perdas, conforme foi mencionado anteriormente. Essas subestações são de grande porte e geralmente são construídas pelas próprias empresas geradoras da usina.

As subestações de cliente são aquelas em que o proprietário é, por exemplo, uma indústria e funciona como fonte principal de energia dela. Nela, os recursos e requisitos dependem das necessidades do proprietário da subestação.

Subestações de transmissão são aquelas usadas para a interligação de sistemas de alta ou extra alta tensão. Realizam também o seccionamento de circuitos permitindo a energização em trechos sucessivos de menor comprimento.

As de interligação são subestações cuja função é o seccionamento das linhas de transmissão visando usos futuros dessas linhas.

Além das subestações de interligação ainda existem as subestações de distribuição, localizadas próximas aos centros urbanos, que rebaixam o nível de tensão para um valor que torna viável a distribuição dessa energia para os consumidores.

As conversoras como já mencionado, estão associadas à transmissão de corrente contínua (Retificadoras e Inversoras) e o principal exemplo é Itaipú que necessita de uma subestação conversora para a energia comprada do Paraguai, já que o gerador paraguaio fornece energia com frequência diferente da brasileira.

Outra forma de classificar as subestações é quanto ao tipo de instalação e podem ser de duas formas: subestação externa ou ao tempo e subestação interna ou abrigada. Subestações externas são aquelas em que os equipamentos são instalados ao ar livre e, portanto requerem um funcionamento em condições atmosféricas diversas. Já as subestações internas ou abrigadas são construídas em edificações ou câmaras subterrâneas e, além disso, podem ser isoladas a gás tal como o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

Quanto a forma de operação elas podem ser com operador, semi-automáticas e automatizadas. A primeira é bastante usual em subestações de grande porte já que é necessário um operador para o uso dos equipamentos de supervisão e para o processo de operação local.

As semi-automáticas são providas com computadores locais e intertravamentos que impedem que sejam feitas operações indevidas pelo operador. Por último a mais utilizada atualmente que é a subestação automatizada, nela a supervisão é feita a distância por computadores.

### **2.3 Tipos de barramentos**

Existem alguns fatores que devem ser considerados para o projeto de uma Subestação e um deles é à disposição do barramento e dispositivos de comutação. É necessário que eles tenham uma flexibilidade tanto na operação, quanto na manutenção para que mesmo com um defeito se possa garantir uma continuidade de fornecimento de energia para todos os consumidores.

Os barramentos, segundo McDonald [1] podem ter os seguintes arranjos:

- Barramento simples;
- Barramento duplo, disjuntor duplo;
- Barramento principal e de transferência;
- Barramento duplo, disjuntor simples;
- Barramento em anel;
- Disjuntor e meio.

*Barramento simples:* é utilizado quando a Subestação possui apenas um barramento de AT ou BT e esta configuração é mais utilizada em pequenas subestações. Conforme mostrado na figura, ele possui um barramento principal com todos os circuitos conectados diretamente ao barramento, com isso gerando uma confiabilidade muito baixa ao sistema. Uma falha ou uma manutenção em qualquer desses circuitos faz com que o resto do sistema seja desenergizado.

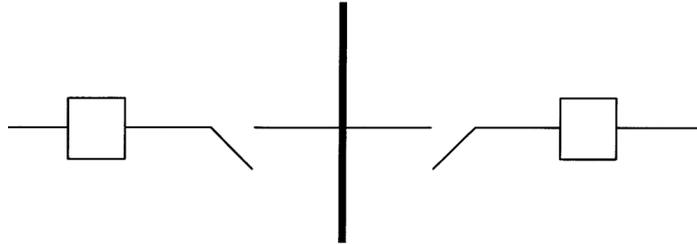


Figura 2: Barramentos simples

*Barramento duplo, disjuntor duplo:* este arranjo, conforme mostrado na figura 2, tem um nível de confiabilidade muito elevado já que existem dois disjuntores, um para cada circuito. Como existem dois barramentos separados, a falha em um deles não afetará a operação do outro. É um arranjo de alto custo já que requer mais equipamentos e também é necessária uma maior área para a subestação.

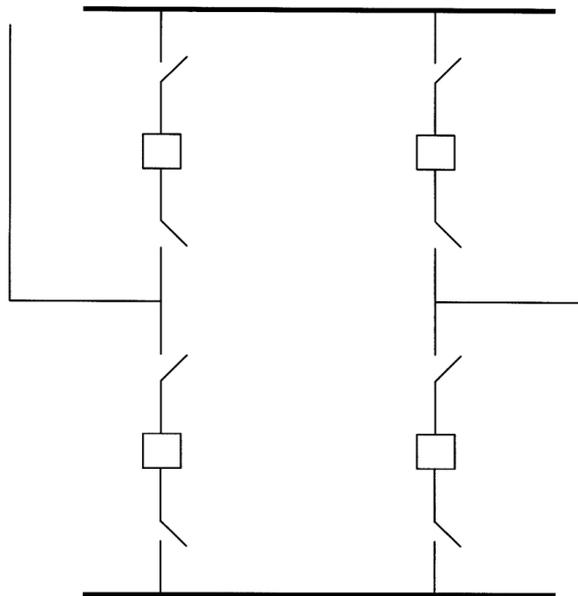


Figura 3: Barramento duplo, disjuntor duplo.

*Barramento principal e de transferência:* é o tipo utilizado na maioria das subestações, pois oferece uma boa flexibilidade de manutenção. Todos os circuitos estão conectados entre o barramento de transferência e o barramento principal como mostra a figura 3. Por ter dois barramentos existe a possibilidade de manutenção de um deles mantendo-se as cargas no outro, ainda que com limitações.

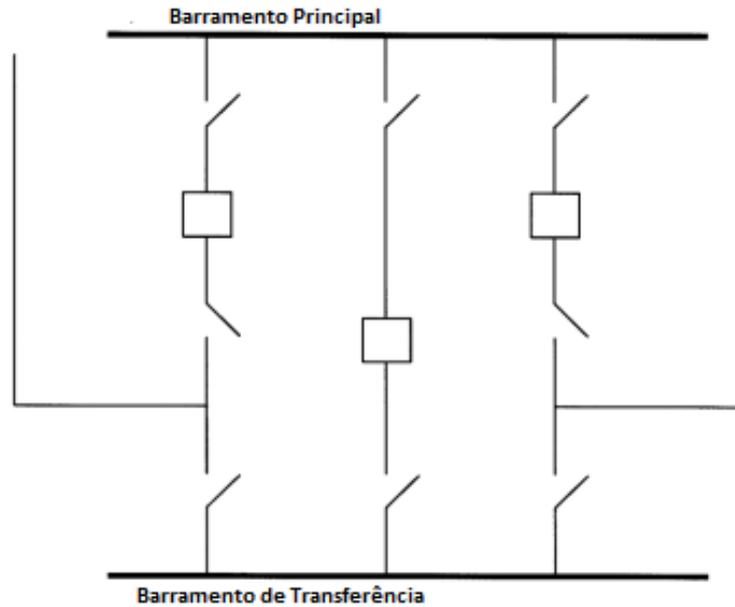


Figura 4: Barramento principal e de transferência.

*Barramento duplo, disjuntor simples:* esse esquema tem dois barramentos principais ligados aos circuitos e outro que permite a transferência de circuitos entre os barramentos conforme mostrado na figura 4. Isso permite o funcionamento do sistema com qualquer barramento, no entanto qualquer falha no disjuntor entre os barramentos causará a queda do sistema.

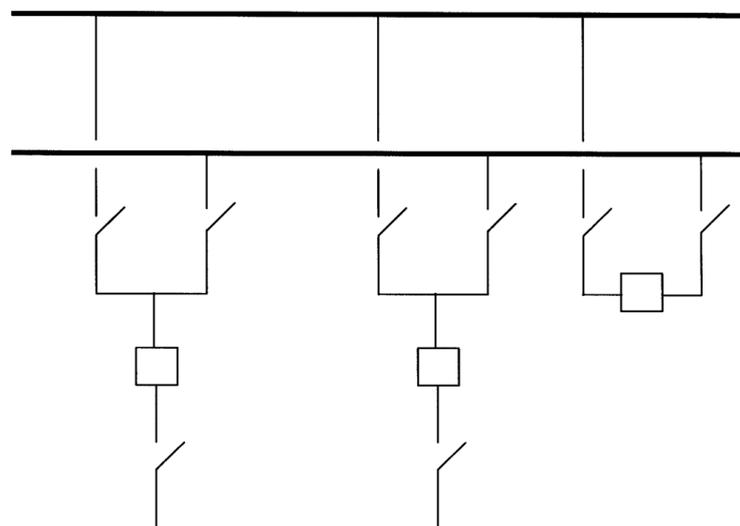


Figura 5: Barramento duplo, disjuntor simples.

*Barramento em anel:* Neste esquema os disjuntores estão dispostos em anel com circuitos entre os disjuntores. Quando há uma falha em um circuito, os dois disjuntores adjacentes atuam sem afetar o resto do sistema. Da mesma forma, uma falha de barramento afetará somente os disjuntores adjacentes e o resto do sistema continuará energizado. Da mesma forma, uma falha em um disjuntor fará com que os disjuntores adjacentes sejam acionados para isolar a falha.

Na figura abaixo é mostrada a configuração em anel.

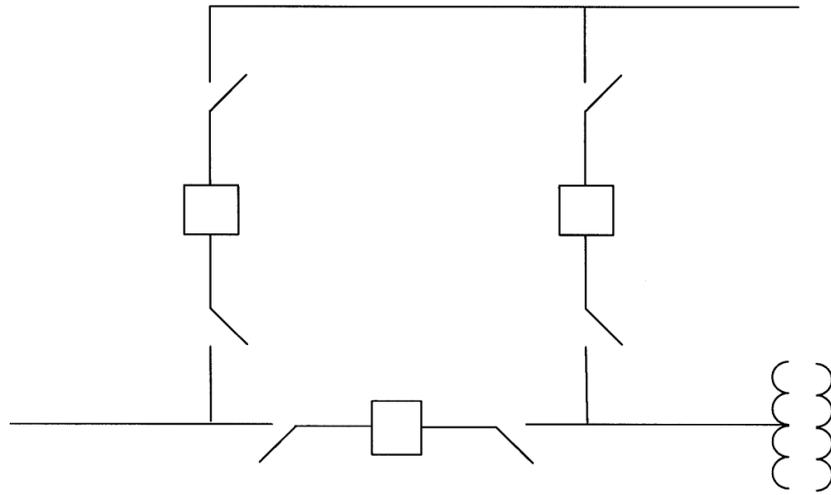


Figura 6: Barramento em anel.

*Barramento disjuntor e meio:* pode ser desenvolvido a partir de um arranjo em anel e está sendo mostrado na figura 6. Uma falha no disjuntor do lado do barramento só vai afetar um circuito e a manutenção de um disjuntor pode ser realizada sem a interrupção de nenhum circuito. Esse arranjo é muito confiável e pode continuar se expandindo dependendo da necessidade.

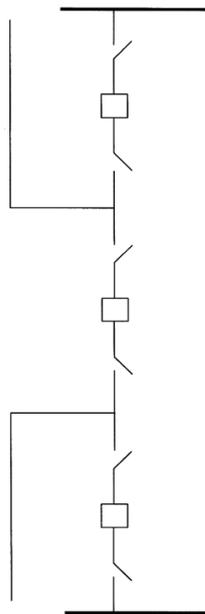


Figura 7: Barramento em disjuntor e meio.

Em algumas subestações que possuem apenas uma entrada e um transformador de potência não é necessária a utilização de barramentos e a entrada é direta conforme a figura 7.

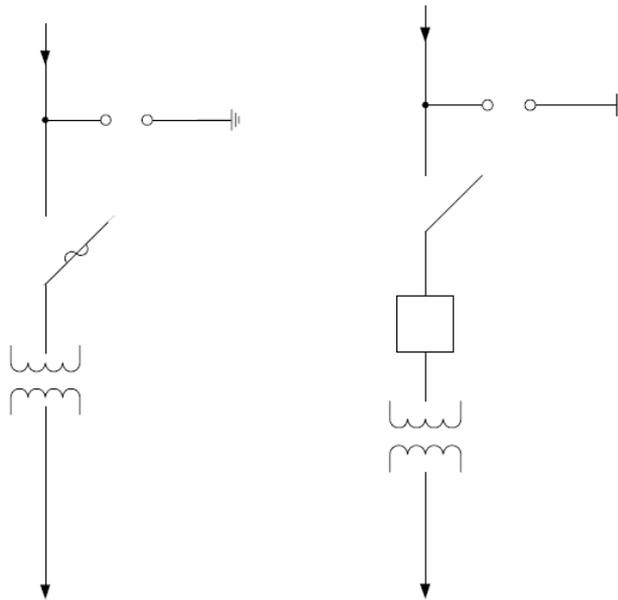


Figura 8: Subestações com entrada direta sem barramentos.

Ainda existe outra forma de classificar os barramentos das subestações que é quanto a sua continuidade, que podem ser contínuos ou seccionados. Os contínuos não possuem chaves ou disjuntores particionando ou interrompendo o barramento, já os seccionados têm duas ou mais seções interligadas que podem ser feitas por chaves ou disjuntores.

#### 2.4 Projetos de uma Subestação

Como uma subestação requer muitos custos para sua implantação, os projetos devem ser muito criteriosos para que não ocorram falhas durante a sua operação e por isso, são necessários estudos e avaliações.

Os projetos que envolvem uma subestação são o projeto civil, eletromecânico e o elétrico.

*Projeto Civil:* é um conjunto de projetos das estruturas dos equipamentos, pórticos, prédios e terreno da subestação. No projeto civil são calculadas e projetadas bases para os equipamentos, pórticos dos barramentos, localização das fundações dos equipamentos, o arruamento, prédio de comando, trajeto das canaletas de força e comando, drenagem de águas pluviais do terreno, bacia do transformador, as cercas perimetrais e detalhes de fechamento e aterramento, empedramento do pátio e diagrama isométrico com respectivos esforços.

*Projeto Eletromecânico:* é onde é feito a elaboração dos circuitos de potência, dimensionamento dos equipamentos elétricos, dimensionamento da malha de terra, das estruturas de sustentação, lançamento de canaletas e eletrocalhas, etc. O projeto eletromecânico e o projeto civil são

interdependentes, e por isso devem ser feitos em conjunto para evitar problemas nos dimensionamentos do projeto e assim, evitar prejuízos nas obras.

O projeto eletromecânico exige uma série de estudos, entre os quais estão: a resistividade do solo, orçamento de materiais e equipamentos, estudos da potência que será necessária para a operação da subestação, etc. Após estes estudos são definidos todos os detalhes para a montagem dos equipamentos da subestação, arranjo de interligação dos equipamentos, desenhos de planta e cortes.

O projeto eletromecânico se divide em: Arranjo Geral, Rede Aérea, Detalhe de Instalação, Iluminação e Tomadas e Rede de Terra.

No Arranjo Geral é mostrada a localização da SE no terreno, com uma amarração da mesma com a área onde será construída e o layout básico da subestação. Para a configuração da Planta da subestação, os equipamentos devem estar definidos e neste projeto devem ser preservadas as distâncias de fase-fase e fase-terra conforme estipulado na NEMA SG6 que é mostrada na tabela. No projeto da planta já são previstas as manobras de transferência e possíveis ampliações e a partir dele são projetadas as fundações e canaletas do projeto civil. Ainda nesta parte do projeto é mostrado o corte da subestação a partir da planta, mencionada anteriormente, com ele identificamos as alturas dos equipamentos, barramentos e pórticos e da mesma forma devemos respeitar as distâncias mínimas estipuladas pela NEMA SG6.

SUBESTAÇÕES CONVENCIONAIS AO TEMPO E ISOLAMENTO EM AR											
PARÂMETROS BÁSICOS - NEMA 266											
Linha	Tensão Nominal Máxima (kV Eficaz)	Tensão suportável nominal		Espaçamento mínimo (metal-metal) entre condutores energizados suportados rigidamente (m)	Espaçamento fase-terra (m)		Espaçamentos recomendados entre fases, centro e centro (m)			Espaçamento mínimo entre condutores aéreos e o solo, para segurança pessoal (m)	Tensão suportável nominal a impulso de manobra (kV pico)
		A impulso atmosférico (onda 1,2/50µs)(kV pico)	A 60 Hz sob chuva 10s (kV Eficaz)		Recomendado	Mínimo	Chaves com chifres e fusíveis tipo expulsão	Seccionadoras de abertura horizontal	Suporte de barramentos, chaves de abertura vertical, fusíveis de torça e condutores rígidos		
1	8,25	95	30	0,19	0,19	0,15	0,91	0,76	0,46	2,44	-
2	15,5	110	45	0,25	0,25	0,18	0,91	0,76	0,61	2,74	-
3	25,8	150	60	0,3	0,3	0,25	1,22	0,91	0,76	3,05	-
4	38,8	200	80	0,46	0,38	0,33	1,52	1,22	0,91	3,05	-
5	48,3	250	100	0,53	0,46	0,43	1,83	1,52	1,22	3,05	-
6	72,5	350	145	0,79	0,74	0,64	2,13	1,83	1,52	3,35	-
7	121	550	230	1,35	1,19	1,07	3,05	2,74	2,13	3,66	-
8	145	650	275	1,6	1,33	1,27	3,66	3,35	2,44	3,96	-
9	169	750	315	1,83	1,56	1,47	4,27	3,96	2,74	4,27	-
10	242	900	385	2,26	1,93	1,8	4,88	4,88	3,35	4,57	-
11	242	1050	455	2,67	2,3	2,11	5,49	5,49	3,96	4,88	-
12	362	1050	455	3,02	2,69	2,13	6,1	-	4,88	5,49	650
13	362	1300	525	-	-	2,64	-	-	-	-	759
14	550	1550	620	-	-	3,15	-	-	-	-	808
15	550	1800	710	-	-	3,66	-	-	-	-	898
16	800	2050	830	-	-	4,22	-	-	-	-	982

Tabela 1: Nema SG6.

Na Rede Aérea do projeto Eletromecânico são mostrados todos os conectores utilizados nas conexões entre equipamentos, barramentos e pórtico da subestação. Ele se baseia nos desenhos do Arranjo Geral de planta e cortes para quantificar esses conectores.

O Detalhe de Instalação é a parte do projeto em que mostra como será feito os aterramentos dos equipamentos, com identificação dos conectores e cabos, saídas de cabos de interligação e medição dos equipamentos. Esses desenhos, juntamente com as bases e estruturas dos equipamentos auxiliam as equipes durante a montagem dos equipamentos nas subestações.

O projeto de Iluminação e Tomadas mostra a locação na planta das luminárias, caixas de interligação e caixas de tomadas necessárias na subestação. Para isto, anteriormente é feito um estudo luminotécnico das necessidades do local, visando uma boa iluminação dos equipamentos e com isso, evitar acidentes. Ainda temos um esquema elétrico que mostra todas as ligações das luminárias e tomado e os detalhes de instalação da luminária, tomadas e caixas de interligação.

A Rede de Terra é o desenho da quadricula da malha de terra e para isso é feito um dimensionamento dessa malha. Para esse dimensionamento é necessário um estudo da resistividade do solo da subestação através do Método de Wenner. Normalmente a malha possui um espaçamento menor no centro da subestação, aumentando na periferia e quanto menos a resistividade do solo maior serão as distâncias entre os cabos da malha. As finalidades do aterramento são a proteção das instalações, estabelecer um referencial de tensão para a instalação e um caminho à corrente de falta e proporcionar uma superfície equipotencial no solo [2].

A malha de terra deve estar de acordo com as normas NBR 14039 e a NR-10 que regulamentam as instalações elétricas e tem como objetivo a segurança das pessoas envolvidas nas instalações.

*Projeto elétrico:* é nele que se define a filosofia de funcionamento da subestação, com ele é feita a proteção, sinalização e controle de todas as interligações entre os equipamentos. Este assunto será abordado com mais ênfase no capítulo 4.

### 3 EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

Uma subestação de energia possui equipamentos que visam à segurança dos operadores, tanto na manutenção quanto na operação da mesma, bem como seu melhor funcionamento. Os principais desses equipamentos são: transformadores de Força, reatores em derivação, buchas, transformadores de corrente, transformadores de potencial, para-raios, chaves, disjuntores, capacitores em derivação e capacitores em série.

Esses equipamentos se dividem, quanto a sua finalidade da seguinte forma:

- Equipamentos de Transformação: Transformadores de força e transformadores de instrumento (transformadores de potencial e de corrente (capacitivos ou indutivos))
- Equipamentos de Manobra: Disjuntores e Chaves Seccionadoras
- Equipamentos de Proteção: Para-Raios e Relés
- Equipamentos de Compensação de Reativos: Capacitor derivação ou série

#### 3.1 Transformadores de Força

É o equipamento base de uma subestação de energia e possibilita a flexibilidade de um sistema em operar com a tensão mais conveniente, tanto do ponto de vista técnico quanto do econômico. É ele que eleva ou rebaixa a tensão para os níveis necessários na subestação, além de poder também isolar eletricamente circuitos entre si, ajustar as impedâncias, ou todas estas finalidades citadas ao mesmo tempo.

Os transformadores de força podem ser classificados segundo seu meio isolante, número de fases e tipos de enrolamentos [3].

- Quanto ao meio isolante: podem ser a óleo mineral, a líquidos isolantes pouco inflamáveis (silicone) e a seco;
- Quanto ao número de fases: podem ser monofásicos ou trifásicos
- Quanto ao enrolamento: podem ser de dois ou mais enrolamentos isolados eletricamente uns dos outros (primário, secundário e terciário) ou podem ser com um enrolamento com ramificações para obter diferentes níveis de tensão (autotransformador).

Os transformadores são equipamentos muito específicos e suas características dependem das necessidades das subestações. É mostrada abaixo a figura de um transformador de potência da marca WEG.



Figura 9: Transformador de potência WEG (Fonte: Site WEG).

- Núcleo Magnético: normalmente é do tipo envolvido, as colunas estão dispostas em um plano e interligadas pelas culatras.
- Enrolamentos: são feitos de cobre com seção normalmente retangular e o tipo do enrolamento depende da potência e da tensão do transformador. Para tensões mais altas são utilizados enrolamentos em disco e para tensões baixas enrolamento em camadas.
- Buchas: permitem a passagem dos cabos de linha para dentro do transformador sem que ocorra contato entre os meios interno e externo.
- Comutador: é um enrolamento especial com derivações (TAP's), que pode ser operado em vazio ou em carga. Ele é usado para modificar a relação de transformação de forma que as cargas sejam alimentadas adequadamente. Acionamentos motorizados são usados para

operar os comutadores em carga, já os comutadores em vazio devem ser operados somente com o transformador desenergizado.

- Tanque de expansão: o óleo contido no tanque tem característica de variação de volume associado à variação de temperatura, ou seja, o óleo em expansão deve ser direcionado ao tanque de expansão de forma que não haja sobrepressão no tanque. No movimento de contração, o óleo presente no tanque é transferido para o tanque do transformador.
- Refrigeração: a refrigeração é fundamental para a segurança operacional e o tempo de vida do transformador. Existem algumas formas de refrigeração: refrigeração natural (ONAN), onde o calor é absorvido pelo óleo e dissipado através de radiadores, refrigeração ONAN/ONAF onde os radiadores são refrigerados por meio de ventiladores, refrigeração com banco de radiadores separados ou com trocador de óleo/água.
- Relé Buchholtz: protege o transformador contra falhas internas que provoquem a produção de gás ou diminuição no nível de óleo.
- Indicador de nível de óleo: É acionado quando o nível de óleo atinge um ponto inferior ou superior ao estabelecido.

Para o dimensionamento dos transformadores são necessários alguns parâmetros, que são Potências nominais, tensão de operação e relação de transformação entre a tensão nominal do primário e do secundário [4].

### **3.2 Transformadores de Instrumentos**

São equipamentos utilizados para adequar os sinais de alta tensão a serem medidos para os instrumentos de medição. Os transformadores de equipamentos são o TC (Transformador de Corrente) e o TP (Transformador de Potencial). Eles são usados para medir tensão, corrente e fator de potência, além de serem utilizados para a proteção da Subestação. Os transformadores de instrumento suprem os relés e medidores com quantidades proporcionais aos circuitos de potência, mas suficientemente reduzidas, de forma que estes instrumentos podem ser fabricados relativamente pequenos, do ponto de vista de isolamento.

#### **3.2.1 Transformadores de Corrente**

São equipamentos capazes de produzir proporcionalmente em seu circuito secundário a corrente de seu primário com sua posição fasorial mantida, conhecida e adequada para o uso em instrumentos de medição, controle e proteção.

Os transformadores de corrente tem seu enrolamento primário ligado em série com o circuito de alta tensão, esse enrolamento é constituído de poucas espiras de material condutor de cobre de grande secção. A impedância do transformador de corrente, vista do seu lado primário é desprezível, comparada com a do sistema ao qual estará instalado, mesmo que se leve e conta a carga que se coloca em seu secundário. Assim, a corrente que circulará no primário do equipamento é ditada pelo circuito de potência, chamado de circuito primário.

O secundário apresenta o número de espiras tal que em seu enrolamento a corrente seja de 5 A, que é a corrente padronizada pela ABNT [4].

Os Transformadores de corrente, quanto a sua função, dividem-se em:

- TC's para medição: possuem maior precisão e possuem um núcleo dimensionado de tal forma que ele sature não permitindo que a corrente no secundário ultrapasse o valor nominal e assim protege os equipamentos de medição;
- TC's para proteção: possuem uma menor precisão, e a corrente do secundário pode ultrapassar o valor nominal, quando numa situação de falta, para o sistema de proteção atuar instantaneamente ou depois de alguns instantes dependendo da intensidade e duração da falta.

Quanto a sua forma de construção, os TC's podem ser classificados da seguinte forma:

- Tipo primário enrolado: TC cujo enrolamento primário é constituído de uma ou mais espiras e envolve mecanicamente o núcleo do transformador. Este tipo é usado quando são requeridas relações de transformações inferiores a 200/5. Possui isolamento limitada e, portanto, se aplica em circuitos até 15kV;
- Tipo bucha: Consiste de um núcleo em forma de anel (núcleo toroidal), com enrolamentos secundários. O núcleo fica situado ao redor de uma "bucha" de isolamento, através da qual passa um condutor, que substituirá o enrolamento primário. Este tipo de TC, é comumente encontrado no interior das "buchas" de disjuntores, transformadores, religadores, etc;
- Tipo janela: Tem construção similar ao tipo bucha, sendo que o meio isolante entre o primário e secundário é o ar. O enrolamento primário é o próprio condutor do circuito, que passa por dentro da janela;
- Tipo barra: TC cujo enrolamento primário é constituído por uma barra montada permanentemente através do núcleo do transformador;
- Tipo com núcleo dividido: TC tipo janela em que parte do núcleo é separável ou basculante, para facilitar o enlaçamento do condutor primário;

- Tipo com vários enrolamentos primários: TC com vários enrolamentos primários distintos e isolados separadamente; Tipo de vários núcleos: TC com vários enrolamentos secundários isolados separadamente e montados cada um em seu próprio núcleo, formando um conjunto com um único enrolamento primário, cujas espiras, ou espira, enlaçam todos os secundários.

Segundo a ABNT, os valores nominais que caracterizam os TCs, são: corrente nominal e relação nominal, classe de tensão de isolamento, frequência nominal, carga nominal, fator de sobrecorrente, classe de exatidão, fator térmico e limites de corrente de curta-duração para efeitos térmico e dinâmico.

A figura abaixo mostra um transformador de corrente localizado no pátio da SE Canoas 3.

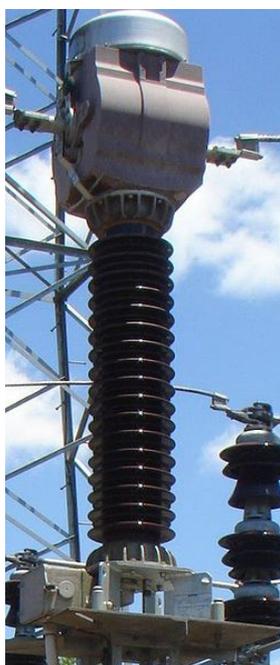


Figura 10: Transformador de Corrente 69kV – SE Canoas 3.

### 3.2.2 Transformadores de Potencial

Em sistemas de alta tensão, as medições de tensão não são feitas diretamente da rede primária, para isso são utilizados equipamentos denominados transformadores de potencial (TP). Esse equipamento tem como finalidade isolar o circuito de baixa tensão (secundário) do circuito de alta (primário) e de produzir os efeitos transitórios e de regime permanente aplicado ao circuito de alta-tensão no circuito de baixa tensão.

Os TP's são projetados e construídos para uma tensão secundária nominal padronizada de 115V, sendo a tensão primária nominal estabelecida de acordo com a tensão entre fases do circuito em

que o TP será ligado. Os terminais do primário do TP são ligados em paralelo com a tensão a ser medida [4].

Quanto ao tipo, os transformadores de potencial podem ser classificados da seguinte forma:

- Transformadores de Potencial Indutivos (TPI): é semelhante a um transformador de força conectado a uma pequena carga. São mais utilizados em tensões entre 600V e 69kV;
- Transformadores de Potencial Capacitivos (TPC): são constituídos de dois capacitores cujas funções são de divisor de tensão e de acoplar a comunicação via “carrier” ao sistema de potência. Sua utilização é mais frequente em sistemas com tensão maior que 138kV;
- Divisores resistivos: são como os capacitivos, mas usando resistores, não são utilizados em sistemas de potência e sua aplicação é feita em circuitos de ensaio e pesquisa em laboratórios;
- Divisores mistos (capacitivo e resistivo): é um misto dos dois anteriores, e também não é utilizado em sistemas de potência.

Segundo a ABNT, os valores nominais que caracterizam os TPs, são: tensão primária nominal e relação nominal, carga nominal, classe de exatidão e potência térmica nominal.

Abaixo é mostrada uma figura de um transformador de potencial 69kV.



Figura 11: Transformador de Potencial Capacitivo 69kV - AREVA.

### 3.3 Disjuntores

É um equipamento de manobra, capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes nas condições normais do circuito, assim como estabelecer, conduzir durante um tempo especificado e interromper correntes sob condições anormais especificadas do circuito, tais como as de curto-circuito.

A principal função dos disjuntores é a interrupção de correntes de falta tão rapidamente quanto possível, de forma a limitar a um mínimo os possíveis danos aos equipamentos pelos curtos-circuitos. Também deve interromper correntes normais de carga, correntes de magnetização de transformadores e reatores e as correntes capacitivas de bancos de capacitores e linhas em vazão [5].

Quando da manobra de fechamento, o disjuntor de potência deve também, no caso de um curto-circuito, atingir de maneira correta a sua posição fechada e conduzir a corrente de curto-circuito. Na manobra de abertura, o disjuntor deve suportar todos os casos de manobras possíveis da rede onde está instalado.

Os disjuntores devem ser capazes de abrir correntes de 20 a 50 vezes a sua corrente nominal, em tempos de 2 ciclos (33,3ms) após ficarem na posição fechada por vários meses. Por isso, alguns cuidados devem ser levados em consideração durante o projeto do equipamento, como reduzir as partes móveis e de garantir a mobilidade das válvulas, ligações mecânicas, etc.

Os disjuntores podem ser classificados de várias formas, quanto a sua construção, meios de interrupção do arco e mecanismo de acionamento.

Quanto a construção, os disjuntores podem ser de duas formas, em pólos juntos ou pólos separados. Os de pólos juntos possuem todos os pólos numa só carcaça e geralmente são em disjuntores a seco ou grande volume de óleo. Os de pólos separados apresentam uma carcaça para cada pólo e são encontrados em todos os tipos de disjuntores.

Quanto aos meios de interrupção do arco, têm-se:

- Disjuntores a óleo: podem ser a grande ou a pequeno volume de óleo. No de grande volume os contatos ficam no centro de um tanque contendo óleo, que é usado para interrupção e isolamento para a terra das correntes. No de pequeno volume de óleo, o óleo serve para a extinção do arco.
- Disjuntores a ar comprimido: a extinção do arco é obtida a partir da admissão nas câmaras de ar comprimido que, soprando sobre a região entre os contatos, determina o resfriamento do arco e sua compressão. A reignição do arco em seguida à ocorrência de um zero de

corrente é prevenida pela exaustão dos produtos ionizados do arco da região entre os contatos pelo sopro de ar-comprimido;

- Disjuntores a Gás SF6: Os primeiros disjuntores a SF6 eram do tipo “dupla pressão” baseado no funcionamento dos disjuntores de ar comprimido. Estes foram substituídos pelos disjuntores do tipo “puffer” (ou “impulso”) também denominados de “pressão única”. Os Disjuntores a gás SF6 têm sido bastante utilizados devido sua confiabilidade e baixa manutenção;
- Disjuntores à vácuo: Nesse disjuntor, interrupção da corrente no vácuo consiste na separação de um contato móvel de um contato fixo dentro de um recipiente com vácuo.
- Disjuntor a seco (sopro magnético): encontram sua maior utilização em cubículos blindados. A interrupção é por alongamento e secionamento do arco.

Quanto ao mecanismo de acionamento podem ser por mecanismo manual, ou mecanismo de acionamento á distância que pode ser por solenoide, motor e mola, pneumático ou hidráulico.

Os parâmetros considerados para o dimensionamento dos disjuntores são: tensão nominal, corrente nominal, capacidade de interrupção nominal de curto-circuito, capacidade de estabelecimento nominal em curto circuito, duração nominal da corrente de curto-circuito e sequencia nominal de operações [4].

A figura abaixo mostra um disjuntor da marca AREVA de 69 kV.



Figura 12: Disjuntor 69kV - AREVA.

### 3.4 Chaves Seccionadoras

São equipamentos utilizados para o isolamento ou conexão dos circuitos em uma Subestação, sendo que deve operar com o circuito já desenergizado já que não possui método de ruptura de arco voltaico. As chaves podem ser acompanhadas por lâmina de terra, que serve para que quando a chave está aberta fazer a manutenção, aterrar o circuito que foi desligado e, assim evitar qualquer acidente durante a manutenção.

Para o isolamento de um componente em manutenção, as chaves abertas devem 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.

As manobras são usadas em uma subestação para transferir a carga de um barramento de alimentação para outro reserva, por exemplo, no caso de ser necessária uma manutenção do barramento, ou qualquer tipo de serviço no mesmo.

Os seccionadores somente podem operar quando houver uma diferença de tensão insignificante entre seus terminais ou nos casos de restabelecimento ou interrupção de correntes insignificantes.

As chaves seccionadoras costumam apresentar dispositivos de intertravamento entre os mecanismos de comando manual e motorizado das lâminas dos seccionadores e entre as lâminas principais e as de terra.

As chaves podem ser classificadas quanto ao seu comando de operação, que pode ser de forma manual ou motorizada. O comando manual pode ser feito por meio de uma vara isolante ou por manivela localizada na base do seccionador. A operação motorizada pode ser feita por um único mecanismo que, através de hastes, comanda a operação conjunta de dos três pólos ou por mecanismos independentes para cada pólo do seccionador (pantográficos e semipantográficos).

Também podem ser classificadas de acordo com o tipo de abertura. Para a escolha do tipo de seccionadora são levados em consideração alguns fatores, entre eles: nível de tensão, esquema de manobra da subestação, limitações de área ou de afastamentos elétricos, função desempenhada e tipo de padrão já utilizado pela empresa.

Os seccionadores de abertura lateral e de abertura central acarretam espaçamentos entre eixos de fases maiores que os demais, para manter o espaçamento fase-fase especificado. O seccionador de dupla abertura é crítico para tensões maiores que 345kV. As lâminas tornam-se muito longas e tendem a sofrer deformações principalmente nos esquemas de manobra em que determinados seccionadores operam normalmente abertos.

Os seccionadores pantográficos, semipantográficos e verticais reversos apresentam a vantagem de economia de área, os três pólos não precisam necessariamente estar alinhados como nos tipos de seccionadores com acionamento conjunto dos pólos e as fundações são menores. Eventualmente os seccionadores pantográficos podem apresentar maior frequência de manutenção para o ajuste das articulações.

Para o dimensionamento das chaves seccionadoras são levados em consideração alguns fatores: tensão nominal, nível de isolamento, tensão suportável nominal de frequência industrial, tensão suportável nominal de impulso atmosférico, tensão suportável nominal de impulso de manobra, frequência nominal, corrente nominal, sobrecarga contínua, sobrecarga de curta duração, correntes nominais de curto-circuito, corrente suportável nominal de curta duração, valor de crista nominal da corrente suportável de curta duração, desempenho dos seccionadores e chaves de terra durante curto-circuito, esforços Mecânicos Nominais sobre os Terminais e capacidade de interrupção e de estabelecimento de corrente dos seccionadores e chaves de terra [4].

Na figura abaixo são mostradas as partes construtivas de uma chave seccionadora.



Figura 13: Chave Seccionadora 69kV - S&C.

### 3.5 Pára-raios

Os para-raios são equipamentos de proteção de uma subestação contra sobretensões atmosféricas e de manobra. Nas linhas de transmissão existem cabos pára-raios que servem para

absorver as descargas dos raios que atingem as linhas de transmissão, caso a descarga não seja recebida por esse cabo esta carga irá através dessa linha até a subestação, onde o pára-raio absorverá essa descarga para a malha de terra que se dispersará no solo, limitando a tensão sobre os equipamentos.

Manobras no sistema elétrico podem causar sobretensões e os para-raios podem absorver esses surtos. Atuam como limitadores de tensão, impedindo que valores acima de um determinado nível pré-estabelecido possam alcançar os equipamentos para os quais fornecem proteção.

Um pára-raios é constituído de um elemento resistivo não-linear associado ou não a um centelhador em série. Em operação normal, o pára-raios é semelhante a um circuito aberto. Quando ocorre uma sobretensão, o centelhador dispara e uma corrente circula pelo resistor não-linear impedindo que a tensão nos seus terminais ultrapasse um determinado valor.

Para o dimensionamento dos Pára-raios são levados em consideração alguns fatores: tensão nominal, Tensão Disruptiva sob impulso atmosférico e manobra, corrente de descarga, corrente subsequente, tensão residual, classe de descarga e frequência nominal [4].

Na figura abaixo é mostrada as partes construtivas de um Pára-raio.



Figura 14: Pára-raio 69kV - Delmar.

### 3.6 Proteção

O sistema de proteção é um dispositivo destinado a detectar anormalidades no sistema elétrico, atuando sobre um equipamento ou sistema, retirando os equipamentos com as anormalidades de operação e acionando circuitos de alarme quando necessário. Também pode permitir a energização de um equipamento ou de um sistema quando satisfeitas certas condições de normalidade.

As funções dos sistemas de proteção são de medir grandezas do sistema, comparar valores medidos com os valores dos ajustes aplicados, operar em função destes resultados, acionar operação de disjuntores e sinalizar sua atuação via indicador visual ou sonoro.

Primeiramente, a proteção utilizada era eletromecânica e constituída basicamente de relés eletromecânicos, circuitos elétricos e circuitos magnéticos. Existem os mais variados tipos de relés eletromecânicos sendo que cada tipo realiza uma função. Estes relés são utilizados ainda somente em subestações mais antigas, sendo que nas novas são utilizados relés digitais.

Além da função de proteção, os relés digitais podem ser programados para desempenhar outras tarefas. Eles podem medir correntes e tensões dos circuitos além de fazer o autodiagnóstico do sistema. Ele realiza a supervisão contínua de seu hardware e software, detectando anormalidades que passam surgir e reparando antes que opere incorretamente.

Nos relés digitais se aplicam sinais analógicos provenientes dos transdutores primários de corrente e potencial (TP's e TC's), e sinais discretos, que refletem o estado de disjuntores, chaves e outros relés. Os sinais analógicos passam adicionalmente por um conversor analógico-digital antes de entrar na unidade central de processamento (CPU). Os sinais discretos de saída do relé recebem processamento no subsistema de saídas discretas, que geralmente inclui relés eletromecânicos auxiliares para provê-lo de saídas tipo contato. O relé realiza também a função de sinalização de sua operação (bandeirolas) e de seu estado funcional mediante dispositivos de sinalização (geralmente tipo luminoso) visíveis no exterior. A maioria dos relés digitais dispõe também de capacidade de comunicação com outros equipamentos digitais, mediante portas seriais e paralelas.

Os principais relés utilizados na proteção de uma subestação são:

- Sobrecorrente instantâneo (50): opera quando o valor da corrente excede certo valor;
- Sobrecorrente instantâneo e temporizado (50/51): pode operar pelo elemento temporizado e instantâneo. O elemento instantâneo opera quando a corrente atinge valores muito altos;
- Sobretensão (59): opera quando a tensão excede determinado limite;
- Subtensão (27): opera quando a tensão cai abaixo de certo valor;
- Diferencial de transformador, gerador e barra (87): opera por comparação de corrente;
- Direcional (67): opera quando os valores de correntes e tensões se modificam acentuadamente, um em relação ao outro;
- Relé de Religamento (79): opera para comandar o religamento de um disjuntor;

- Relé de pressão (63): opera para defeitos internos do transformador e para baixos níveis de pressão em equipamentos encapsulados (SF6);
- Relé de distância (21): opera para defeitos em linhas de transmissão de alta tensão;
- Relé de subfrequência (81): opera quando a frequência cai abaixo de determinado valor ajustado no relé;
- Relé de sincronismo (25): permite o fechamento do disjuntor caso as tensões em seus pólos possuam aproximadamente o mesmo módulo, fase e frequência.

Antigamente, com os relés eletromecânicos era necessário um relé para cada uma das funções acima, cuja numeração é dada pela tabela ANSI (American National Standards Institute) abaixo. Já os relés digitais podem assumir mais de uma função.

Número	Descrição
01	Elemento Principal
02	Relé de Partida ou Fechamento Temporizado
03	Relé de Verificação ou Interbloqueio
04	Contator Principal
05	Dispositivo de Interrupção
06	Disjuntor de Partida
07	Disjuntor de Anodo
08	Dispositivo de Desconexão da Energia de Controle
09	Dispositivo de Reversão
10	Chave de Sequência das Unidades
11	Reservada para Futura Aplicação
12	Dispositivo de Sobrevelocidade
13	Dispositivo de Rotação Síncrona
14	Dispositivo de Subvelocidade
15	Dispositivo de Ajuste ou Comparação de Velocidade ou Frequência
16	Reservada para Futura Aplicação
17	Chave de Derivação ou de 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	Reservada para Futura Aplicação
25	Dispositivo de Sincronização ou de Conferência de Sincronismo
26	Dispositivo Térmico do Equipamento
27	Relé de Subtensão
28	Reservada para Futura Aplicação
29	Contator de Isolamento
30	Relé Anunciador
31	Dispositivo de Excitação em Separado
32	Relé Direcional de Potência
33	Chave de Posicionamento
34	Chave de Sequência, Operada por Motor
35	Dispositivo para Operação das Escovas ou para Curtocircuitar Anéis Coletores
36	Dispositivo de Polaridade
37	Relé de Subcorrente ou Subpotência
38	Dispositivo de Proteção de Mancais
39	Reservada para Futura Aplicação
40	Relé de Campo
41	Disjuntor ou Chave de Campo
42	Disjuntor ou Chave de Operação Normal
43	Dispositivo ou Seletor de Transferência Manual
44	Relé de Sequência de Partida das Unidades

45	Reservada para Futura Aplicação
46	Relé de Reversão ou Balanceamento de Corrente de Fase
47	Relé de Sequência de Fase de Tensão
48	Relé de Sequência Incompleta
49	Relé Térmico para Máquina ou Transformador
50	Relé de Sobrecorrente Instantâneo
51	Relé de Sobrecorrente de Tempo
52	Disjuntor de Corrente Alternada
53	Relé para Excitatriz ou Gerador CC
54	Disjuntor de Corrente Contínua, Alta Velocidade
55	Relé de Fator de Potência
56	Relé de Aplicação de Campo
57	Dispositivo para Aterramento ou Curto Circuito
58	Relé de Falha de Retificação
59	Relé de Sobretensão
60	Relé de Balanço de Tensão
61	Relé de Balanço de Corrente
62	Relé de Interrupção ou Abertura Temporizada
63	Relé de Pressão de Nível ou de Fluxo, de Líquido ou Gás
64	Relé de Proteção de Terra
65	Regulador (Governador)
66	Dispositivo de Intercalação ou Escapamento de Operação
67	Relé Direcional de Sobrecorrente CA
68	Relé de Bloqueio
69	Dispositivo de Controle Permissivo
70	Reostato Eletricamente Operado
71	Reservada para Futura Aplicação
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	Transmissor de Impulsos
78	Relé de Medição de Ângulo de Fase, ou de Proteção Contra Falta de Sincronismo
79	Relé de Religamento CA
80	Reservada para Futura Aplicação
81	Relé de Subfrequência
82	Relé de Religamento CC
83	Relé de Seleção de Controle ou de Transferência Automática
84	Mecanismo de Operação
85	Relé Receptor de Onda Portadora ou Fio-Piloto
86	Relé de Bloqueio
87	Relé de Proteção Diferencial
88	Motor Auxiliar ou Motor Gerador
89	Chave Seccionadora
90	Dispositivo de Regulação
91	Relé Direcional de Tensão
92	Relé Direcional de Tensão e Potência
93	Contator de Variação de Campo
94	Relé de Desligamento, ou de Disparo Livre
95 a 99	Usados para Aplicações Específicas, não Cobertos pelos Números Anteriores

Tabela 2: Nomenclatura ANSI (American National Standards Institute)

Abaixo é mostrado um relé digital Relé SEL 451-5.



Figura 15: Relé SEL 451-5.

### 3.7 Capacitores em derivação e em série

A compensação reativa capacitiva tem o objetivo de diminuir os custos e visa otimizar o desempenho do sistema, compensando o fator de potência das cargas. As principais características dessa compensação são aumentar a tensão nos terminais da carga, melhorar a regulação de tensão, reduzir as perdas na transmissão e reduzir o custo do sistema.

A figura abaixo mostra um banco de capacitores.



Figura 16: Banco de Capacitores.

Os capacitores série são utilizados nos sistemas de transmissão para diminuir a reatância série das linhas e a distância elétrica entre as barras terminais. As vantagens desta instalação são o aumento da capacidade de transmissão de potência da linha, aumento da estabilidade do sistema, melhor divisão de potência entre as linhas e economia de custos.

## 4 PROJETO ELÉTRICO DE UMA SUBESTAÇÃO

A partir daqui serão analisadas as etapas do projeto elétrico de uma subestação e os documentos que o compõem, utilizando um projeto de uma subestação 69/23kV para a análise.

Para a confecção do projeto elétrico de uma Subestação são necessárias algumas informações definidas no projeto eletromecânico ou pelo contratante do projeto. Essas informações são:

- Diagrama unifilar da subestação (parte de potência);
- Definição das proteções que atuarão em cada “bay”;
- Especificação dos equipamentos.

Em alguns casos, o projetista deve definir qual o relé digital será utilizado e para isso, deve observar alguns pontos no seu dimensionamento. O relé deverá ser capaz de realizar as funções planejadas, deverá possuir entradas analógicas de tensão e corrente em quantidade suficiente para receber todos os sinais necessários e com o mesmo valor nominal do secundário dos TPs e TCs, a alimentação do relé será contínua e do mesmo valor da alimentação do painel, deverá possuir entradas e saídas digitais suficientes para receber todos os sinais e operar todos os equipamentos do campo.

Também é essencial que todos os relés de proteção de uma Subestação sejam do mesmo fabricante para que não ocorram problemas de comunicação entre eles.

Para o projeto analisado foram escolhidos relés da marca SEL (Schweitzer Engineering Laboratories), SEL-487E para o transformador de potência e SEL-451-5 para os alimentadores.

No anexo I são listadas algumas características dos relés fornecidas no catálogo do fabricante [6] e [7].

Após a escolha do relé digital utilizado no projeto da subestação, parte-se para a confecção do Projeto elétrico e os documentos que o compõe são listados a seguir:

- Diagrama unifilar;
- Diagrama trifilar;
- Diagrama funcional;
- Funcional de telecomando;
- Vistas dos painéis;
- Lista de Cabos.

### 4.1 Características da Subestação

A Subestação em estudo será uma Subestação da concessionária AES SUL (SE Centro Serra) e as características principais do projeto são listadas abaixo:

- 1 módulo de entrada de linha de 69kV de SE Radial sem disjuntor;
- 1 módulo de conexão do transformador 69kV;

- 1 transformador de 25MVA – 96/23kV com comutação sob carga;
- 1 módulo de conexão do transformador 23kV;
- 4 módulos de alimentadores de 23kV, na configuração de barra de transferência e barra principal;
- 1 módulo de serviços auxiliares;
- 1 módulo de conexão de banco de capacitores de 23 kV;
- 1 banco de capacitores de 23kV – 3,6MVAr;
- 1 módulo geral;
- 1 painel de transformadores;
- 1 painel de alimentadores;
- 1 painel de banco de capacitores;
- 1 painel de serviços auxiliares;
- 1 painel de telecomando com remota com IHM;
- 1 painel de medição de alimentadores;

As especificações de todos os equipamentos da subestação são mostradas no anexo I, com suas características fornecidas pelos seus fabricantes.

Na figura 17 é apresentado o Diagrama unifilar básico da Subestação disponibilizado pela concessionária.

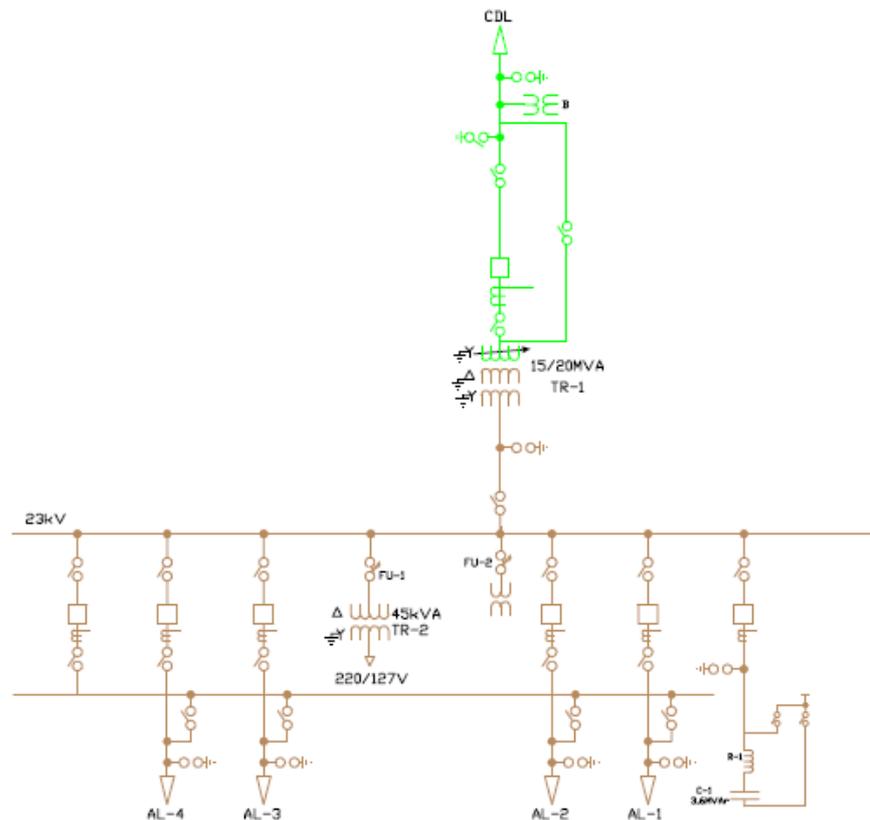


Figura 17: Diagrama unifilar básico da Subestação.

Esse diagrama pode sofrer alterações conforme as necessidades do projetista durante a execução do projeto.

Também, no anexo II são mostrados os projetos de Planta e Corte da subestação para um melhor entendimento do diagrama unifilar básico.

## 4.2 Diagrama Unifilar da Subestação

No Diagrama Unifilar são indicadas as informações básicas da parte de potência e proteção da subestação. A parte de potência da subestação é definida previamente no projeto eletromecânico conforme mostrado no anexo II. A proteção é pré-estabelecida pelo cliente e o projetista tem a liberdade de alterar caso seja necessário.

O Diagrama Unifilar Simplificado é mostrado no anexo III e observa-se que a subestação tem uma entrada 69kV com configuração direta ligada a três chaves, já que possui apenas um transformador e não tem nenhum barramento de entrada conforme mostra a figura 18. Essa entrada é conectada ao primário de um transformador de três enrolamentos, que possui configuração estrela aterrada nos dois enrolamentos utilizados.

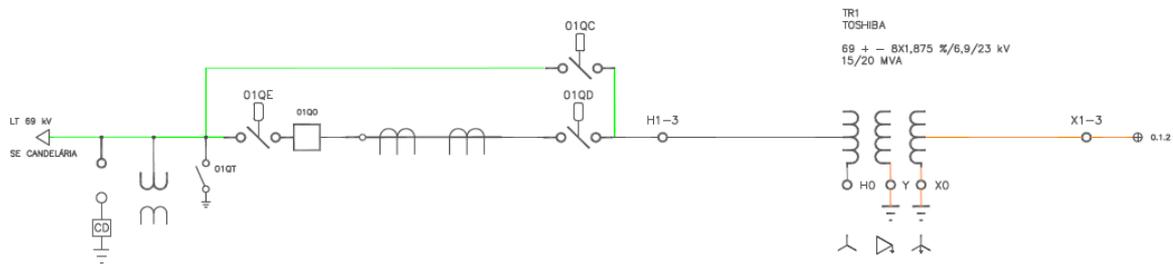


Figura 18: Diagrama Unifilar simplificado da entrada da subestação.

O setor de 23kV, que é mostrado na figura 19 é ligado ao secundário do transformador de potência e possui um módulo de entrada, quatro módulos de alimentadores a três chaves, um módulo de transferência, um módulo de banco de capacitores e um módulo de serviços auxiliares. A configuração dos barramentos do setor de 23kV é de barramento principal e de transferência conforme visto anteriormente no capítulo 2.

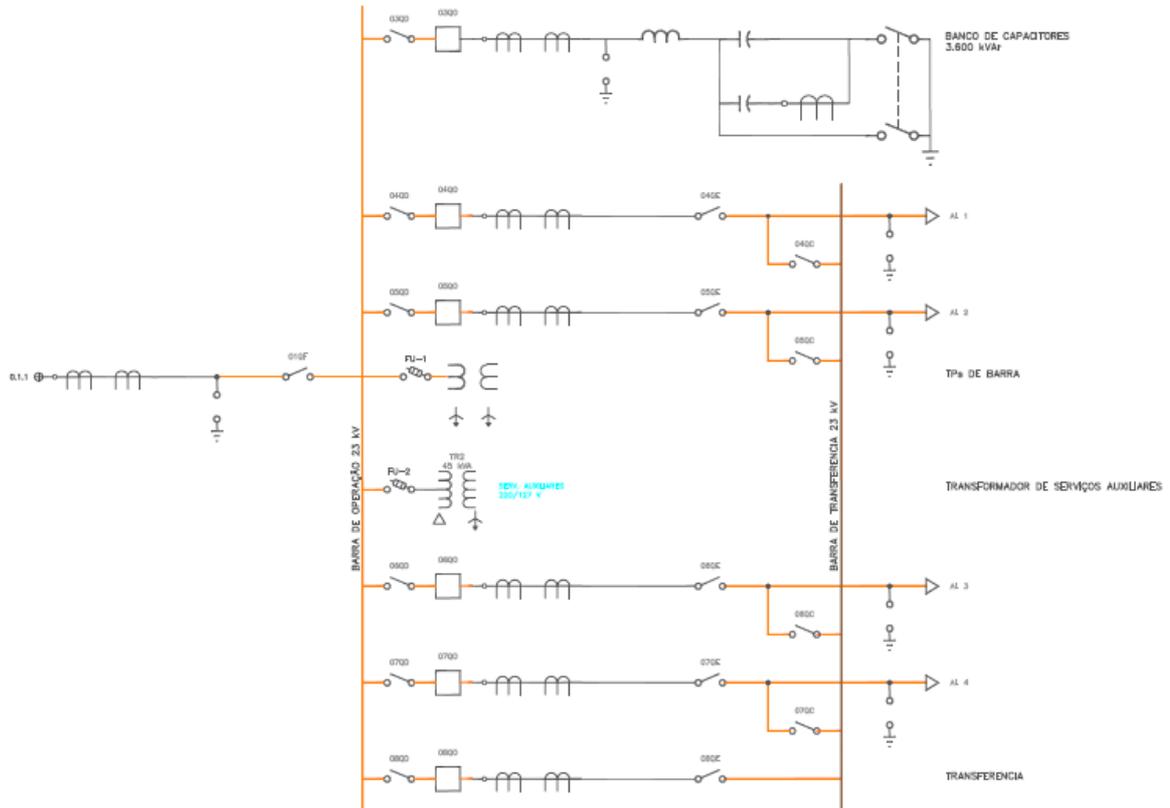


Figura 19: Diagrama Unifilar Simplificado do setor 23kV.

Depois de visto o diagrama unifilar simplificado da SE Centro Serra, será analisado o diagrama unifilar com as proteções de cada módulo da subestação separadamente.

A identificação dos módulos leva em consideração regras da concessionária contratante e neste projeto foi elaborada da seguinte maneira:

- 01 – Módulo do TR1;
- 02 – Módulo dos TPs de barra 23Kv;
- 03 – Módulo do Banco de capacitores 23kV;
- 04 – Módulo do Alimentador 1 de 23kV;
- 05 – Módulo do Alimentador 2 de 23kV;
- 06 – Módulo do Alimentador 3 de 23kV;
- 07 – Módulo do Alimentador 4 de 23kV;
- 08 – Módulo de Transferência de 23kV;
- 09 – Módulo do Transformador de Serviços Auxiliares 23kV;
- 10 – Módulo do Transformador de Serviços Auxiliares 220-127 Vca;
- 11 – Módulo do Transformador de Serviços Auxiliares 127 Vcc;

Cada concessionário tem suas regras para criar o código de identificação dos equipamentos da subestação e no projeto, eles foram identificados com o número do módulo na frente e depois com letras que indicam o tipo. Os códigos dos equipamentos são listados abaixo:

Q0 – Disjuntor principal do módulo;  
Q1, Q2, Q3... – Mini disjuntores do módulo;  
QE – Chave Seccionadora de entrada do módulo;  
QD – Chave Seccionadora do disjuntor do módulo;  
QC – Chave Seccionadora de contorno do módulo;  
QT – Chave de Aterramento do módulo;  
CI – Caixa de Interligação dos transformadores de instrumentos;  
SA, SB, SC... - Chaves de teste do módulo;  
FA, FB – Relés Digitais do módulo;  
PA – Medidores do módulo;  
TR1 – Transformador de potência.

#### **4.2.1 Diagrama Unifilar do Transformador de Potência**

O diagrama unifilar do transformador é mostrado no Anexo IV e a partir dele observa-se que o transformador possui um painel de proteção com dois relés de proteção SEL 487E. Os relés são responsáveis pelas funções de proteção de sobrecorrente (50/51), proteção diferencial (87) e relé de bloqueio (86) e um deles é responsável pela função de conferência de sincronismo (25), também realizam as manobras das chaves seccionadoras (01QD,01QE e 01QC indicadas no Anexo IV) e atuam sobre o disjuntor 69kV. Para realizar essas funções, os relés de proteção recebem informações do sistema pelo transformador, transformadores de potencial da linha de 69kV, dos transformadores de potencial do barramento do setor de 23kV, transformadores de corrente 69kV e 23kV.

O unifilar ainda mostra medições da linha como tensão, potência e frequência através do medidor (01PA) e mostradas no painel do transformador.

As medições feitas do transformador são dos níveis de óleo do comutador (71C) e do transformador (71T), fluxo de óleo do comutador (63C), fluxo de gás do transformador (63T), válvula de segurança (33T) e regulação da sobre temperatura do estator (90/49).

#### **4.2.2 Diagrama Unifilar dos Alimentadores 23kV**

O diagrama unifilar dos alimentadores é mostrado no Anexo V e observa-se que cada módulo possui um relé de proteção SEL 451-5. Esses relés realizam as funções de proteção de sobrecorrente (50/51), falha no disjuntor (62FD), religamento CA (79) e subfrequência (81), recebem informações dos relés do transformador de potência, dos transformadores de corrente de 23kV e dos transformadores de potencial do barramento 23kV, e atuam sobre o disjuntor do módulo. Realizam ainda medições através dos transformadores de corrente e essas informações são enviadas para os relés

de proteção dos outros alimentadores e do módulo de transferência. Um dos enrolamentos do transformador de corrente serve para gerar as informações ao relé e o outro é usado para medições do sistema. Conforme a especificação da concessionária existe um painel onde se encontram todos os relés dos alimentadores e do módulo de transferência e outro com os medidores.

O Diagrama unifilar dos alimentadores que será igual para todos os quatro alimentadores.

#### **4.2.3 Diagrama Unifilar dos Transformadores de Potencial 23kV**

Nele é mostrado que as medições feitas no barramento de operação pelo transformador de potencial são enviadas aos relés do transformador de potência, aos relés dos alimentadores e ao relé do módulo de transferência. Os transformadores de potencial são protegidos por chaves fusíveis. No anexo VI é mostrado o diagrama unifilar desse módulo.

#### **4.2.4 Diagrama Unifilar do módulo Banco de Capacitores**

O módulo do banco de capacitores possui um relé de proteção SEL 451-5 que realiza as funções de proteção de sobrecorrente (50/51), Subtensão (27/59), balanço de corrente (61N) e interrupção por falha de disjuntor (62FD) e atua sobre o disjuntor do módulo. O relé recebe as informações através do transformador de corrente do módulo e do banco de capacitores e as envia para o relé do módulo de transferência do setor de 23kV.

Um dos enrolamentos do transformador de corrente é usado pelo relé de proteção e o outro está aterrado.

O diagrama unifilar do módulo do banco de capacitores é apresentado no anexo VII.

#### **4.2.5 Diagrama Unifilar do módulo de transferência**

No módulo de transferência existe um relé de proteção com as funções de proteção de sobrecorrente (50/51), religamento de disjuntor (79), subfrequência (81) e falha de disjuntor (62FD). O relé recebe informações dos outros alimentadores e do banco de capacitores e atua sobre o disjuntor do módulo. Um dos enrolamentos do transformador é usado pelo relé e o outro é usado para medições do sistema. O relé do módulo de transferência está localizado no painel dos alimentadores e o medidor deste módulo está localizado no painel de medição dos alimentadores.

O diagrama unifilar do módulo de transferência é mostrado no anexo VIII.

#### 4.2.6 Diagrama Unifilar do módulo de Serviços Auxiliares

O diagrama unifilar do módulo de serviços auxiliares mostra que a proteção do transformador de serviços auxiliares acontece somente a partir de uma chave fusível e, ele faz a alimentação de todos os painéis da subestação. No anexo IX é apresentado o diagrama unifilar do módulo de serviços auxiliares.

Em subestações, cargas prioritárias, esquemas de controle e proteção são supridos em corrente contínua. Do transformador de serviços auxiliares é conectado um retificador / carregador do banco de baterias para a alimentação dos circuitos de comando, controle, alarme e proteção. Os bancos de baterias são do tipo chumbo-ácidas de 125Vcc, geralmente composto por 60 baterias de 2,2V.

A alimentação 127/220 Vca é usada para alimentar o retificador, fazer a alimentação do pátio, prédio, alimentação das tomadas dos painéis, iluminação e tomada dos comandos do transformador de potência e disjuntores.

O diagrama unifilar das alimentações 125Vcc e 127/220Vca são apresentados nos anexos X e XI, respectivamente.

#### 4.3 Diagrama Trifilar da Subestação

O diagrama trifilar representa o circuito de potencia da subestação com a parte de potência de todos os equipamentos que a compõe. O trifilar traz uma quantidade maior de detalhes que o diagrama unifilar.

Nos diagramas trifilares são mostrados que a entrada e saída dos circuitos nos painéis da subestação acontecem através de bornes. Estes bornes são mostrados na figura 20, e para diminuir riscos de mau contato serão utilizados apenas dois cabos em cada um dos contatos. A nomenclatura usada para os bornes dos painéis da subestação foram XT para os circuitos que chegam aos relés de proteção e XT para os circuitos de medição.

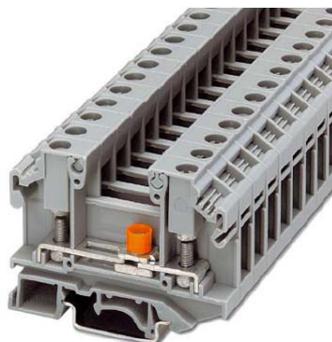


Figura 20: Borne Conector modelo OTTA-6.

Também, todos os circuitos de tensão e corrente passam por chaves antes de chegar aos relés do painel. Estas chaves são chamadas de chaves de teste e, quando operadas manualmente, abrem os

contatos dos circuitos de tensão e curto-circuitam os contatos dos circuitos de corrente. Elas são usadas em situações em que se necessite realizar algum tipo de interrupção no circuito dentro do painel, evitando o risco de abrir os circuitos de corrente ou curto-circuitar acidentalmente os circuitos de tensão. Estas chaves são indicadas pela letra S no diagrama trifilar e serão da marca Farcel. A figura 21 mostra uma chave teste.



Figura 21: Chave teste.

Nos diagramas trifilares são mostrados dois tipos de transformadores de corrente, um para proteção e outro para medição e a diferença entre eles é sua curva de saturação. Os transformadores de corrente para medição são projetados para produzir correntes de baixa amplitude enquanto que os de proteção conseguem produzir, com melhor fidelidade, correntes de elevadas amplitudes em seu secundário.

#### 4.3.1 Diagrama trifilar do Transformador de Força

O diagrama trifilar do transformador de força é mostrado no anexo XII. Com ele é mostrado que os transformadores de instrumentos (TPs e TCs) possuem uma caixa de interligação, com seus bornes são indicados pelo fabricante. Na figura abaixo é mostrada a caixa de interligação (01CI1) do transformador de potencial da entrada da linha. Depois de passar pela caixa de interligação os cabos passam por chaves testes do circuito de tensão (01SA, 01SC e 01SE) antes de chegar às entradas analógicas dos relés de proteção (01FA e 01 FB) e ao medidor (01PA), que serve para medição de faturamento. Os circuitos de tensão são protegidos por mini disjuntores antes das entradas analógicas dos relés e antes do medidor.

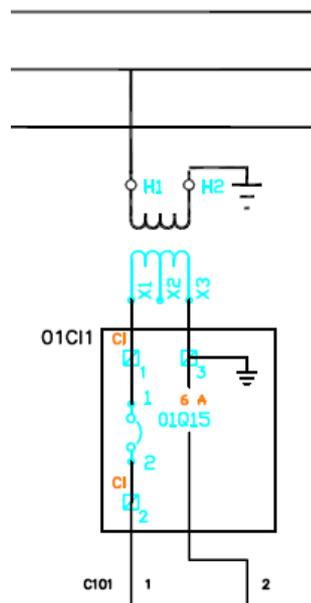


Figura 22: Esquema da caixa de interligação do Transformador de Potencial.

Na figura 23 é mostrada a caixa de interligação dos transformadores de corrente do transformador de potência que será a mesma para o setor 69kV e 23kV. Observa-se que um dos enrolamentos está aterrado e o outro enrolamento está na configuração estrela aterrada. Depois de passar pela caixa de interligação os cabos passam por chaves teste do circuito de corrente (01SA e 01SD) antes de chegar às entradas analógicas dos relés de proteção (01FA e 01FB).

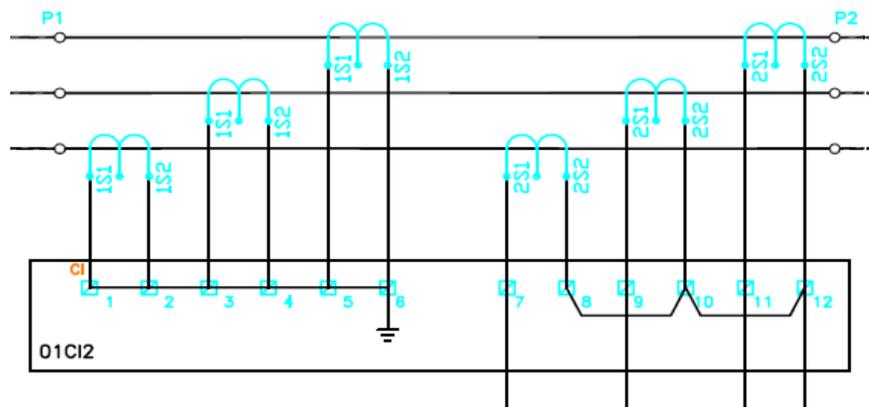


Figura 23: Esquema da caixa de interligação dos transformadores de corrente.

Os transformadores de corrente das buchas do primário dos transformadores de potência possuem quatro enrolamentos sendo que um deles é aterrado. Os outros estão na configuração estrela aterrada e seus cabos passam por uma chave de teste de corrente (01SC) antes de chegar as entradas analógicas do relé de proteção (01FB). Os TCs das buchas do secundário estão configurados da mesma maneira do primário só que passam pela chave teste de corrente (01SB) antes de chegar ao relé de proteção (01FA). Além disso, um dos enrolamentos dos TCs do secundário é ligado ao relé K60que

regula a sobre temperatura no estator, realiza a supervisão do nível de óleo e faz as medições de temperatura do equipamento. Este relé comanda a ventilação forçada do transformador TR1.

#### 4.3.2 Diagrama trifilar dos Transformadores de Potencial de 23kV

O diagrama trifilar mostrado no anexo XIII é o diagrama dos transformadores de potencial do barramento de operação do setor de 23Kv e as informações desse barramento são enviadas aos relés de proteção do transformador de potência TR1 e dos alimentadores de 23kV. Depois de sair dos transformadores de potencial, os cabos passam pela caixa de interligação (02CI1) que é representada na figura 24 antes de ir para os relés de proteção.

Foram colocados os relés auxiliares 27AB e 27BC da Finder que acusam a abertura da chave ou a falta de fase e mandam essa informação ao relé. Como todos os circuitos de tensão, existem mini disjuntores para a proteção do sistema.

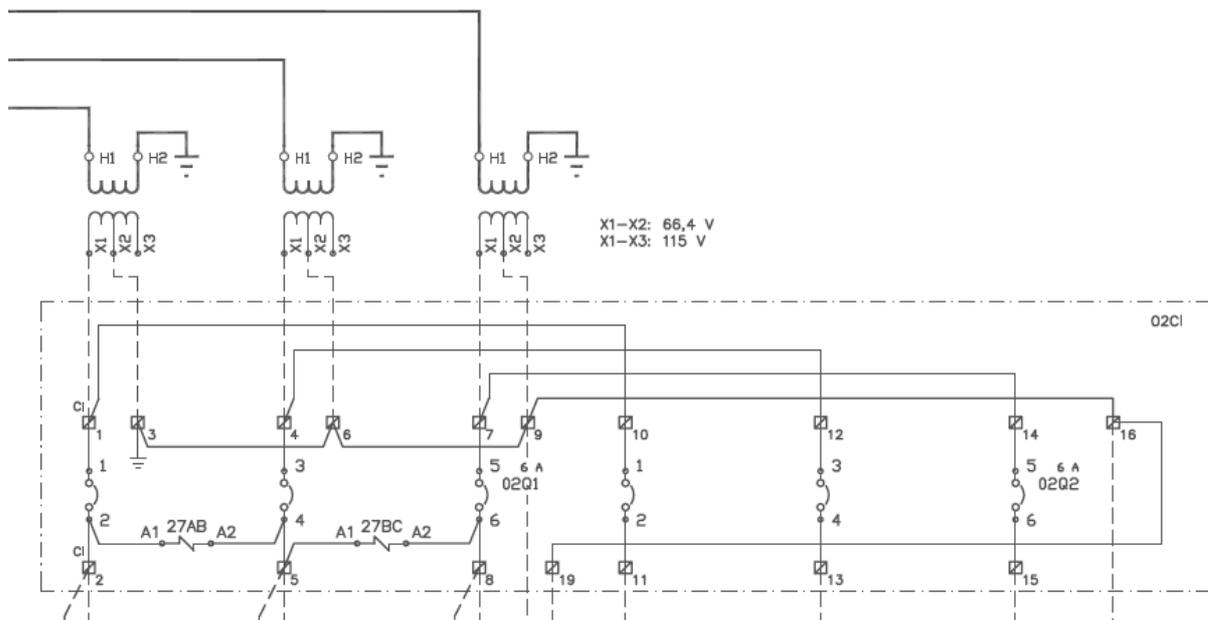


Figura 24: Caixa de interligação dos transformadores de potencial de 23kV.

#### 4.3.3 Diagrama trifilar do módulo banco de capacitores

No trifilar do módulo do banco de capacitores representado no anexo XIV, os cabos dos transformadores de corrente do passam por uma caixa de interligação da mesma maneira que ocorre nos transformadores de corrente do secundário do transformador de corrente. Depois disso, os cabos são levados até as entradas analógicas do relé de proteção SEL 451 (03FA). No transformador de corrente do banco de capacitores existe uma caixa de interligação e seus cabos também vão até as

entradas analógicas do relé de proteção (03FA). O transformador de corrente do banco de capacitores ainda possuem contatos auxiliares (03QT) que aterram o banco quando necessário.

O relé recebe ainda informações de tensão do barramento de operação através dos transformadores de potencial do barramento 23kV em suas entradas analógicas e existem mini disjuntores para a proteção dessas entradas.

#### **4.3.4 Diagrama trifilar do módulo dos alimentadores**

O diagrama trifilar do módulo dos alimentadores mostrado no anexo XV apresenta apenas um dos alimentadores, já que o diagrama dos outros três alimentadores será semelhante a este. Neste diagrama, os dois enrolamentos dos transformadores de corrente estão na configuração estrela aterrada, um deles envia informações às entradas analógicas do relé SEL 451 (04FA) e o outro é usado para a medição do sistema pelo medidor ACE SL700 (04PA). Os cabos dos TCs passam por uma caixa de interligação (04CI) semelhante à caixa de interligação dos TCs dos transformadores de potência, mostrados anteriormente.

O relé (04FA) ainda recebe informações vindas do relé do transformador de potência (01FA) e envia informações para o relé do próximo alimentador. O medidor (04PA) recebe informações dos transformadores de potencial do barramento de operação de 23kV que também são enviadas aos outros alimentadores.

Existem mini disjuntores para a proteção das entradas analógicas de tensão do relé de proteção e como a subestação possui um barramento de transferência não é necessária a utilização de chaves de teste para os circuitos de proteção, apenas são usadas nos circuitos de medição.

#### **4.3.5 Diagrama trifilar do módulo de transferência**

O diagrama trifilar do módulo de transferência é mostrado no anexo XVI, e nele os dois enrolamentos dos transformadores de corrente estão na configuração estrela aterrada, um deles envia informações às entradas analógicas do relé SEL 451 (08FA) e o outro é usado para a medição do sistema pelo medidor ACE SL700 (08PA). Os cabos dos TCs passam pela caixa de interligação (08CI) que é semelhante à caixa de interligação dos TCs dos transformadores de potência TR1.

O relé (08FA) ainda recebe informações vindas do relé do transformador de potência (01FA) e envia informações para o relé dos alimentadores. O medidor (08PA) recebe informações dos transformadores de potencial do barramento de operação de 23kV que também são enviadas aos outros alimentadores.

Todas as entradas analógicas de tensão do relé de proteção são protegidas por mini disjuntores e como a subestação possui um barramento de transferência não é necessário a utilização de chaves de teste para os circuitos de proteção, apenas são usadas nos circuitos de medição.

#### **4.3.6 Diagrama trifilar do módulo de serviços auxiliares**

Da mesma forma do diagrama unifilar dos serviços auxiliares, o transformador de serviços auxiliares é protegido por chaves fusível e seus cabos de baixa são levados até o painel dos serviços auxiliares. No anexo XVII é apresentado o diagrama trifilar do transformador de serviços auxiliares.

Nos anexos XVIII e XIX são mostrados os diagramas trifilares das alimentações 125Vcc e 220/127 Vca, respectivamente. Na alimentação 220/127Vca os cabos vindos da baixa do transformador de serviços auxiliares formam um barramento que servem de alimentação para a subestação. Transformadores de corrente enviam as informações desse barramento para o multimedidor 10PA localizado no painel dos serviços auxiliares. Desse medidor é feita a alimentação do comando e acionamento CDC e VF do transformador de potência. Todas as alimentações oriundas desse barramento possuem mini disjuntores de proteção.

A alimentação 125Vcc é feita a partir de um retificador 220Vca/125Vcc, 50 A da marca TECTROL e conectado a ele existe um banco de baterias de 150 Ah/10h da marca NEWPOWER. Do retificador formam-se dois barramentos, um positivo e outro negativo que fará a alimentação dos comandos do TR1, módulos alimentadores e transferência, e alimentação dos medidores dos módulos alimentadores e do módulo de transferência, além da alimentação da Unidade de Terminal Remota (UTR) e serve de fonte auxiliar do multimedidor de corrente alternada (10PA). Todas essas alimentações são protegidas por mini disjuntores nas saídas desse barramento.

#### **4.4 Diagrama funcional da subestação**

O diagrama funcional de uma subestação apresenta todas as lógicas dos contatos e intertravamentos elétricos dos equipamentos e, portanto são necessários desenhos dos fabricantes desses equipamentos para a implantação do projeto. Basicamente, no diagrama funcional observam-se três tipos de circuitos que entram e saem do painel, os de alimentação, os de controle e os de comando.

Os circuitos de alimentação levam alimentação para o painel, tanto a alimentação CA quanto a alimentação CC. Os circuitos de comando são aqueles que saem do painel para agir sobre o sistema e os circuitos de controle chegam ao painel trazendo informações do campo ou de outros painéis.

##### **4.4.1 Diagrama funcional do módulo do transformador de potência**

Para a realização do estudo dos diagramas funcionais do módulo do transformador de potência, eles serão divididos em: diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125Vcc e 220/127 Vca, comando e proteção e de ventilação forçada.

#### **4.4.1.1 Diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125 Vcc**

No esquema elétrico trifilar dos serviços auxiliares 125 Vcc é feita a alimentação geral do módulo do TR1 e ela alimenta o diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125Vcc mostrado no Anexo XX. Neste funcional a alimentação chega ao borne 01XC (1+ e 2-) e a partir dele é realizada a alimentação da fonte dos relés 01FA e 01FB, do medidor 01PA, alimentação de controle do TR1, alimentação do comando e motor do disjuntor 01Q0, alimentação do comando e motor das chaves seccionadoras 01QE, 01QC, 01QD e a alimentação das entradas digitais dos relés 01FA e 01FB.

Todas essas alimentações são protegidas por mini disjuntores nas suas entradas e a configuração destes disjuntores dependem das características de cada equipamento que recebe esta alimentação.

#### **4.4.1.2 Diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 220/127 Vca**

No esquema elétrico trifilar dos serviços auxiliares 220/127 Vca é feita a alimentação geral do módulo do TR1 e a partir dela é alimentado o diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 220/127Vca mostrado no Anexo XXI. Neste diagrama a alimentação é levada ao transformador TR1, disjuntor 01Q, chaves seccionadoras 01QE, 01QT, 01QD, 01QC e painel do transformador TR1.

No transformador TR1 a alimentação é de 220 Vca para VF e CDC, no disjuntor 01Q0, chaves seccionadoras 01QE, 01QT, 01QC e 01QD e painel do transformador TR1 são alimentações de 127 Vca para iluminação, aquecimento e tomada, sendo que cada um deles recebe a sua alimentação.

As entradas dessas alimentações dependem do desenho esquemático do equipamento que é fornecido pelo fabricante.

#### **4.4.1.3 Diagrama funcional de comando e proteção**

Depois de visto como é feita a alimentação auxiliar dos equipamentos do módulo do transformador TR1 é apresentado os funcionais de comando e proteção destes equipamentos no Anexo XXII, começando com as entradas binárias do relé SEL 487E (01FA) que serão as mesmas no relé 01FB.

A alimentação desse diagrama vem do funcional de distribuição de tensão auxiliar 125 Vcc através dos bornes 01XP (positivo) e 01XN (negativo) e os bornes da entrada digital do relé são identificados como 01XE.

O relé SEL 487E (01FA) possui as entradas binárias IN101 a IN107 e IN201 a IN206 e nelas, recebe as informações são indicadas as informações de posição e sinalizações do disjuntor 01 Q0, posição das chaves isoladoras 01QD e 01QE do disjuntor 01Q0, proteções do transformador TR1, proteção e indicação de falta de potencial do barramento de 23kV.

Na sequência tem-se o funcional de comando e proteção do disjuntor 01Q0 baseado no esquemático interno do disjuntor que é fornecido pelo fabricante.

Da mesma forma que o diagrama das entradas digitais do relé, o diagrama do disjuntor 01Q0 também recebe a alimentação através do diagrama funcional de tensão auxiliar 125Vcc e essa alimentação chega pelos bornes 01YP (positivo) e 01YN (negativo). A partir desses bornes é feita a alimentação do comando e do motor do disjuntor 01Q0.

No disjuntor 01Q0 existe a função de intertravamento para o comando local através de chaves auxiliares de retardo de abertura localizadas nas chaves seccionadoras 01QD e 01QE, com a finalidade de proteger o operador durante uma manutenção.

Outro circuito deste funcional é para o fechamento por telecomando e o bloqueio 86T do disjuntor e são comandadas pelas saídas OUT102 (fechamento disjuntor) e OUT 106 (bloqueio do disjuntor por 86T) dos relés 01FA e 01FB. Para o fechamento é necessário que pelo menos uma das saídas dos relés (OUT102) seja excitada e para não prejudicar os contatos dos relés são usados relés auxiliares 52FX da Finder (01KX) com três contatos. Ainda é colocado um diodo 6A/1200V (01DA) para que o relé auxiliar tenha diferença de potencial e chegue ao comando de TRIP. O fechamento do relé auxiliar 01KX ocorre depois do fechamento do relé 01Q0.

O bloqueio do disjuntor por 86T ocorre quando as duas saídas OUT106 dos relés 01FA e 01FB são excitadas e também são usados relés auxiliares para proteção dos contatos dos relés.

A abertura 1 com supervisão da bobina é comandado pelas saídas OUT101 dos relés 01FA e 01FB e dá mesma forma que o fechamento existe um relé auxiliar com três contatos para não prejudicar os contatos dos relés. Também é colocado um diodo 6A/1200V (01DA) para que o relé auxiliar tenha diferença de potencial e chegue ao comando de TRIP. Além disso, a supervisão da bobina é feita pela entrada digital IN207 dos relés 01FA e 01FB que acusa falha no disjuntor, caso deixe de passar corrente por ela e envia o comando de TRIP.

A função de abertura 2 com supervisão da bobina ocorre da mesma forma que a de abertura 1, só que as saídas dos relés serão a OUT103 e a supervisão da bobina será realizada pela entrada digital IN208.

O funcional comando e proteção do disjuntor 01Q0 ainda realiza a função de bloqueio 86T, que a partir das saídas dos relés 01FA e 01FB acusa a abertura do disjuntor utilizando os mesmos

relés auxiliares de três contatos para não prejudicar os contatos dos relés. As outras proteções do disjuntor são contra a falha de disjuntor de 23kV e proteção 86T e 50MT (multiplicação dos contatos para os alimentadores), e elas são acionadas pelas saídas OUT103 e OUT105 dos relés de proteção dos alimentadores, transferência e banco de capacitores de 23kV. Se algum deles acusar falha acontece à abertura do disjuntor e os contatos dos relés são protegidos pelos mesmos relés auxiliares do comando de abertura e fechamento do disjuntor.

Observa-se ainda, que chegam ao disjuntor as proteções do TR1 de temperatura (26 e 49) e de desligamento (63T, 63C e 20TR/CDC). As proteções de desligamento chegam direto ao disjuntor enquanto que as de temperatura funcionam da mesma forma que as anteriores, com as excitações vindas da saída OUT101 do relé K61 do transformador TR1.

Por fim, existem contatos auxiliares que refletem a posição das chaves seccionadoras 01QD e 01QE para que haja um sincronismo entre elas e o disjuntor.

Da mesma forma que o diagrama das entradas digitais do relé, o diagrama funcional das chaves seccionadoras 01QE, 01QD e 01QC também recebe a alimentação através do diagrama funcional de tensão auxiliar 125Vcc que chega através dos bornes 01ZP (positivo) e 0ZYN (negativo).

A alimentação 125 Vcc do comando e do motor das chaves é direta nas chaves conforme o esquema interno das chaves fornecido pelo fabricante. No disjuntor existem contatos auxiliares S1 que espelham a posição deste disjuntor e enviam a informação para as chaves 01QE e 01QD e pela remota é dado o comando para abrir ou fechar essas chaves dependendo da posição do disjuntor, através das saídas digitais D01 e D02 da UTR para a seccionadora 01QE e das saídas digitais D03 e D04 da UTR para a seccionadora 01QD.

No diagrama funcional ainda existe a função de intertravamento do seccionador 01QT quando ocorre ausência de tensão na Linha de Transmissão de 69kV, que é indicada pela saída OUT214 dos relés de proteção.

Para a chave de contorno 01QC, a alimentação 125Vcc do comando e do motor é direta através dos bornes 01ZP e 01ZN e os funções de abertura e fechamento dessa chave só ocorre depois de verificada a posição do disjuntor 01Q0 e das chaves seccionadoras 01QD, 01QE e 01QT. Essa verificação acontece através de contatos auxiliares CA no disjuntor e nestas chaves que indicam a posição dos mesmos. As funções de abertura são comandados através das saídas digitais D05 e D06 da Unidade de Terminal Remota (UTR).

Seguindo com o diagrama funcional de comando e proteção, é mostrado o esquema das ligações externas do relé de proteção SEL487E (01FA e 01FB) e neste funcional são identificadas quais as funções das entradas e saídas digitais do relé, quais as entradas de corrente e tensão utilizadas e as alimentações do relé. Os diagramas serão iguais tanto para o relé 01FA quanto para o relé 01FB.

Por fim, no anexo XXIII são mostrados os esquemas internos dos equipamentos utilizados para o projeto funcional de comando e proteção do módulo do transformador TR1.

#### **4.4.1.4 Diagrama funcional de ventilação forçada**

A ventilação forçada é comandada pelo relé SEL 2414/2505 ligado junto ao transformador TR1, este relé é específico para controle desta função. O relé de proteção recebe informações do transformador TR1 em suas entradas digitais através de sensores de temperatura ambiente e temperatura do óleo do transformador e quando ocorre algum tipo de aquecimento ele aciona a ventilação do transformador TR1. No anexo XXIV são mostrados os esquemas de ligações do transformador TR1 fornecidas pelo fabricante e as ligações do transformador e do relé de proteção.

#### **4.4.2 Diagrama funcional do módulo do banco de capacitores 23kV**

Para o estudo dos diagramas funcionais do módulo do banco de capacitores 23kV, eles serão divididos em: diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125Vcc e 220/127 Vca e comando e proteção.

##### **4.4.2.1 Diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125 Vcc**

O esquema elétrico trifilar dos serviços auxiliares 125 Vcc mostra a alimentação geral dos módulos dos alimentadores, transferência e banco de capacitores e essa alimentação chega ao borne 03XC (1+ e 2-) do diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125Vcc mostrado no Anexo XXV. A partir dele é realizada a alimentação da fonte do relé 03FA, do medidor 03PA, alimentação do comando e motor do disjuntor 03Q0, e a alimentação das entradas digitais do relé 03FA.

Todas essas alimentações são protegidas por mini disjuntores nas suas entradas e a configuração destes disjuntores dependem das características de cada equipamento que recebe esta alimentação.

##### **4.4.2.2 Diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 220/127 Vca**

No esquema elétrico trifilar dos serviços auxiliares 220/127 Vca é realizada a alimentação geral dos módulos dos alimentadores, transferência e banco de capacitores e essa alimentação chega até o diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 220/127Vca mostrado no Anexo XXVI.

Neste diagrama a alimentação é levada ao disjuntor 03Q0 e painel do banco de capacitores e a alimentação é de 127Vca.

As entradas dessas alimentações dependem do desenho esquemático do equipamento que é fornecido pelo fabricante.

#### **4.4.2.3 Diagrama funcional de comando e proteção**

Depois de realizada a alimentação auxiliar dos equipamentos, os funcionais de comando e proteção destes equipamentos são mostrados no Anexo XXVII, começando com as entradas binárias do relé SEL 451-5 (03FA).

A alimentação das entradas binárias vem do funcional de distribuição de tensão auxiliar 125 Vcc e chega pelos bornes 03XP (positivo) e 03XN (negativo), para as entradas digitais são utilizados os bornes 03XE.

O relé SEL 451-5 (03FA) possui as entradas binárias IN101 a IN107 e IN301 a IN306 que recebem as sinalizações do disjuntor 03Q0 de posição, de falta de alimentação e de mola descarregada, informações do banco de capacitores e informações de posição da chave seccionadora 03QT.

Na sequência tem-se o funcional de comando e proteção do disjuntor 03Q0 baseado no esquema interno do disjuntor fornecido pelo fabricante.

Da mesma forma que o diagrama das entradas digitais do relé, o diagrama do disjuntor 03Q0 também recebe a alimentação através do diagrama funcional de tensão auxiliar 125Vcc e essa alimentação é feita através dos bornes 03YP (positivo) e 03YN (negativo). Desses bornes é alimentado o comando e o motor do disjuntor 03Q0.

No disjuntor existe a função de intertravamento com a chave seccionadora 03QT, que se dá através de chaves auxiliares de retardo de abertura localizada na chave seccionadora 03QT com a finalidade de proteger o operador durante as manutenções.

Neste funcional é mostrado a função de fechamento local do disjuntor comandada pela saída OUT102 do relé 03FA. Para o fechamento é necessário que a saída dos relé (OUT102) seja excitada, e para não prejudicar os contatos do relé são usados relés auxiliares 52FX da Finder (03KX) com três contatos. Também é colocado um diodo 6A/1200V (03DA) para que o relé auxiliar tenha diferença de potencial e chegue ao comando de TRIP. O fechamento do relé auxiliar 03KX ocorre depois do fechamento do relé 03Q0.

A abertura local com supervisão da bobina é realizada pelas saídas OUT101 do relé 03FA e acontece da mesma forma que o fechamento, onde existe um relé auxiliar com três contatos para proteção dos contatos dos relés. Também é colocado um diodo 6A/1200V (03DA) para que o relé auxiliar tenha diferença de potencial e chegue ao comando de TRIP. Além disso, a supervisão da

bobina é feita pela entrada digital IN308 do relé 03FA que acusa falha no disjuntor caso deixe de passar corrente por ela e envia o comando de TRIP.

Temos ainda as proteções do TR1 (86T e 50MT) e essas proteções de desligamento chegam direto ao disjuntor.

Seguindo com o diagrama funcional de comando e proteção, é mostrado o esquema das ligações externas do relé de proteção SEL451-5E (03FA) onde são identificadas quais as funções das entradas e saídas digitais do relé, quais as entradas de corrente e tensão utilizadas e as alimentações do relé.

Por fim, no anexo XXX são mostrados os esquemas internos dos equipamentos utilizados para o projeto funcional de comando e proteção do módulo do banco de capacitores 23kV.

#### **4.4.3 Diagrama funcional do módulo dos alimentadores e módulo de transferência de 23kV**

Da mesma forma que no módulo do banco de capacitores, o estudo dos diagramas funcionais do módulo dos alimentadores 23kV é dividido em: diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125Vcc e 220/127 Vca e comando e proteção.

Será mostrado somente o diagrama funcional de um alimentador de 23kV pois os outros três alimentadores e o módulo de transferência serão iguais a este.

##### **4.4.3.1 Diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125 Vcc**

O esquema elétrico trifilar dos serviços auxiliares 125 Vcc mostra a alimentação geral dos módulos dos alimentadores, transferência e banco de capacitores e essa alimentação chega até o diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125Vcc mostrado no Anexo XXVIII através do borne 04XC (1+ e 2-) e dele é realizada a alimentação da fonte do relé 04FA, do medidor 04PA, alimentação do comando e motor do disjuntor 04Q0, e a alimentação das entradas digitais do relé 04FA.

Todas essas alimentações são protegidas por mini disjuntores nas suas entradas e a configuração destes disjuntores dependem das características de cada equipamento que recebe esta alimentação.

##### **4.4.3.2 Diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 220/127 Vca**

No esquema elétrico trifilar dos serviços auxiliares 220/127 Vca é feita a alimentação geral dos módulos dos alimentadores, transferência e banco de capacitores e essa alimentação chega até o diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 220/127Vca mostrado no Anexo XXVIII. Neste

diagrama a alimentação é levada ao disjuntor 04Q0 e ao painel dos alimentadores, e esta alimentação é de 127Vca.

As entradas dessas alimentações dependem do desenho esquemático do equipamento que é fornecido pelo fabricante.

#### **4.4.3.3 Diagrama funcional de comando e proteção**

Depois de realizada a alimentação auxiliar dos equipamentos, os funcionais de comando e proteção destes equipamentos são mostrados no Anexo XXIX, começando com as entradas binárias do relé SEL 451-5 (04FA).

A alimentação chega do funcional de distribuição de tensão auxiliar 125 Vcc pelos bornes 04XP (positivo) e 04XN (negativo), e a entrada digital do relé é feita pelos bornes 04XE.

O relé SEL 451-5 (04FA) possui as entradas binárias IN101 a IN107 e IN301 a IN307 que recebem informações de sinalização do disjuntor 04Q0 de posição, falta de alimentação e mola descarregada.

Na sequência tem-se o funcional de comando e proteção do disjuntor 04Q0 baseado no esquema interno do disjuntor fornecido pelo fabricante.

Da mesma forma que o diagrama das entradas digitais do relé, o diagrama do disjuntor 04Q0 também recebe a alimentação através do diagrama funcional de tensão auxiliar 125Vca através dos bornes 04YP (positivo) e 04YN (negativo). A partir desses bornes é feita a alimentação do comando e do motor do disjuntor 04Q0.

A primeira função mostrada neste funcional é a de fechamento local do disjuntor comandada pela saída OUT102 do relé 04FA. Para o fechamento é necessário que a saída do relé (OUT102) seja excitada e, ainda são usados relés auxiliares 52FX da Finder (04KX) com três contatos para a proteção dos contatos dos relés. Também é colocado um diodo 6A/1200V (04DA) para que o relé auxiliar tenha diferença de potencial e chegue ao comando de TRIP. O fechamento do relé auxiliar 04KX ocorre depois do fechamento do relé 04Q0.

A função de abertura local com supervisão da bobina é comandada pelas saídas OUT101 do relé 04FA e acontece da mesma forma que o fechamento, onde existe um relé auxiliar com três contatos para proteger os contatos dos relés. Também é colocado um diodo 6A/1200V (04DA) para que o relé auxiliar tenha diferença de potencial e chegue ao comando de TRIP. Além disso, a supervisão da bobina realizada pela entrada digital IN308 do relé 04FA que acusa falha no disjuntor caso deixe de passar corrente por ela e envia o comando de TRIP ao disjuntor.

Temos ainda as proteções do TR1 (86T e 50MT) e essas proteções de desligamento chegam direto ao disjuntor.

Seguindo com o diagrama funcional de comando e proteção, é mostrado o esquema das ligações externas do relé de proteção SEL451-5E (04FA) onde são identificadas quais as funções das entradas e saídas digitais do relé, quais as entradas de corrente e tensão utilizadas e as alimentações do relé.

Por fim, no anexo XXX são mostrados os esquemas internos dos equipamentos utilizados para o projeto funcional de comando e proteção do módulo dos alimentadores e transferência 23kV.

#### **4.4.4 Diagrama funcional de telecomando**

Na supervisão e controle dos equipamentos telecomandados na rede de distribuição são implantadas soluções de configuração do sistema, visando um melhor aproveitamento da estrutura de telecomunicação das concessionárias.

Esse telecomando acontece a partir de uma Unidade Terminal Remota (UTR) , responsável pela coleta de dados, de medição e de eventos através de suas entradas analógicas e digitais. Também possui saídas digitais conectadas aos circuitos de controle dos equipamentos de manobra.

Os funcionais de telecomando são projetados a partir dos desenhos da UTR fornecidos pelo fabricante, que neste caso será da marca FOXBORO.

No anexo XXXI, são mostrados os desenhos da arquitetura do sistema, switchs, cartão Power supply e cartão CPU.

O estudo dos diagramas funcionais de telecomando será dividido em: diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125Vcc e 220/127 Vca e telecomando.

##### **4.4.4.1 Diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125 Vcc**

No esquema elétrico trifilar dos serviços auxiliares 125 Vcc é realizada a alimentação geral dos módulos da subestação que chega até o diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 125Vcc, mostrado no Anexo XXXII, através do borne CC (1e 3) da UTR. As alimentações das entradas digitais da UTR são feitas pelos bornes E2.

##### **4.4.4.2 Diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 220/127 Vca**

O esquema elétrico trifilar dos serviços auxiliares 220/127 Vca mostra a alimentação geral da subestação que chega ao diagrama funcional de distribuição de tensão auxiliar 220/127Vca mostrado no Anexo XXXIII pelo borne CA (1e 2) da UTR

##### **4.4.4.3 Diagrama funcional de telecomando**

No funcional de telecomando, a UTR recebe informações em suas entradas digitais e analógicas dos equipamentos da subestação e atuam sobre os equipamentos através de suas saídas digitais.

No anexo XXXIV são mostradas as informações enviadas as entradas digitais da UTR, essas informações são informações do transformador TR1, posições das chaves seccionadoras 01QE, 01QT, 01QD e 01QC e informações de defeitos dos relés 01FA, 01FB, 03FA,04FA,05FA,06FA,07FA e 08FA.

As entradas analógicas também são mostradas no anexo XXXVI, porém não foram utilizadas no projeto em estudo. A UTR age sobre o sistema através das suas saídas digitais sobre as chaves seccionadoras 01QE, 01QD e 01QC.

#### **4.5 Vistas dos painéis**

As vistas dos painéis são usadas para identificar a disposição dos equipamentos dentro do painel e são simples de serem montados, já que o fabricante dos painéis fornece os seus desenhos e vistas. A cargo do projetista fica apenas listar os equipamentos que aparecem nos diagramas trifilares e funcionais e distribuí-los em seus painéis.

No anexo XXXV são mostradas as vistas de todos os painéis. O projeto indica 1 painel para os módulos de alimentadores de 23kV e o módulo de transferência 23Kv, 1 painel para o módulo do banco de capacitores de 23kV, 1 painel para o módulo do transformador TR1, 1 painel do módulo de serviços auxiliares, 1 painel de telecomando e 1 painel para a medição dos módulos dos alimentadores e transferência. Os equipamentos de cada painel são listados abaixo:

- Painel de proteção do módulo do transformador TR1: dois relés de proteção SEL 487E (01FA e 01FB) e as chaves de teste (01SA, 01SB, 01SC, 01SD, 01SE, 01SF);
- Painel de proteção do módulo dos alimentadores e da transferência: cinco relés de proteção SEL451-5 (04FA, 05FA, 06FA, 07FA e 08FA);
- Painel de medição do módulo dos alimentadores e da transferência: cinco medidores dos alimentadores e do transferência (04PA, 05PA, 06PA, 07PA e 08PA);
- Painel de proteção do módulo do banco de capacitores: o relé de proteção do banco de capacitores SEL 451-5 (03FA);
- Painel do módulo dos serviços auxiliares: o retificador, com o banco de baterias para a distribuição de tensão auxiliar 125Vcc e 127/220 Vca.

#### **4.6 Lista de cabos**

A lista de cabos é a apresentação de todos os cabos de interligação dos equipamentos da subestação com seus pontos de origem e destino, função, suas metragens e seus tipos. Para a confecção dessa lista considerou-se os seguintes tipos de cabos:

- 4mm<sup>2</sup> para cabos de circuitos de corrente;
- 2,5mm<sup>2</sup> para cabos de circuitos de tensão;
- 1,5mm<sup>2</sup> para cabos de circuitos de comando e controle.

O agrupamento desses cabos pode ser em 1, 2,3 ou 4 veias para facilitar a compra. As listas dos cabos usados na subestação são elaboradas considerando o local e o borne de origem e o local e o borne de destino dos cabos de interligação entre os equipamentos.

A lista de cabos é dividida em:

- Interligação dos equipamentos do transformador TR1;
- Interligação dos equipamentos dos alimentadores e do transferência;
- Interligação dos equipamentos com a UTR;
- Interligação dos equipamentos com o módulo de serviços auxiliares;
- Interligação dos equipamentos do banco de capacitores;

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi apresentado um estudo sobre subestações de energia, suas classificações, seus equipamentos de manobra e proteção e suas configurações de barramento. Também, foram definidas quais as partes que compõem um projeto de uma subestação, dando maior ênfase ao projeto elétrico.

Para facilitar o entendimento do projeto elétrico foi realizado um projeto elétrico básico de uma subestação 69/23kV como exemplo. Esse projeto abrangeu os esquemas unifilares, trifilares, funcionais e de telecomando, além das vistas dos painéis e da lista de cabos da subestação. Não foram abordados alguns tópicos de proteção, como seletividade, já que esses estudos são geralmente providenciados pelas concessionárias antes da contratação do projeto.

Por fim, esse trabalho mostrou como é realizada a elaboração de um projeto elétrico básico de uma subestação, mostrando quais são e como são realizadas as proteções, os comandos, as alimentações e comunicações dos equipamentos.

## 6 REFERÊNCIAS

[1] McDonald, John D., Electric Power Substations Engineering, second edition. New York – USA: CRC Press, 2006;

[2] Kindermann, Geraldo, 1949, Aterramento elétrico/Geraldo Kindermann/Jorge Mário Campagnolo – 3ª ed.: Porto Alegre : Sagra – DC Luzzato, 1995;

[3] Soares, Carlos Alberto Mattos, Apostila de Transformadores, Eletrotécnica e Eletromecânica, Escola Técnica Federal de Pelotas;

[4] Dias, G. A. D., Aspectos a Considerar no Dimensionamento e Seleção de Equipamentos e Sistemas em Subestações de Alta Tensão, Buscando a Eficiência Energética, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PROMEC, Porto Alegre, abril, 1996;

[5] Colombo, Roberto, Disjuntores de alta tensão, Siemens S.A., 1 edição, São Paulo, 1986;

[6] SEL, Catálogo Relé SEL 487E;

[7] SEL, Catálogo Relé SEL 451-5;

## ANEXO I

### **Características do relé de proteção SEL-487E:**

- Controlador de Bays:
  - Controle local de até cinco disjuntores;
  - Controle e indicação de estado de até oito seccionadoras;
  - Pode configurar até seis medições analógicas;
  - Modo Local/Remoto.
- Funções de Proteção:
  - 87, 87Q, 50/51, 50/51G, 50/51Q, 50/51N, 51S, 51V/C, 67/67G/67Q, 67N, 32, 50/62BF, 46, 24, 27/59, 59G, 59Q, 81, 49T, 49.
- Funções de Controle:
  - 7 entradas e 8 saídas digitais sendo 3 de alta capacidade de interrupção de corrente;
  - 15 entradas de corrente para proteção diferencial, 3 entradas de corrente para proteção restrita de faltas a terra (REF) e 6 entradas de tensão;

### **Características do relé de proteção SEL-451-5:**

- Controlador de Bays:
  - Controle local de até 2 disjuntores;
  - Indicação de estado de até 3 disjuntores;
  - Controle e indicação de estado de até 10 seccionadores;
  - Até seis medições analógicas;
  - Modo Local/Remoto;
  - Alarme de operação para disjuntores e seccionadoras.
- Funções de Proteção:
  - 50/51, 50/51G, 50/51Q, 67P,67G, 67Q, 85, 79, 25, 27/59, 59G, 59Q, 50/62BF, 60, 81, 32, 49, 49T,87V.
- Funções de Controle:
  - 7 entradas e 8 saídas digitais sendo 3 de alta capacidade de interrupção de corrente;
  - 6 entradas de corrente e 6 entradas de tensão;

### **Banco de Capacitores em derivação:**

- Fabricante: IESA
- Configuração: dupla estrela isolada
- Dados nominais: 3600kVar, 26kV, 60Hz, NBI 150kV
- Capacitores potência monofásica: 600kVar/15kV

**Disjuntor AT:**

- Fabricante: Siemens
- Tipo: 3AP1FG
- Dados nominais: 72,5Kv, 50Hz, 2500 A
- Corrente de interrupção nominal de curto-circuito: 31,5kA
- Corrente de abertura das linhas de transmissão: 10A
- Corrente de estabelecimento de curto-circuito: 78,8kA
- Duração do curto-circuito nominal: 3s
- Tempos de comutação:
  - Duração mínima de comando (fechamento e abertura):80ms
  - Tempo de fechamento: 52ms
  - Tempo de abertura: 31ms
  - Tempo de fechamento/abertura: 70ms

**Disjuntor MT:**

- Fabricante: Siemens
- Tipo: 3AF-0144
- Dados nominais: 36Kv, 60Hz, 2000A
- Corrente de interrupção nominal de curto-circuito: 25kA
- NI; 170kV

**Transformador de Potência:**

- Fabricante: Toshiba
- Tipo: HC/OPTLR-D
- Dados nominais:
  - Tensões dos enrolamentos:
    - Primário: 69kV
    - Secundário: 23kV
    - Terciário: 6,9kV
  - Frequência nominal: 60Hz
  - Potência: 15/20MVA
  - Correntes nominais:
    - 69kV:
      - 15MVA: 126 A
      - 20MVA: 167 A
    - 23kV:
      - 15MVA: 377 A

- 20MVA: 502 A

**Chave Seccionadora AT sem Lâmina de Terra:**

- Fabricante: S&C
- Tipo: SCDA Tripolar
- Dados nominais:
  - 72,5kV, 1250A
  - NBI: 350kV

**Chave Seccionadora AT com Lâmina de Terra:**

- Fabricante: GTMS
- Tipo: UR 72,5kV
- Dados nominais:
  - 72,5kV, 800A
  - NBI: 350kV

**Pára-raios AT:**

- Fabricante: Balestro
- Tipo: PBPE 60/10/2 ZnO
- Dados nominais:
  - 66kV, 10kA
  - Descarga nominal: 8/20us

**Transformador de Corrente AT:**

- Fabricante: Artech
- Tipo: CA-72
- Dados nominais:
  - Tensão: 72,5kV
  - Corrente: 300x600-5A
  - Frequência: 60Hz
  - Corrente de interrupção nominal de curto-circuito: 20kA
  - Fator de Potência: 1,2

**Transformador de Potencial AT:**

- Fabricante: Artech
- Tipo: UTD-72
- Dados nominais:
  - Tensão: 72,5kV
  - Tensão primária: 69kV

- Tensão secundária: 115V
- Frequência: 60Hz
- Potência: 200VA
- Relação: 600:1

**Transformador de Corrente BT:**

- Fabricante: Instrument
- Tipo: IMPE2582
- Dados nominais:
  - Tensão: 24,2kV
  - Relação de Corrente: 100-5-5A
  - Frequência: 60Hz
  - Corrente de interrupção nominal de curto-circuito: 50kA
  - Fator de Potência: 1,2
  - NI: 50/150kV
  - Classe de Exatidão:
    - 1S1-1S2: 0,3C50
    - 2S1-2S2: 10B200

**Transformador de Potencial BT:**

- Fabricante: Instrument
- Tipo: TPI TPIE 25A
- Dados nominais:
  - Tensão: 24,2kV
  - Tensão primária: 23kV
  - Tensão secundária: 115V
  - Frequência: 60Hz
  - Relação: 200:1
  - Classe de Exatidão: 0,3P200

**Pára-raios BT:**

- Fabricante: Balestro
- Tipo: 3EK4 240 –ICK4 – ZM12081
- Dados nominais:
  - 24kV, 10kA
- Tensão de operação contínua: 19,2kV

**Chaves Seccionadoras BT:**

- Fabricante: S&C
- Tipo: Chave-faca

- Dados nominais:
  - 24kV, 630A, 60Hz, NBI 150kV
- Fabricante: Delmar
- Tipo: Chave-fusível
- Dados nominais:
  - 27kV, 200A 60Hz, NBI 150Kv
  - Capacidade de interrupção: 20kA
- Fabricante: Maurizio
- Tipo: Unipolar
- Dados nominais:
  - 24,2kV, 1 600A, 60Hz, NBI 150Kv
  - Capacidade de interrupção: 20kA

**Retificador:**

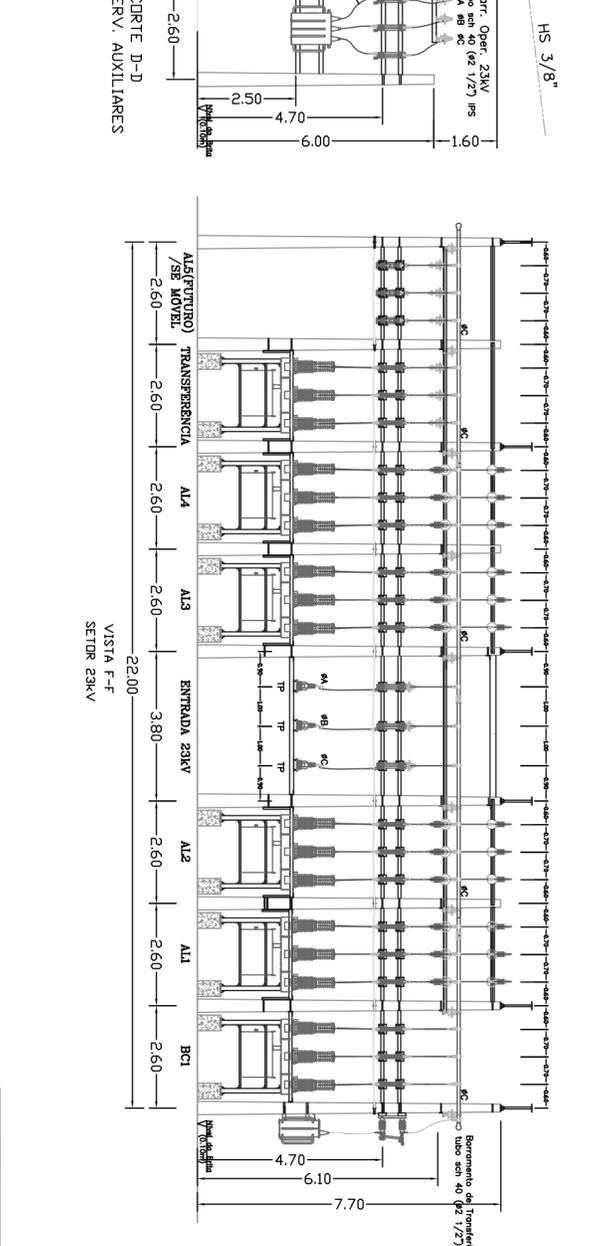
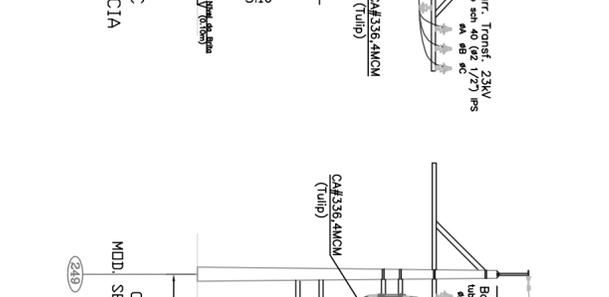
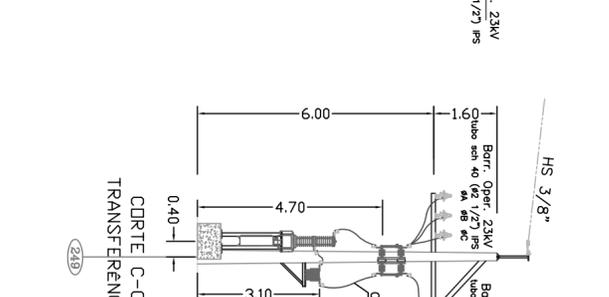
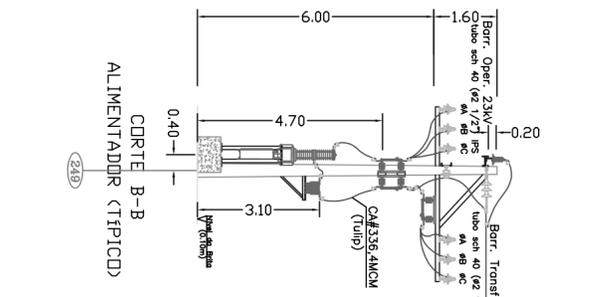
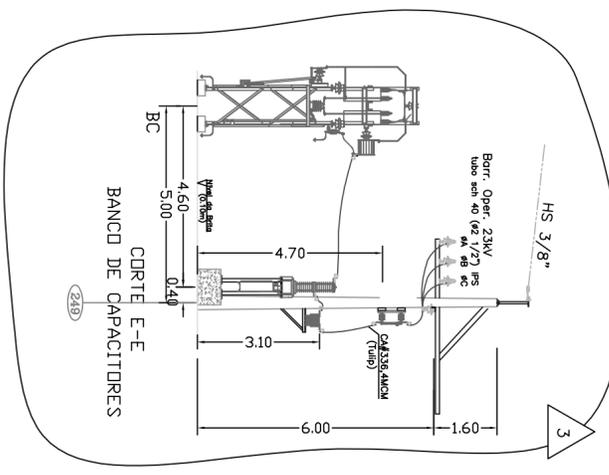
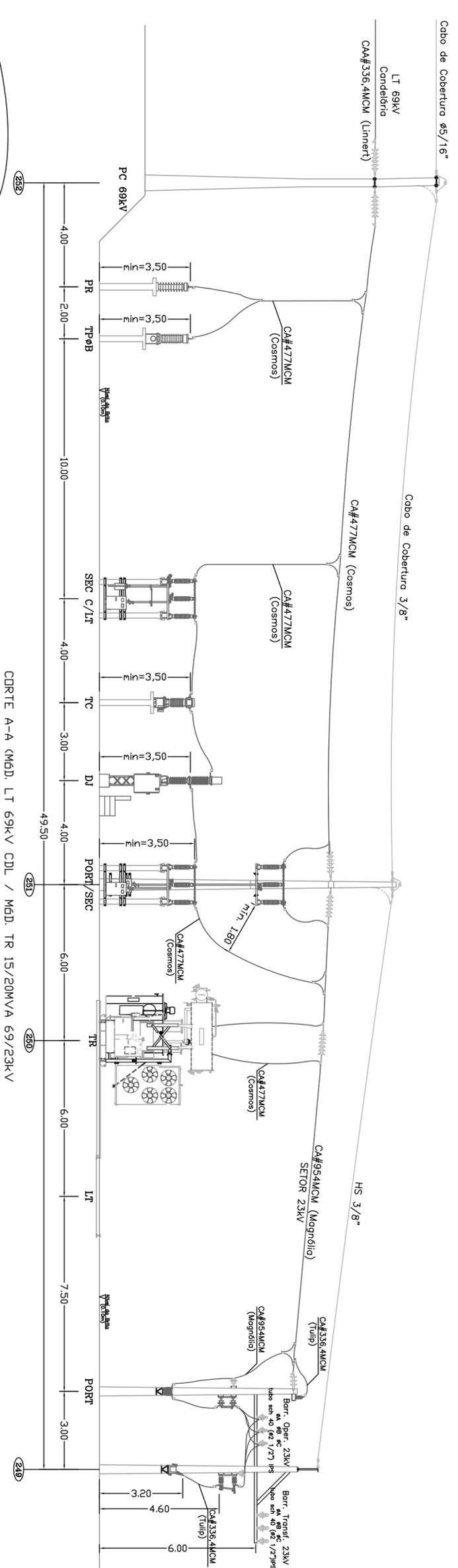
- Fabricante: Tectrol
- Tipo: TCKR 125-25DA01M
- Entrada:
  - 220Vca + - 15%
  - 60Hz +- 5%
  - Fator de Potência: 0,85
  - Potência máxima: 4,9Kva
  - Potência nominal: 4,3Kva
  - Corrente máxima: 15,3A
- Saída:
  - Tensão nominal: 125Vcc
  - Frequência nominal: 60Hz
  - Potência nominal: 3,6kW
  - Corrente nominal: 25A

**Bateria associada:**

- Tipo: Chumbo-ácidas seladas
- Número de elementos: 60
- Tensão de flutuação por elementos/total: 2,27V/132,6V
- Tensão final de descarga por elemento/total: 1,75/105V
- Corrente de carga: ajustável de 3,5 a 24,5 A
- Corrente de Comutação: 2,5 a 10A

## **ANEXO II**





1	08/08/2011	Revisão Condicion. Orientação AES SUL (Início de Captação)
2	08/08/2011	Revisão Condicion. Orientação AES SUL
1	06/07/2011	Revisão Condicion. Orientação AES SUL
0	25/05/2011	Finaliza

Proj	Eng. Marco de São José, 2008	Proj	Eng. Marco de São José, 2008
Rev	Data	Rev	Data
0	25/05/11	0	25/05/11
1	06/07/11	1	06/07/11
2	03/08/11	2	03/08/11

Proj	Eng. Marco de São José, 2008	Proj	Eng. Marco de São José, 2008
Rev	Data	Rev	Data
0	25/05/11	0	25/05/11
1	06/07/11	1	06/07/11
2	03/08/11	2	03/08/11

Proj	Eng. Marco de São José, 2008	Proj	Eng. Marco de São José, 2008
Rev	Data	Rev	Data
0	25/05/11	0	25/05/11
1	06/07/11	1	06/07/11
2	03/08/11	2	03/08/11

Proj	Eng. Marco de São José, 2008	Proj	Eng. Marco de São José, 2008
Rev	Data	Rev	Data
0	25/05/11	0	25/05/11
1	06/07/11	1	06/07/11
2	03/08/11	2	03/08/11

**NOTAS:**

-Dimensões em metros (m).

**DESENHOS DE REFERÊNCIA:**

-CSE - Arranjo Geral - Disposição da SE - Des. AES SUL Nº. CSE-001-01

-CSE - Arranjo Geral - Planta - Des. AES SUL Nº. CSE-001-02

**LEGENDAS**

**CDL Engenharia Ltda.**

**EMAN Engenharia Ambiental**

**AES SUL** Distribuidora goiacha de energia

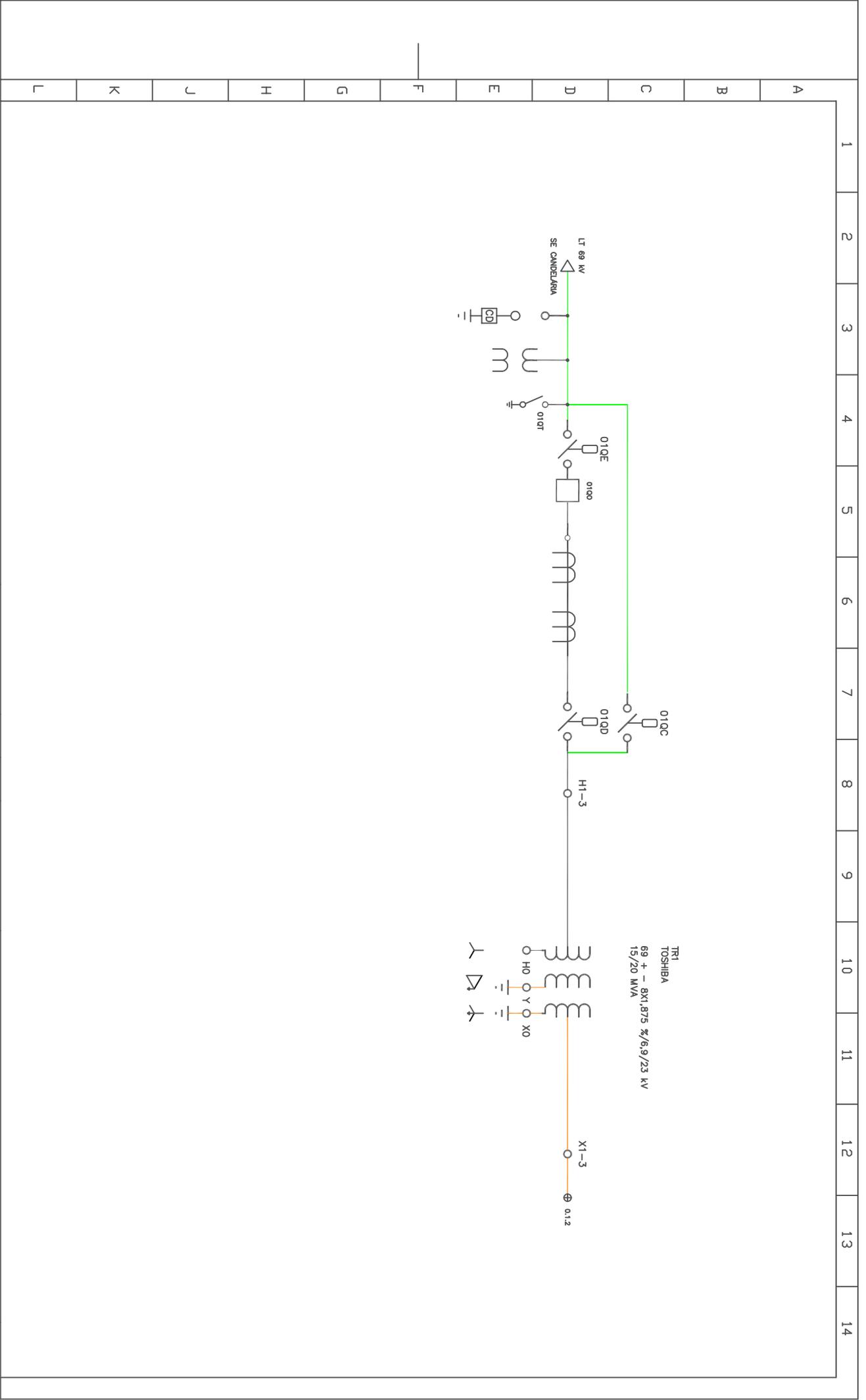
**SE CENTRO SERRA**

**ESCALA:** 1:125

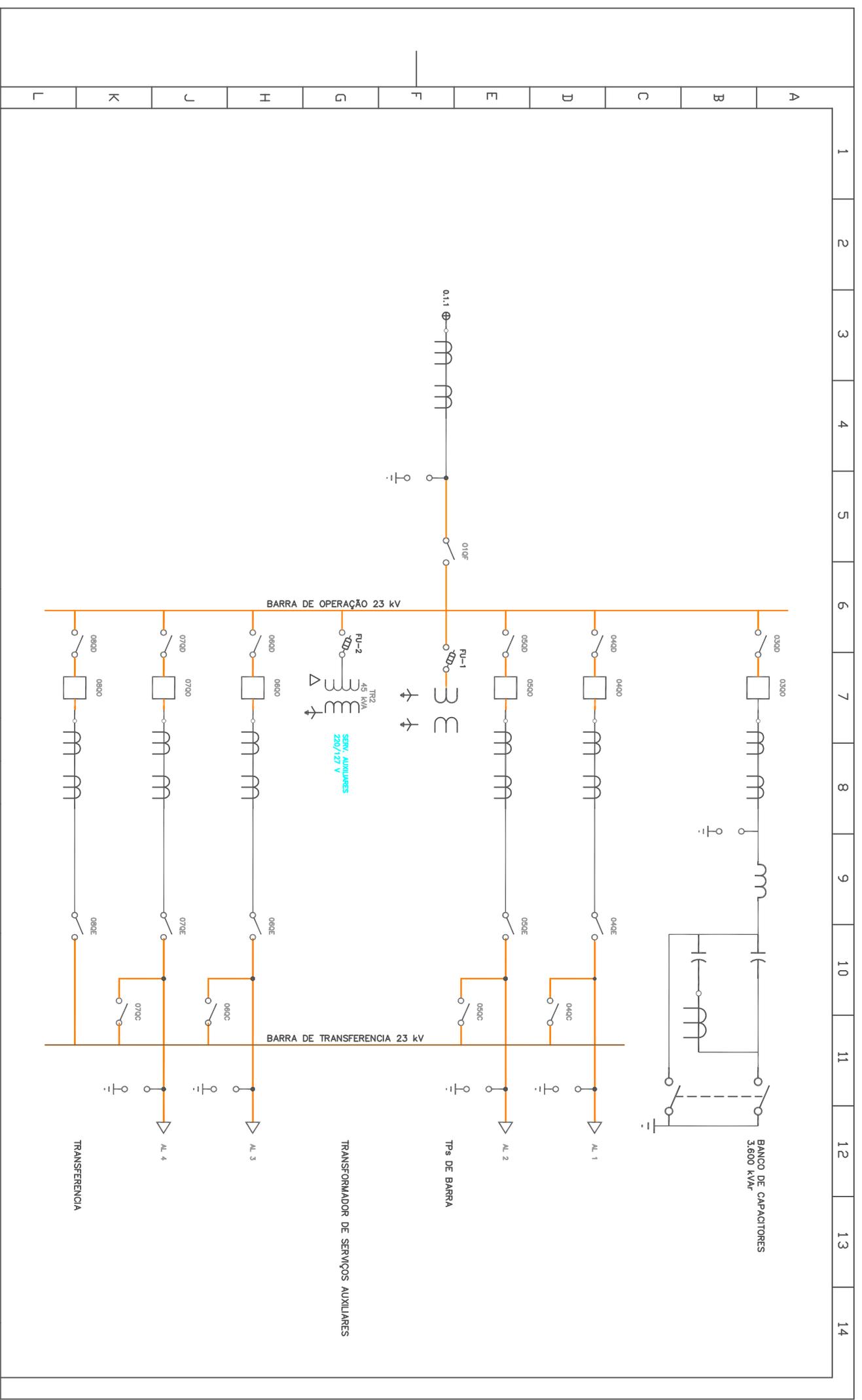
**FOLHA:** 1/1

**DESENHO:** CDL-001-03

## **ANEXO III**



DBS:	EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Gocho de Energia	SE CENTRD SERRA ESQUEMAS ELETRICDS UNIFILAR GERAL SIMPLIFICADD	O . 1 . 1	
	EMI	06/2011	RESP.	CRACCO	REV1	08/2011			DES.	CRACCO
	REV2	11/2011	COLAB.		NOTA				DATA:	



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul**  
Distribuidora Gocho de Energia

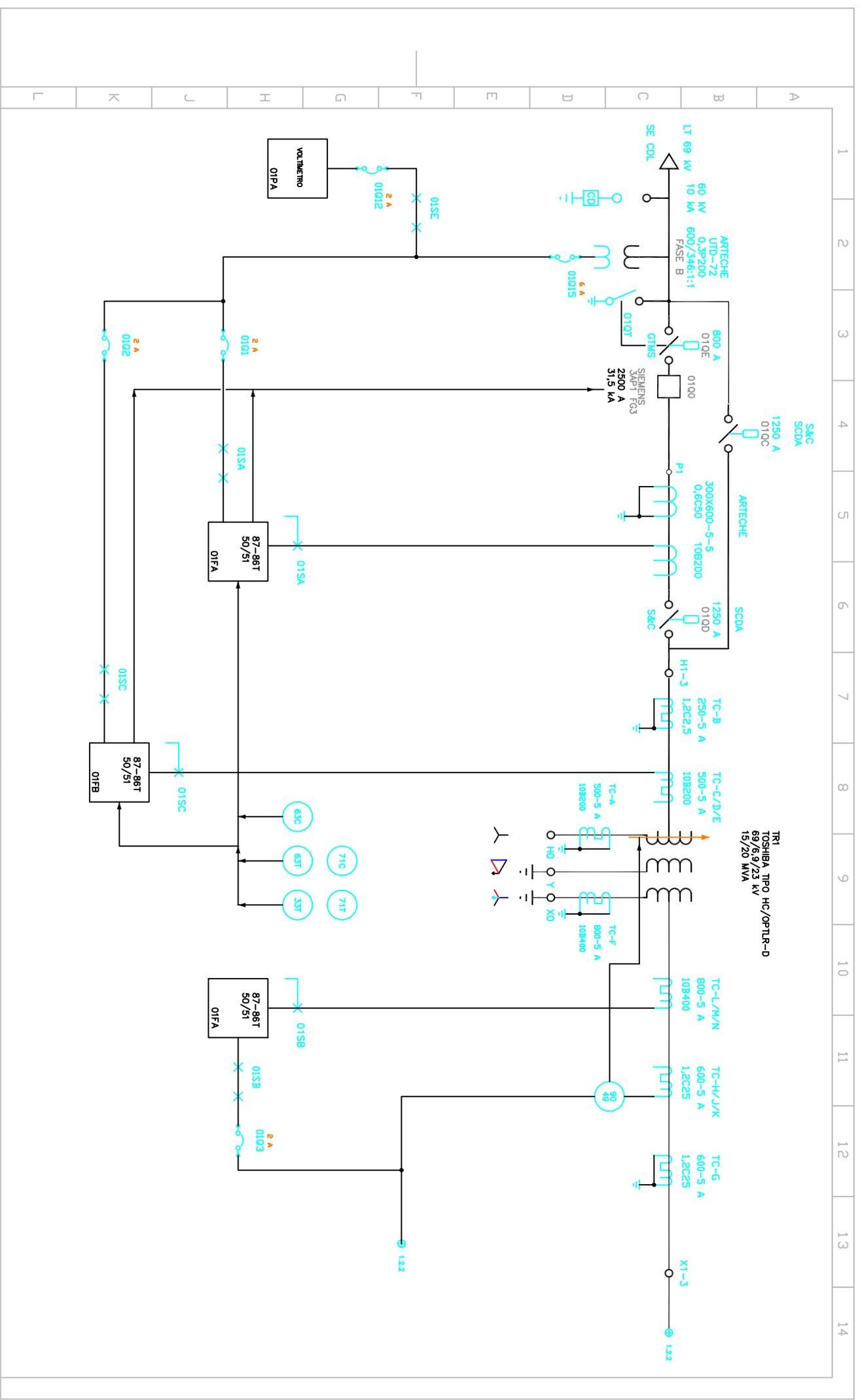
O.1.2

REV.	DATA	RESP.	CRACCO
EMI	06/2011	RES.P.	CRACCO
REV1	08/2011	DES.	CRACCO
REV2		COLAB.	

SE CENTRO SERRA	
ESQUEMAS ELETRICOS	
UNIFILAR GERAL SIMPLIFICADO	
NOTA	DATA:

## **ANEXO IV**



DBS:

EMAN  
ENGENHARIA

REV.	DATA
EMI	06/2011
REV1	08/2011
REV2	11/2011

CDP  
ENGENHARIA

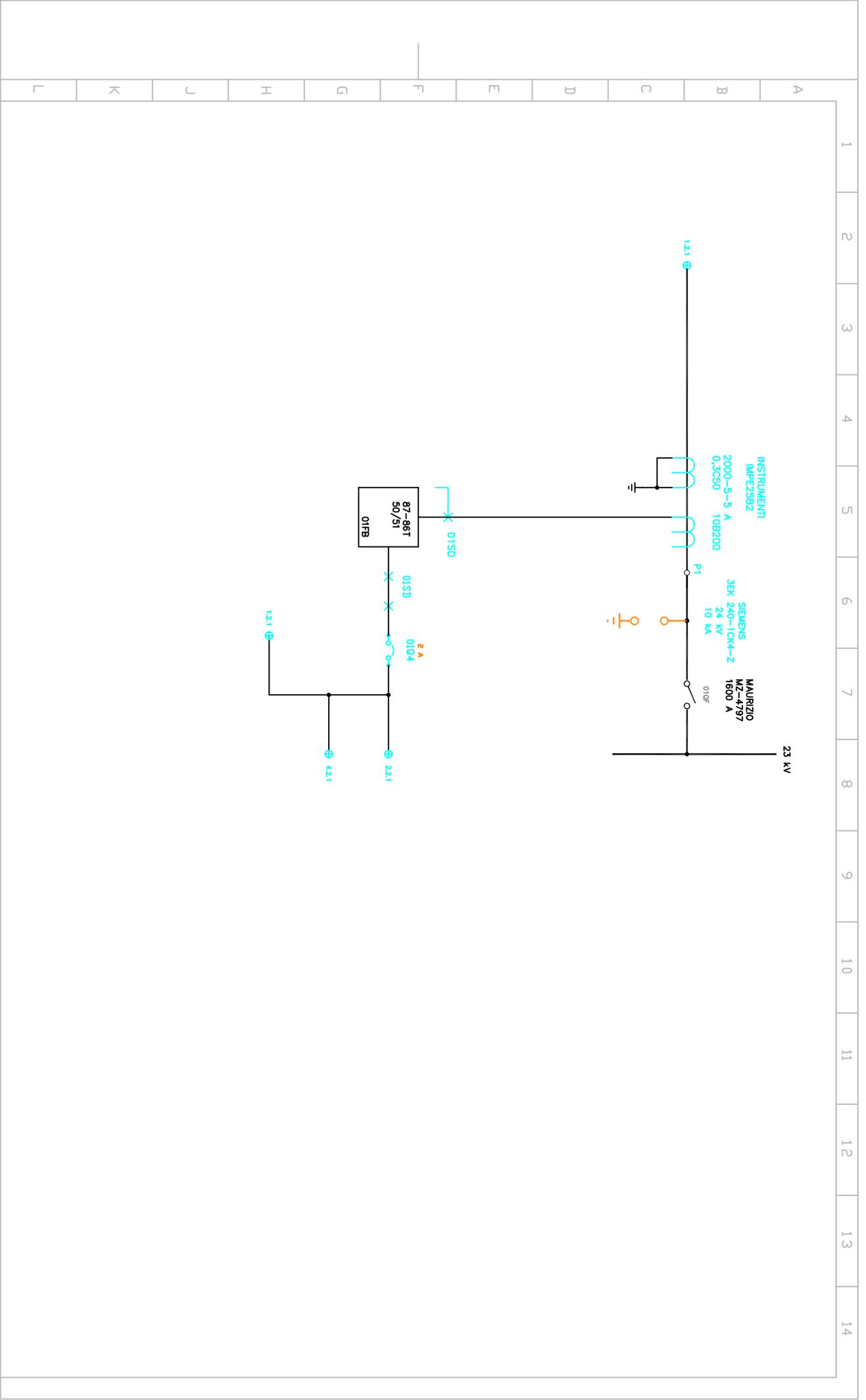
AES Sul Distribuidora Gocho de Energia

SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELETRICOS 69/23 kV TR1  
UNIFILAR

1.2.1

NOTA

DATA:



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

REV. DATA

**CDP**  
ENGENHARIA

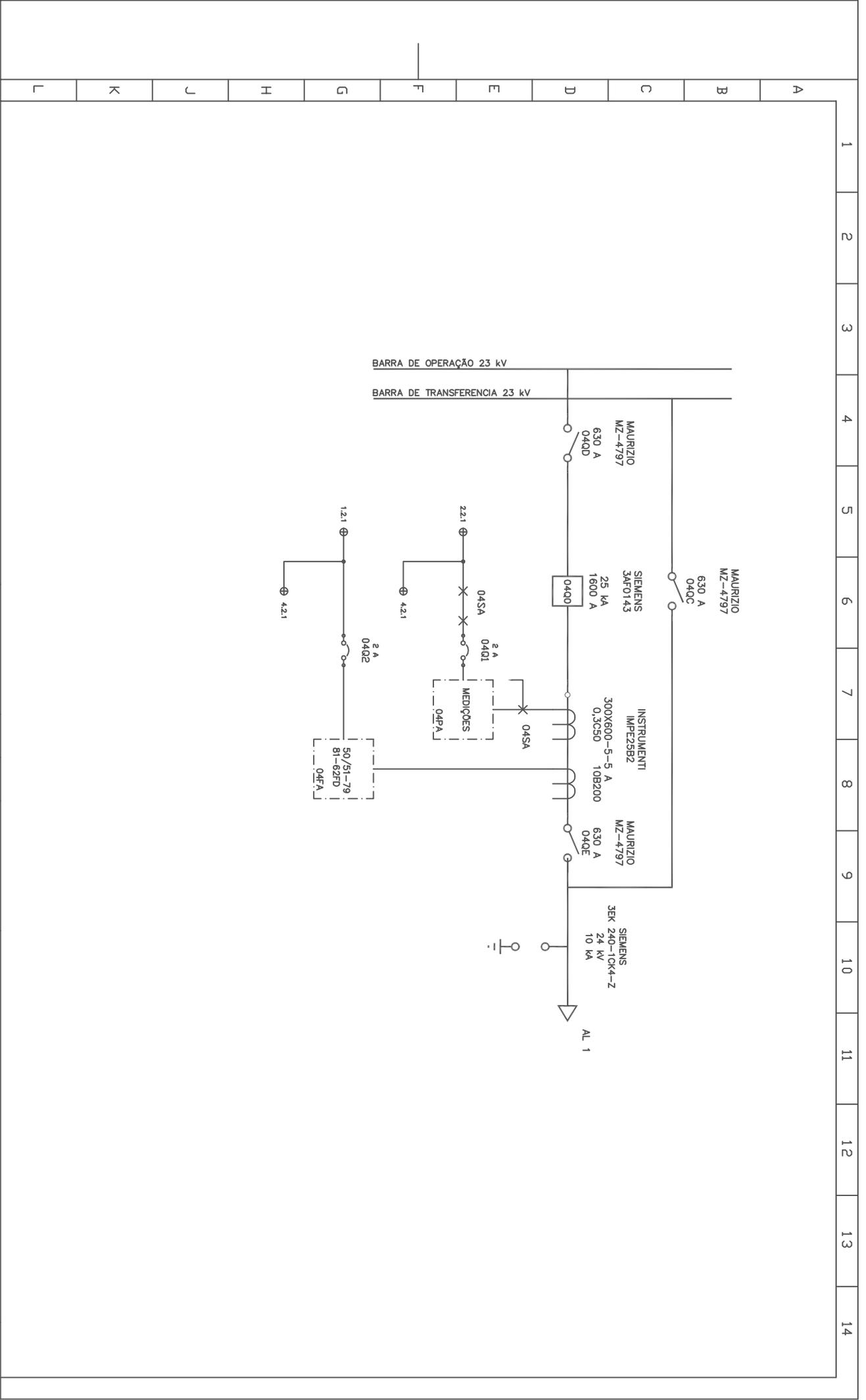
**AES Sul** Distribuidora Gocho de Energia  
SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELETRICOS 69/23 kV TR1  
UNIFILAR

1.2.2

REV.	DATA	RESP.	DES.	COLAB.
EMI	06/11	CRACCO		
REV1	08/11	CRACCO		
REV2	11/11			

NOTA	DATA:

## **ANEXO V**



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Godcho de Energia

4.2.1

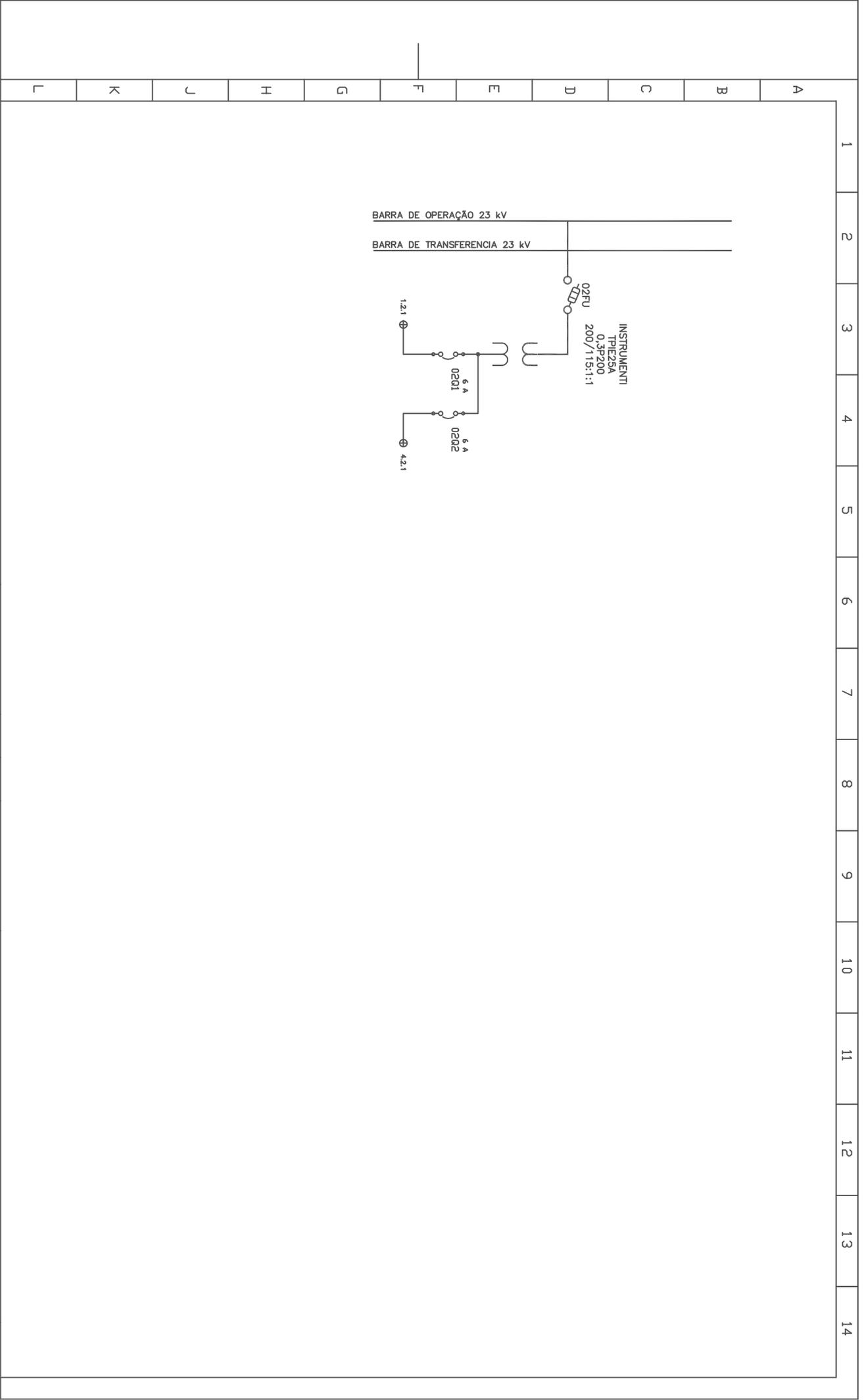
REV.	DATA	RESP.	COLAB.
EMI	06/2011	CRACCO	
REV1	08/2011	CRACCO	
REV2			

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV AL 1  
UNIFILAR

NOTA

DATA:

## **ANEXO VI**



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

REV. DATA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Godcho de Energia

2.2.1

EMI 06/2011

RESP. CRACCO

SE CENTRO SERRA

REV1 08/2011

DES. CRACCO

ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV TPS DE BARRA

REV2

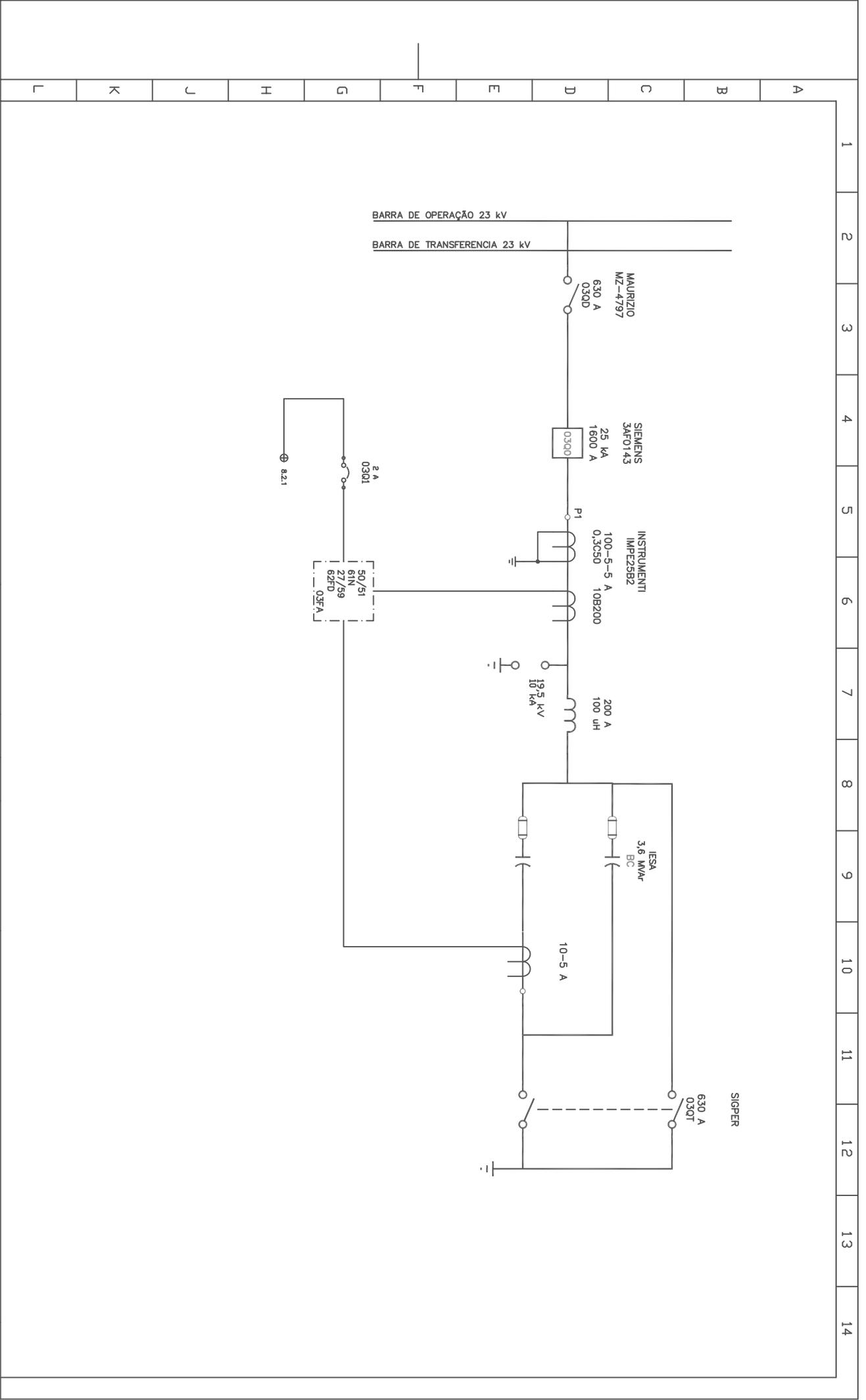
COLAB.

UNIFILAR

DATA:

NOTA

## **ANEXO VII**



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

REV. DATA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Godcho de Energia

3.2.1

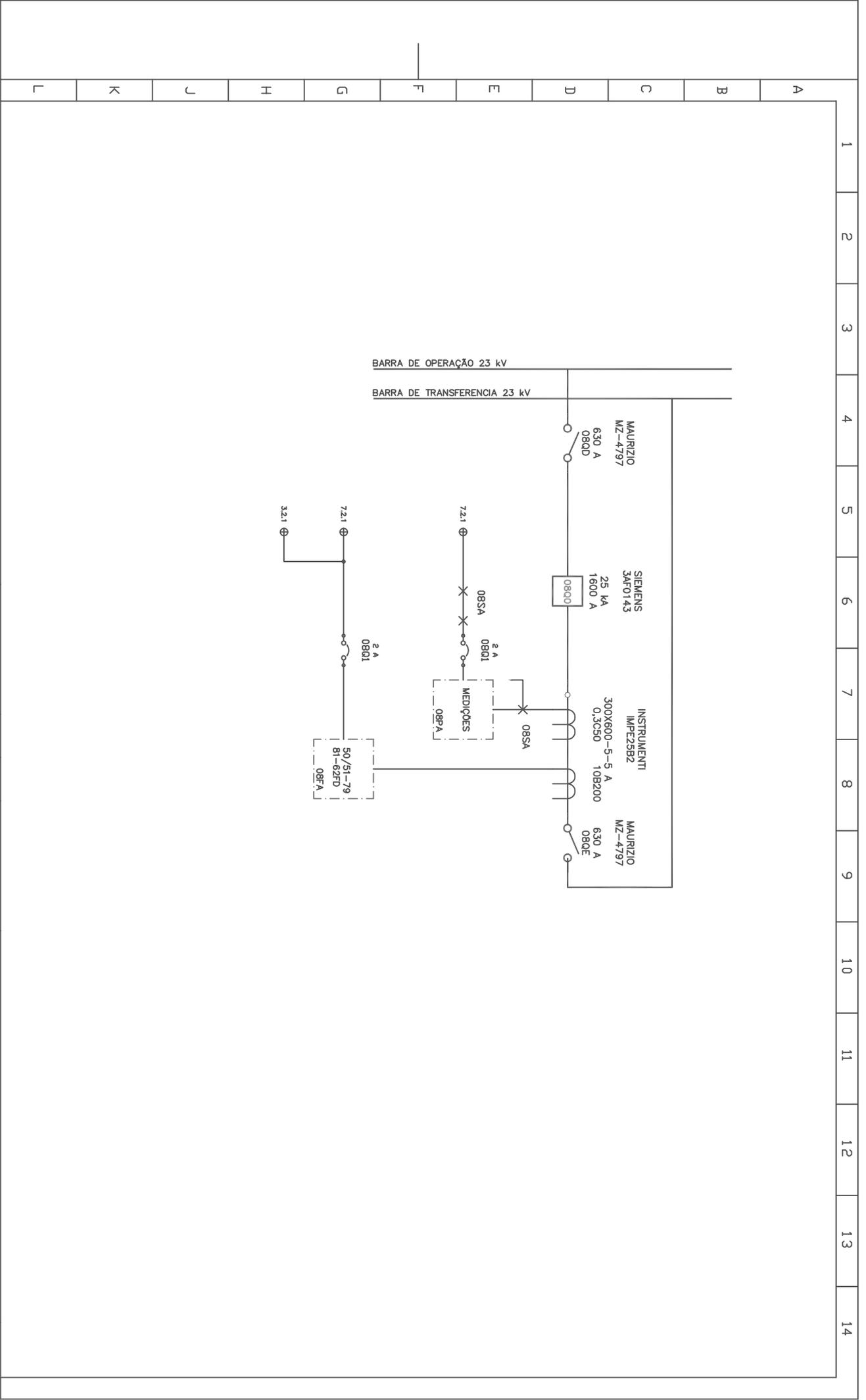
REV.	DATA	RESP.	COLAB.
EMI	06/2011	CRACCO	
REV1	08/2011	CRACCO	
REV2			

SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV BANCOD DE CAPACITORES  
UNIFILAR

NOTA

DATA:

## **ANEXO VIII**



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

REV. DATA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Godcho de Energia

8.2.1

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV TRANSFERENCIA  
UNIFILAR

NOTA

DATA:

EMI

06/2011

RES.

CRACCO

REV1

08/2011

DES.

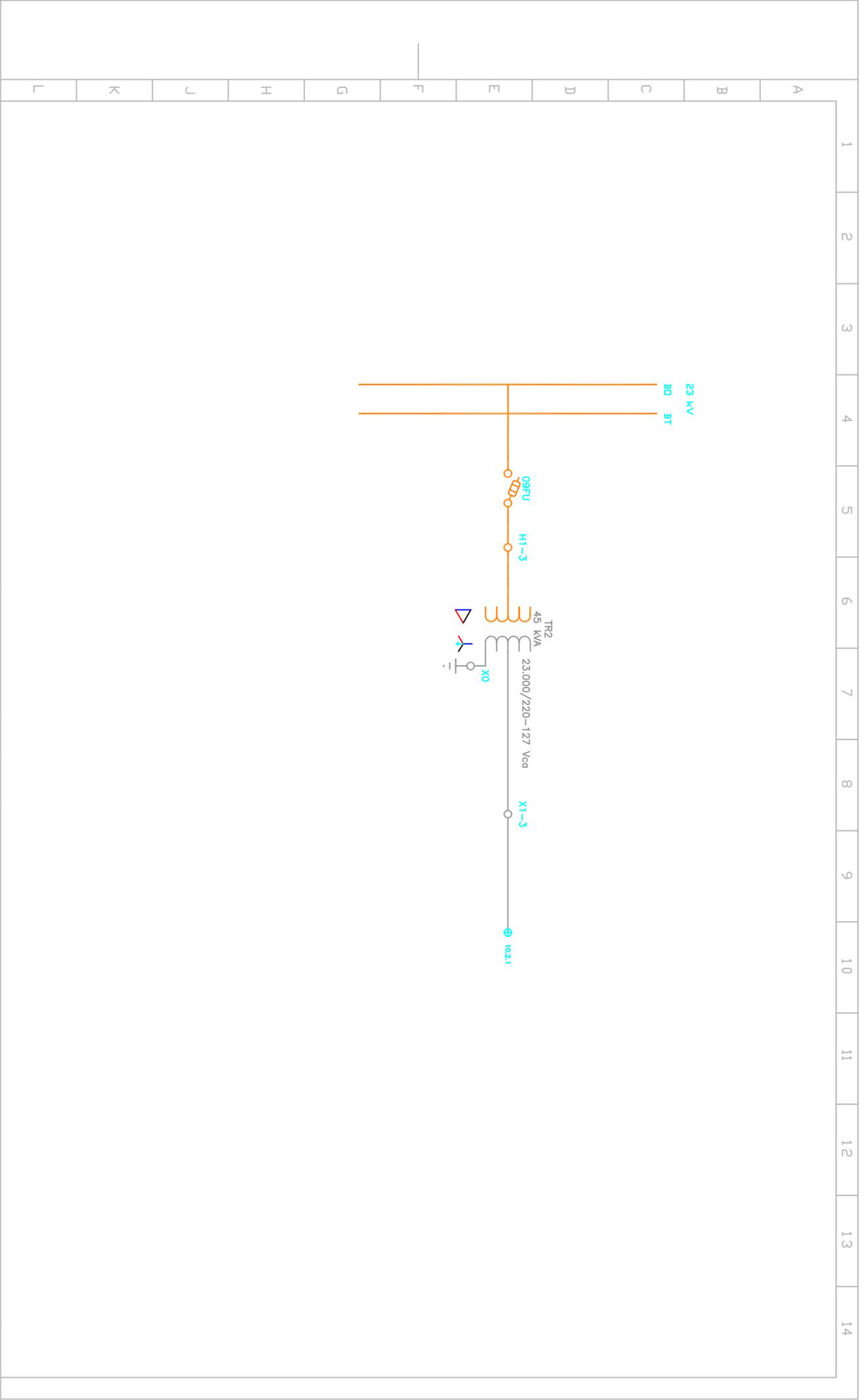
CRACCO

REV2

COLAB.

DATA:

## **ANEXO IX**



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

REV. DATA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul**

Distribuidora Gocho de Energia

9.2.1

EMI 06/2011

SE CENTRD SERRA

ESQUEMAS ELETRICOS 23 kV TR2

REV1 08/2011

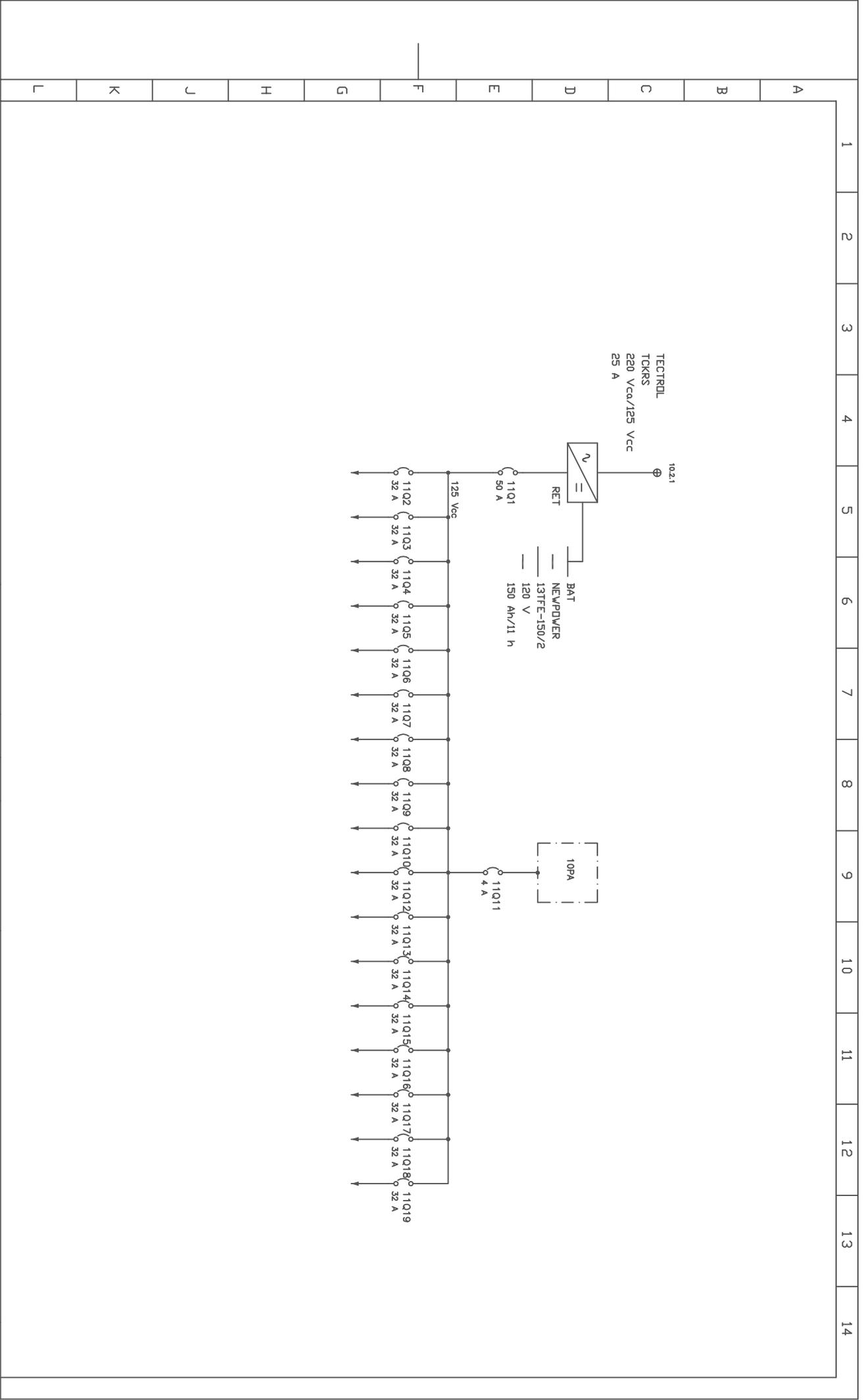
UNIFILAR

REV2

NOTA

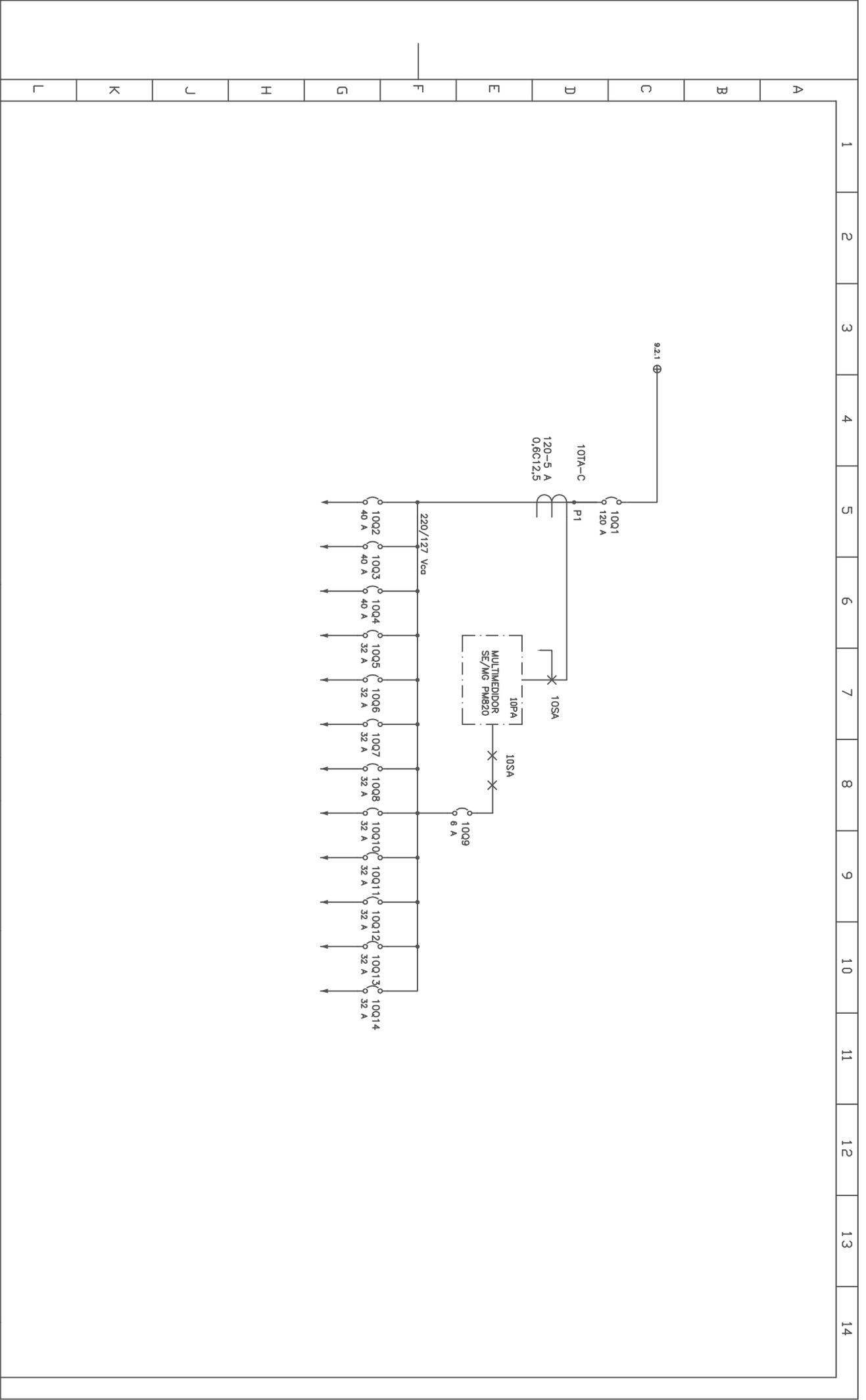
DATA:

## **ANEXO X**



DBS:	EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Gocho de Energia		1 1 . 2 . 1
			EMI	06/2011	RESP.	CRACCO	SE CENTRO SERRA		
			REV1	08/2011	DES.	CRACCO	ESQUEMAS ELÉTRICOS S. AUX. 125 VCC		
			REV2		COLAB.		UNIFILAR		
NOTA								DATA:	

## **ANEXO XI**



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Gocho de Energia

10.2.1

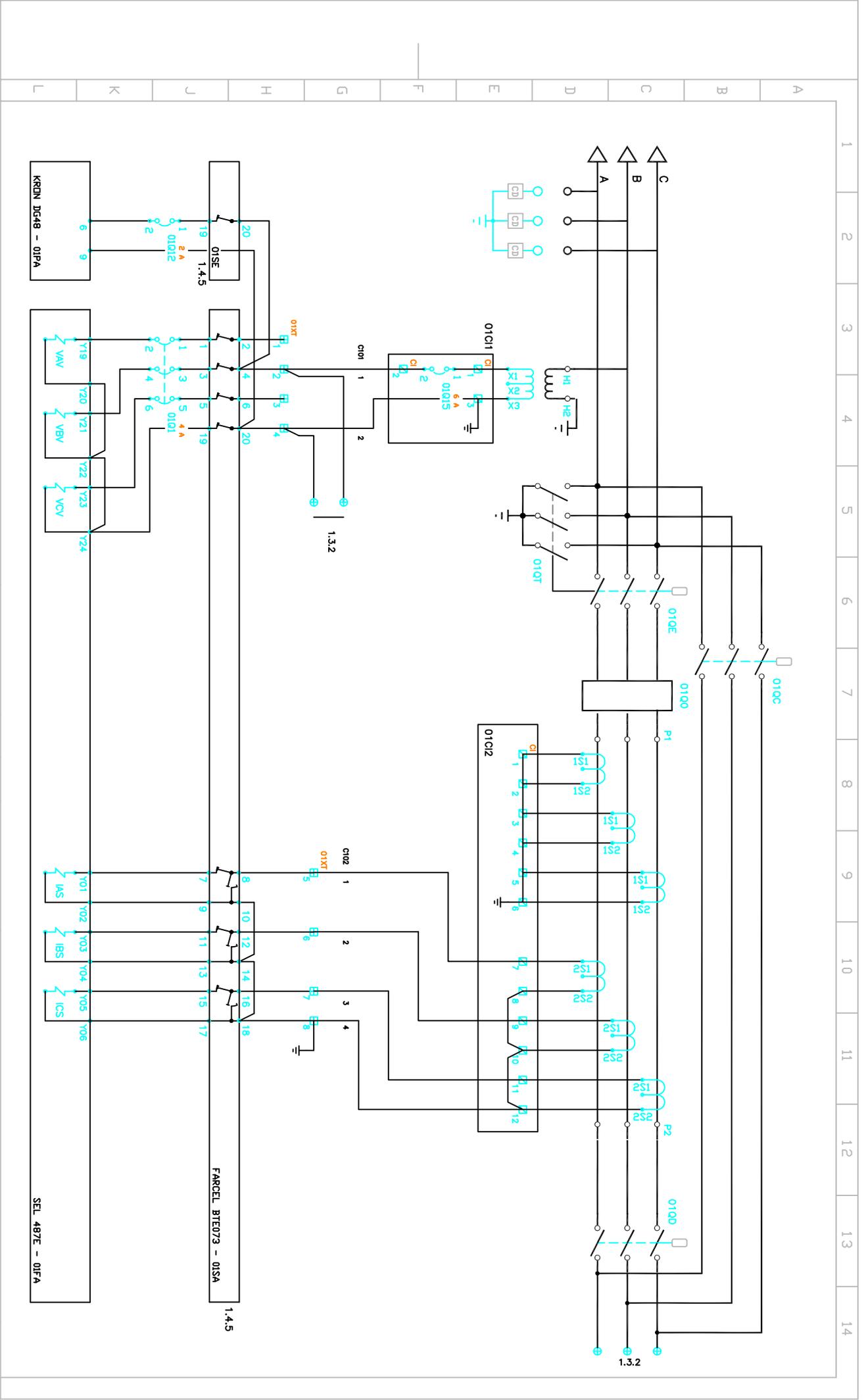
REV.	DATA	RESP.	CRACCO
EMI	06/2011	RES.P.	CRACCO
REV1	08/2011	DES.	CRACCO
REV2		COLAB.	

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS S. AUX. 220-127 Vca  
UNIFILAR

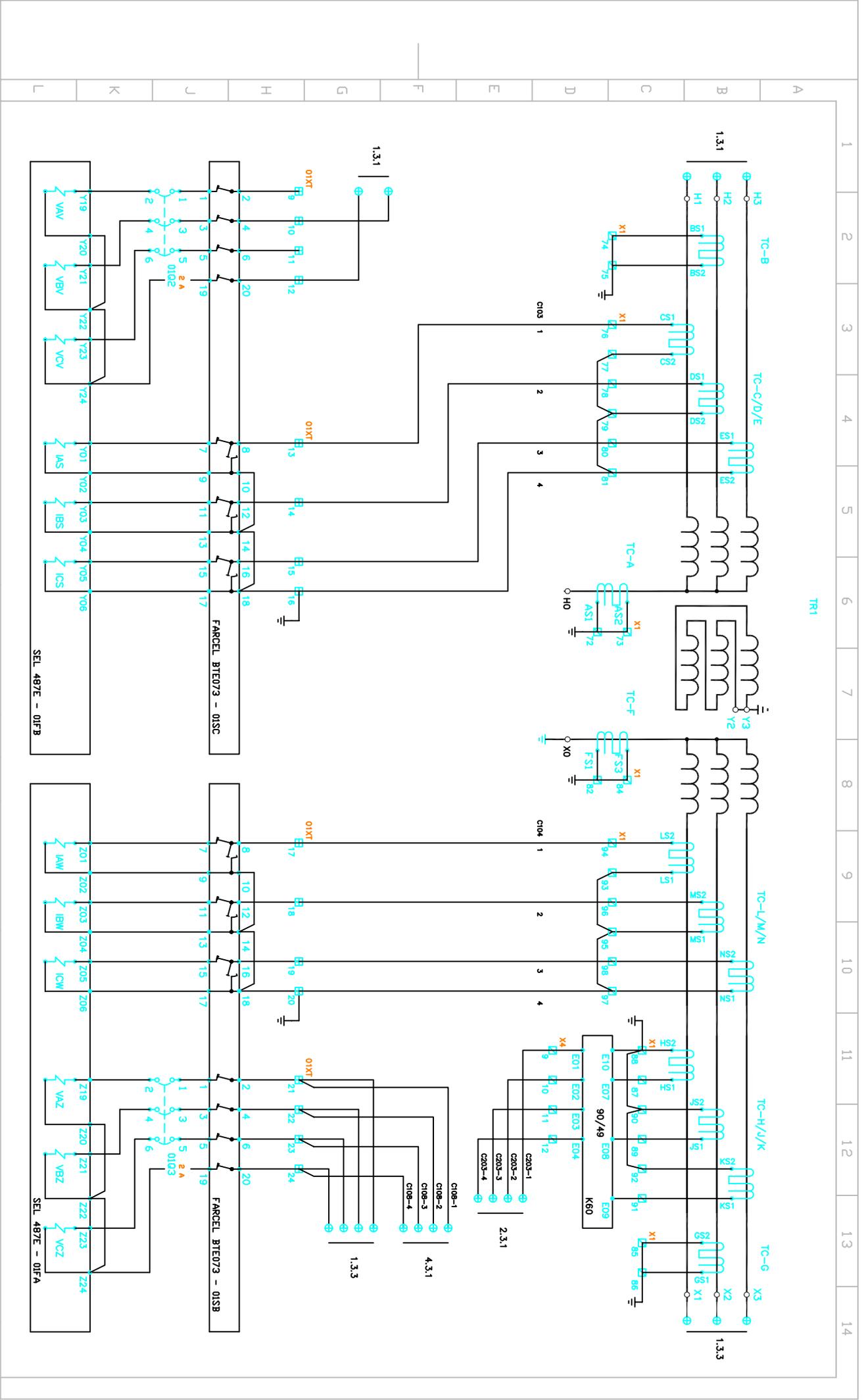
NOTA

DATA:

## **ANEXO XII**



DBS1		EMAN ENGENHARIA		CDP ENGENHARIA		AES SUL Distribuidora Gocho de Energia		1.3.1	
		REV.	DATA	RESP.	CRACCO	SE CENTRD SERRA			
		EMI	06/11	CRACCO		ESQUEMAS ELETRICOS 69/23 kV TR1			
		REV1	08/11	DES.	CRACCO	TRIFILAR			
		REV2		COLAB.		NOTA		DATA:	



DBS:1

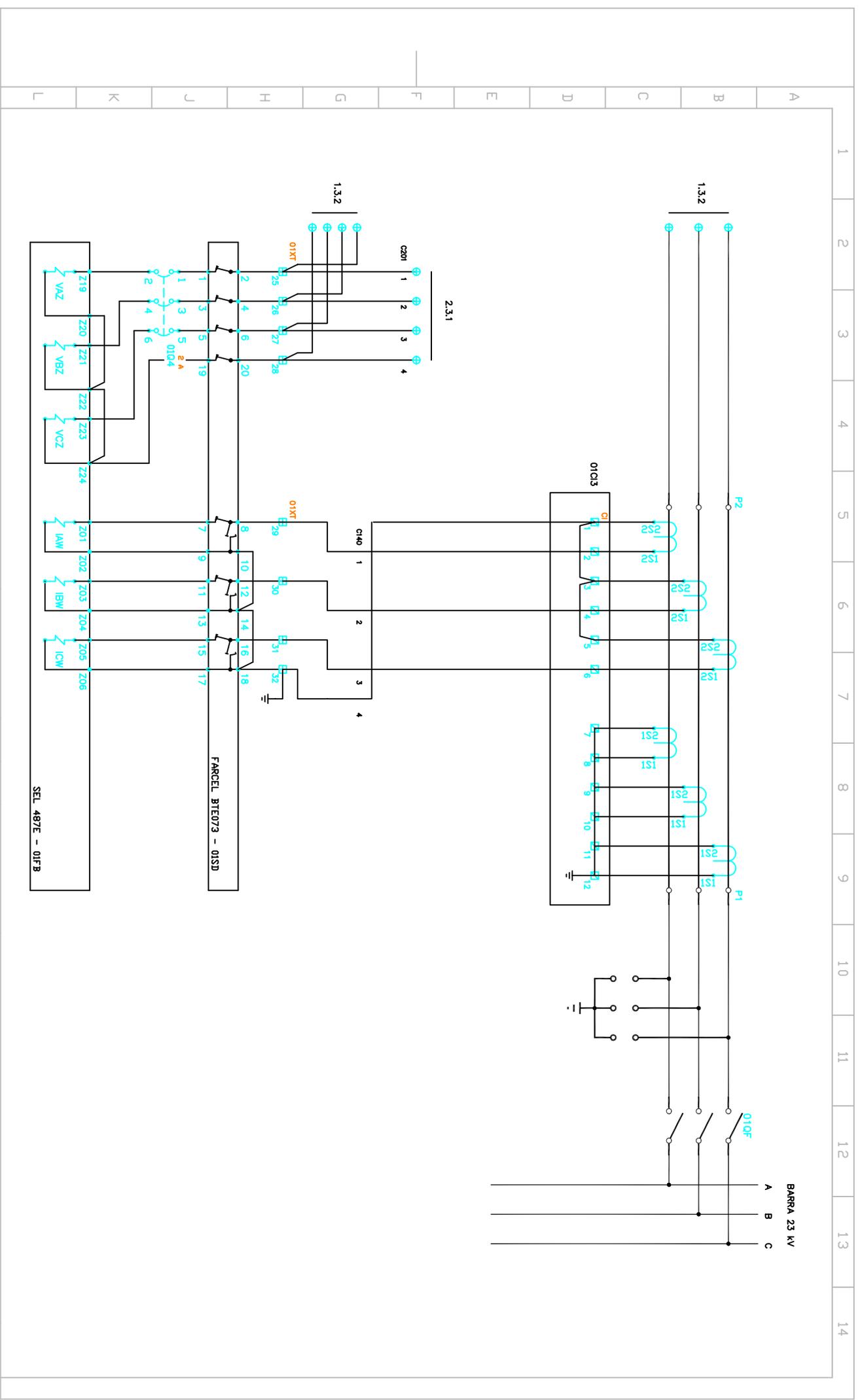
EMAN ENGENHARIA	REV.	DATA	C D P ENGENHARIA	RES.	CRACCO
	EMI	06/2011		RES.	CRACCO
AES SUL Distribuidora Gocho de Energia	REV1	08/2011	AES SUL Distribuidora Gocho de Energia	DES.	CRACCO
	REV2	11/2011		COLAB.	

SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELETRICOS 69/23 KV TR1  
TRIFILAR

1.3.2

NOTA

DATA:



DBS1

**EMAN**  
ENGENHARIA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Gocho de Energia

1.3.3

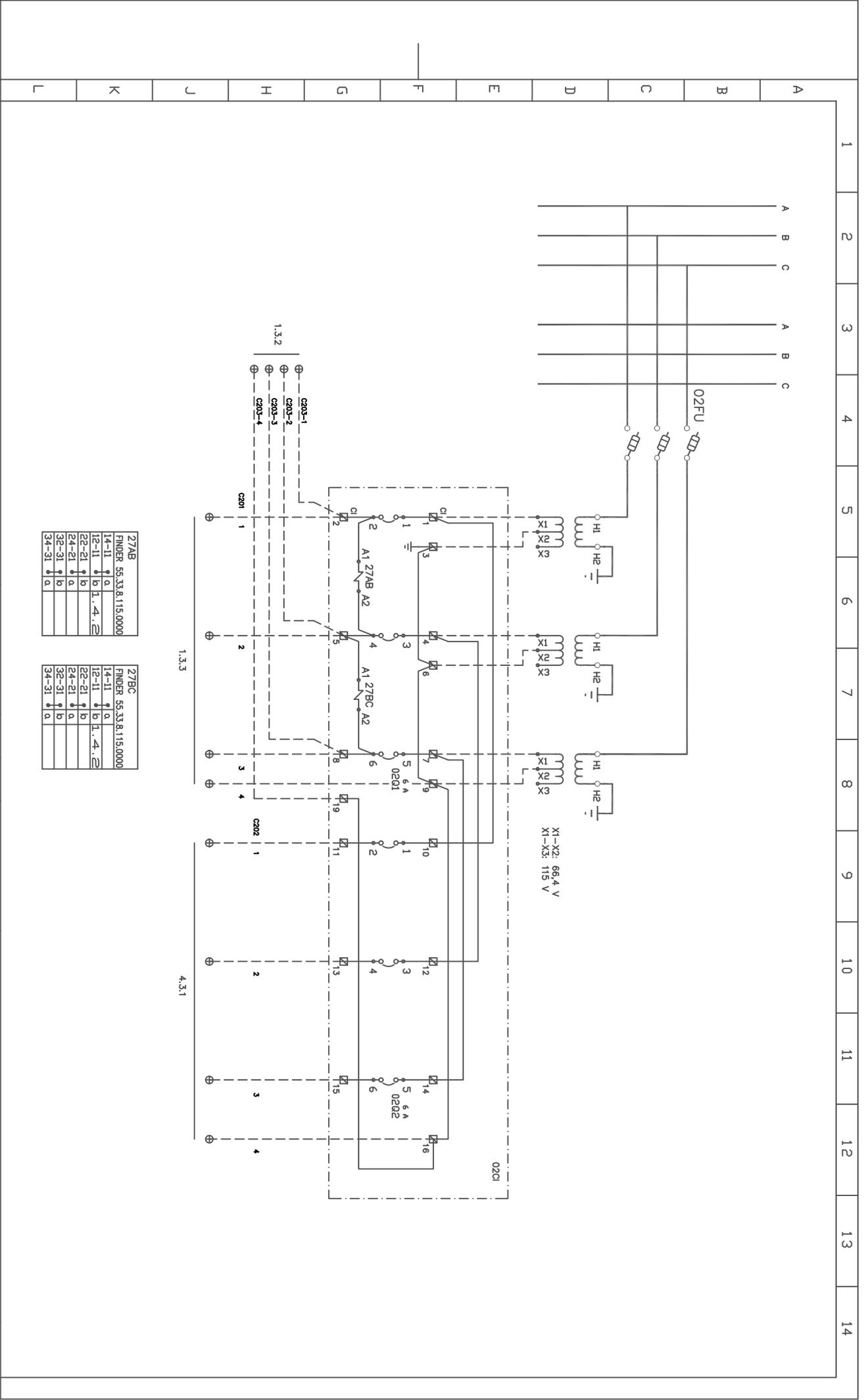
REV.	DATA	RESP.	CRACCO
EMI	06/2011	RES.P.	CRACCO
REV1	08/2011	DES.	CRACCO
REV2	11/2011	COLAB.	

SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELETRICOS 69/23 kV TRI  
TRIFILAR

NOTA

DATA:

## **ANEXO XIII**



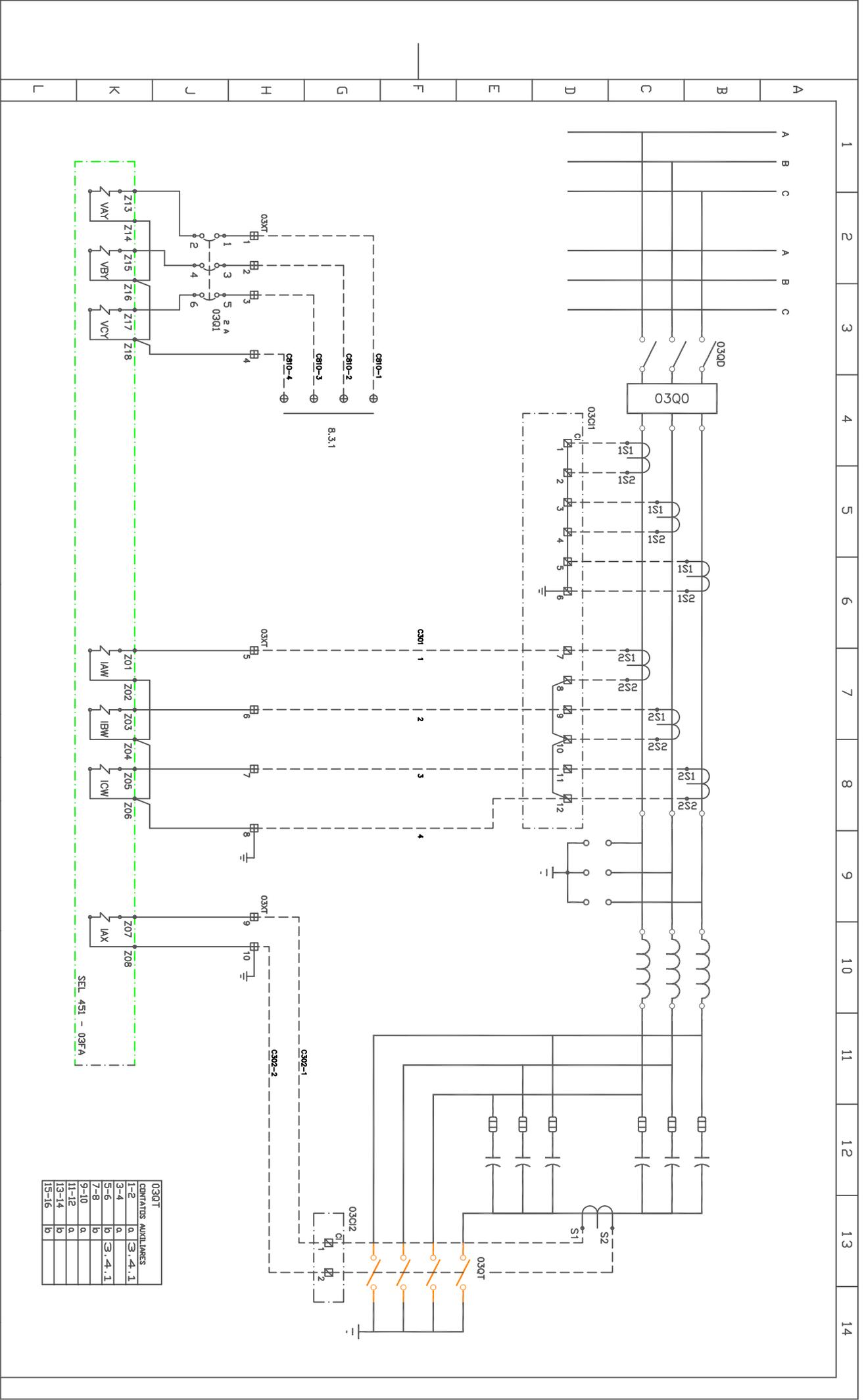
27AB		FINDER 55.33.8.115.0000	
14-11	1	a	1.4.2
12-11	1	b	
22-21	1	b	
24-21	1	a	
32-31	1	b	
34-31	1	a	

27BC		FINDER 55.33.8.115.0000	
14-11	1	a	1.4.2
12-11	1	b	
22-21	1	b	
24-21	1	a	
32-31	1	b	
34-31	1	a	

DBS: **EMAN ENGENHARIA** **CDP ENGENHARIA** **SAES Sul** Distribuidora Gocho de Energia **2.3.1**

REV.	DATA	RESP.	CRACCO	COLAB.	NOTA	DATA:
R1	08/11	CRACCO			SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV TPS DE BARRA TRIFILAR	
R2	08/11	CRACCO				

## **ANEXO XIV**



03Q1T		CONTATORES AUXILIARES	
1-2	a	3	4 . 1
3-4	b	3	4 . 1
5-6	b	3	4 . 1
7-8	b		
9-10	0		
11-12	0		
13-14	b		
15-16	b		

SEL. 4S1 - 03FA

DBS: EMAN ENGENHARIA DATA REV. 06/2011 EMI RESP. CRACCO 3.3.1

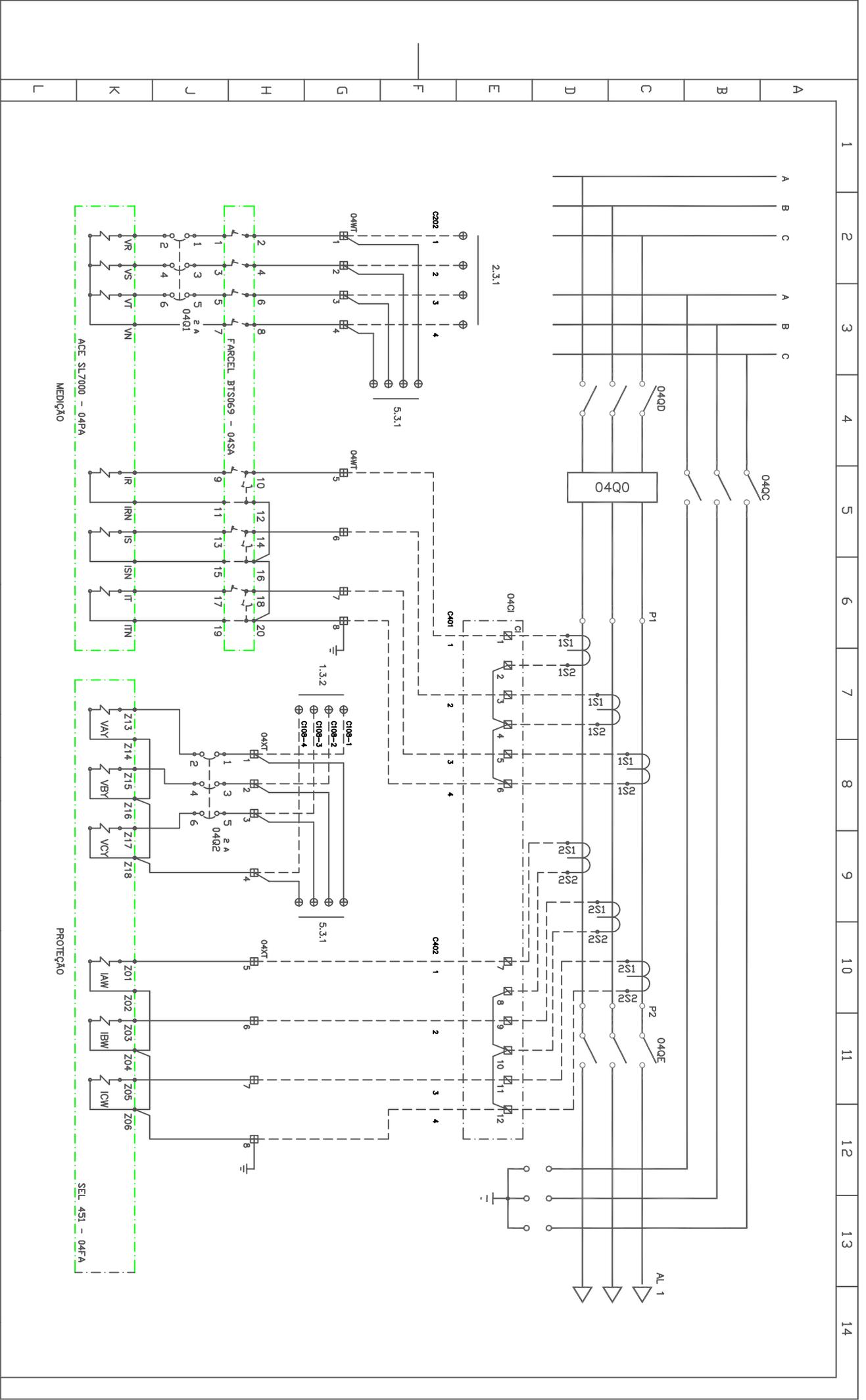
AES Sul Distribuidora Godcho de Energia

SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV BANCO DE CAPACITORES TRIFILAR

REV.	DATA	RESP.	DES.	COLAB.
REVI	08/2011	EMI	CRACCO	
REV2				

NOTA: DATA:

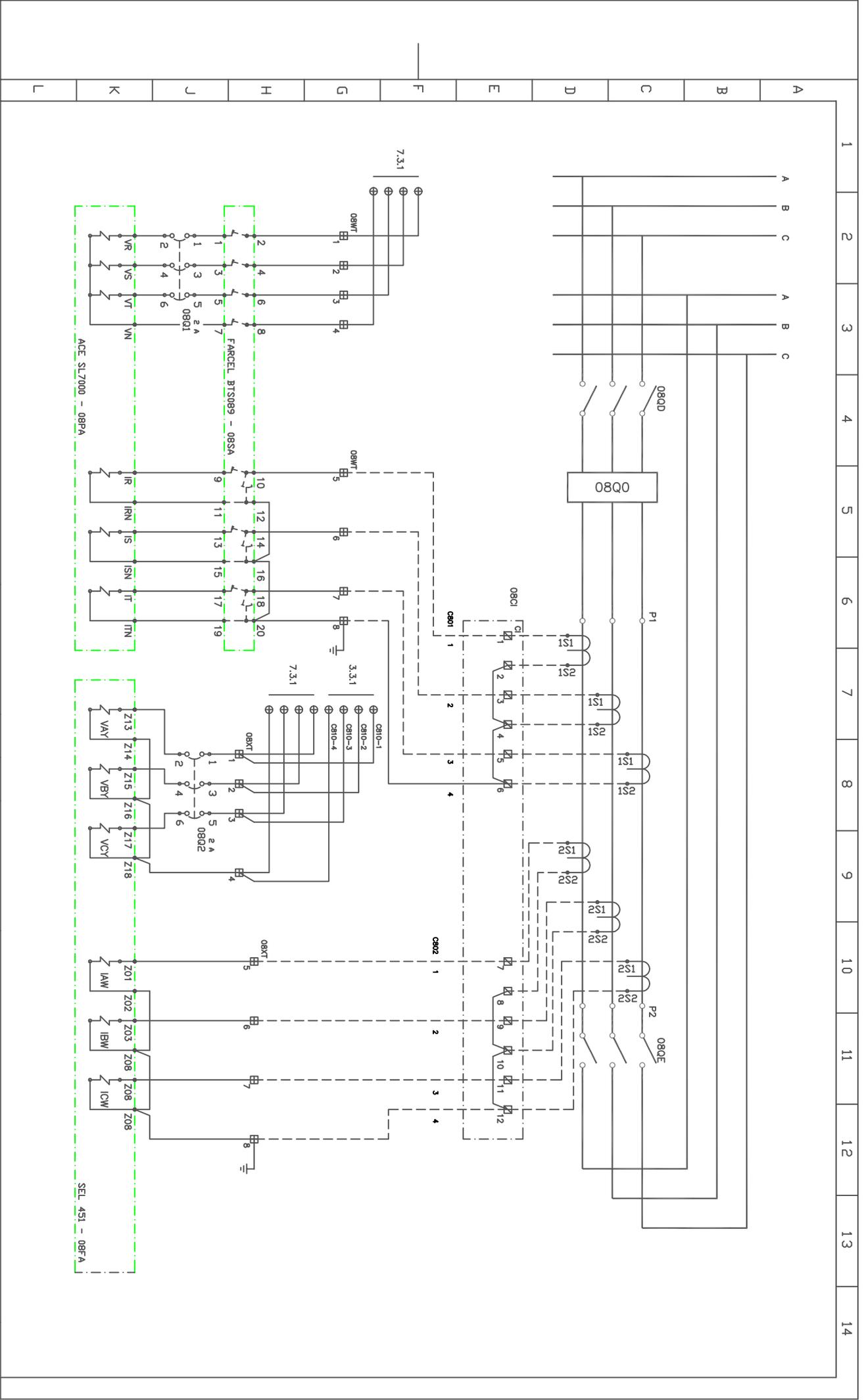
## **ANEXO XV**



DBS: 4.3.1

EMAN ENGENHARIA	REV.	DATA	C D P ENGENHARIA	RES.P.	CRACCO	AES Sul Distribuidora Gocho de Energia	SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELETRICOS 23 KV AL 1 TRIFILAR	DATA:
	EMI	06/2011						RES.P.
	REV1	08/2011	DES.	CRACCO				DATA:
	REV2		COLAB.					

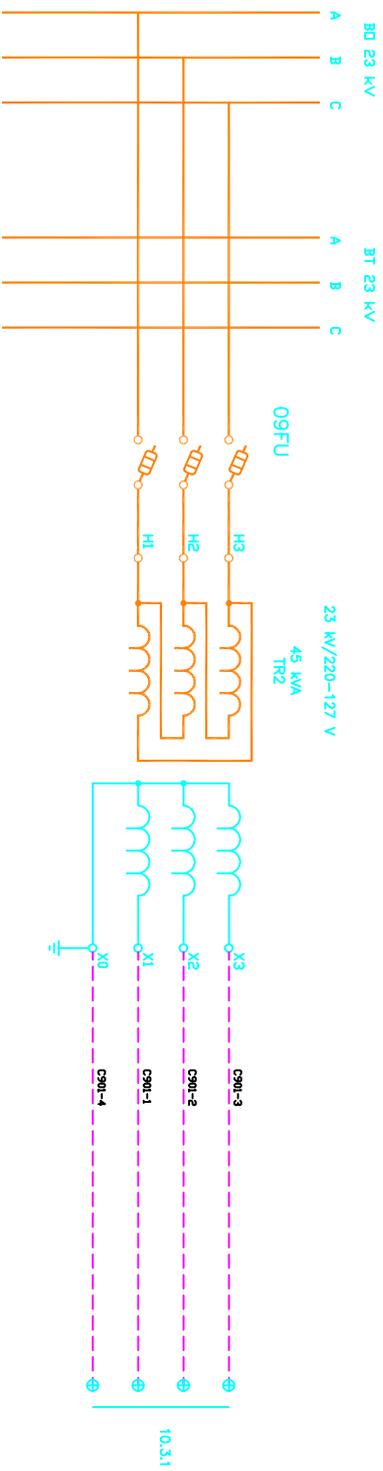
## **ANEXO XVI**



DBS:

EMAN ENGENHARIA		C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Gocho de Energia	
REV.	DATA	RESP.	CRACCO	SE CENTRO SERRA	8.3.1
EMI	06/2011	RES.P.	CRACCO	ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV TRANSFERENCIA	
REV1	08/2011	DES.	CRACCO	TRIFILAR	
REV2		COLAB.		NOTA	DATA:

## **ANEXO XVII**



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

REV. DATA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Goúcho de Energia

9.3.1

EMI 06/2011

RESP. CRACCO

SE CENTRD SERRA

REV1 08/2011

DES. CRACCO

ESQUEMAS ELETRICOS 23 kV TR2

REV2

COLAB.

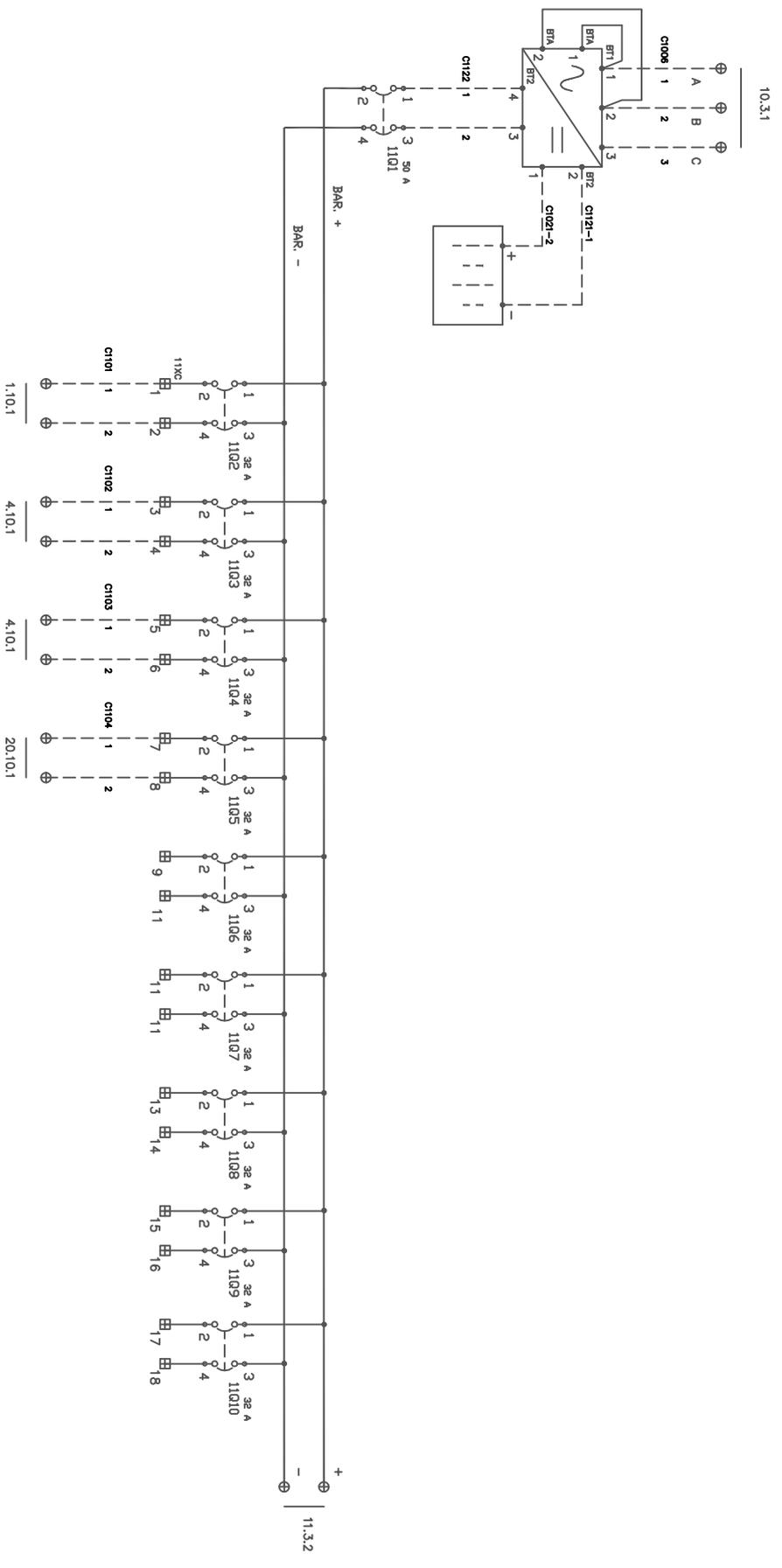
TRIFILAR

NOTA

DATA:

## **ANEXO XVIII**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RETIFICADOR 220 Vca/125 Vcc 50 A (ELECTROL)	BATERIA 150 Ah/10 h (NEWPOWER)	TR1 - ALIM. GERAL	ALIM. COMANDO ALIMENTADORES E TRANSFERENCIA	ALIM. FONTE MEDIDOR ALS E TRANSFERENCIA	ALIMENTAÇÃO UTR								



DBS: EMAN ENGENHARIA

REV.	DATA	RESP.	CRACCO	11.3.1
EMI	06/2011	CRACCO		
REV1	08/2011	DES.	CRACCO	
REV2		COLAB.		

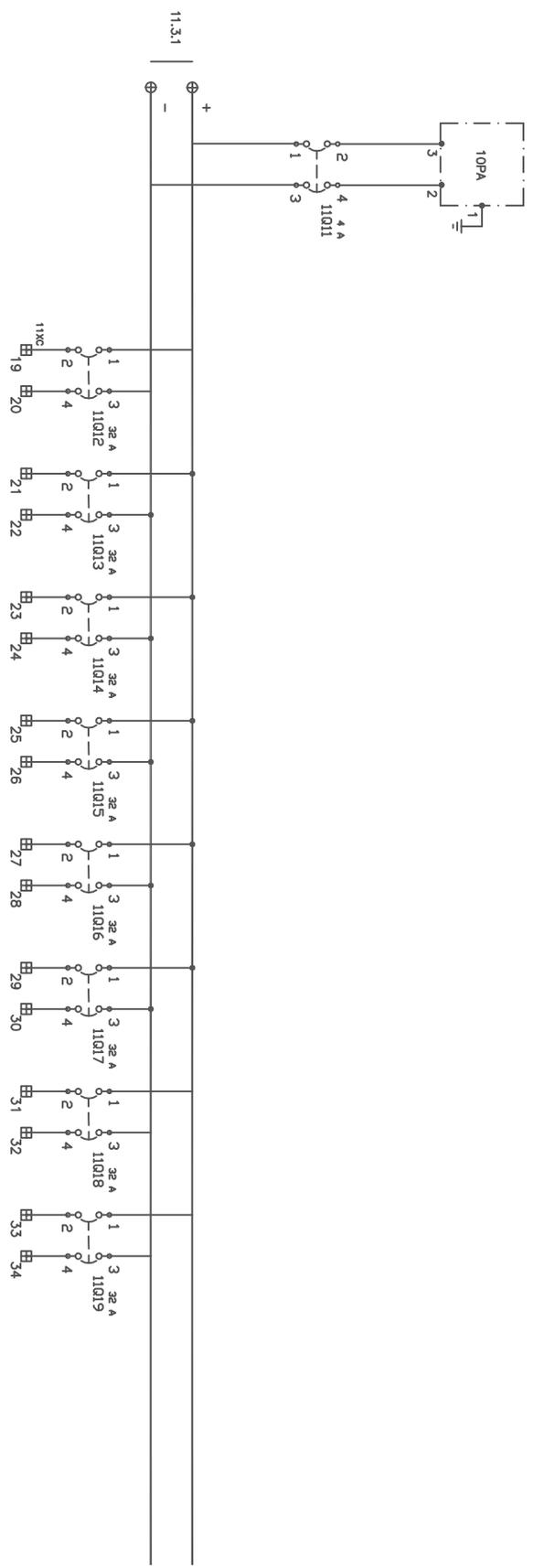
**AES Sul** Distribuidora Gocho de Energia

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS S. AUX. 125 VCC  
TRIFILAR

NOTA: DATA:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Fonte Auxiliar do Multi-  
Medidor de CA



DBS:

EMAN  
ENGENHARIA

CDP  
ENGENHARIA

AES Sul Distribuidora Godcho de Energia

1 1 . 3 . 2

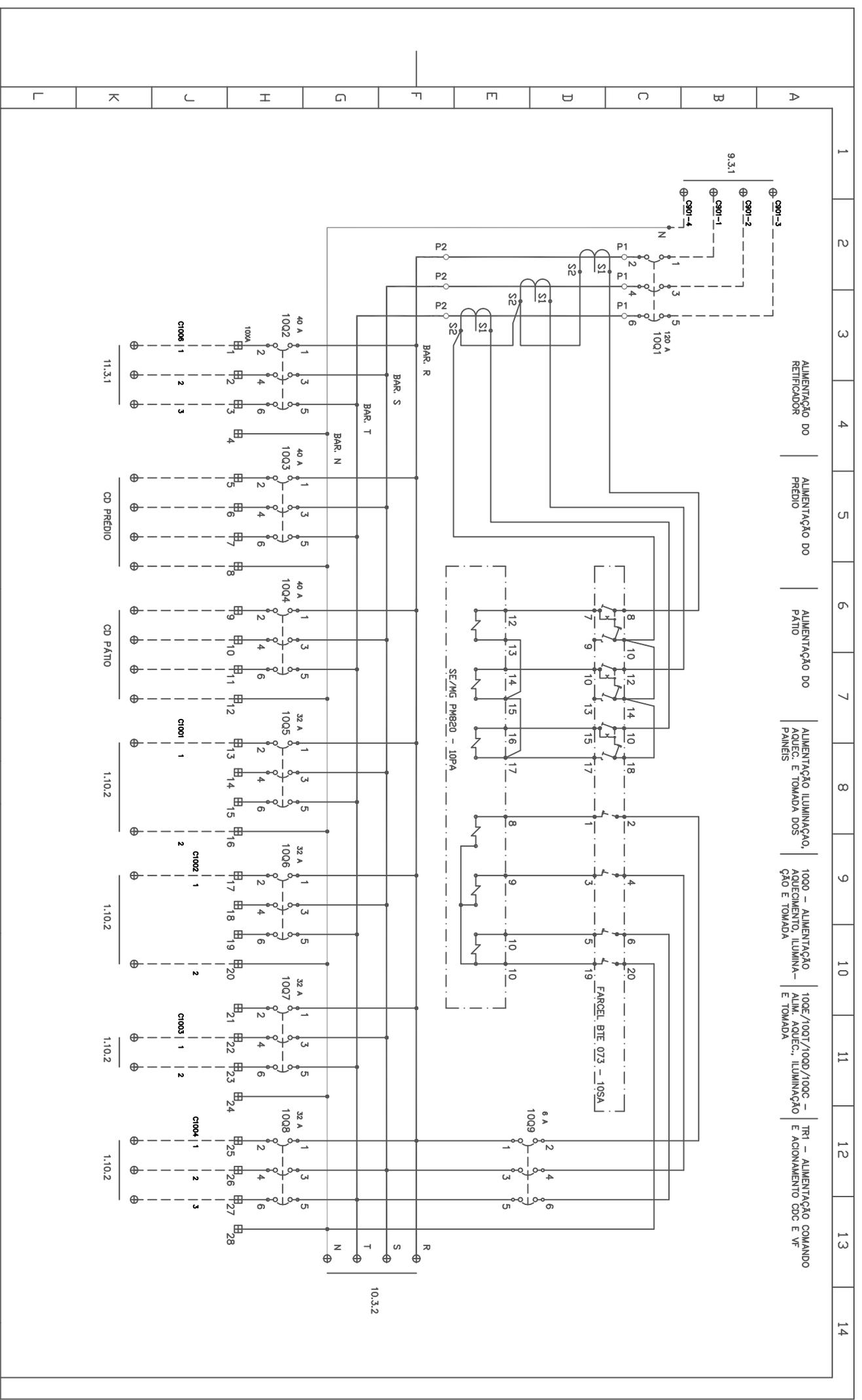
REV.	DATA	RESP.	CRACCO
EMI	06/2011	RES.	CRACCO
REV1	08/2011	DES.	CRACCO
REV2		COLAB.	

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS S. AUX. 125 VCC  
TRIFILAR

NOTA

DATA:

## **ANEXO XIX**



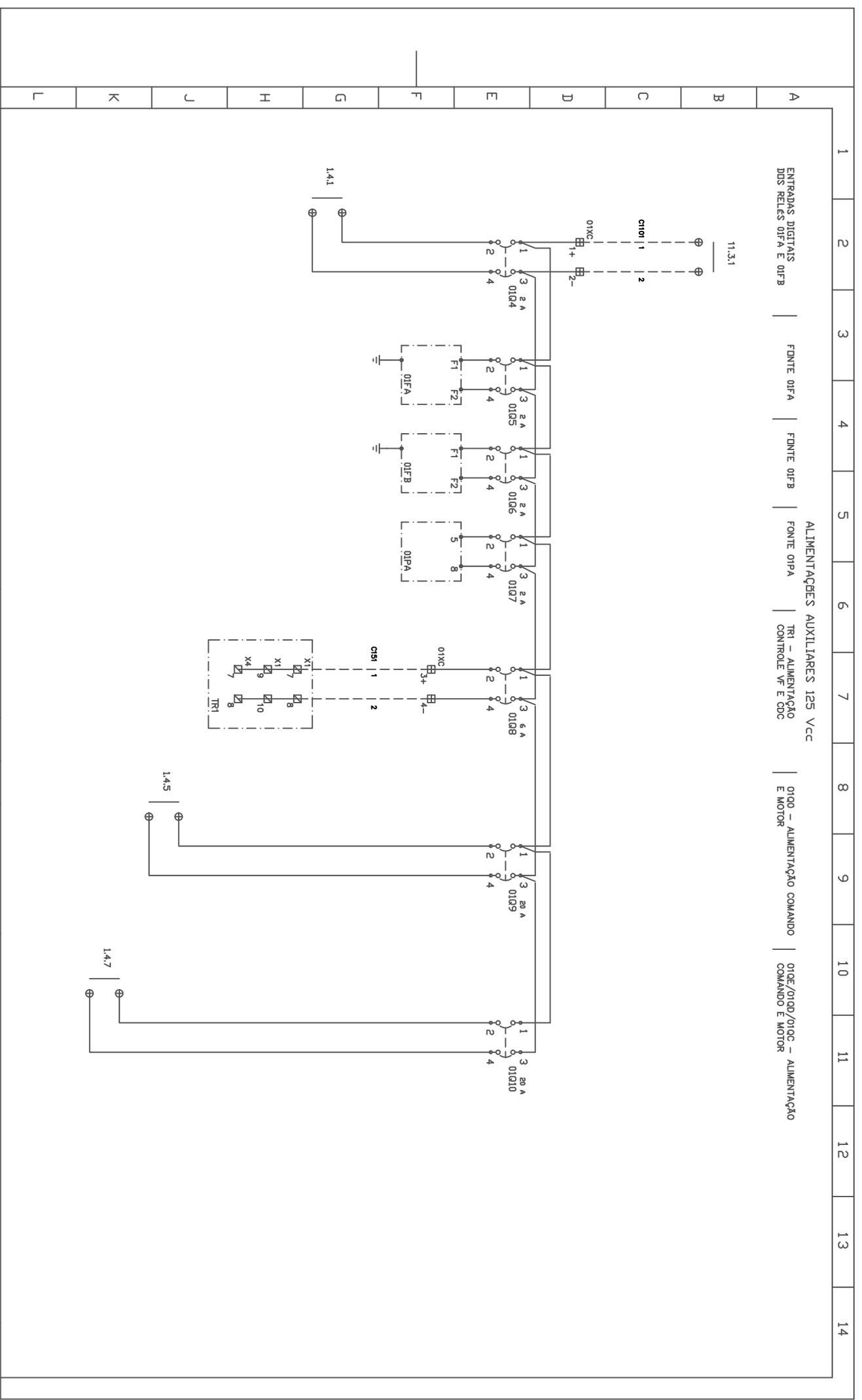
ALIMENTAÇÃO DO RETIFICADOR | ALIMENTAÇÃO DO PREDIO | ALIMENTAÇÃO DO PATIO | ALIMENTAÇÃO AQUEC. E TOMADA DOS PAINÉIS | 1000 - ALIMENTAÇÃO AQUEC. E TOMADA | 1007/1007/1008/1008 - ALIM. AQUEC., ILUMINAÇÃO E TOMADA | TR1 - ALIMENTAÇÃO COMANDO E AÇIONAMENTO CDC E VF

DBS: | EMAN ENGENHARIA | REV. | DATA | CTD ENGENHARIA | RESP. | CRACCO | AES Sul Distribuidora Gocho de Energia | SE CENTRD SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS S. AUX. 220-127 VCA | 10.3.1

REV2	COLAB.	NOTA	DATA:
REV1	DES.	CRACCO	
EMI	RESP.	CRACCO	
08/2011	DES.	CRACCO	
06/2011	RESP.	CRACCO	
ENGENHARIA	ENGENHARIA	ENGENHARIA	

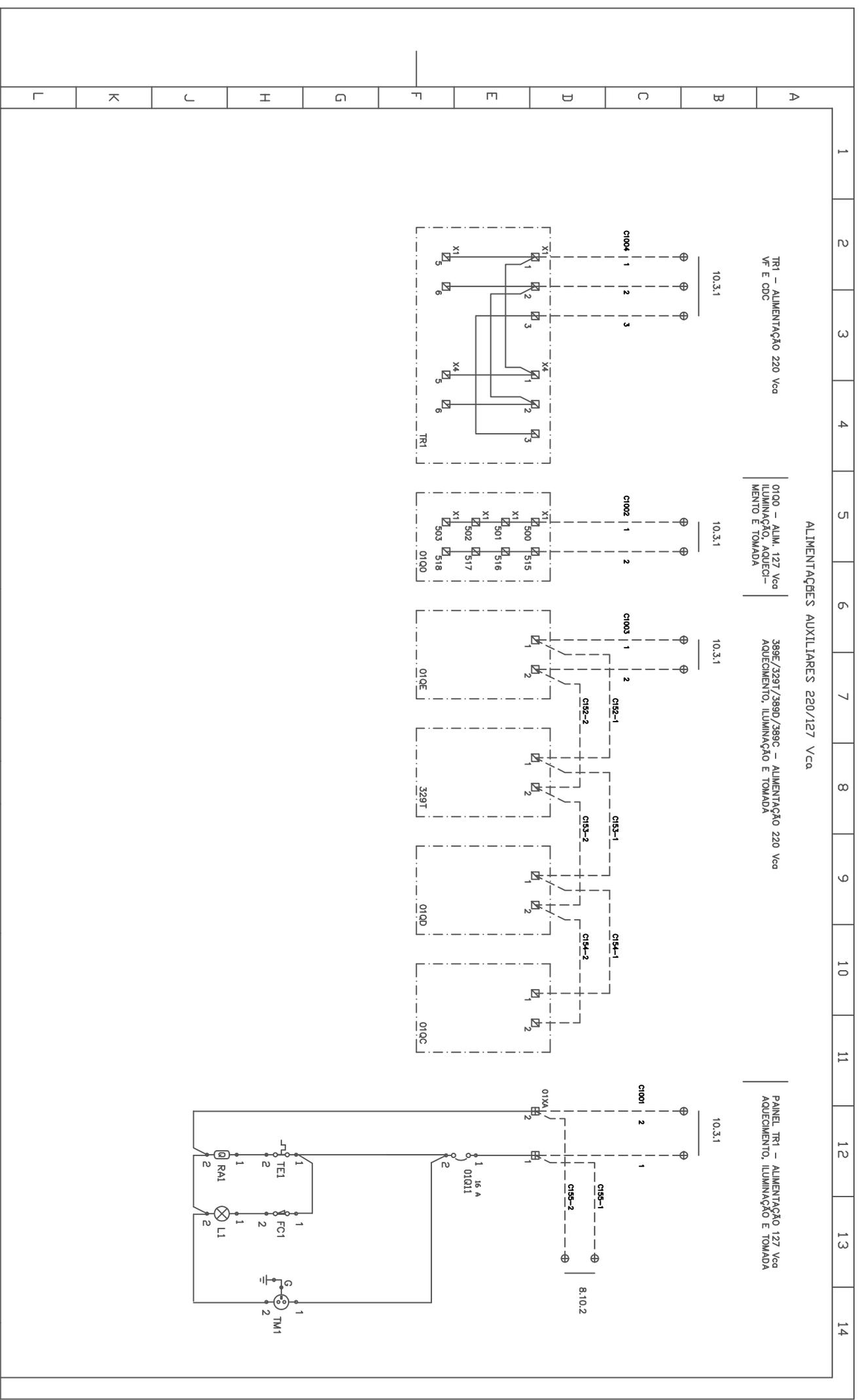


## **ANEXO XX**



DBS:	EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	G D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Gocho de Energia	1.10.1
	EMI	06/2011	RESP.	CRACCO	SE CENTRO SERRA			
	RI	08/2011	DES.	CRACCO	ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TRI			
	REV2		COLAB.		FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR			
NOTA								DATA:

## **ANEXO XXI**



TR1 – ALIMENTAÇÃO 220 Vca  
V.F. E GDC

0100 – ALIM. 127 Vca  
ILUMINAÇÃO, AQUECI-  
MENTO E TOMADA

389E/329T/389D/389C – ALIMENTAÇÃO 220 Vca  
AQUECIMENTO, ILUMINAÇÃO E TOMADA

PANEL TR1 – ALIMENTAÇÃO 127 Vca  
AQUECIMENTO, ILUMINAÇÃO E TOMADA

ALIMENTAÇÕES AUXILIARES 220/127 Vca

DBS:	EMAN	REV.	DATA	G D P	SE CENTRO SERRA	1.10.2
	ENGENHARIA	EMI	06/2011			
		REV1	08/2011	DES.	CRACCO	
		REV2		COLAB.		

**AES Sul** Distribuidora Gocho de Energia

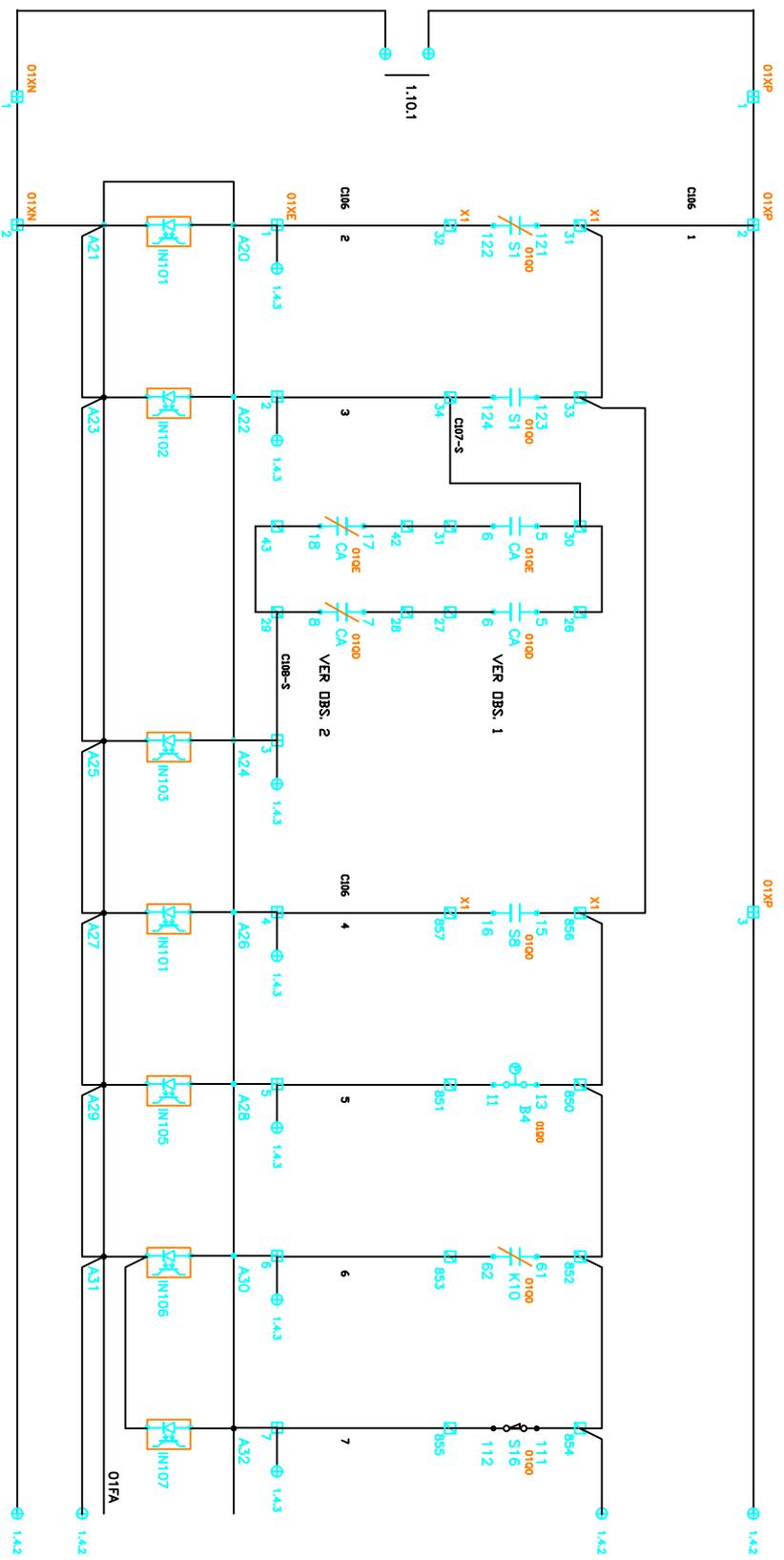
ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR

NOTA: DATA:

## **ANEXO XXII**

ENTRADAS BINÁRIAS DO RELÉ SEL 0487E0X6112B0B4H624XXX - 01FA

POSIÇÃO DO DISJUNTOR 0100 | ABERTURA SOB CARGA DOS SECCIONADORES  
 ABERTO | FECHADO | ISOLADORES DO DISJUNTOR 0100  
 CHAVE 491R EM | SINALIZAÇÕES DO DISJUNTOR 0100  
 PDS. LOCAL | ALARME  
 BAIXA PRESSÃO SF6 | BAIXA PRESSÃO SF6  
 BLOQUEIO | MOLTA DESCARREGADA

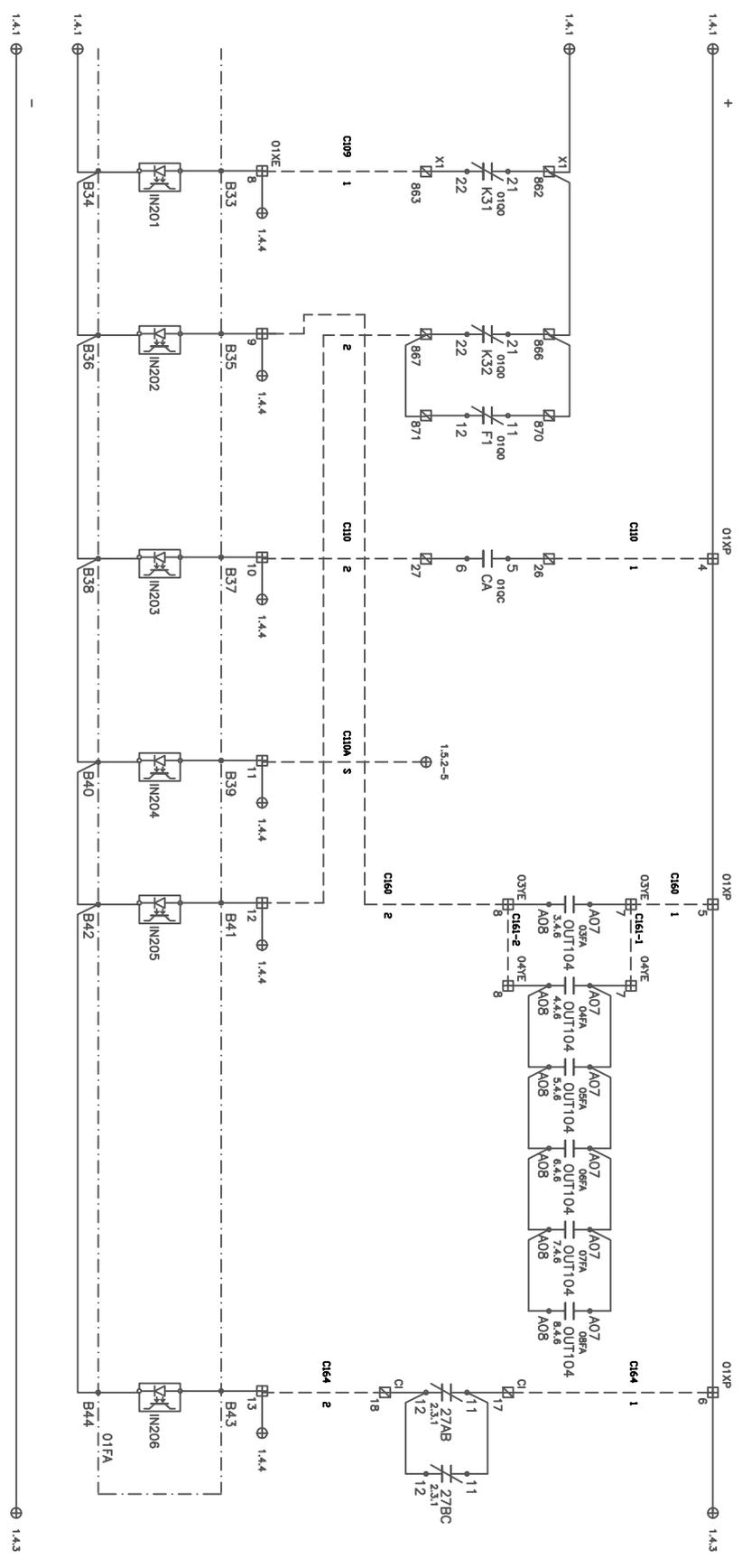


DBS:  
 1- CONTATOS 5-6 DEVERÃO SER RECONFIGURADOS COMD aa.  
 2- CONTATOS 7-8 E 17-18 DEVERÃO SER RECONFIGURADOS COMD bb.

EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	C D P ENGENHARIA		AES SUL Distribuidora Goúcha de Energia		1.4.1
		EMI	06/2011	RESP.	CRACCD	SE CENTRD SERRA		
		R1	08/2011	DES.	CRACCD	ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1		
				COLAB.		FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO		
NOTA								DATA:

ENTRADAS BINARIAS DO RELÉ SEL 0487E0X61112B0B4H624XXX - 01FA

SINALIZAÇÕES DO DISJUNTOR 0100	FALTA VCC MOTOR	SEC. 0100 FECHADO	PROTEÇÕES DO TRI	PROTEÇÃO DA BARRA DE 23 KV
FALTA VCC COMANDO		BLOQUEIO DO RELÉ	63I-DESILGAMENTO	BLOQUEIO POR PARTIDA DA PROTEÇÃO
			63C-DESILGAMENTO	DE 23 KV
			20TR/CDC-DESILGAMENTO	VER DBS. 1
				FALTA POTENCIAL DA BARRA DE 23 KV AO CIRCUITO DE PROTEÇÃO



DBS.1  
 1- PROTEÇÕES JÁ FEITAS POR PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO. REDUNDANCIA FEITA DE FORMA FÍSICA POR MOTIVO DE SEGURANÇA.

EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	C D P ENGENHARIA		SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TRI FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO	1.4.2	
R1	08/11	CRACCD		R2	08/11		DES.	
R3	11/11	COULAB.						
NOTA							DATA:	

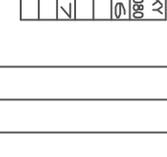
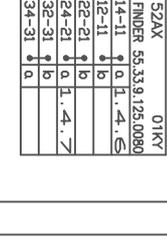
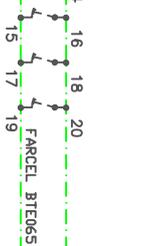
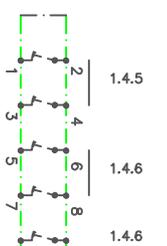
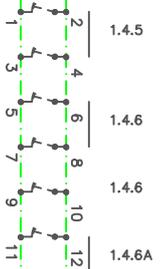
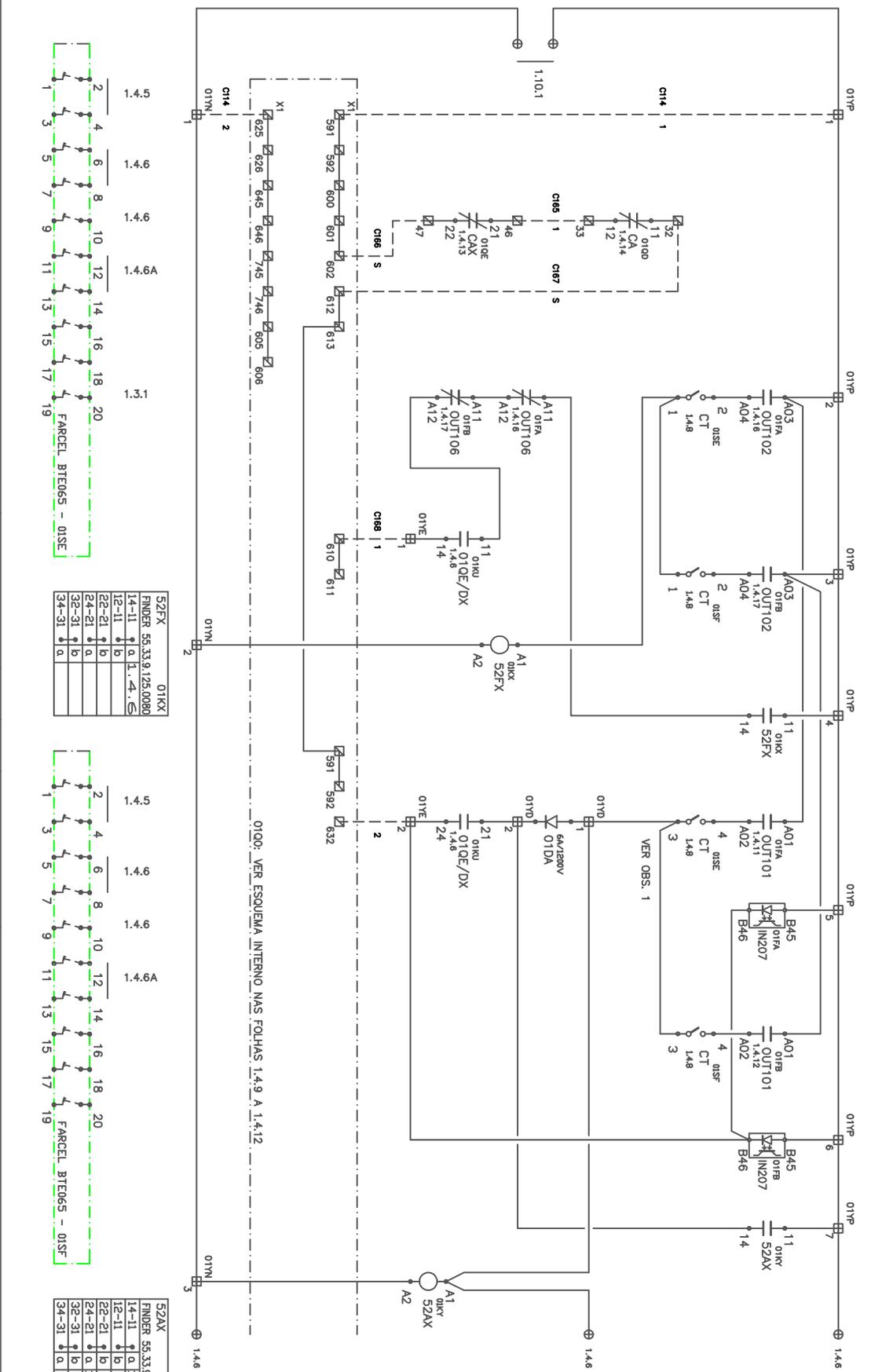
COMANDO E PROTEÇÃO DO DISJUNTOR 01Q0

ALIMENTAÇÃO 125 Vcc  
 COMANDO MOTOR

INTERTRAVAMENTO PARA COMANDO LOCAL

FECHAMENTO TELECOMANDO BLOQUEIO 86T (50A1-87-63T-63C-20)

ABERTURA 1 TELECOMANDO C/SUP. DA BOBINA  
 PROT. 50/51 AT/MT-87-63T-63C-20



S2FX	01KK
FINDER 55.33.9.125.0080	14-11 0 1 .4 .5
12-11	0 0
22-21	0 0
24-21	0 0
32-31	0 0
34-31	0 0

S2AX	01KY
FINDER 55.33.9.125.0080	14-11 0 1 .4 .7
12-11	0 0
22-21	0 0
24-21	0 0
32-31	0 0
34-31	0 0

DBS:  
 1- SAIDAS OUTT01 DEVERAO SER CONFIGURADAS PARA TELECOMANDO E PROTEÇÕES.

EMAN  
 ENGENHARIA

CDP  
 ENGENHARIA

SAES Sul Distribuidora Gocho de Energia

1.4.5

REV.	DATA	RESP.	CRACCO
R1	08/11	DES.	CRACCO
R2	08/11	COLAB.	

SE CENTRO SERRA  
 ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
 FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

NOTA

DATA:

COMANDO E PROTEÇÃO DO DISJUNTOR 01Q0

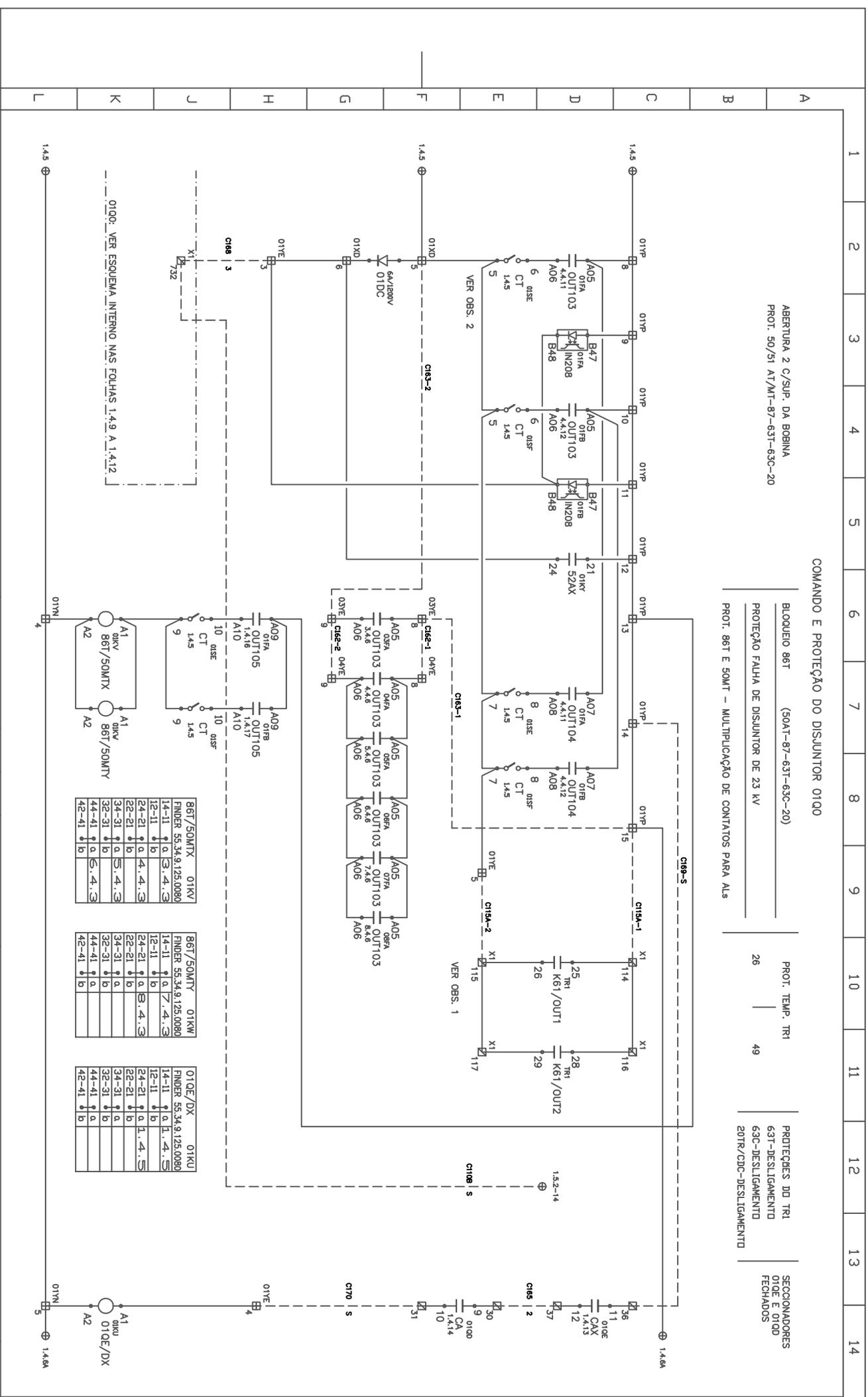
ABERTURA 2 C/SUP. DA BOBINA  
 PROT. 50/51 A1/M1-87-631-630-20

BLOQUEIO 86T (50A1-87-631-630-20)  
 PROTEÇÃO FAZLA DE DISJUNTOR DE 23 KV  
 PROT. 86T E 50MT - MULTIPLICAÇÃO DE CONTATOS PARA AUS

PROT. TEMP. TR1  
 26 | 49

PROTEÇÕES DO TR1  
 63T-DESLIGAMENTO  
 63C-DESLIGAMENTO  
 20TR/CDC-DESLIGAMENTO

SECCIONADORES  
 01QE E 01QD  
 FECHADOS

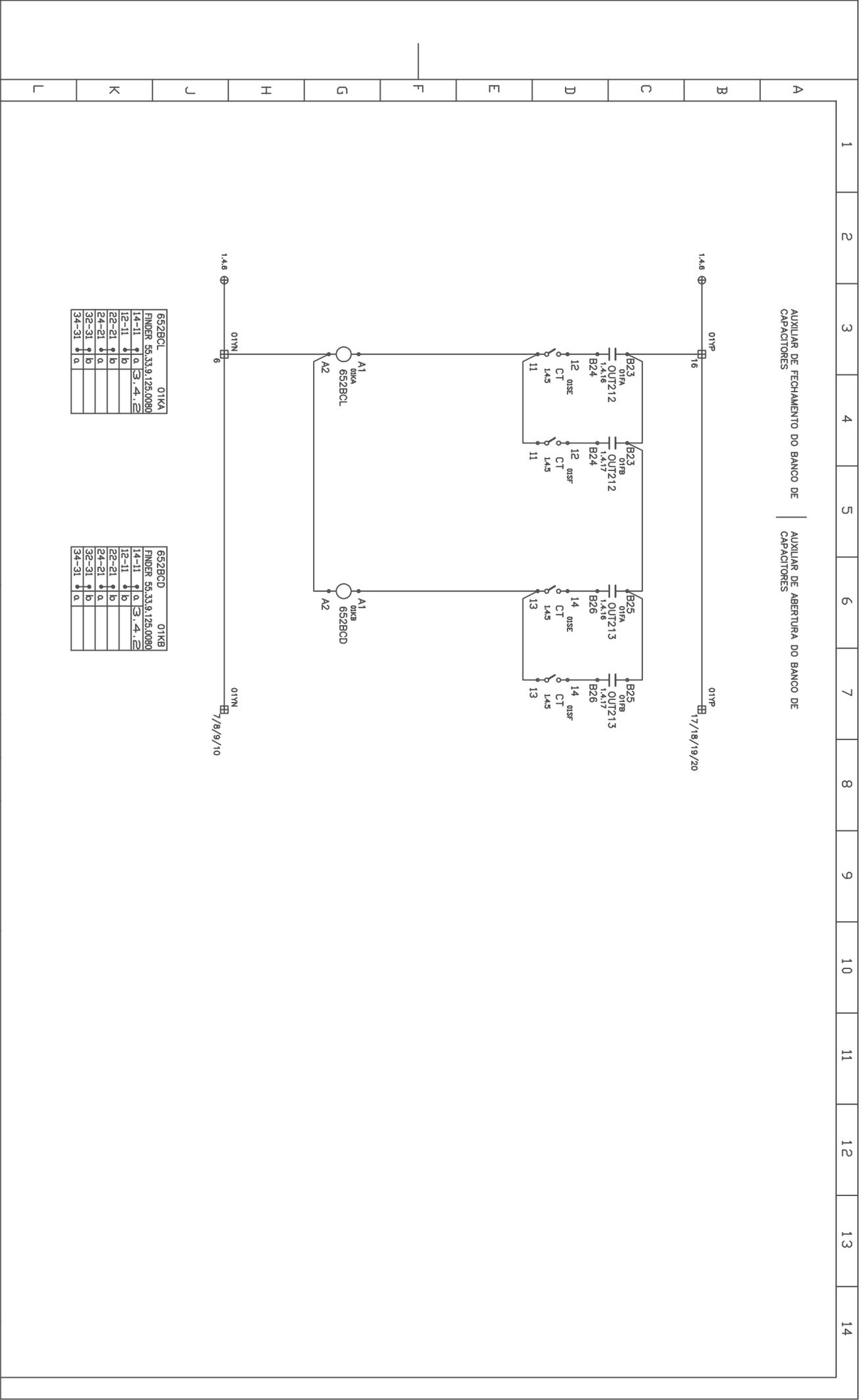


--- 01Q0: VER ESQUEMA INTERNO NAS FOLHAS 1.4.9 A 1.4.12

86T/50MTX	01KV	86T/50MTY	01KV	01QE/DX	01KV
FINDER 55.34.9.125.0080					
14-11	0.3.4.3	14-11	0.7.4.3	14-11	0.1.4.3
12-11	b	12-11	b	12-11	b
24-21	0.4.4.3	24-21	0.8.4.3	24-21	0.1.4.3
22-21	b	22-21	b	22-21	b
34-31	0.5.4.3	34-31	0.5.4.3	34-31	0.5.4.3
32-31	b	32-31	b	32-31	b
44-41	0.5.4.3	44-41	0.5.4.3	44-41	0.5.4.3
42-41	b	42-41	b	42-41	b

DBS:  
 1- FAZER ESTAS LIGAÇÕES NO TR. CONFIGURAR AS SAIDAS COMO FUNÇÕES 26 E 49 RESPECTIVAMENTE, NIVEL DE DESLIGAMENTO.  
 2- SAIDAS OUT03 DEVERÃO SER CONFIGURADAS SOMENTE COMO PROTEÇÕES.

EMAN ENGENHARIA		C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Gocho de Energia		1.4.6
REV.	DATA	RESP.	CRACCO	SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1 FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO		DATA:
R1	08/11	DES.	CRACCO			
R2	08/11	COLAB.				



DBS:

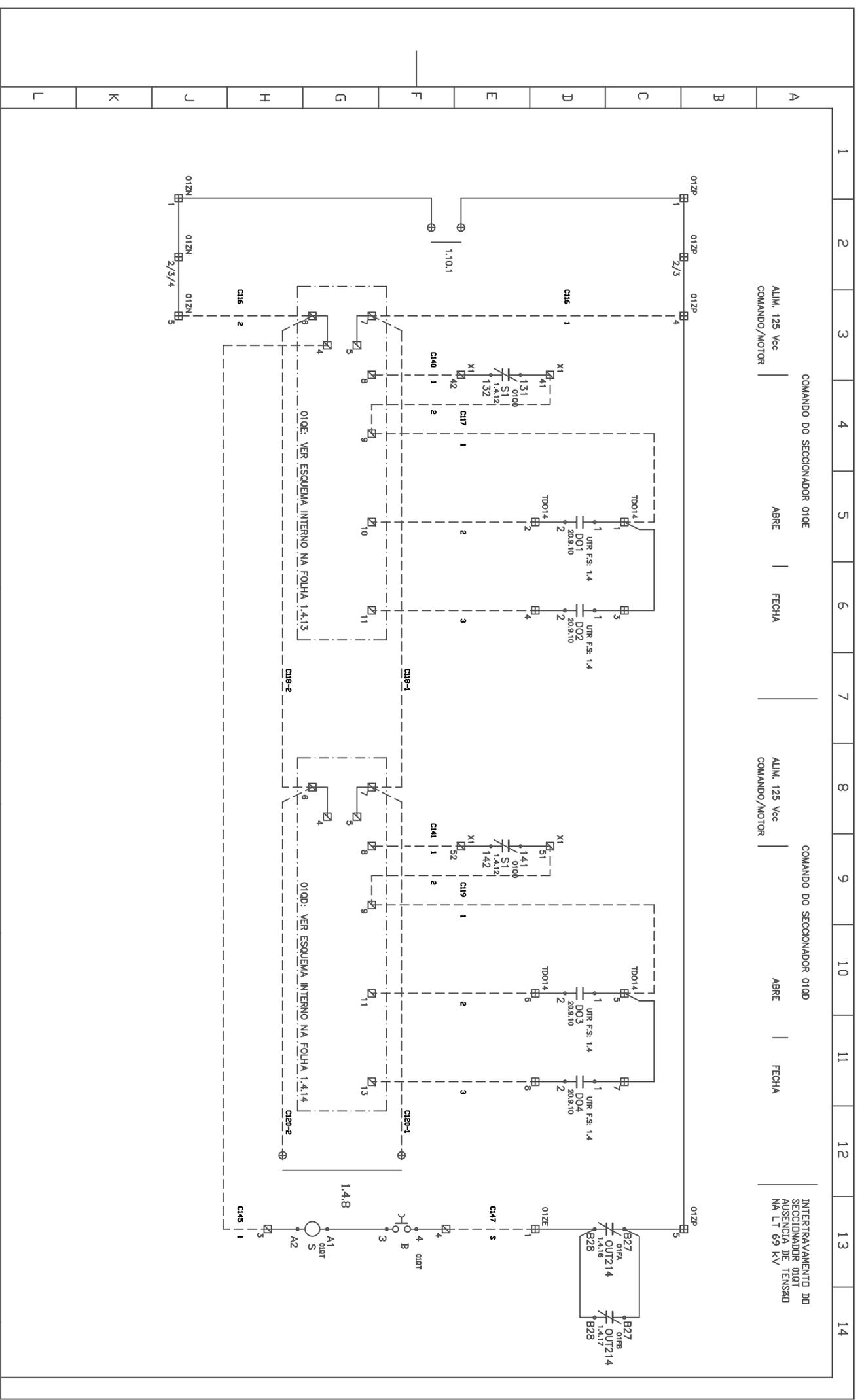
REV.	DATA	RESP.	CRACCO	COLAB.	NOTA
R1	08/11	RES.	CRACCO		SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1 FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO
R2	08/11	DES.	CRACCO		

1.4. GA      DATA:

**EMAN**  
ENGENHARIA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Godcho de Energia



COMANDO DO SECCIONADOR O10E      ABRE      FECHA

COMANDO DO SECCIONADOR O10D      ABRE      FECHA

INTERTRAVAMENTO DO SECCIONADOR O10T AUSENCIA DE TENSÃO NA LT 69 kV

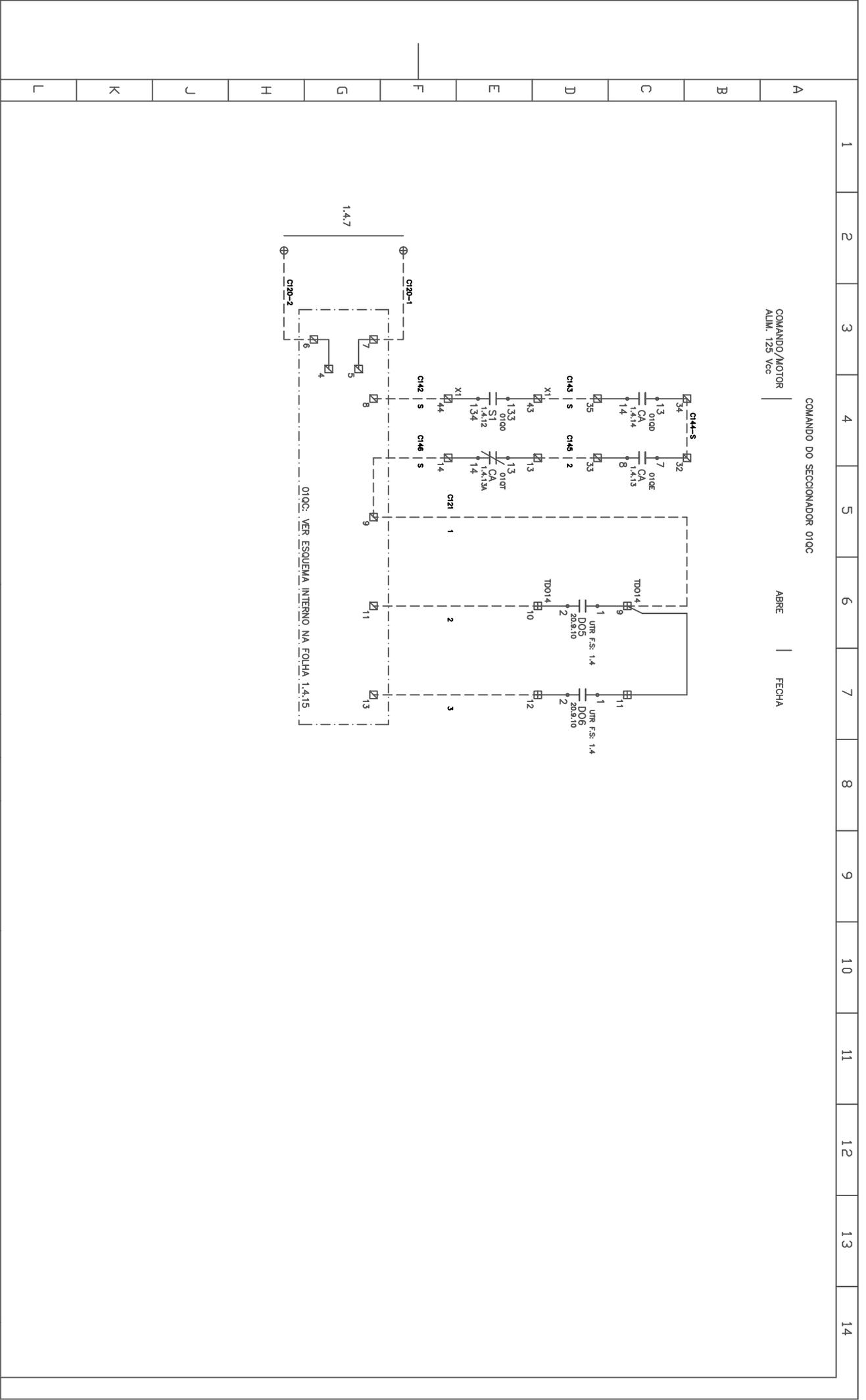
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

DBS:	EMAN ENGENHARIA	REV.	DATA	CDP ENGENHARIA	CRACCD	SE CENTRD SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 kV TR1 FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO	1.4.7
		EMI	06/2011	RESP.	CRACCD		

						NOTA	
							DATA:





COMANDO DO SECCIONADOR 0100  
ALIM. 125 Vcc

ABRE | FECHA

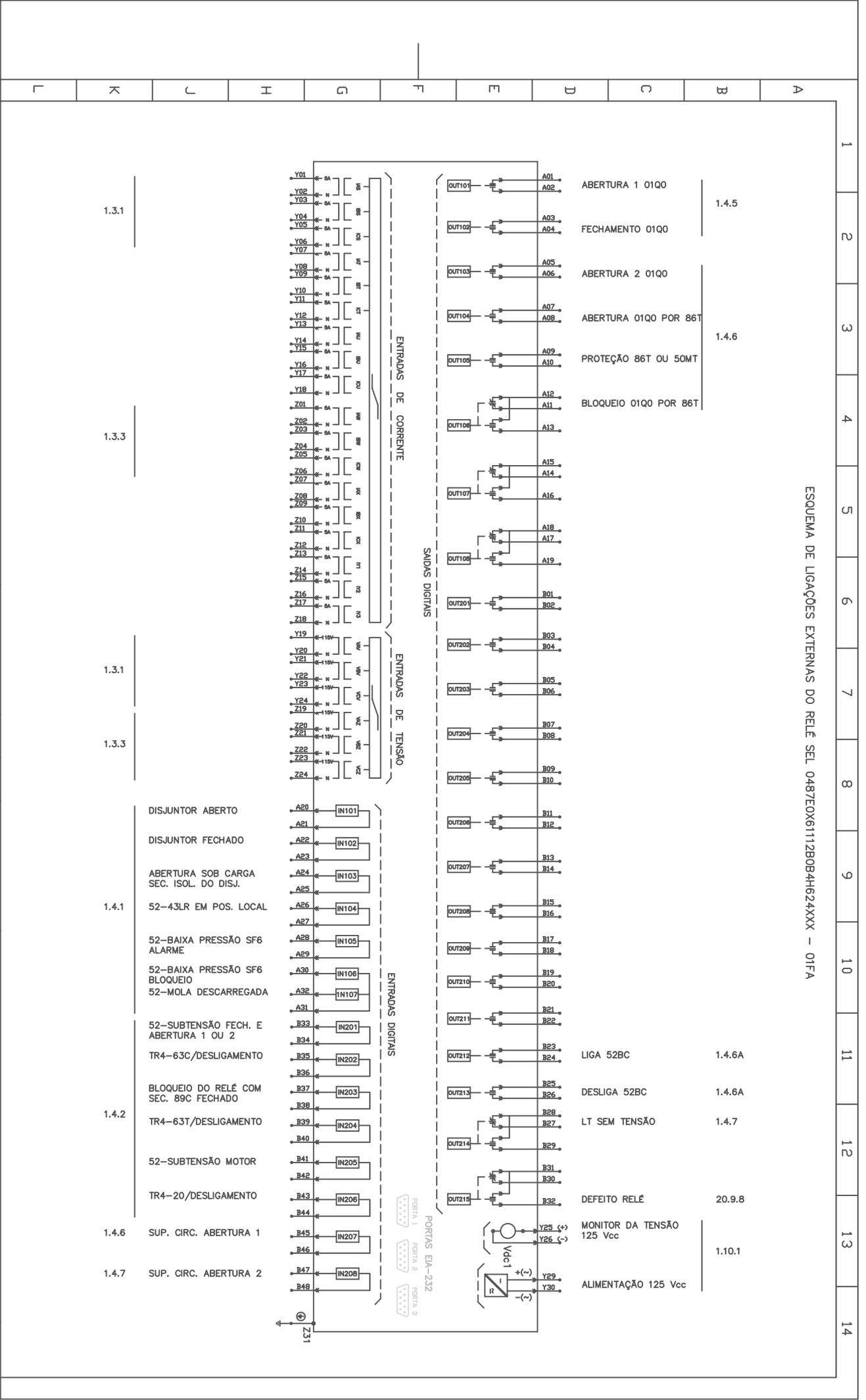
DBS: 1.4.8

EMAN ENGENHARIA	REV.	DATA	CRACCO	COLAB.	NOTA
	EMI	06/2011			
	R1	08/2011	DES.		
			CRACCO		



SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

DATA:



1.3.1

1.3.3

1.3.1

1.3.3

DISJUNTOR ABERTO

DISJUNTOR FECHADO

ABERTURA SOB CARGA  
SEC. ISOL. DO DISJ.

52-43LR EM POS. LOCAL

52-BAIXA PRESSÃO SF6  
ALARME

52-BAIXA PRESSÃO SF6  
BLOQUEIO

52-MOLA DESCARREGADA

52-SUBTENSÃO FECH. E  
ABERTURA 1 OU 2

TR4-63C/DESLIGAMENTO

BLOQUEIO DO RELÉ COM  
SEC. 89C FECHADO

TR4-63T/DESLIGAMENTO

52-SUBTENSÃO MOTOR

TR4-20/DESLIGAMENTO

SUP. CIRC. ABERTURA 1

SUP. CIRC. ABERTURA 2

1.4.5

1.4.6

1.4.6A

1.4.6A

1.4.7

20.9.8

1.10.1

DBS:

EMAN  
ENGENHARIA

CDP  
ENGENHARIA

AES Sul Distribuidora Gocho de Energia

1.4.16

REV. DATA

RESP. CRACCO

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

DATA:

R1 08/11

R2 08/11

R3 11/11

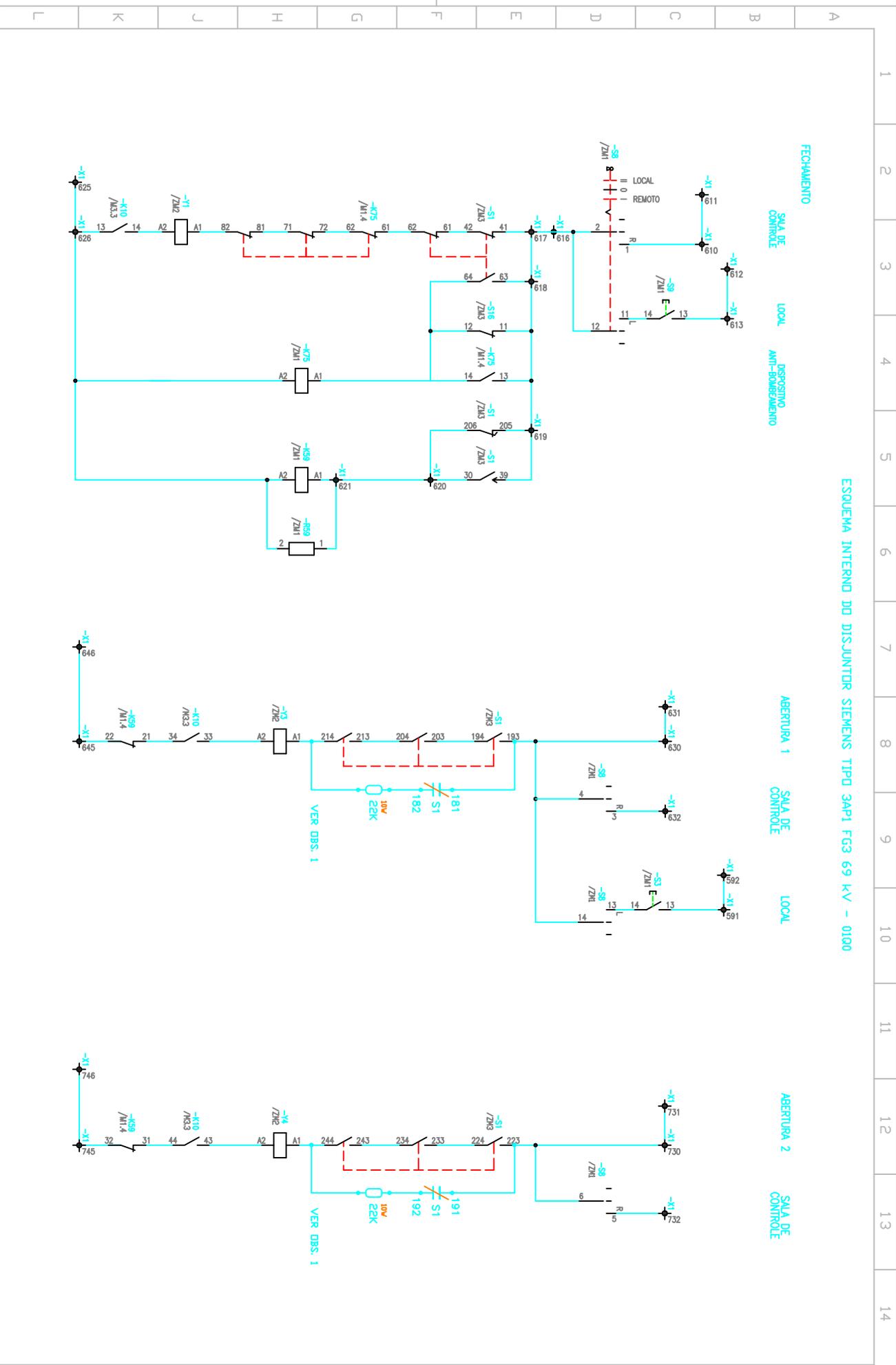
DES. CRACCO

COLAB.

DATA:

## **ANEXO XXIII**

ESQUEMA INTERNO DO DISJUNTOR SIEMENS TIPO 3AP1 FG3 69 kV - 0100



DBS: 1- LIGAR RESISTOR 22K/10W COMO INDICADO.

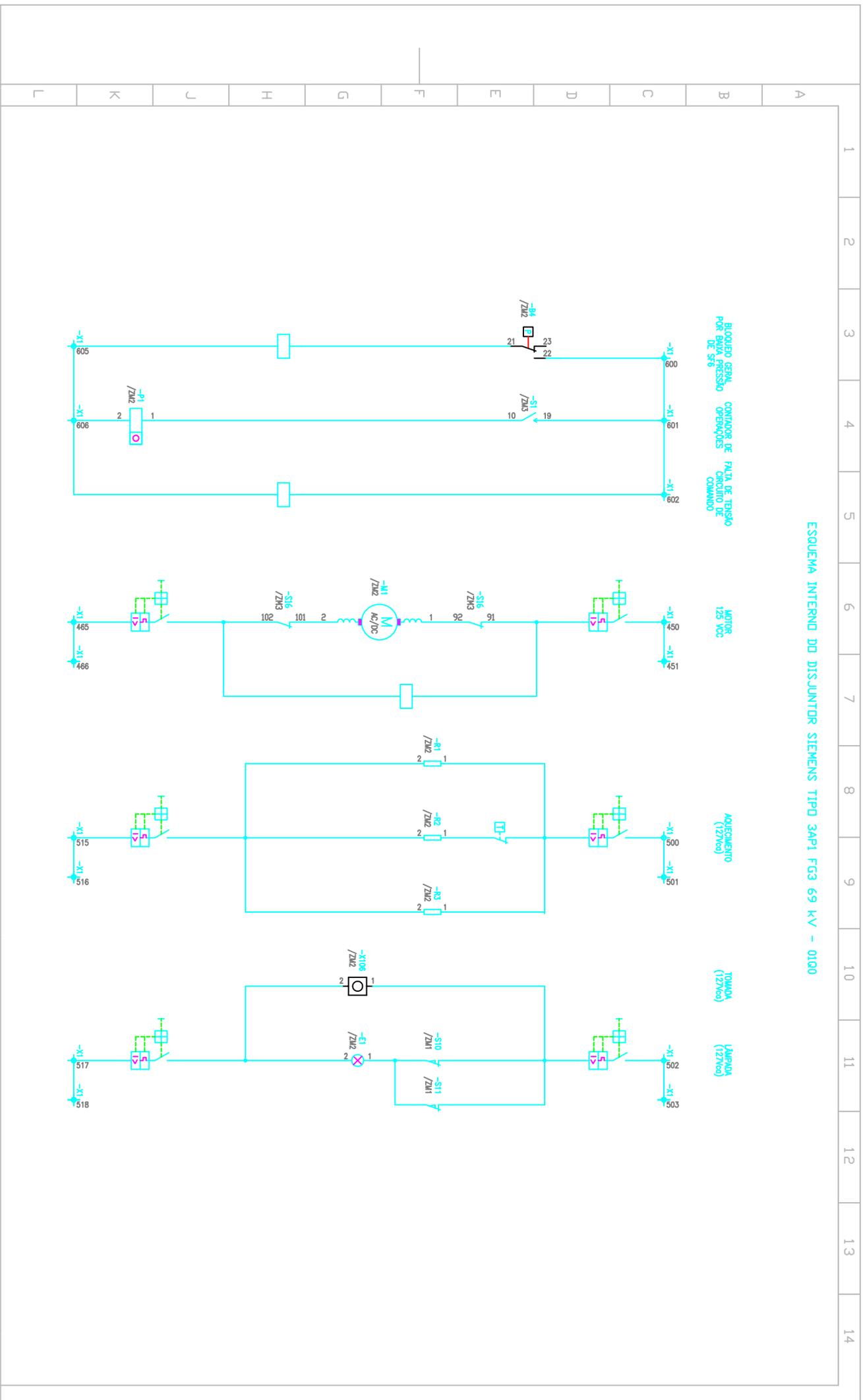
SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

1.4.9

NOTA

DATA:

ESQUEMA INTERNO DO DISJUNTOR SIEMENS TIPO 3AP1 FG3 69 KV - 0100



DBS:

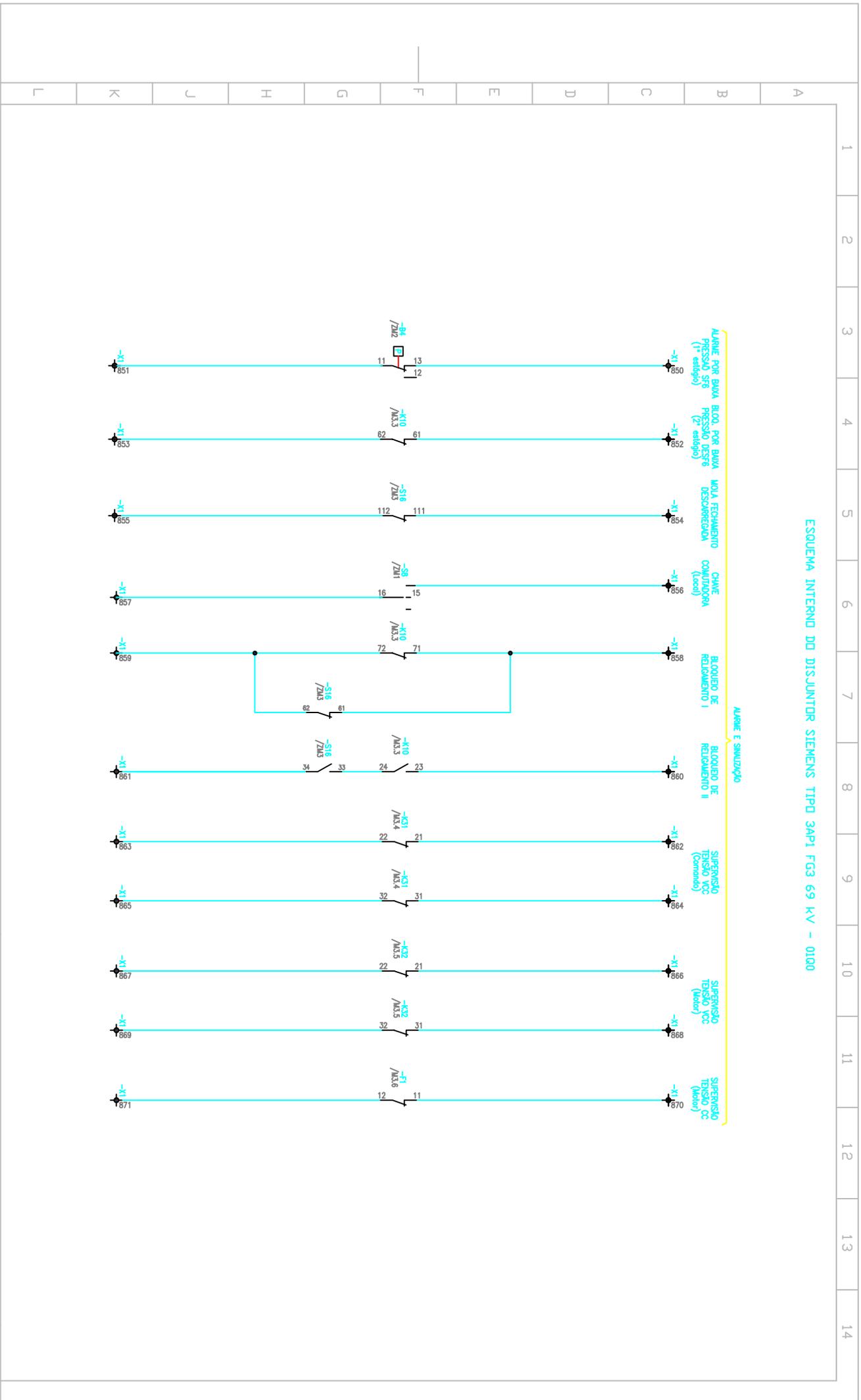
1.4.10

SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

NOTA

DATA:

ESQUEMA INTERNO DO DISJUNTOR SIEMENS TIPO 3AP1 FG3 69 KV - 0100



DBS:

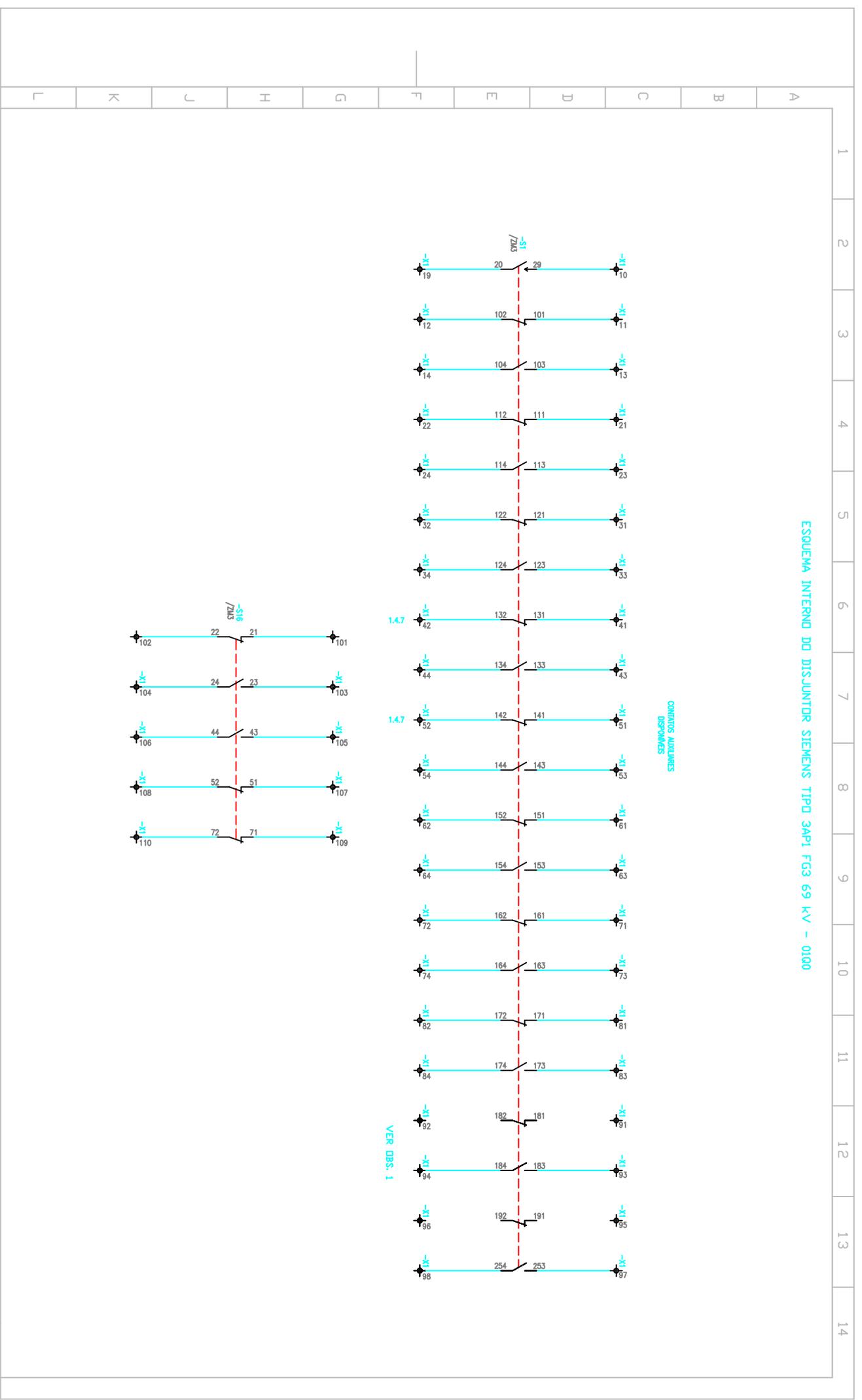
1.4.11

SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

NOTA

DATA:

ESQUEMA INTERNO DO DISJUNTOR SIEMENS TIPO 3AP1 FG3 69 KV - 0100



DBS.1  
1- DESFAZER AS LIGAÇÕES DOS TERMINAIS 181-182 E 191-192 ADS BORNES TERMINAIS.

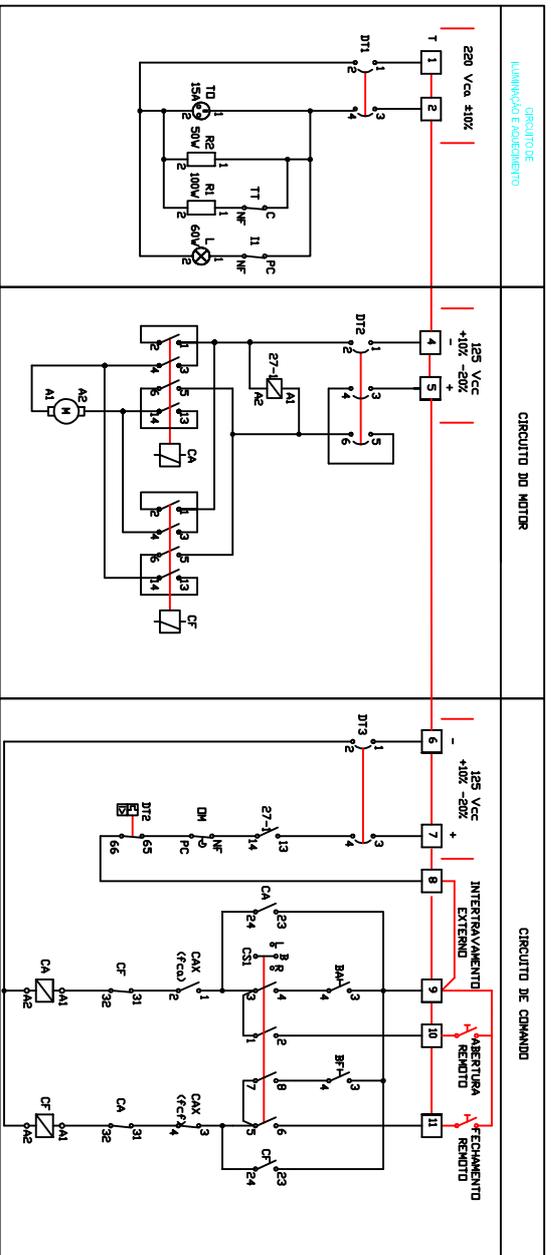
1.4.12

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

NOTA

DATA:

ESQUEMA INTERNO DO SECCIONADOR GTWS 69 kV - 010E



Código	Descrição
CSI	CHAVE SELETRIA DE POSIÇÃO LOCAL-REMOTO-BLOQUEIO
fca/cf/fm	DE CURSO ABERTURA/FECHAMENTO
CAK	CONTATOS AUXILIARES
DM	MICROINTERRUPTOR OPERAÇÃO MANUAL
CF	CONTACTOR DE FECHAMENTO
CA	CONTACTOR DE ABERTURA
M	MOTOR 0,5 cv - 125 Vcc
27-1	RELE FALTA TENSÃO DO MOTOR
TD	TOMADA - 15A 250V
R1/R2	RESISTENCIA DE AQUECIMENTO - 100 / 50 W
L	LAMPADA - 60W
TT	TERMOSTATO
II	MICROINTERRUPTOR DA PORTA
BA/BF	BOTONEIRA DE ABERTURA/FECHAMENTO
DT3	MINIINTERRUPTOR BIPOLAR TERMOMAGNETICO
DT2	DISJUNTOR-MOTOR AJUSTE 2,5-4A
DT1	MINIINTERRUPTOR BIPOLAR TERMOMAGNETICO

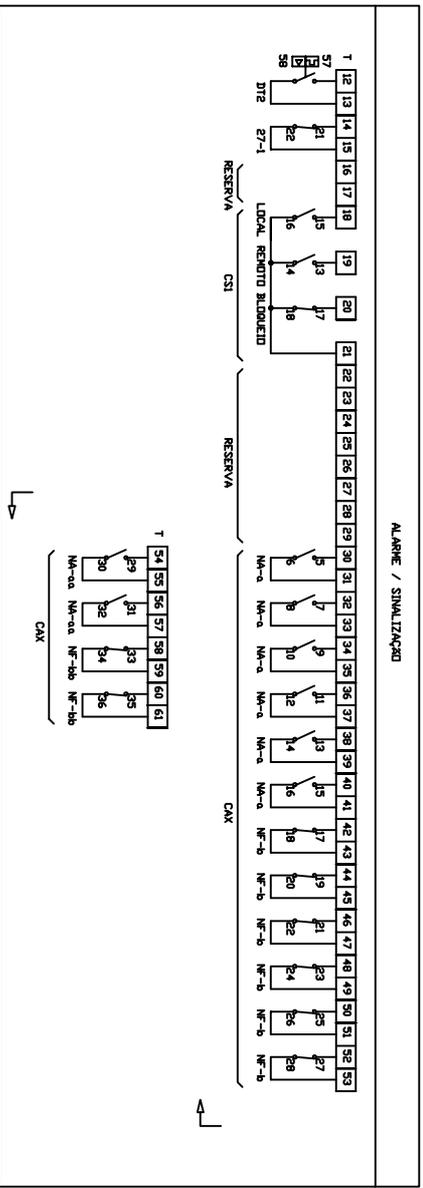
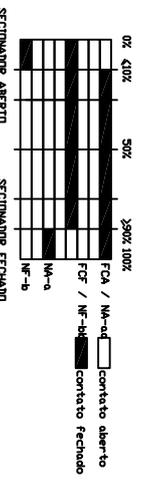


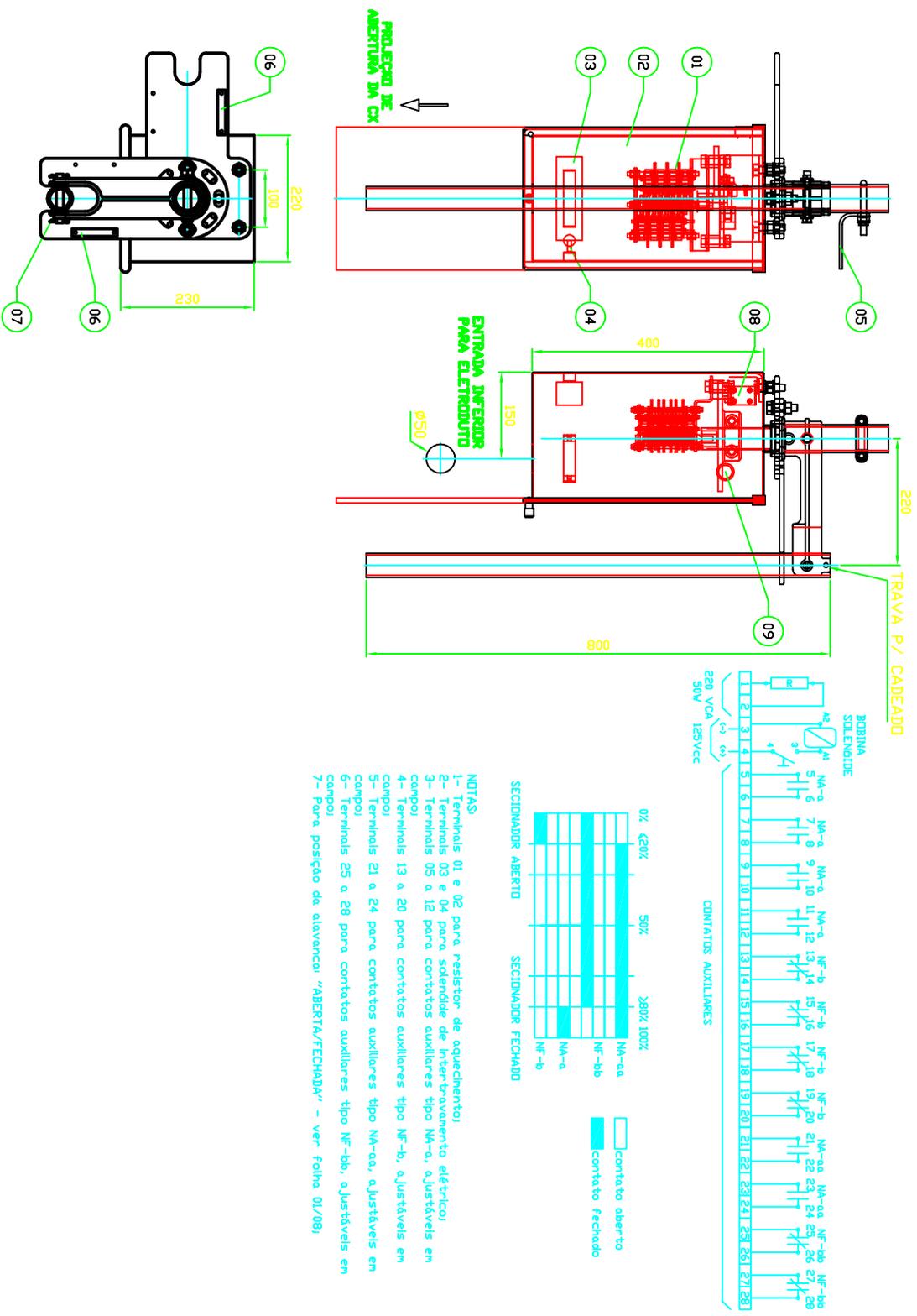
DIAGRAMA DE OPERAÇÃO DA CHAVE BETA/CSI

LOCAL	POS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
LOCAL	POS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RECORRIDO	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
REABITO	3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



- NOTAS:
- 1- OPERAÇÃO LOCAL/ELETRICA através da botoeira (BA/BF)
  - 2- OPERAÇÃO LOCAL/MANUAL.
    - 2.1- Introduzir a manivela no eixo do redutor até seu total engate;
    - 2.2- girar a manivela, observando o sentido de giro indicado na plaqueta no painel interno;
  - 3- Durante a operação LOCAL/MANUAL o circuito de comando permanecerá inibido;
  - 3- Observar a polaridade de entrada da alimentação do motor para que não se inverta o sentido de operação abertura / fechamento;
  - 4- O esquema representa o seccionador na posição aberto e o mecanismo motorizado desenergizado;
  - 5- Fiação interna cabos 2,5mm<sup>2</sup>, cor preto;
  - 6- Identificação dos componentes: PVC fundo branco com letra preto;
  - 7- Componentes e dimensionais ver folha 05/08;
  - 8- Desenho Topográfico ver folha 06/08;

ESQUEMA INTERNO DO SECCIONADOR DE ATERAMENTO GTMS - 010T



DBS:

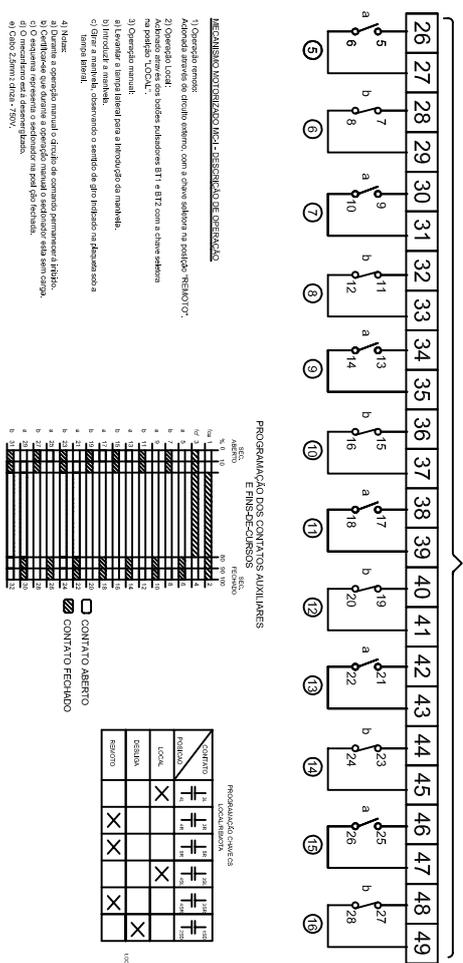
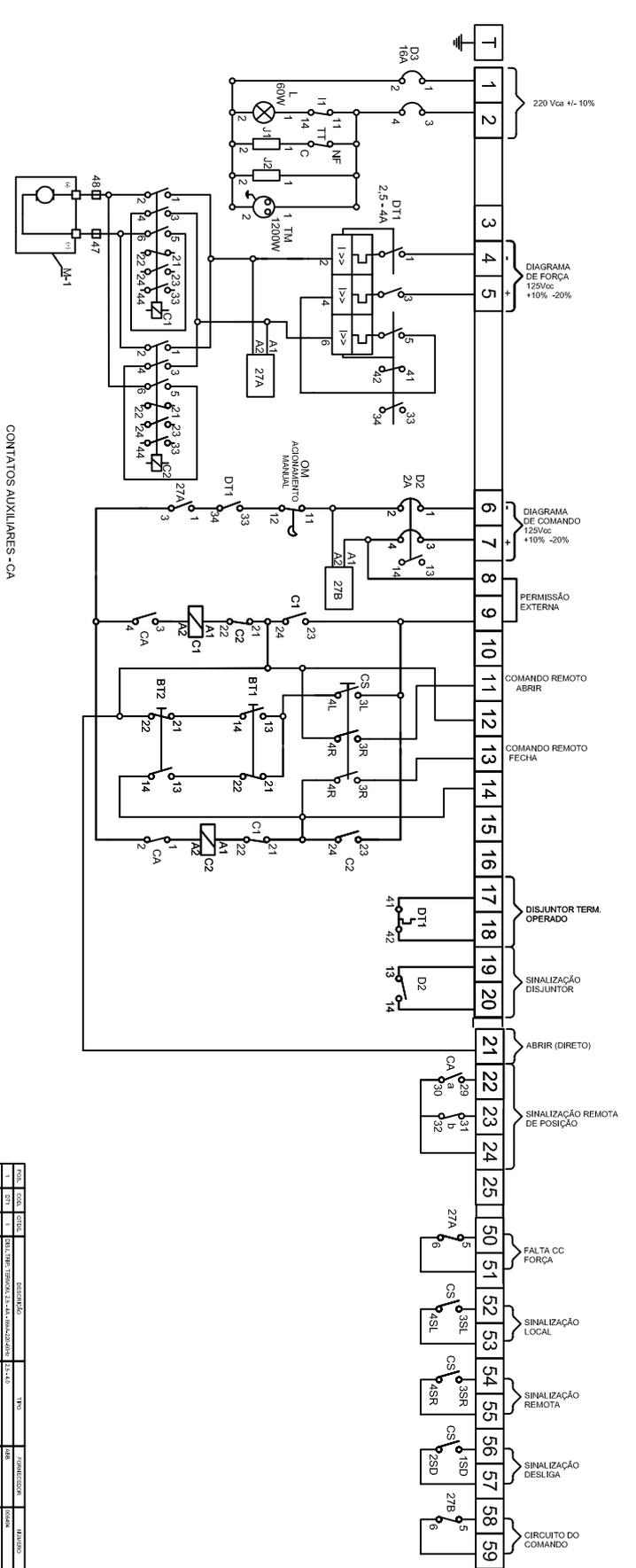
14.13A

SE CENTRO SERRA  
 ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TRI  
 FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

NOTA

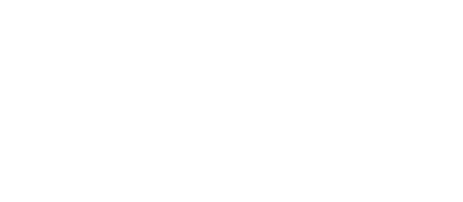
DATA:

ESQUEMA INTERNO DO SECCIONADOR S & C 69 kV - 010D



PROGRAMAÇÃO DOS CONTATOS AUXILIARES E FINS-DE-CURSOS

TERMINAL	ABERTO	FECHADO
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		



POS.	CON.	TIPO	DESCRIPÇÃO	TIPO	INDICAÇÃO	ABRILHO
1	201	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00048
2	202	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
3	203	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
4	204	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
5	205	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
6	206	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
7	207	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
8	208	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
9	209	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
10	210	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
11	211	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
12	212	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
13	213	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
14	214	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
15	215	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
16	216	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
17	217	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
18	218	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
19	219	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
20	220	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
21	221	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
22	222	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
23	223	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
24	224	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
25	225	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
26	226	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
27	227	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
28	228	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080
29	229	1	CONTATO NORMAL FECHADO 110V	21-40	NO	00080

**MECANISMO AUTOMATIZADO - RESERVA DE OPERAÇÃO**

1) Operação remota: Adquirida através do circuito externo, com a chave seletora na posição "RESERVA".

2) Operação local: Chaves seletoras BT1 e BT2 com a chave seletora na posição "LOCAL".

3) Operação manual: Levantador e empurrador para a abertura ou fechamento da manivela.

4) Intertravamento: Chaves seletoras BT1 e BT2 com a chave seletora na posição "RESERVA".

5) Operação manual: Levantador e empurrador para a abertura ou fechamento da manivela.

6) Intertravamento: Chaves seletoras BT1 e BT2 com a chave seletora na posição "RESERVA".

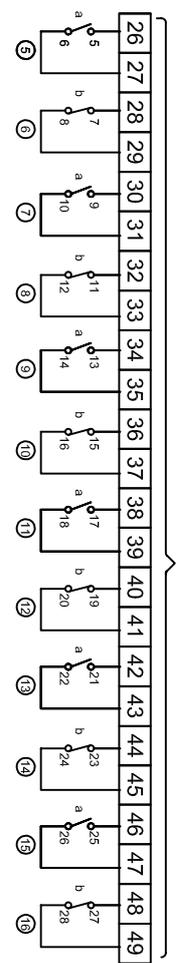
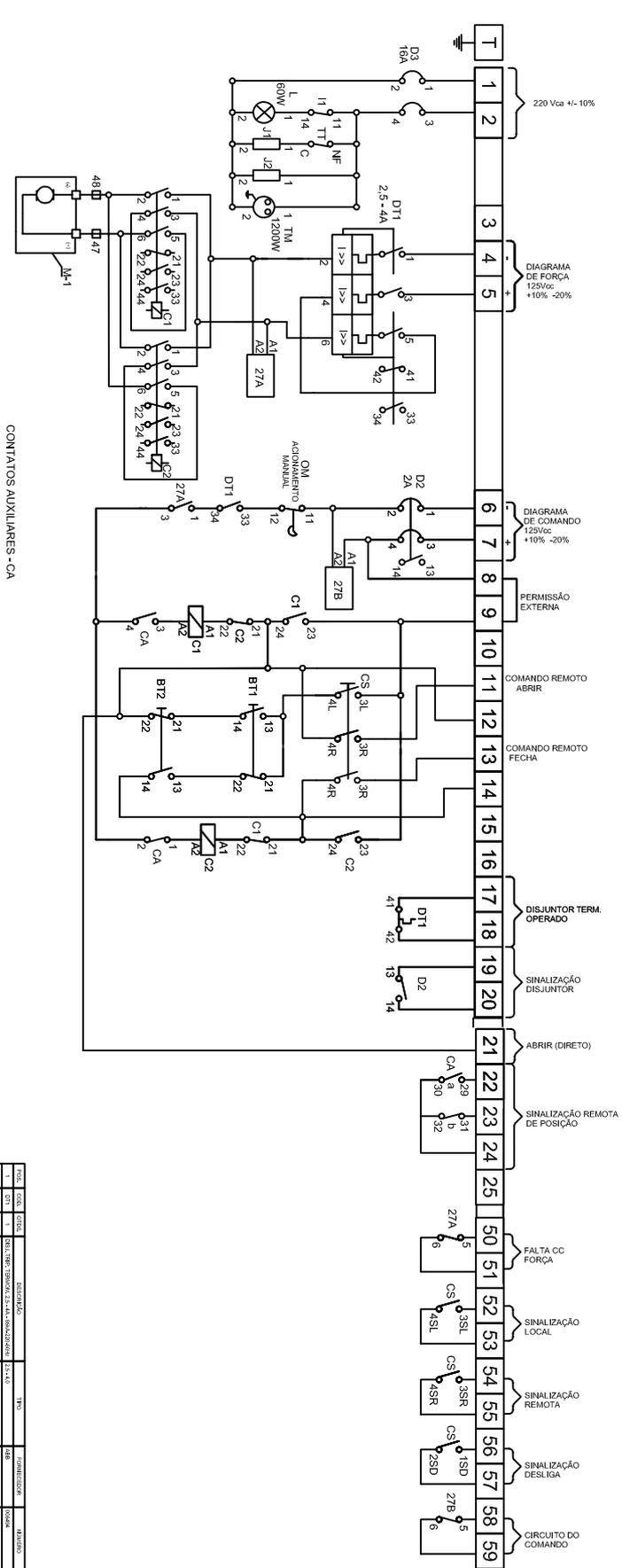
7) Operação manual: Levantador e empurrador para a abertura ou fechamento da manivela.

8) Intertravamento: Chaves seletoras BT1 e BT2 com a chave seletora na posição "RESERVA".

9) Operação manual: Levantador e empurrador para a abertura ou fechamento da manivela.

10) Intertravamento: Chaves seletoras BT1 e BT2 com a chave seletora na posição "RESERVA".

ESQUEMA INTERNO DO SECCIONADOR S & C 69 kV - 010C



**MECANISMO MOTORIZADO LOCAL - RESERVA DE OPERAÇÃO**

Adoptada através do contacto externo, com a chave seletora na posição "RESERVA".

2) Chavepola Local: - valores padronizados BT1 e BT2 com a chave seletora na posição "LOCAL".

3) Chavepola manual: -

a) Levantador e sinalizador para a libertação da manivela.

b) Intertravamento e sinalização para a libertação da manivela.

c) Intertravamento e sinalização para a libertação da manivela.

4) Intertravamento: -

a) Durante a operação manual a saída de comando permanecerá à flutuante.

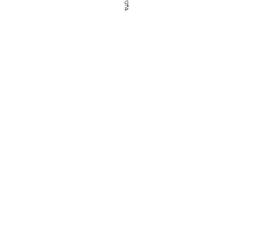
b) Durante a operação manual o sinalizador está sem carga.

c) O mecanismo está desenergizado.

e) Circuito 24 volts c.c.a. - 750V.

**PROGRAMAÇÃO DOS CONTATOS AUXILIARES E FINS-DE-CURSOS**

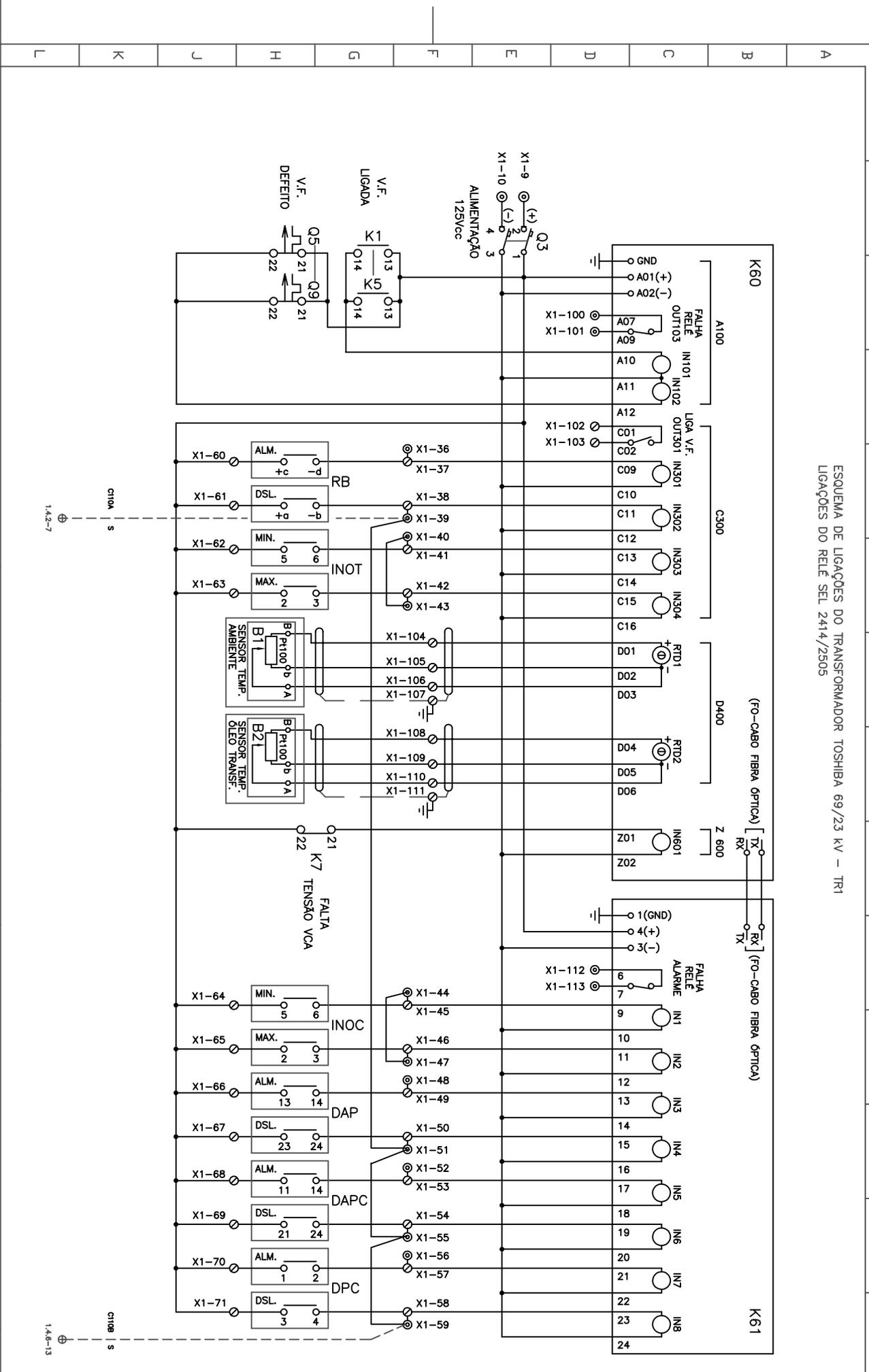
TERMINAL	ABERTO	FECHADO
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		



TERMINAL	CON.	MODE.	DESIGNAÇÃO	TIPO	INDICAÇÃO	ABRILHO
26	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT1	BT1	BT1	BT1
27	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT2	BT2	BT2	BT2
28	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT3	BT3	BT3	BT3
29	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT4	BT4	BT4	BT4
30	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT5	BT5	BT5	BT5
31	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT6	BT6	BT6	BT6
32	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT7	BT7	BT7	BT7
33	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT8	BT8	BT8	BT8
34	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT9	BT9	BT9	BT9
35	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT10	BT10	BT10	BT10
36	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT11	BT11	BT11	BT11
37	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT12	BT12	BT12	BT12
38	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT13	BT13	BT13	BT13
39	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT14	BT14	BT14	BT14
40	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT15	BT15	BT15	BT15
41	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT16	BT16	BT16	BT16
42	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT17	BT17	BT17	BT17
43	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT18	BT18	BT18	BT18
44	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT19	BT19	BT19	BT19
45	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT20	BT20	BT20	BT20
46	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT21	BT21	BT21	BT21
47	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT22	BT22	BT22	BT22
48	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT23	BT23	BT23	BT23
49	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT24	BT24	BT24	BT24
50	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT25	BT25	BT25	BT25
51	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT26	BT26	BT26	BT26
52	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT27	BT27	BT27	BT27
53	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT28	BT28	BT28	BT28
54	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT29	BT29	BT29	BT29
55	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT30	BT30	BT30	BT30
56	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT31	BT31	BT31	BT31
57	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT32	BT32	BT32	BT32
58	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT33	BT33	BT33	BT33
59	1	1	CONTATO NORMAL FECHADO BT34	BT34	BT34	BT34

**ANEXO XXIV**

ESQUEMA DE LIGAÇÕES DO TRANSFORMADOR TOSHIBA 69/23 KV - TR1  
LIGAÇÕES DO RELE SEL 2414/2505

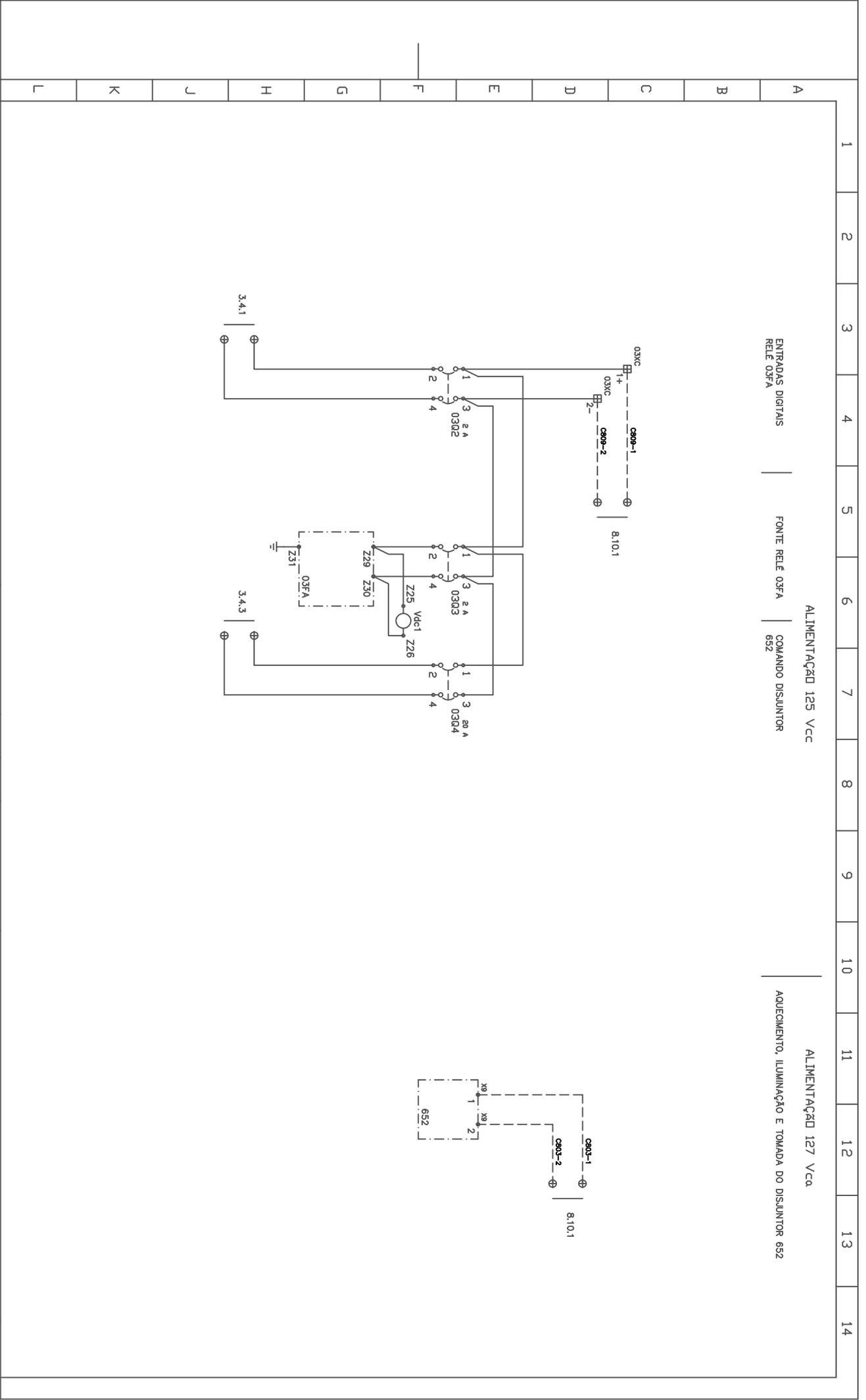


DBS: 1.5.2

EMAN ENGENHARIA	REV.	DATA	CDP ENGENHARIA	RESP.	CRACCO	AES Sul Distribuidora Gocho de Energia	SE CENTRO SERRA
	EMI			CRACCO	DES.		CRACCO
	REV2			COLAB.			FUNCIONAL DE VENTILAÇÃO FORÇADA
							NOTA
							DATA:



**ANEXO XXV**

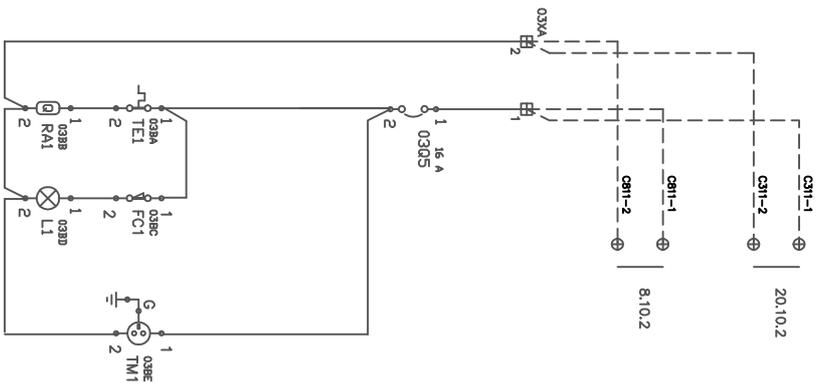


DBS:	EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Godcho de Energia		3.10.1
			EMI	06/2011	RES.P.		CRACCO	SE CENTRD SERRA	ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV BANCO DE CAPACITORES FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR
			REV1	08/2011	DES.		CRACCO		
			REV2		COLAB.				
NOTA								DATA:	

## **ANEXO XXVI**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

ALIMENTAÇÃO 127 Vca  
ILUMINAÇÃO, AQUECIMENTO E TOMADA DO PAINEL



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

REV. DATA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Godcho de Energia

3.10.2

EMI 06/2011 RESP. CRACCO

REV1 08/2011 DES. CRACCO

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV BANCO DE CAPACITORES  
FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR

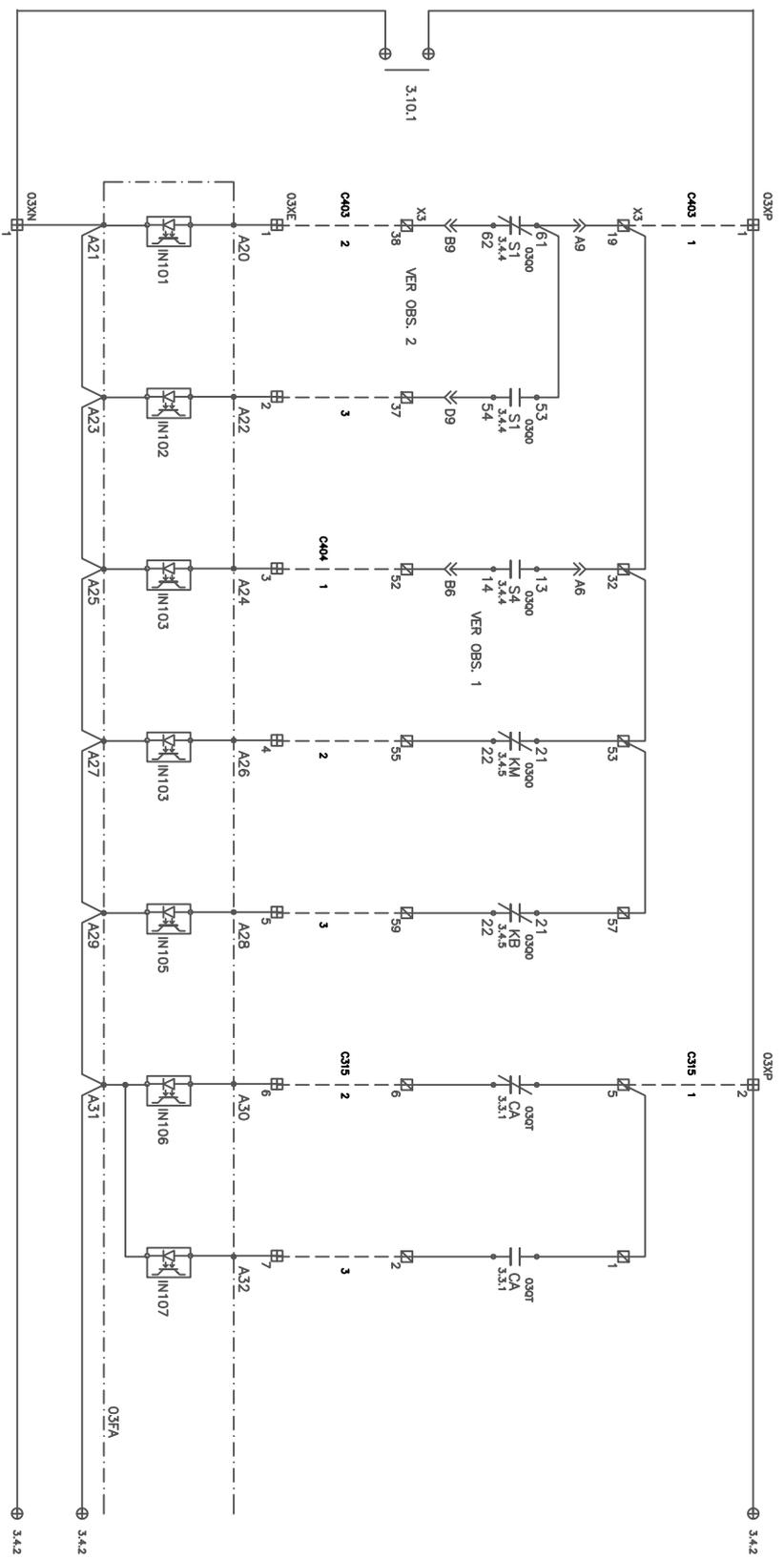
NOTA

DATA:

## **ANEXO XXVII**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

ENTRADAS BINARIAS DO RELE SEL. 0451515XB0X4H224XXX1 - 03FA  
 SINALIZAÇÕES DO DISJUNTOR 03X0  
 MOLA DESCARREGADA | FALTA 125 Vcc | FALTA 125 Vcc | POSIÇÃO DO SECCIONADOR 03Q1  
 ABERTO | FECHADO | MOTOR | COMANDO | ABERTO | FECHADO



DBS:  
 1- INT03: CONFIGURAR COM LÓGICA INVERSA.  
 2- QUANDO INT01 MUDAR DE O PARA 1 A SAIDA OUT102 DEVERÁ FICAR BLOQUEADA POR 10 MINUTOS.

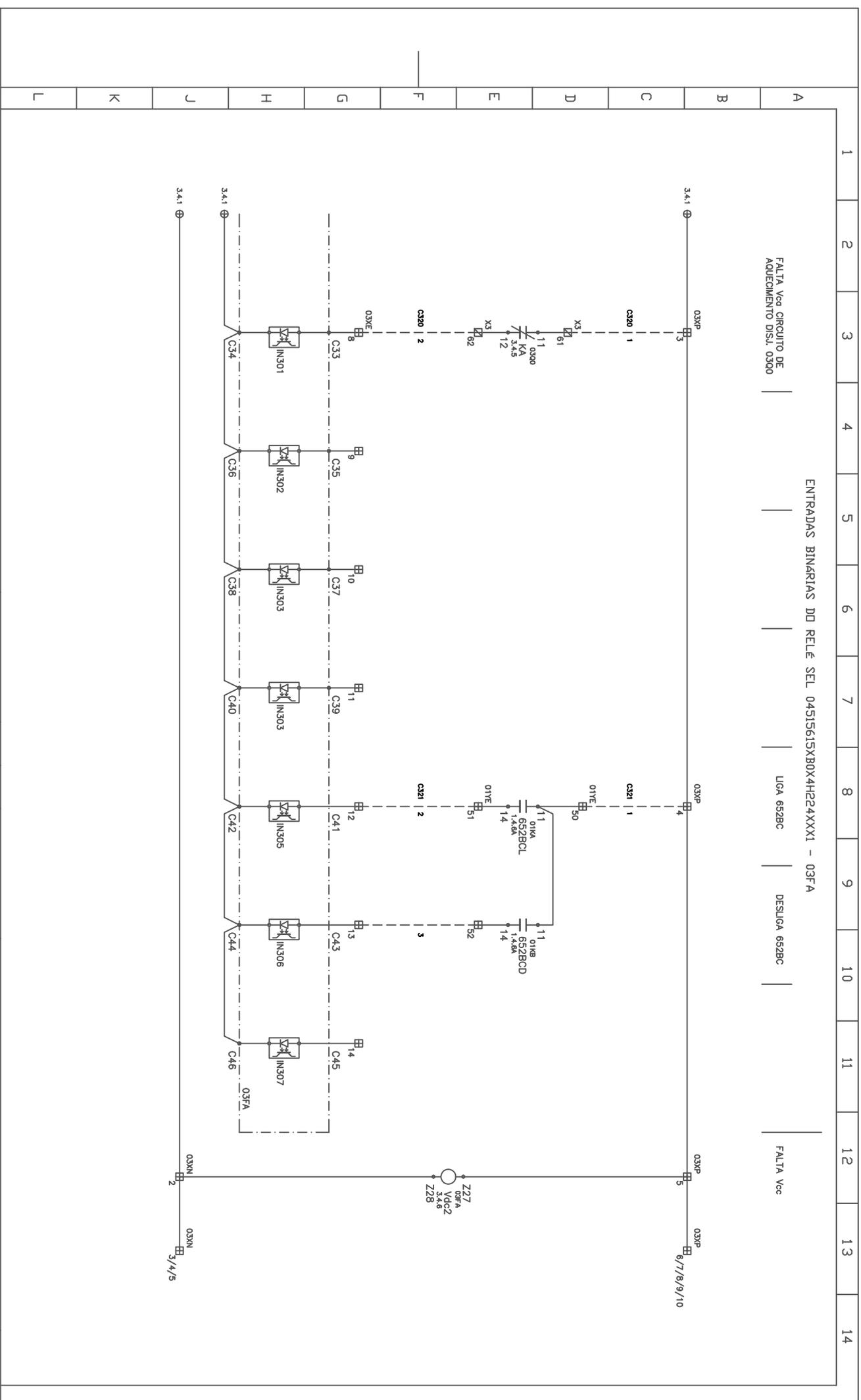
EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Godócho de Energia		3.4.1
		EMI	06/2011	RES.P.	CRACCO	SE CENTRD SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV BANC0 DE CAPACITORES FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO		
		REV1	08/2011	DES.	CRACCO			
		REV2		COLAB.				
NOTA								DATA:

ENTRADAS BINARIAS DO RELÉ SEL 0451515XB0X4H224XXX1 - 03FA

FALTA Vcc CIRCUITO DE AQUECIMENTO DISL. 0300

UGA 652BC DESLIGA 652BC

FALTA Vcc



DBS: EMAN ENGENHARIA REV. DATA C D P ENGENHARIA RESP. CRACCO AES Sul Distribuidora Godinho de Energia SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV BANCOS DE CAPACITORES FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO DATA:

REV.	DATA	RESP.	CRACCO
R1	08/11	DES.	CRACCO
R2	08/11	DES.	CRACCO

NOTA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

COMANDO E PROTEÇÃO DO DISJUNTOR 0300

COMANDO E MOTOR ALIMENTAÇÃO 125 Vcc

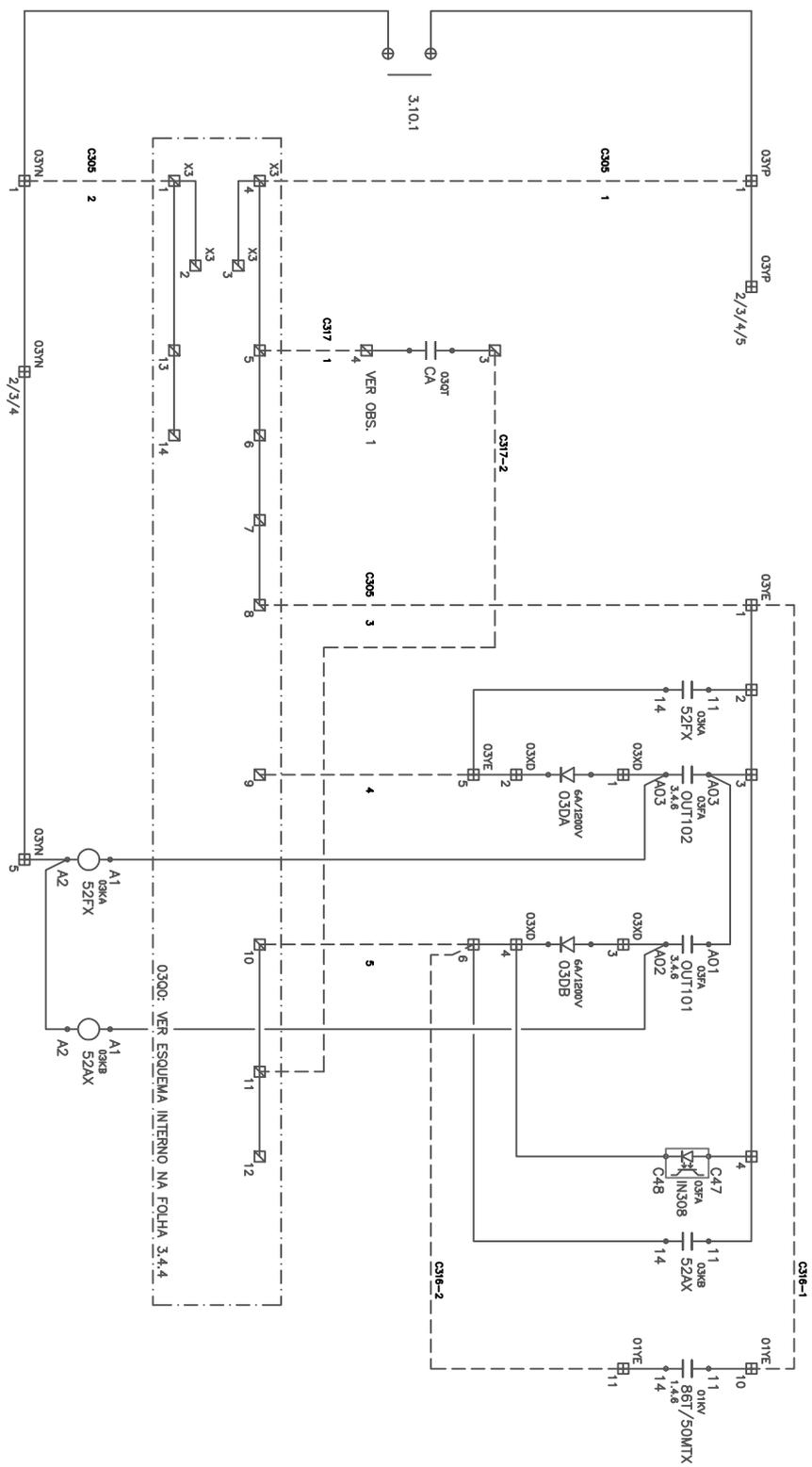
INTERRAIVAMENTO COM SEC. 030T

FECHAMENTO LOCAL/TLC AUTOMATISMO (IN305)

ABERTURA LOCAL/TLC PROTEÇÕES 50/51-6IN-27-59 AUTOMATISMO (IN306)

SUPERVISÃO DO CIRCUITO DE ABERTURA

PROTEÇÃO TRI 86T-50MT

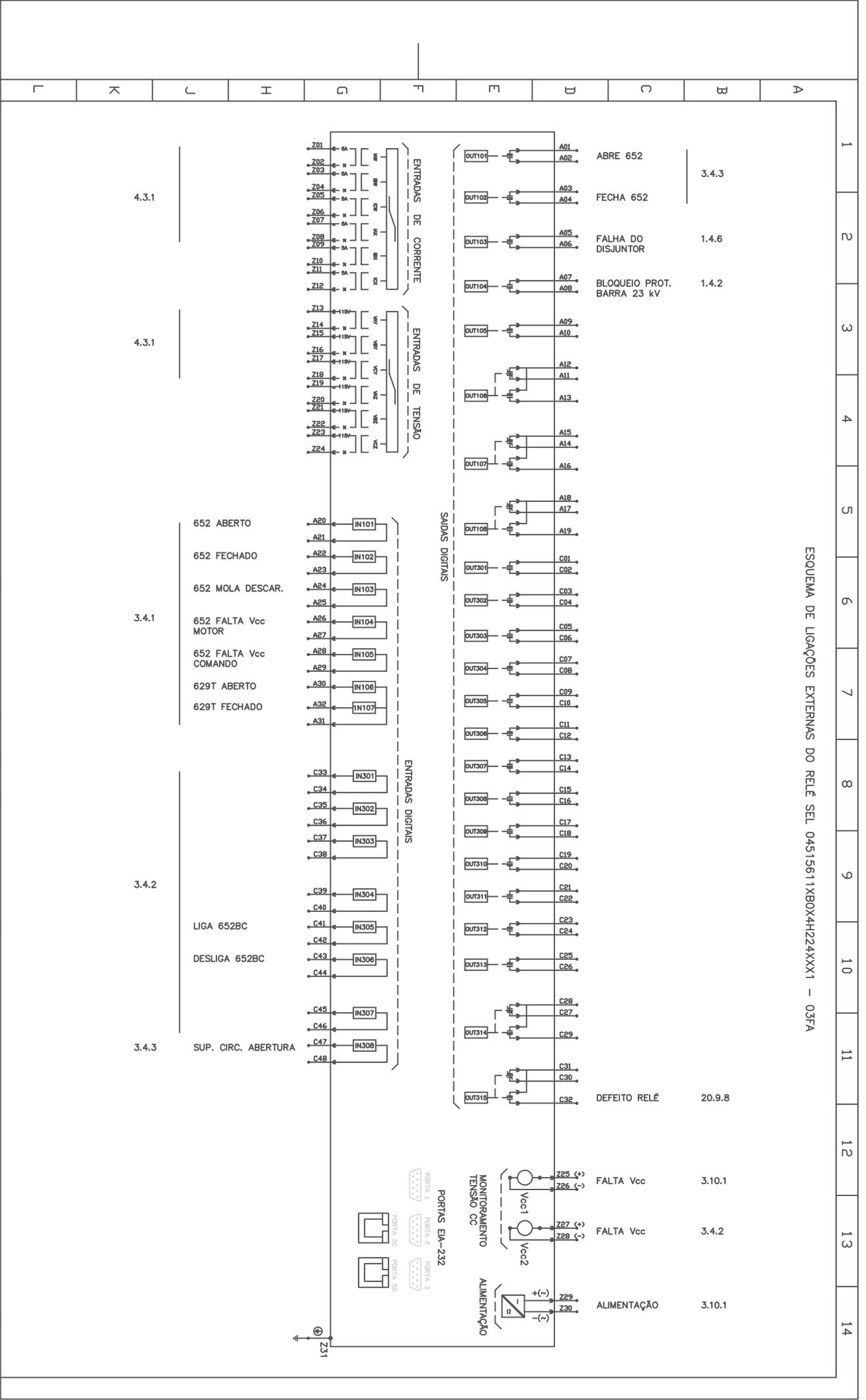


52FX	03KA
FINDER 55.33.9.125.0080	
14-11	a 3-4-3
12-11	b
22-21	b
24-21	a
32-31	b
34-31	a

52AX	03KB
FINDER 55.33.9.125.0080	
14-11	a 3-4-3
12-11	b
22-21	b
24-21	a
32-31	b
34-31	a

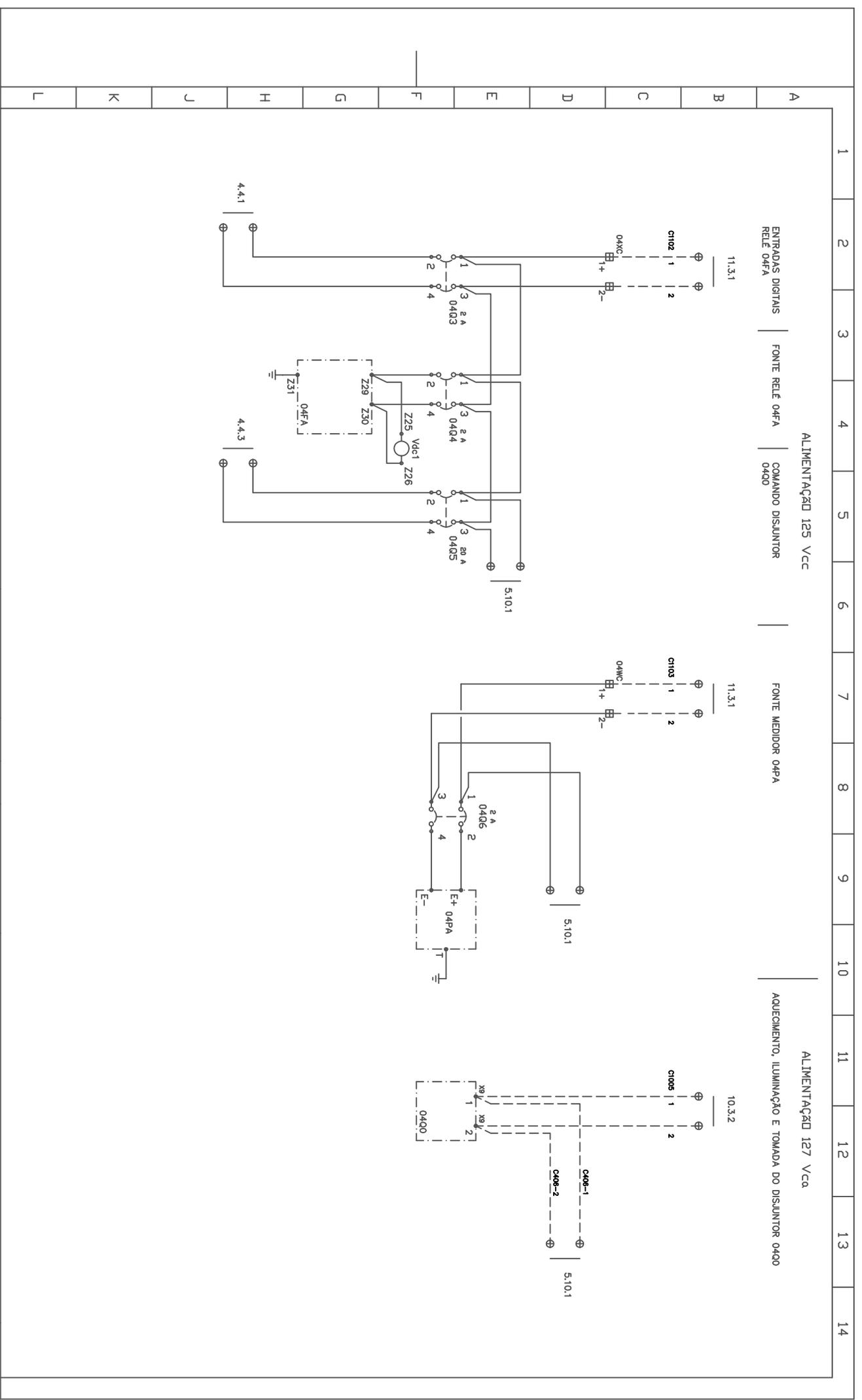
DBS:  
1- RECONFIGURAR ESTE CONTATO COMO NORMALMENTE ABERTO, POREM FECHANDO A 10 % DO CURSO DA MANOPLA NA OPERAÇÃO DE FECHAMENTO.

EMAN ENGENHARIA	REV.	DATA	C D P ENGENHARIA	RESP.	CRACCO	AES Sul Distribuidora Gocho de Energia	SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV BANCOS DE CAPACITORES FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO	3.4.3
	R1	08/11		RESP.	CRACCO			DATA:
	R2	08/11		DES.	CRACCO			
				COLAB.				



DBS:	EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Godinho de Energia	SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV BANCOS DE CAPACITORES FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO	3.4.6
	R1	08/11	RESP.	CRACCO					
	R2	11/11	DES.	CRACCO					
	COLAB.								
NOTA									
DATA:									

## **ANEXO XXVIII**



DBS:

**EMAN**  
ENGENHARIA

**CDP**  
ENGENHARIA

**AES Sul** Distribuidora Godcho de Energia

4.10.1

REV.	DATA	RESP.	CRACCO
EMI	06/2011	RES.P.	CRACCO
REV1	08/2011	DES.	CRACCO
REV2		COLAB.	

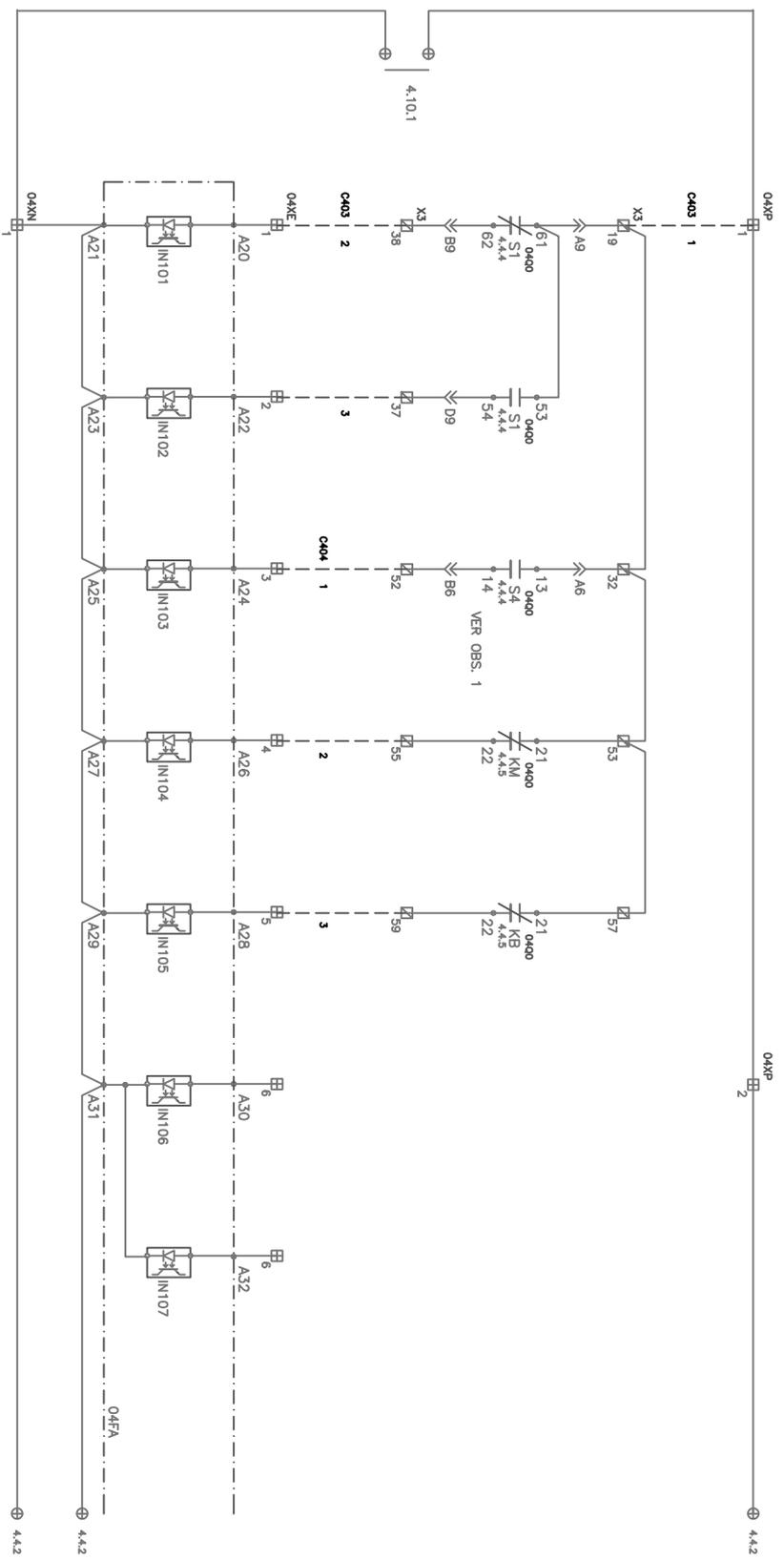
SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELETRICOS 23 KV AL 1  
FUNCIONAL DE DISTRIBUICAO DE TENSAO AUXILIAR

NOTA

DATA:

## **ANEXO XXIX**

ENTRADAS BINARIAS DO RELE SEL. 04S15615XB0X4H224XXX1 - 04FA  
 SINALIZAÇÕES DO DISJUNTOR 04Q0  
 ABERTO | FECHADO | MOLA DESCARREGADA | FALTA 125 Vcc | FALTA 125 Vcc | COMANDO



DBS:  
 1 - INT03: CONFIGURAR COM LÓGICA INVERSA.

EMAN ENGENHARIA		C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Gocho de Energia	
REV.	DATA	RESP.	CRACCO	DES.	CRACCO
EMI	06/2011				
REV1	08/2011				
REV2					

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV AL 1  
 FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

NOTA

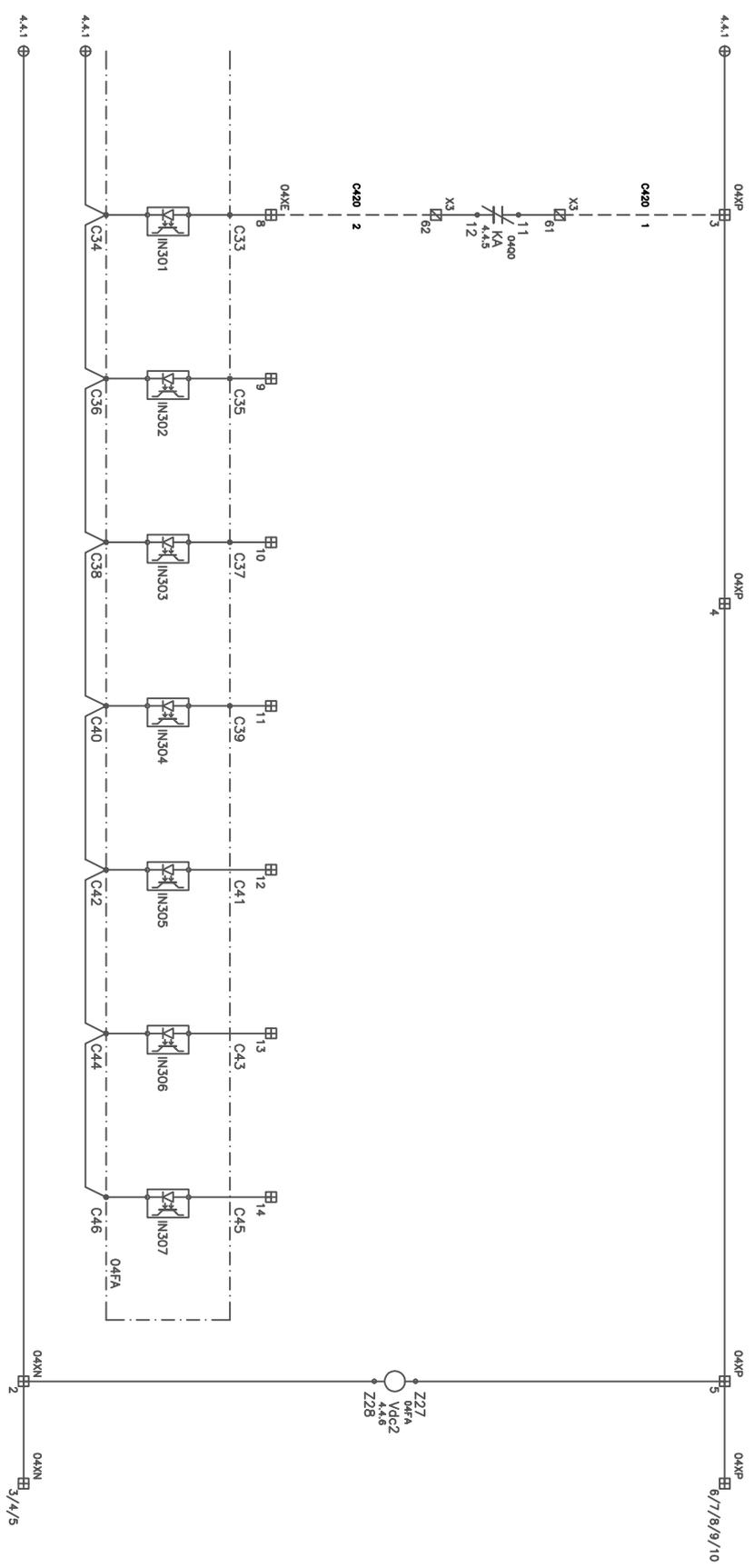
DATA:

4.4.1

ENTRADAS BINARIAS DO RELÉ SEL 0451515XB0X4H224XXX1 - 04FA

FALTA Vcc CIRCUITO DE AQUECIMENTO DISL. 04Q0

FALTA Vcc



DBS: 4.4.2

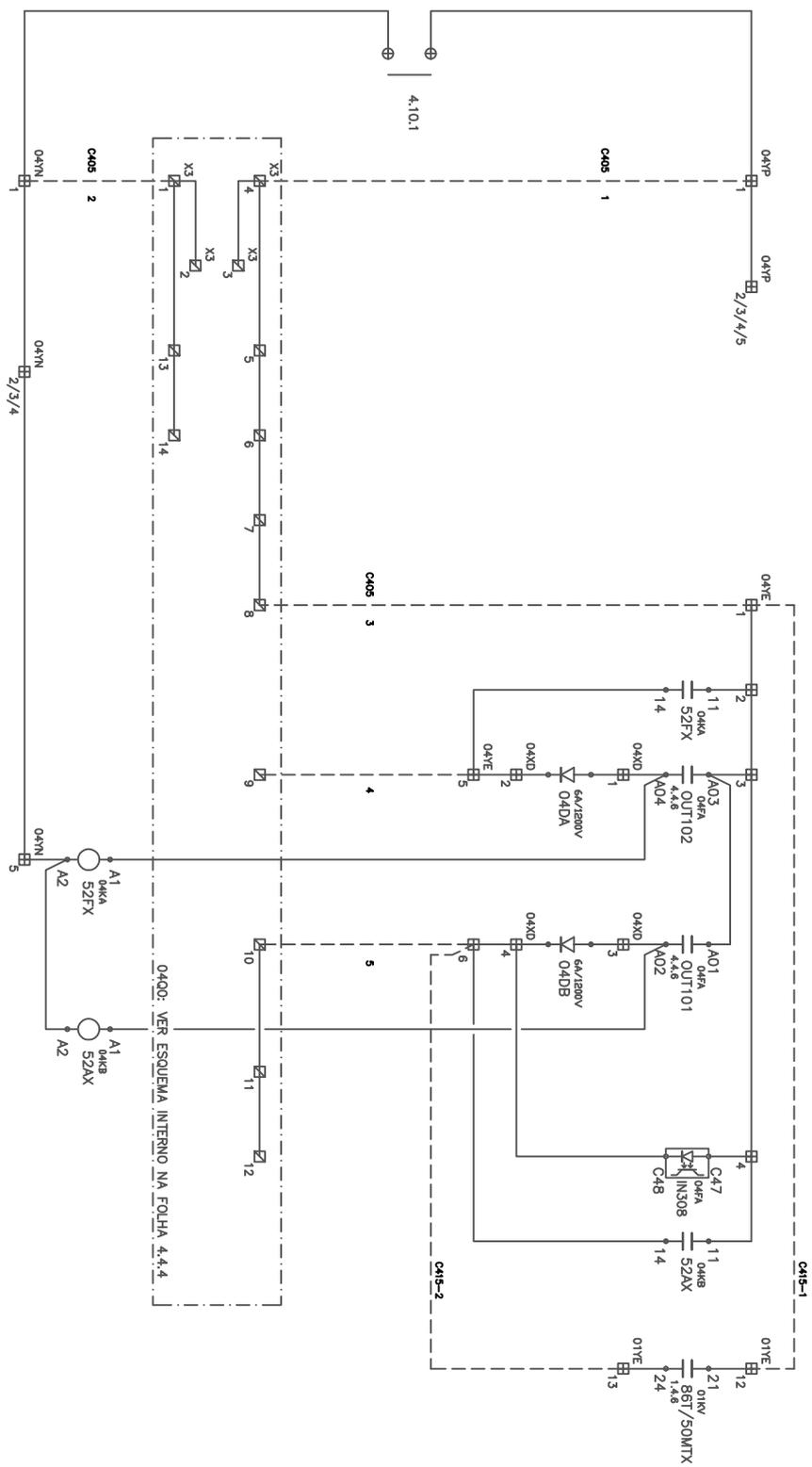
EMAN ENGENHARIA	REV.	DATA	C D P ENGENHARIA	RESP.	CRACCO
	R1	08/11		RESP.	CRACCO
	R2	08/11	DES.	CRACCO	
			COLAB.		

**AES Sul** Distribuidora Godinho de Energia  
SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV AL 1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

NOTA: DATA:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

COMANDO E PROTEÇÃO DO DISJUNTOR O4Q0  
 FECHAMENTO LOCAL/TLC  
 ABERTURA LOCAL/TLC  
 SUPERVISÃO DO CIRCUITO  
 PROTEÇÃO TRI  
 ALIMENTAÇÃO 125 Vcc  
 RELIAMENTO 79  
 PROTEÇÕES 50/51-81  
 DE ABERTURA  
 86T-50MT



52FX	04KA
FINDER 55.33.9.125.0080	
14-11	0 4 . 4 . 3
12-11	1 b
22-21	1 b
24-21	0
32-31	1 b
34-31	0

52AX	04KB
FINDER 55.33.9.125.0080	
14-11	0 4 . 4 . 3
12-11	1 b
22-21	1 b
24-21	0
32-31	1 b
34-31	0

DBS: EMAN ENGENHARIA DATA 08/11 RESP. CRACCO 4.4.3

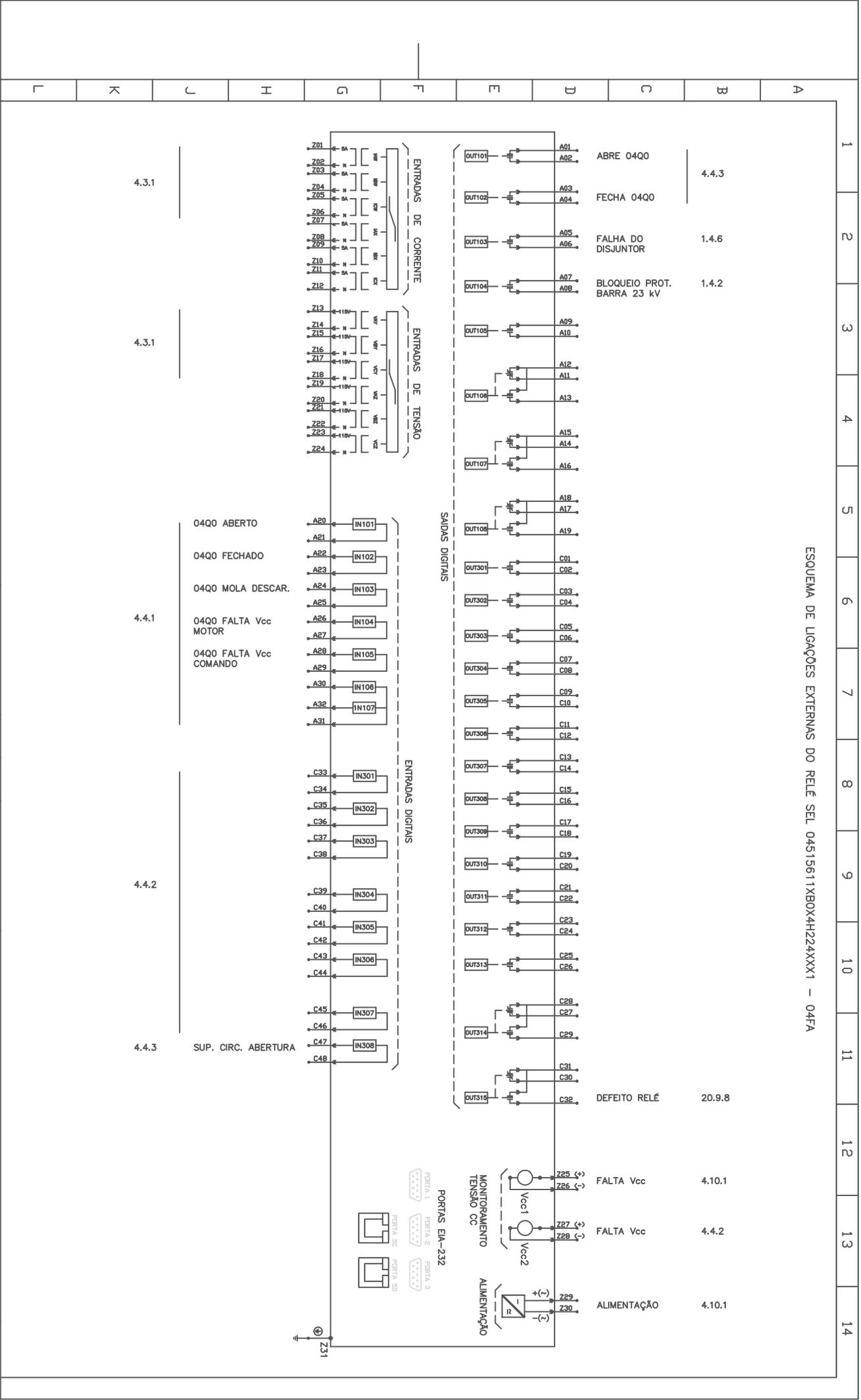
CDP ENGENHARIA

AES Sul Distribuidora Gocho de Energia

SE CENTRO SERRA  
 ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV AL 1  
 FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

REV. DATA RESP. DES. COLAB. DATA

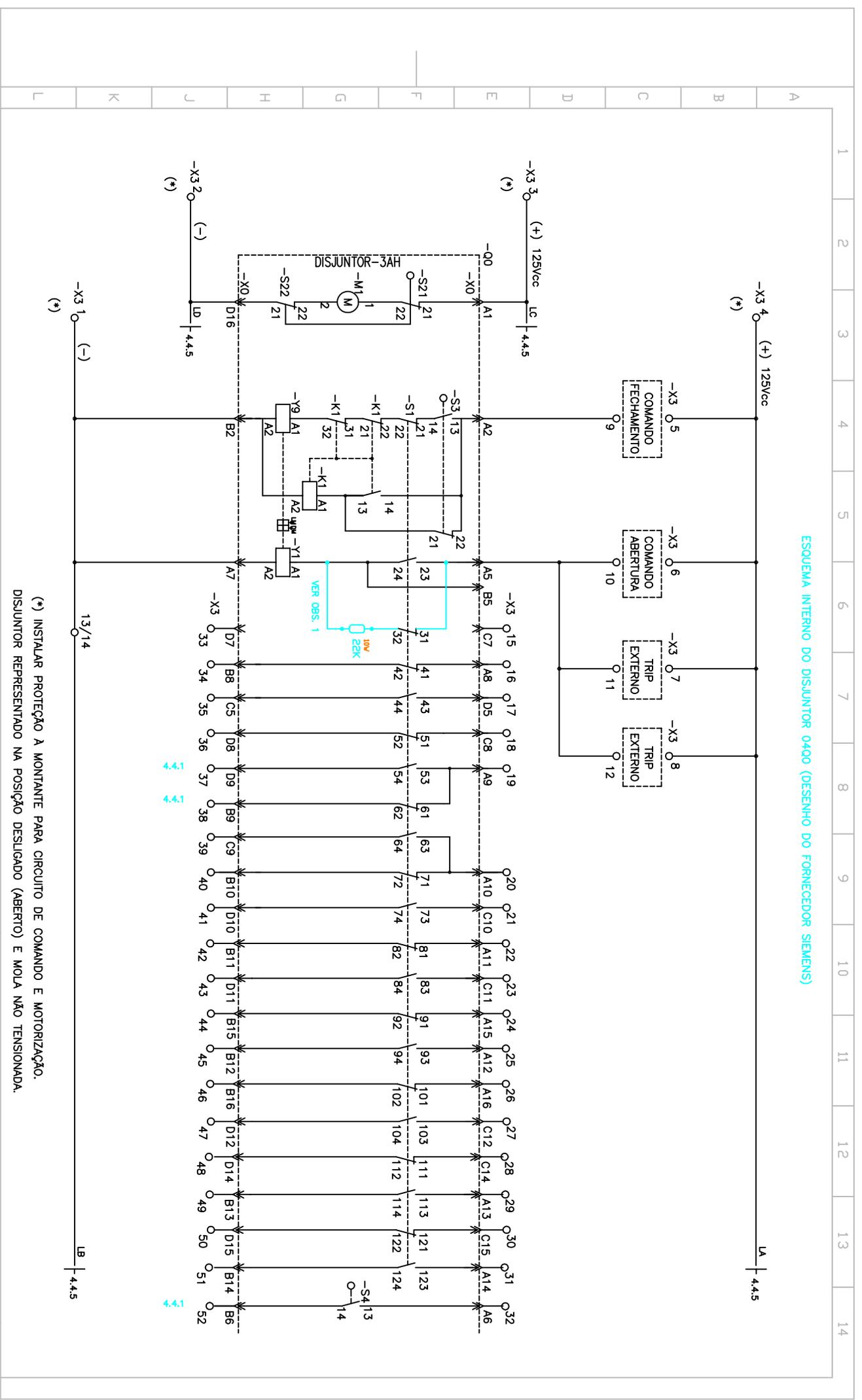
R1	08/11	CRACCO			
R2	08/11	CRACCO			



DBS:	EMAN ENGENHARIA		REV.	DATA	C D P ENGENHARIA		AES Sul Distribuidora Godócho de Energia	SE CENTRO SERRA ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV AL 1 FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO	4.4.6
	R1	08/11	RESP.	CRACCO					
	R2	08/11	DES.	CRACCO					
	R3	11/11	COLAB.					NOTA	DATA:

## **ANEXO XXX**

ESQUEMA INTERNO DO DISJUNTOR 0400 (DESENHO DO FORNECEDOR SIEMENS)



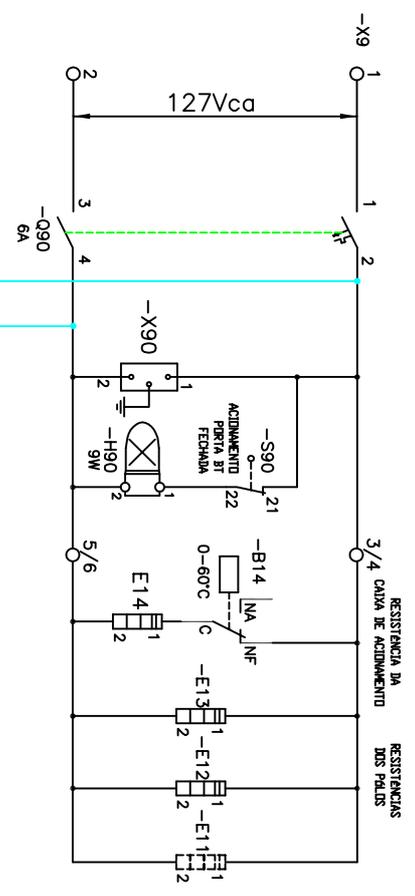
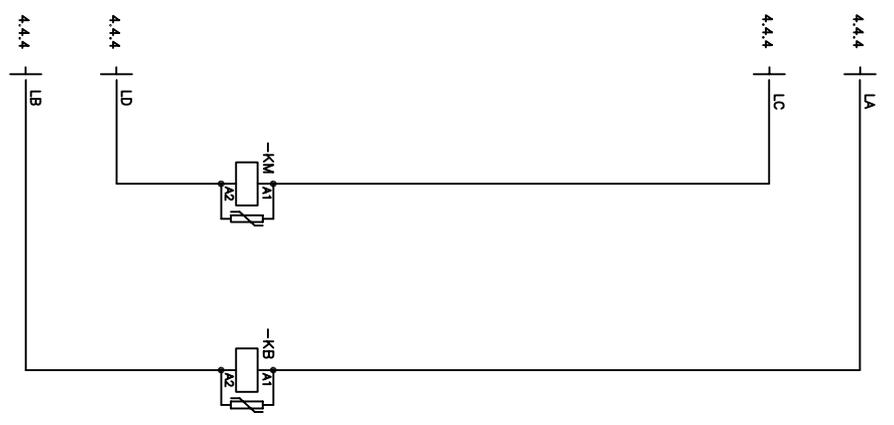
(\*) INSTALAR PROTEÇÃO A MONTANTE PARA CIRCUITO DE COMANDO E MOTORIZAÇÃO.  
DISJUNTOR REPRESENTADO NA POSIÇÃO DESLIGADO (ABERTO) E MOLTA NÃO TENSIONADA.

DBS:1  
1- INSTALAR RESISTOR COMO INDICADO.

ESQUEMAS ELÉTRICOS 23 KV AL 1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

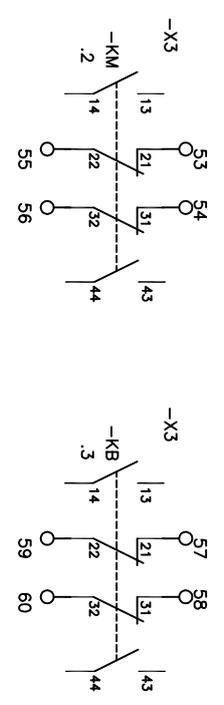
4.4.4  
NOTA  
DATA:

AQUECIMENTO, ILUMINAÇÃO E TOMADA



KA	14-11	12-11	22-21	R4-21	R3-21	S4-21
FINDER 55.33.8.127.0000	0	0	0	0	0	0
	b	b	b	b	b	b
	4	4	4	4	4	4
	a	a	a	a	a	a
	g	g	g	g	g	g

VER OBS. 1



DBS:1  
1- INSTALAR RELE KA COMO INDICADO.

4.4.5

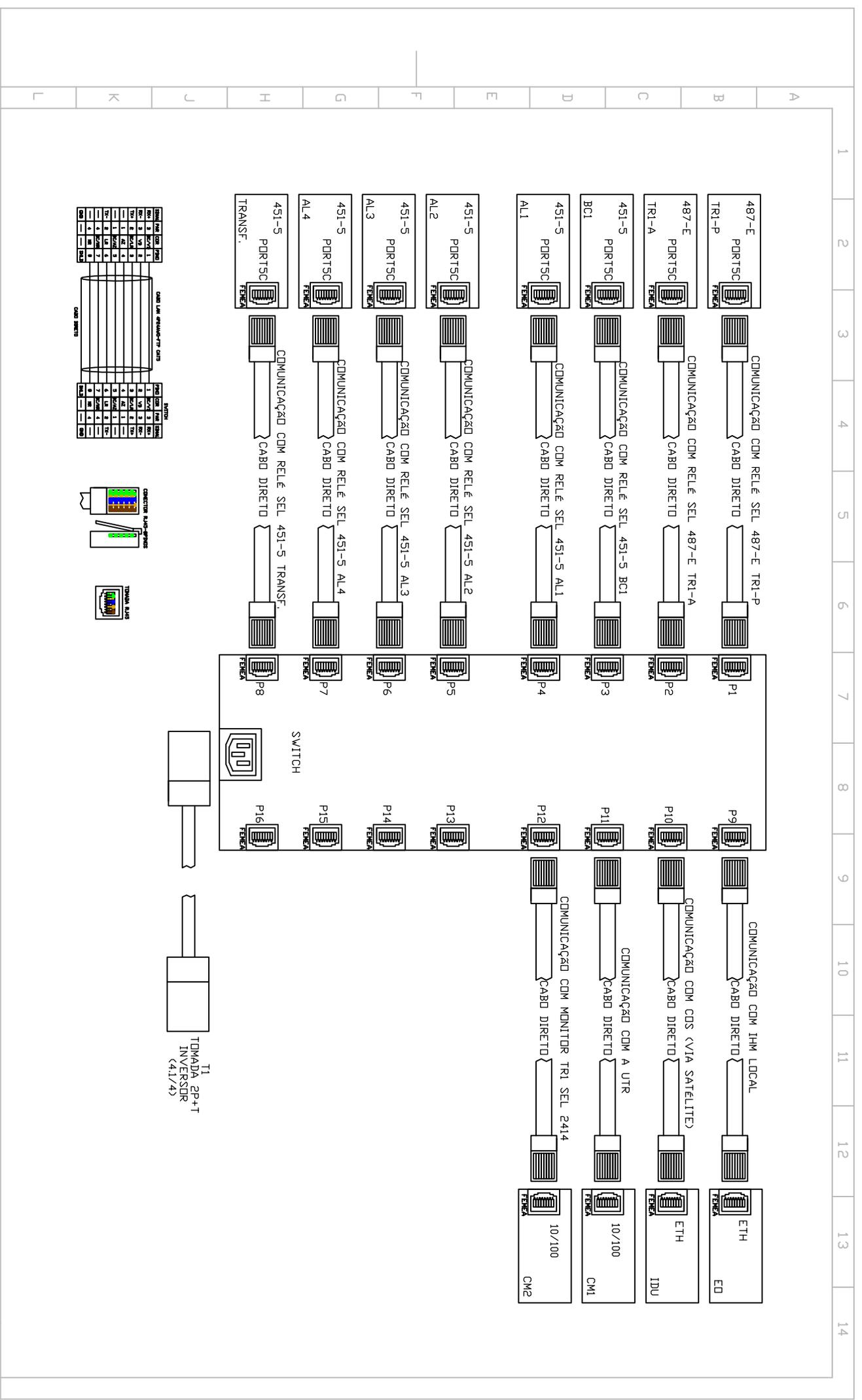
SE CENTRD SERRA  
ESQUEMAS ELETRICOS 23 KV AL 1  
FUNCIONAL DE COMANDO E PROTEÇÃO

NOTA

DATA:

**ANEXO XXXI**





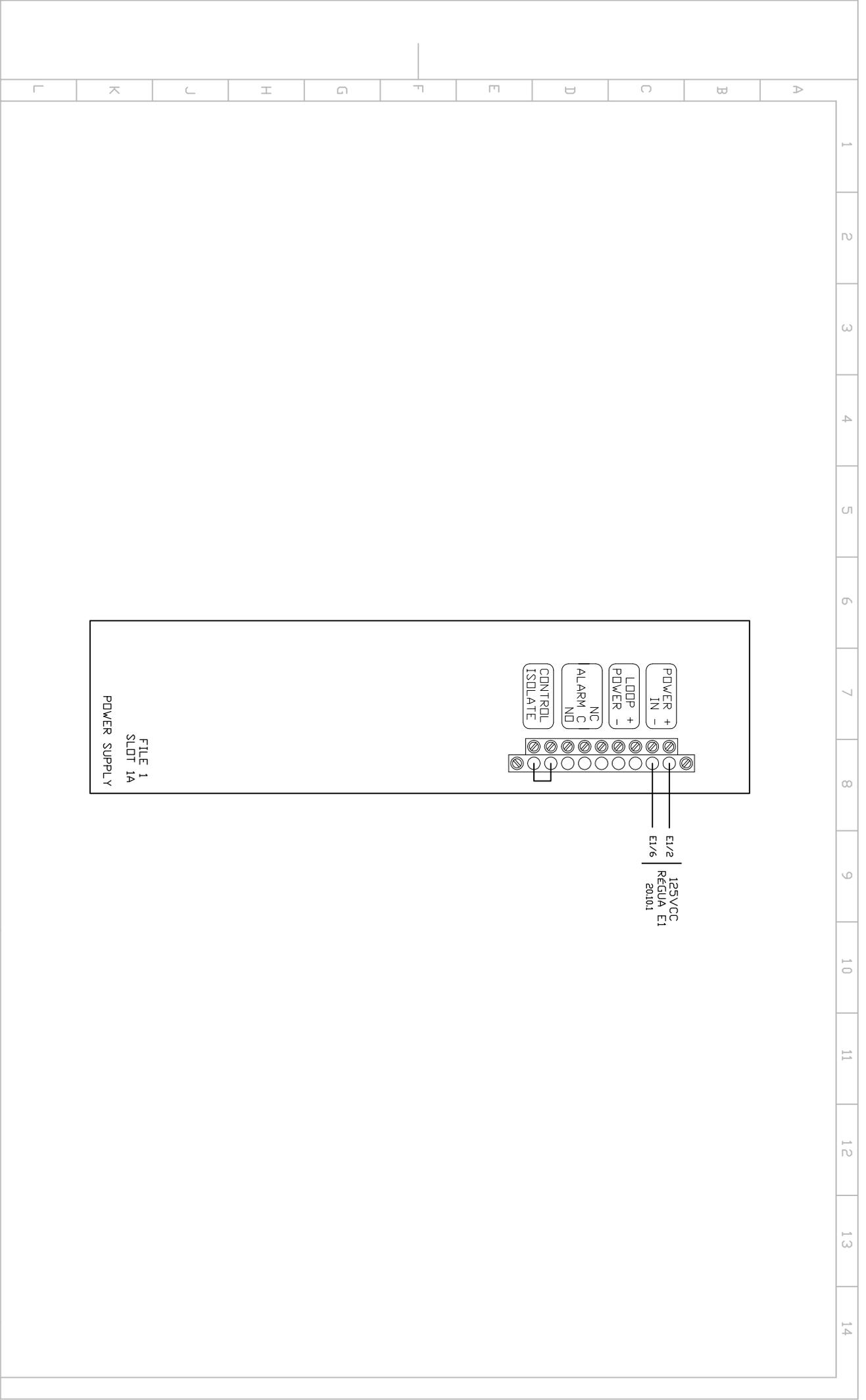
DBS:1

20.9.2

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS UTR  
 FUNCIONAL DE TELECONTROL - SWITCH

NOTA

DATA:



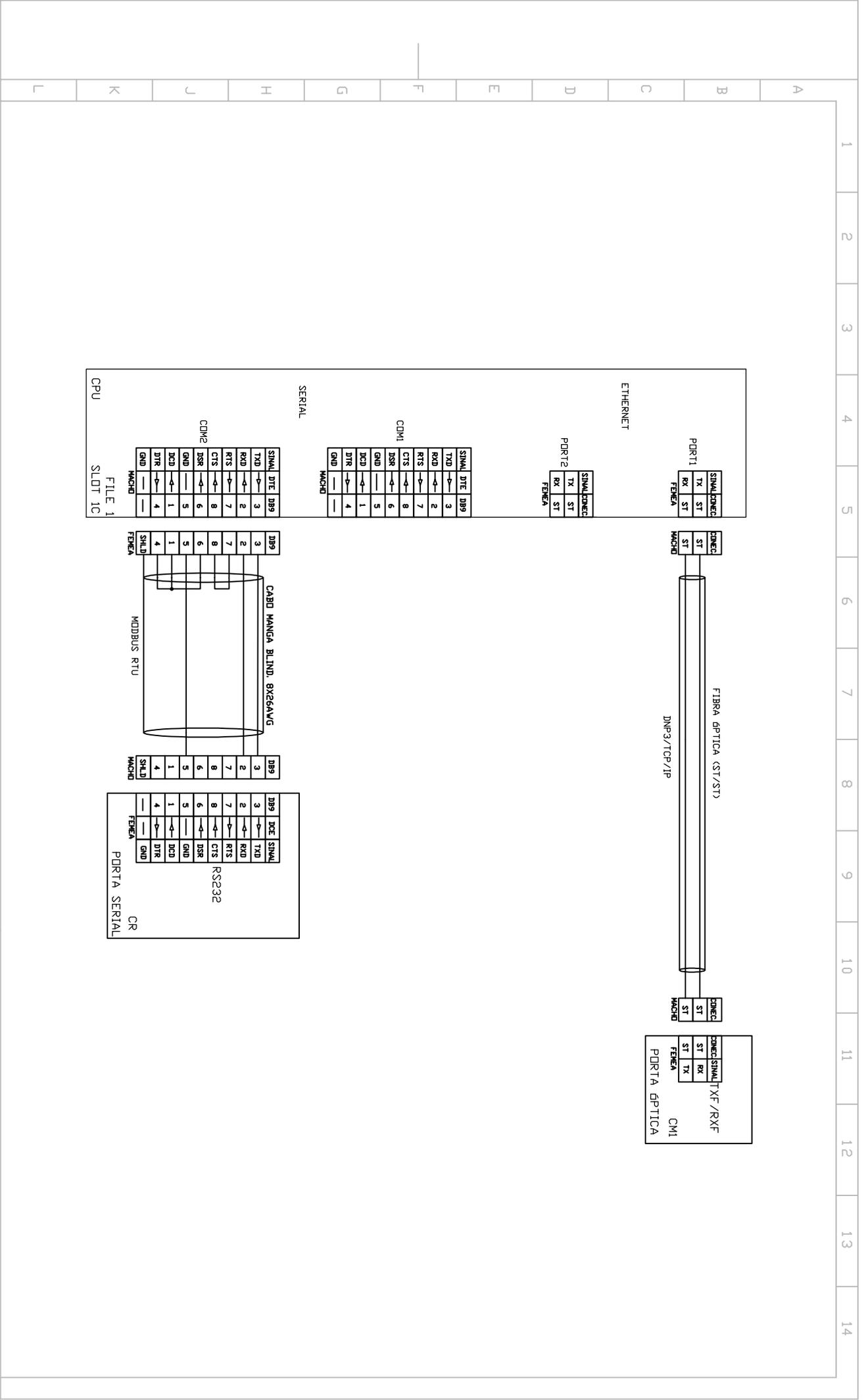
DBS:

20.9.3

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS UTR  
 FUNCIONAL DE TELECONTROL - CARTAO POWER SUPPLY

NOTA

DATA:



DBS:

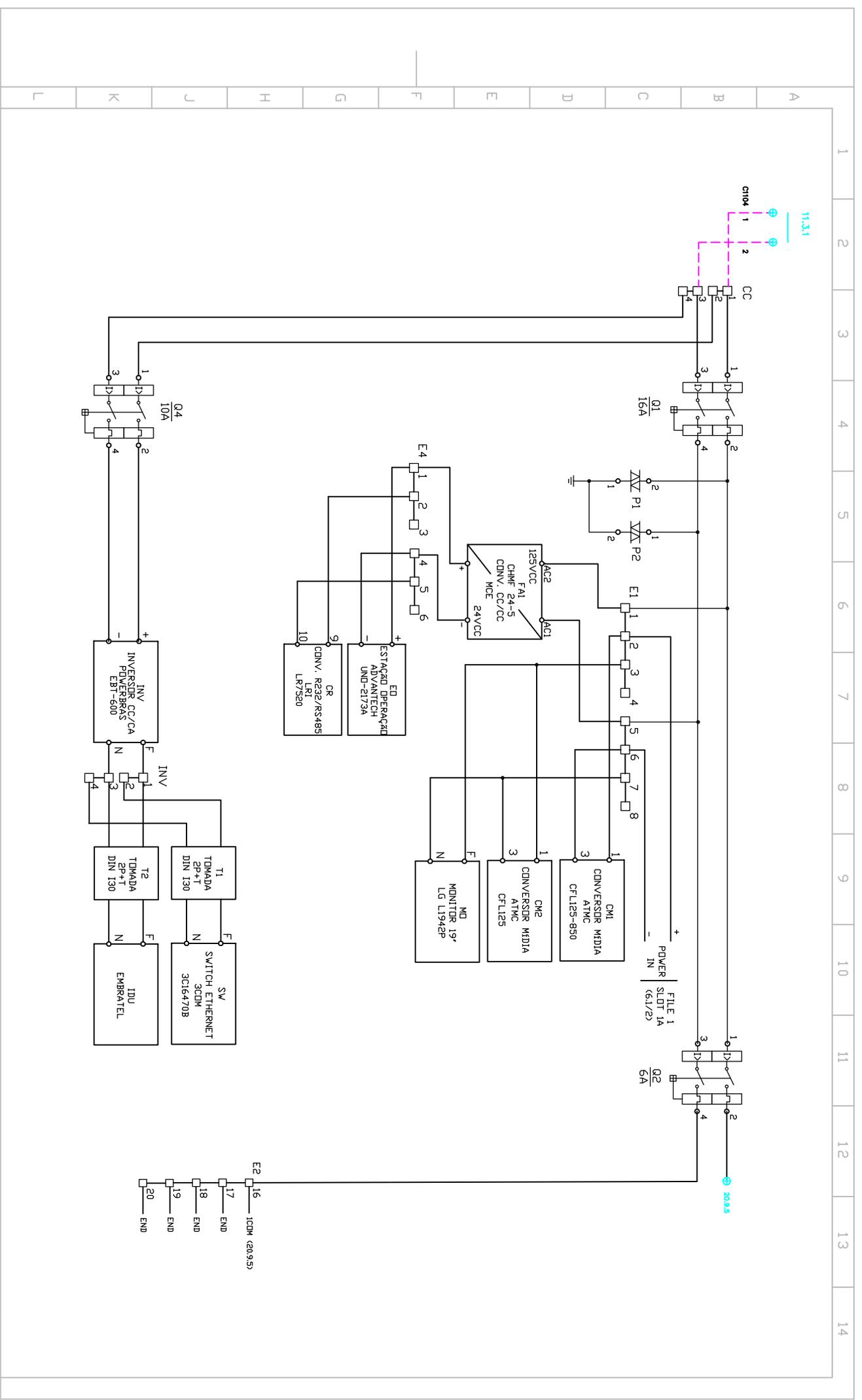
20.9.4

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS UTR  
 FUNCIONAL DE TELECONTROL - CARTAO CPU

NOTA

DATA:

## **ANEXO XXXII**



DBS1

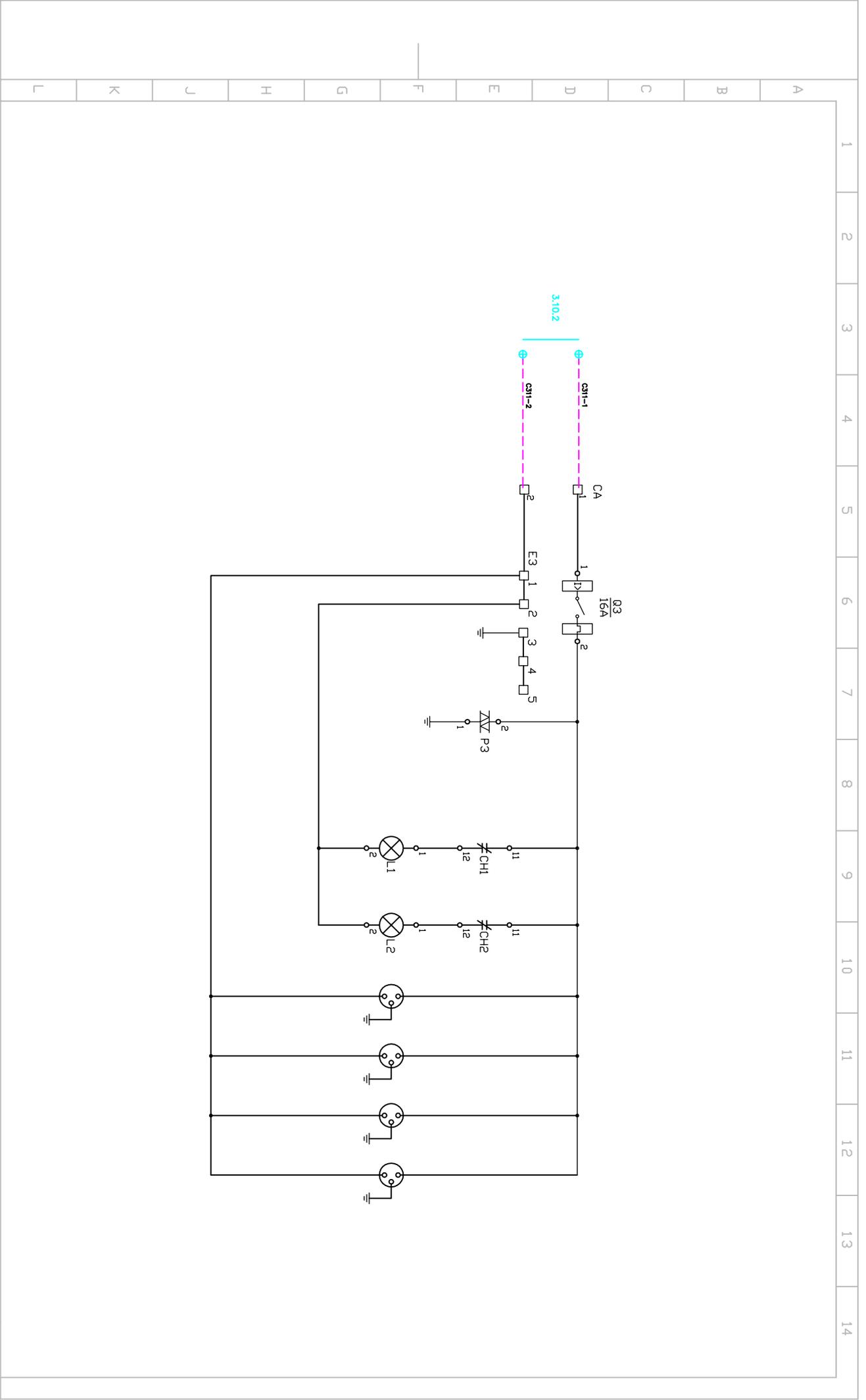
20.10.1

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS UTR  
 FUNCIONAL DE DISTRIBUICAO DE TENSAO AUXILIAR - 125 VCC

NOTA

DATA:

## **ANEXO XXXIII**



DBS:

20.10.2

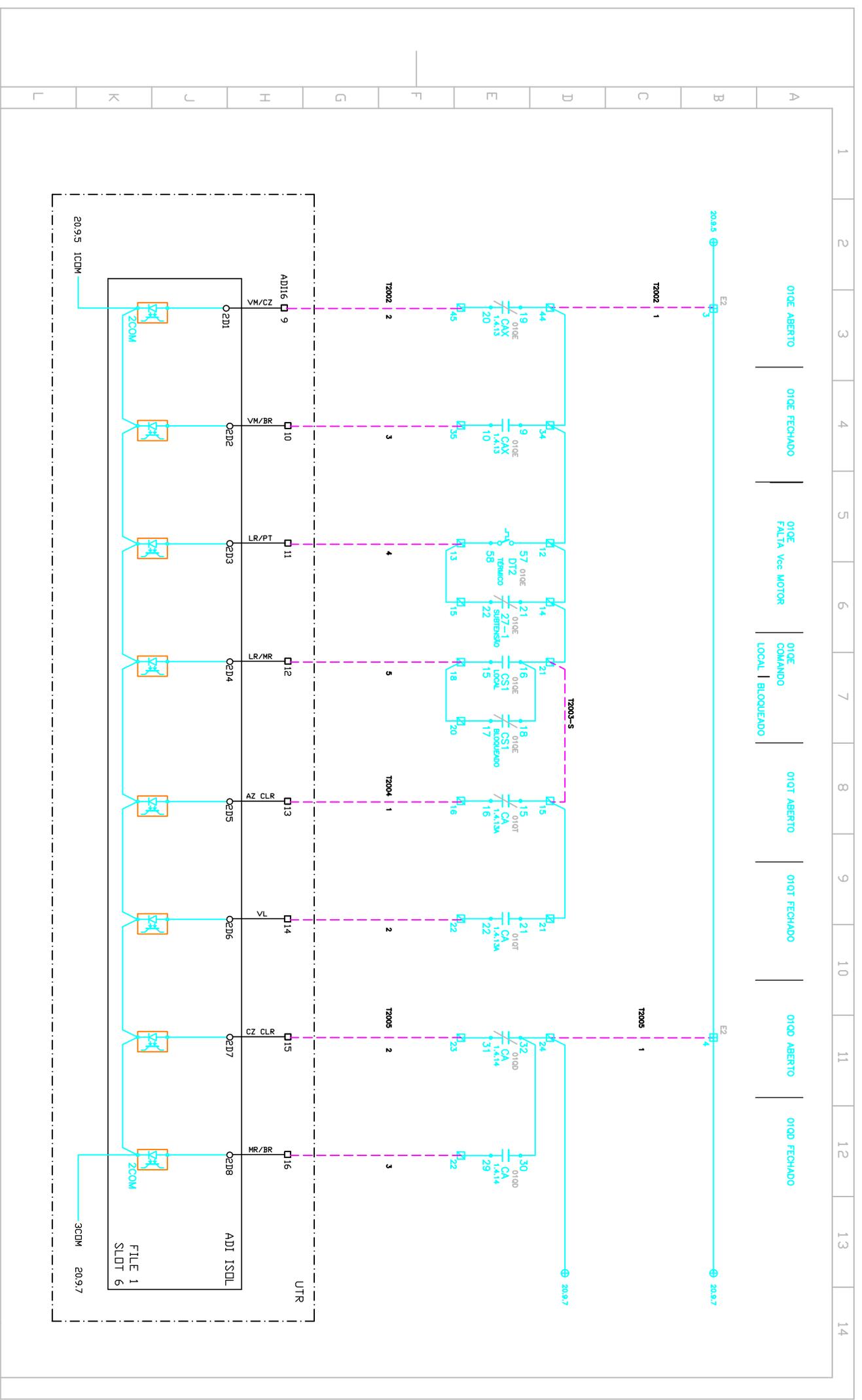
SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELÉTRICOS UTR  
 FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR - 127 Vca

NOTA

DATA:

**ANEXO XXXIV**





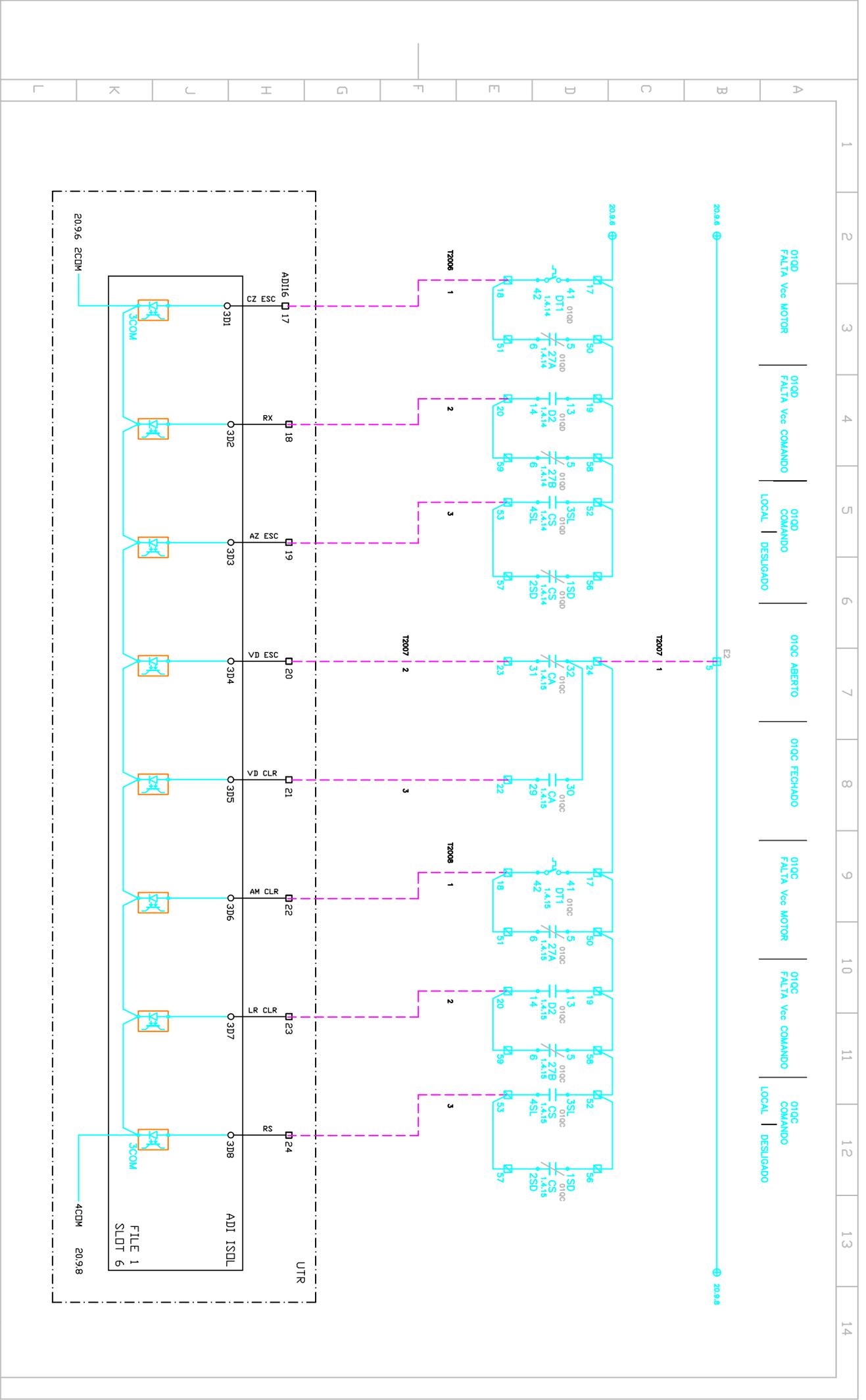
DBS:

20.9.6

SE CENTRO SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS UTR  
 FUNCIONAL DE TELECENTRILE - ENTRADAS DIGITAIS

NOTA

DATA:



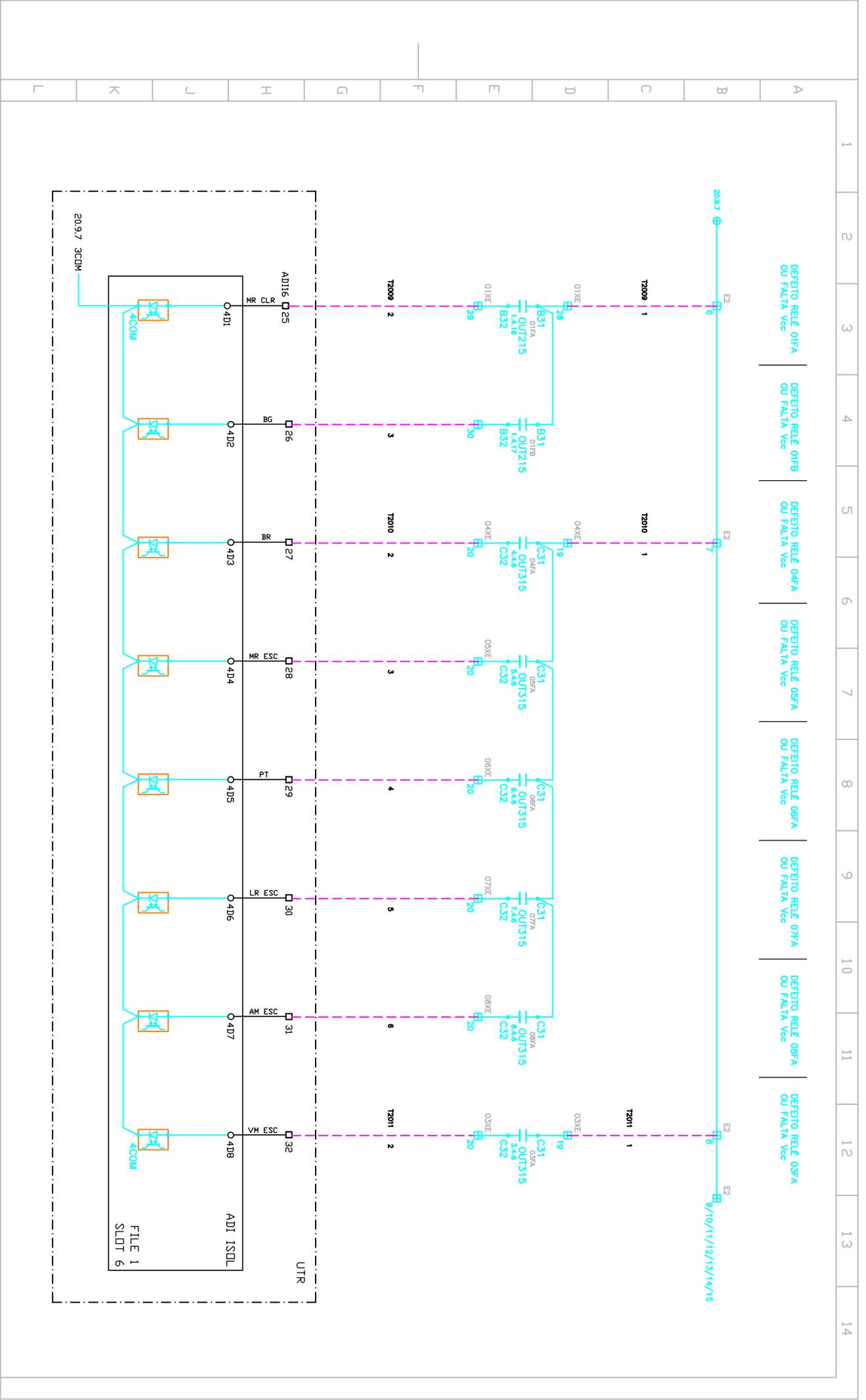
DBS:

20.9.7

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS UTR  
 FUNCIONAL DE TELECENTRIE - ENTRADAS DIGITAIS

NOTA

DATA:



DBS1

20.9.8

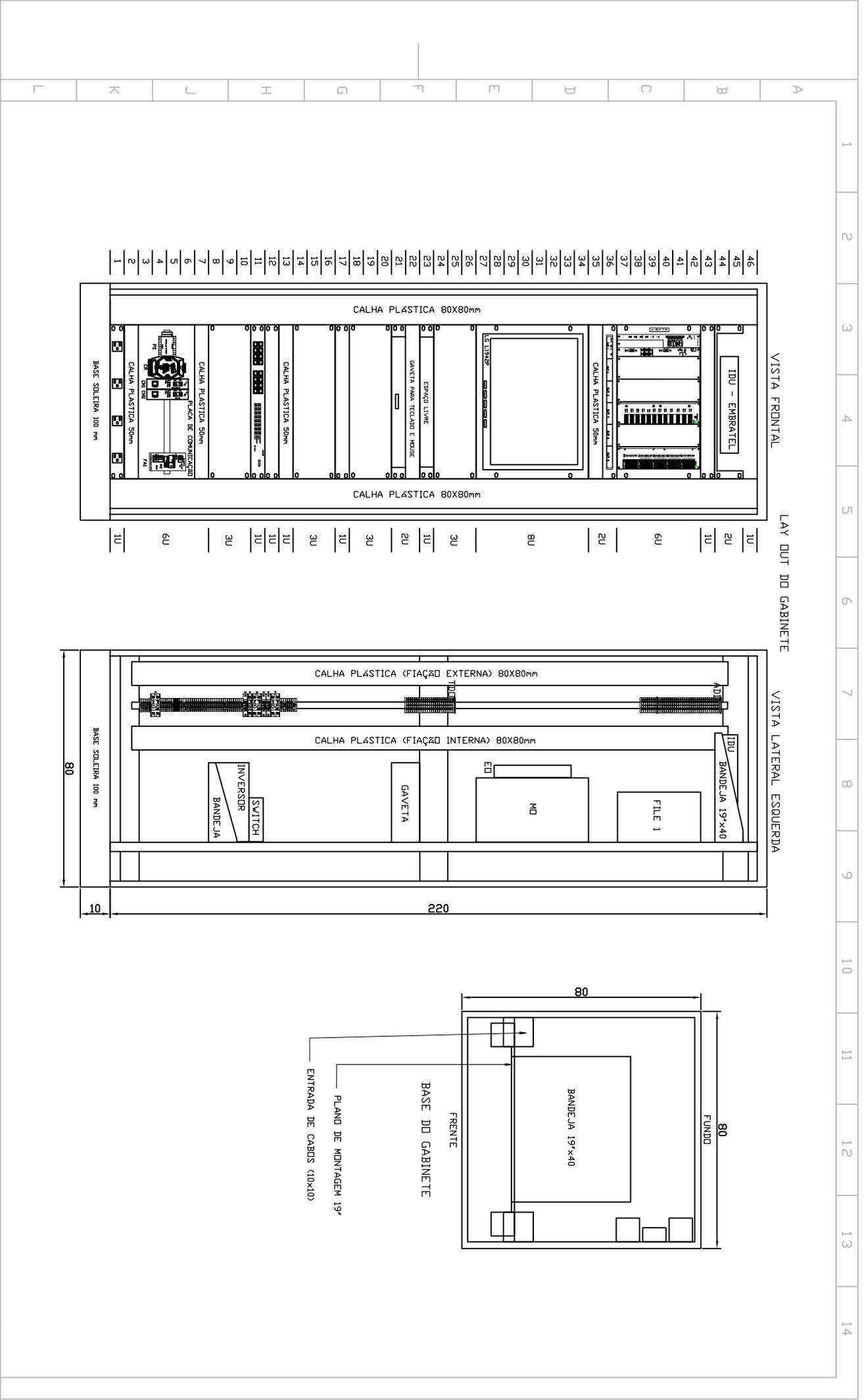
SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS UTR  
 FUNCIONAL DE TELECENTRILE - ENTRADAS DIGITAIS

NOTA

DATA:



**ANEXO XXXV**



VISTA FRONTAL

LAY OUT DO GABINETE

VISTA LATERAL ESQUERDA

DBS:

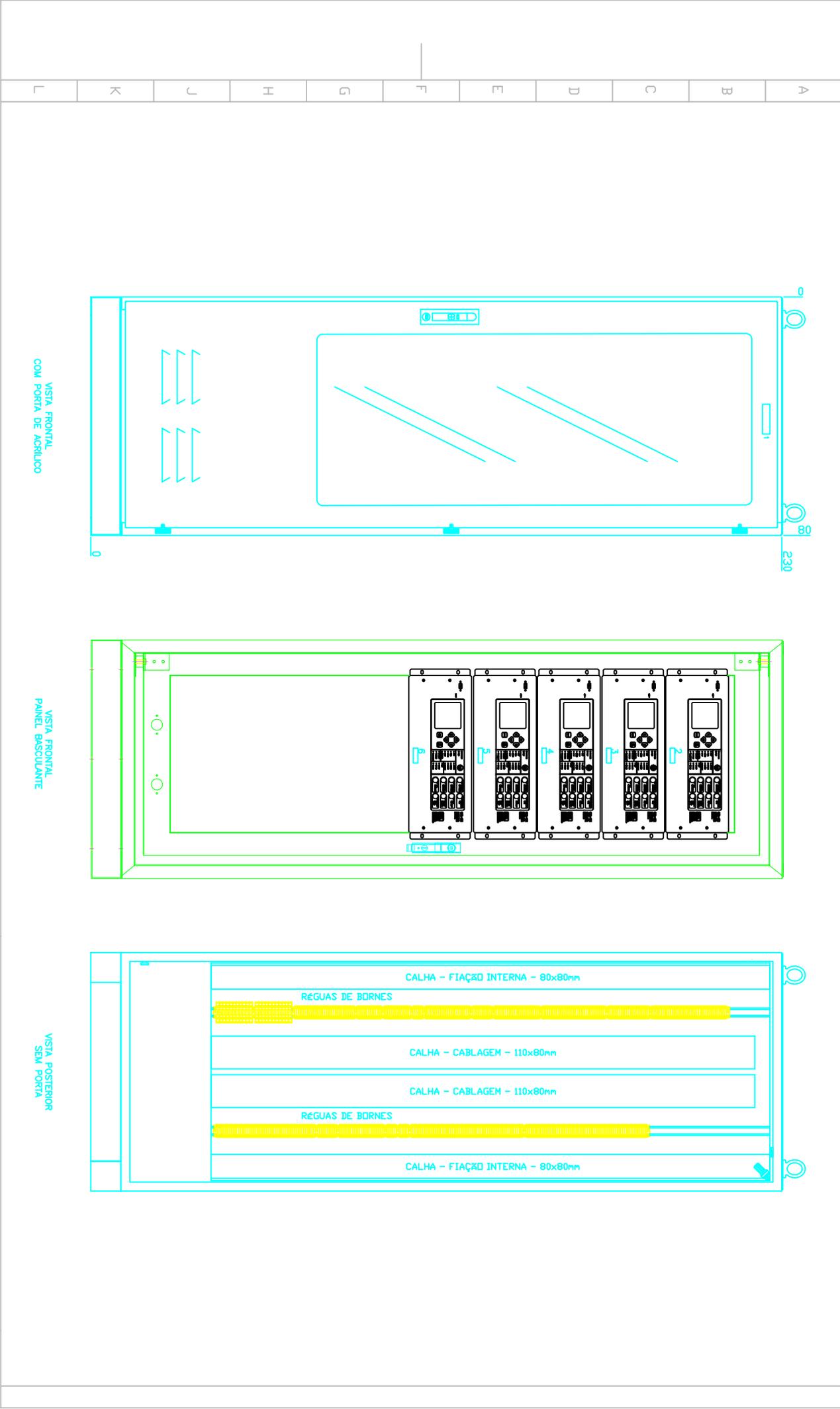
20.20.1

SE CENTRO SERRA  
ESQUEMAS ELETRICOS UTR  
VISTAS DO PAINEL

NOTA

DATA:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



DBS:

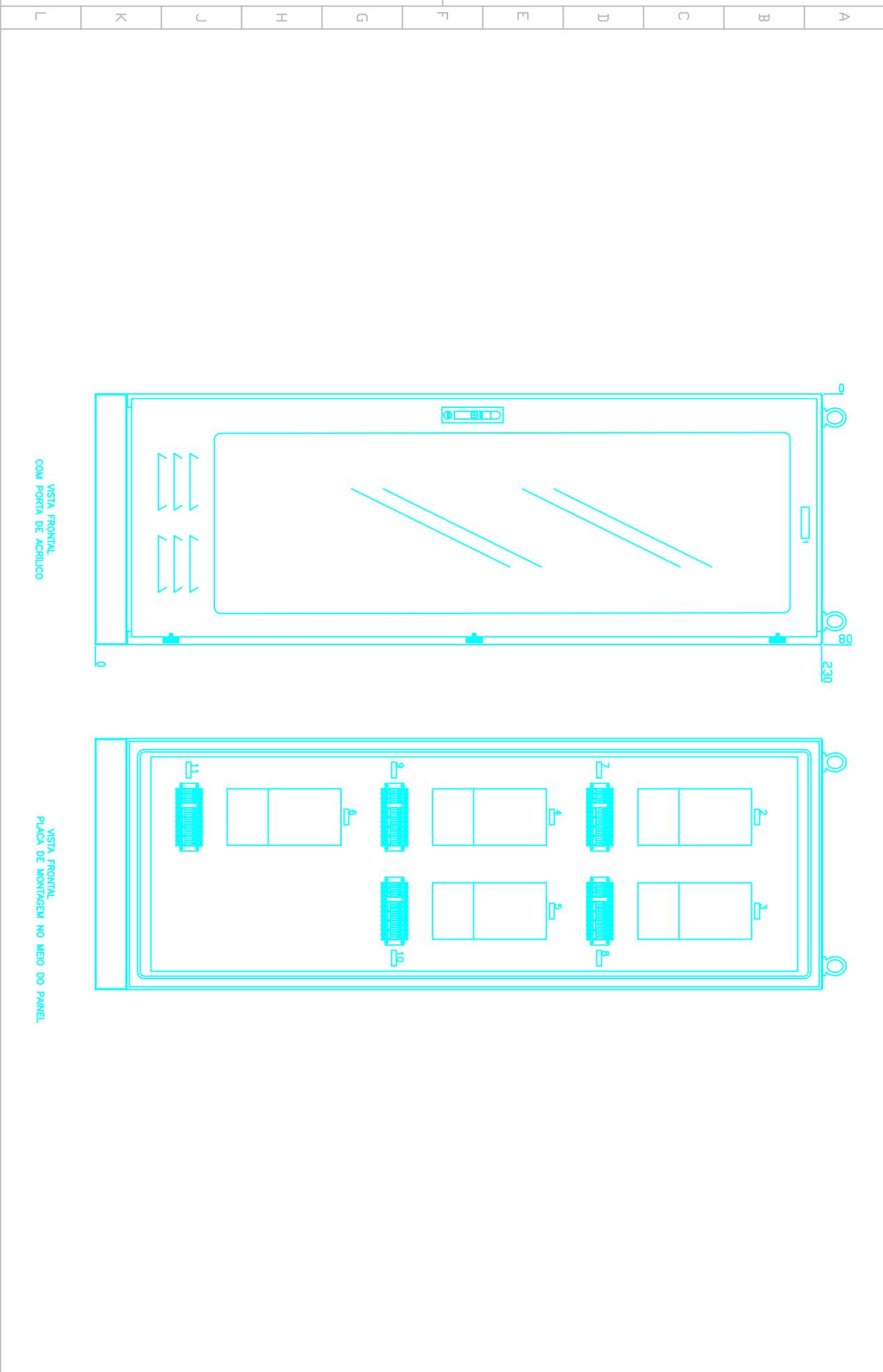
8.20.1

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS 23 KV ALS 1-2-3-4-TRANSFER.  
 VISTAS DO PAINEL

NOTA

DATA:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



VISTA FRONTAL  
COM PORTA DE ACRILICO

VISTA FRONTAL  
PLACA DE MONTAGEM NO MEIO DO PAINEL

DBS:

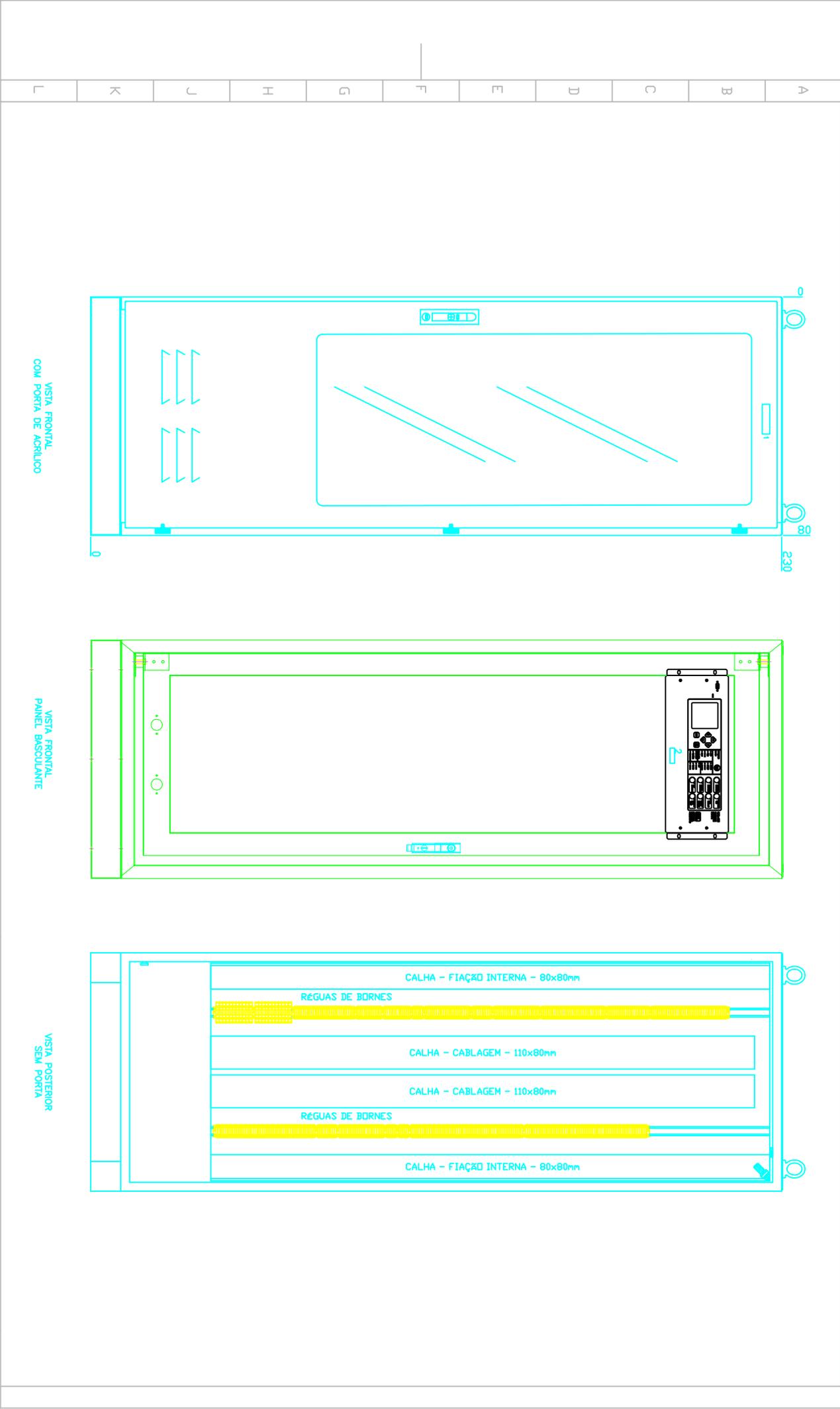
8.20.3

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS 23 KV ALS 1-2-3-4-TRANSFER.  
 VISTAS DO PAINEL DE MEDICAO

NOTA

DATA:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



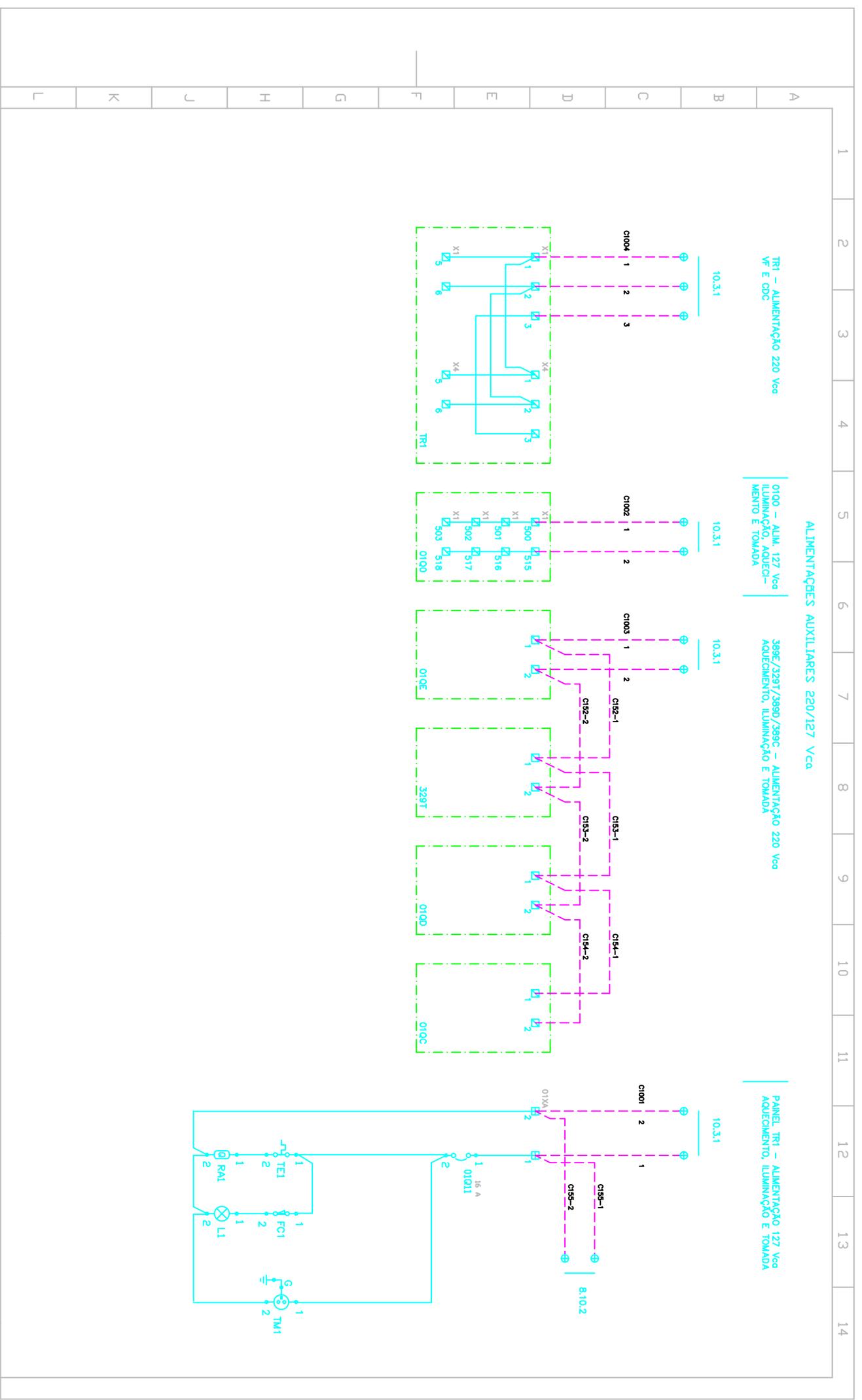
DBS:

3.20.1

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS 23 KV BANCO DE CAPACITORES  
 VISTAS DO PAINEL

NOTA

DATA:



DBS:

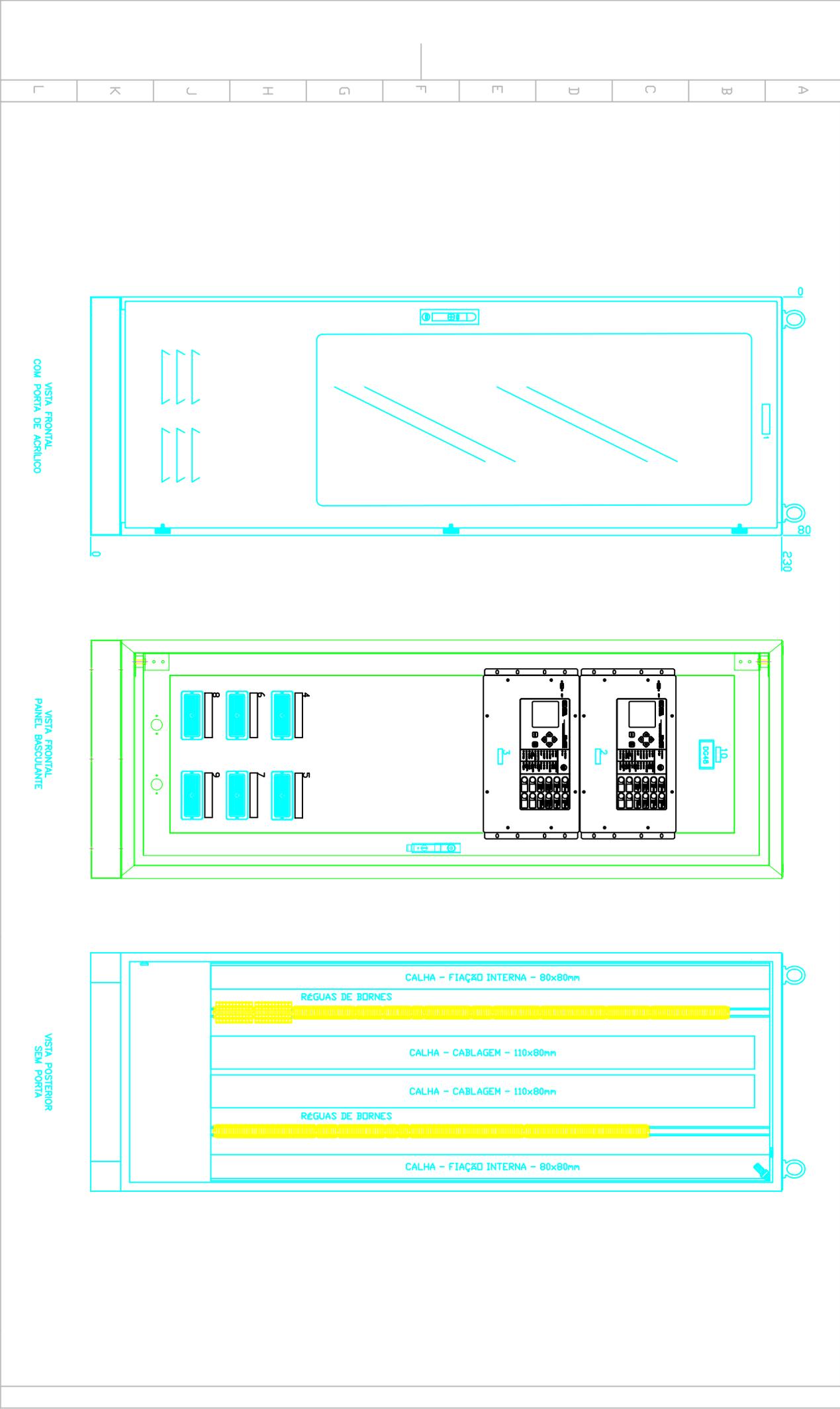
1.10.2

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELÉTRICOS 69/23 KV TR1  
 FUNCIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO AUXILIAR

NOTA

DATA:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



VISTA FRONTAL  
COM PORTA DE ACRILICO

VISTA FRONTAL  
PAINEL BASCULANTE

VISTA POSTERIOR  
SEM PORTA

DBS:1

1.20.1

SE CENTRD SERRA  
 ESQUEMAS ELETRICOS 69/23 KV TRI  
 VISTAS DO PAINEL

NOTA

DATA: