

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA – CEEI  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEE

# Relatório de Estágio Integrado

---

AGRO-INDÚSTRIAS DO VALE DO SÃO FRANCISCO S.A. - AGROVALE

**Antônio Fonseca Fraga Filho**

Campina Grande  
2010

ANTÔNIO FONSECA FRAGA FILHO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO:  
AGRO-INDÚSTRIAS DO VALE DO SÃO FRANCISCO S.A. - AGROVALE

Relatório de Estágio Integrado apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial às exigências para a obtenção do grau de engenheiro eletricitista.

**Orientador: Profº Dr. Talvanes Meneses Oliveira**

Campina Grande  
2010

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, agradeço aos meus pais, que me deram a educação e os princípios dos quais me orgulho, o apoio e o aconchego quando preciso e o seu amor e carinho.

Aos meus irmãos, Marco Antônio e Ramon que posso sempre contar com eles pra o que der e vier, e por apostarem nas minhas idéias, por mais loucas que pareçam.

Aos meus amigos, Williams (Boy) e Yuri (Coru), que são os irmãos que o destino me deu.

À minha namorada, Chalana, pelo seu amor, carinho e broncas, que me ajudaram a terminar esse trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Talvanes Meneses, que aceitou o desafio de me orientar e por ser o modelo de excelente professor.

Ao pessoal da Agrovale: Carlos Eduardo, Caio, Kleber (Vô), Marcelo, Thiago e todo o pessoal da Instrumentação e da Elétrica; que me proporcionaram a experiência que originou este trabalho.

Muito obrigado a todos!!

## RESUMO

O trabalho de estágio desenvolvido na Usina Agrovale teve como principal enfoque a análise das condições de um dos seus centros de controle de motores (CCM) e a proposição de soluções para os problemas encontrados. Alguns desses observados também em outros setores da usina.

O desenvolvimento desse trabalho teve como base a análise *in loco* dos equipamentos e instalações, e o auxílio dos técnicos responsáveis, bem como o estudo da bibliografia da área de instalações elétricas industriais e das normas pertinentes à área. O uso de manuais e guias de fabricantes de equipamentos também tiveram grande importância no norteamento desse trabalho.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	5
1.1 A Empresa .....	5
1.2 Dados Técnicos Da Empresa .....	7
2 Descrição Do Ccm 5 .....	9
2.1 Descrição Física do CCM 5 .....	9
2.2 Cargas do CCM 5 .....	10
2.2.1 Frequência de Uso: .....	10
2.2.2 Tipos de Carga .....	10
2.3 Descrição dos Barramentos do CCM 5 .....	15
2.3.1 Barramento 1 .....	16
2.3.2 Barramento 2 .....	19
2.3.3 Barramento 3 .....	20
2.3.4 No-break .....	20
2.4 Equipamentos Utilizados .....	21
2.4.1 Condutores .....	21
2.4.2 Painel .....	21
2.4.3 Fusível .....	22
2.4.4 Transformador de Corrente (TC) .....	23
2.4.5 Transformador de Comando .....	23
2.4.6 Disjuntor .....	24
2.4.7 Contator .....	25
2.4.8 Relé .....	26
2.4.9 Amperímetro e Voltímetro .....	27
2.4.10 Softstarter .....	27
2.4.11 Inversor .....	27
2.4.12 Transformador de Potência .....	29
2.4.13 Capacitor .....	30
2.4.14 Reostato .....	31
2.4.15 Banco de Resistência .....	32
3 Análises e Comentários .....	33
3.1.1 Documentação .....	33
3.1.2 Identificação .....	35
3.1.3 Painéis .....	38
3.1.4 Cabos e Elementos .....	41
3.1.5 Barramentos e Correção de Fator de Potência .....	42
3.1.6 Pessoal .....	46
4 CONCLUSÃO .....	49
BIBLIOGRAFIA .....	50
APÊNDICE A – SIMBOLOGIA UTILIZADA DE ACORDO COM NBR 5444 .....	52
APÊNDICE B – DIAGRAMA UNIFILAR DE POTÊNCIA DO CCM 5 .....	53
APÊNDICE C – DIAGRAMA TRIFILAR DE POTÊNCIA DOS TOMBADORES 1 E 2 .....	54
APÊNDICE D – DIAGRAMA TRIFILAR DE POTÊNCIA DO TOMBADOR 1 .....	55
APÊNDICE E – DIAGRAMA DE COMANDOS DOS TOMBADORES 1 E 2 .....	56
APÊNDICE F – DIAGRAMA DE COMANDO DOS TOMBADORES 1 E 2 - CONTINUAÇÃO .....	57
ANEXO A – VISTA EXPLODIDA DO VARIADOR ELETROMAGNÉTICO .....	58

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 A EMPRESA

Usina de açúcar situada no vale do São Francisco, chega a empregar três mil funcionários em época de safra, produção plena, mostrada na Figura 1.



Figura 1 – Usina Agrovale  
Fonte: Site da Agrovale

Fundada em 1972, a Agrovale, nasceu da visão empreendedora de seus fundadores e teve sua primeira safra em 1980. Implantada em uma região seca e aparentemente imprópria para a produção de cana-de-açúcar, a empresa tem como marca principal o pioneirismo no setor sucroalcooleiro em cultivar cana-de-açúcar na região do semi-árido do Vale do São Francisco, em área completamente irrigada. (Agro-Indústrias do Vale do São Francisco S.A. – Agrovale, 2007)

Em 2005 foi inaugurada uma nova destilaria na indústria, ampliando a capacidade de produção de 120 mil para 450 mil litros de álcool por dia, ilustrada na Figura 2.



Figura 2 – Destilaria da Agrovale  
Fonte: Site da Agrovale

Os principais produtos da usina são:

- Açúcar cristal sem enxofre, onde este último foi substituído pelo processo de Ozonização, que utiliza o gás ozônio ( $O_3$ ) para a esterilização do caldo da cana-de-açúcar;
- Álcool anidro, praticamente sem água, utilizado como combustível automotivo;
- Bagaço de Cana - utilizado como combustível para caldeiras e vendido como adubo, após o processo de compostagem, além de servir como ração animal a qual é obtida através de hidrólise, a quebra das fibras pela adição de água;
- Energia Elétrica, esta é co-gerada através de turbinas a vapor, o vapor é produzido pela queima do bagaço de cana nas caldeiras da usina.(Agro-Indústrias do Vale do São Francisco S.A. – Agrovale, 2007)

## 1.2 DADOS TÉCNICOS DA EMPRESA

A usina dispõe de quatro turbogeradores, dois de 2MVA e dois de 5MVA, sendo dois destes reservados para produção e venda de energia elétrica, esta venda hoje é de apenas 2MVA. Os demais geradores são reservados para consumo interno. O consumo interno é em média 6MVA durante a safra, sendo a maior parte dessa carga representada por motores de indução. A usina não é auto-suficiente, a parte de irrigação é alimentada pela concessionária local, a COELBA.

A topologia do sistema elétrico utilizada é a radial simples (Mamede Filho, 2007a), onde destacam-se:

- Casa de força, onde a energia é gerada e gerenciada a distribuição da carga entre geradores e fornecedor externo;
- Subestação, onde as tensões dos geradores são condicionadas para venda e para distribuição interna através de transformadores;
- CCM's (Centros de Controle de Motores), onde se localizam os cubículos de comando de motores, esses estão divididos por etapas do processo de produção:
  - CCM 1- Caldeiras;
  - CCM 2- Fabricação de Açúcar;
  - CCM 3 e 4- Moenda e Bombas de Caldo;
  - CCM 5- Admissão e Condicionamento de Cana;
  - CCM 6 - Destilaria.
- UTE (Unidade de Transmissão de Energia), onde é gerenciada a venda de energia.

A presença de automação é crescente na usina que se dá por meio de inversores, CLPs, sensores, transmissores (sensores inteligentes), atuadores pneumáticos e supervisório. Um bom exemplo são as centrífugas, onde ocorre a separação do açúcar e do mel. Esse processo é totalmente automatizado, sendo desnecessária a intervenção humana durante o funcionamento normal das centrífugas, visualizadas na Figura 3.



Figura 3 – Centrífugas de açúcar da Usina  
Fonte: Site da Agrovale

O estágio realizado na usina constituiu-se num trabalho de análise e apresentação de possíveis soluções para o CCM 5, este CCM detém praticamente metade da carga instalada na fábrica. No desenvolvimento deste trabalho primeiramente é descrito todo o contexto do CCM e daí então a apresentação de problemas e a proposição de soluções.

## 2 DESCRIÇÃO DO CCM 5

Este CCM foi escolhido, como dito anteriormente, por ser o detentor da maior parte da carga da usina, cerca de 3,5 MVA, e de grande diversidade de tipos de partidas: direta, via inversor, *softstarter* e reostato (motores de rotor bobinado).

As atividades de análise deste CCM

O CCM 5 possui três barramentos divididos em 16 painéis e 62 circuitos, onde a identificação destes circuitos é precária e muitas vezes confusa, além de carecer de documentação exigida por norma (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004a). Observou-se que a maioria das melhorias e modificações feitas foi de caráter emergencial e sem planejamento, visando, sobretudo, não interromper o processo de produção.

### 2.1 DESCRIÇÃO FÍSICA DO CCM 5

O Centro de Controle de Motores 5 encontra-se próximo à recepção da cana-de-açúcar. Acima deste, encontram-se os motores de grande porte: um de 800 cv e outros dois de 450 cv, além de uma turbina a vapor, o que provoca muita vibração, fissuras na estrutura e gotejamento. O ambiente tem a temperatura controlada por dois condicionadores de ar.

Os painéis e inversores são dispostos sobre valas por onde passam os cabos para os motores, resistores e capacitores, todos estes se encontram fora do CCM e os reostatos encontram-se no interior do CCM. Anexos ao CCM existem duas salas onde estão dispostos os transformadores e alguns painéis.

A alimentação do CCM chega por meio de linhas aéreas trifásicas de 4,16 kV, vindas da casa de força, aos transformadores do CCM. Esses transformadores reduzem a tensão para 380V e alimentam por sua vez os Barramentos 1 e 2. O Barramento 3 recebe uma linha aérea de 380V direto da casa de força, sem intermédio de nenhum transformador.

## 2.2 CARGAS DO CCM 5

A fim de classificar e quantificar a demanda instantânea no CCM 5, as cargas foram divididas quanto ao período de uso e ao tipo.

### 2.2.1 Frequência de Uso:

A usina segue um cronograma de produção em que pode se dividir em duas etapas, safra e o apontamento. Neste cronograma foi definido mais um período para facilidade de enquadramento na demanda das cargas de emergência.

- Safra: Compreende o período de sete meses em que a Usina produz efetivamente o açúcar, álcool e demais produtos da cana-de-açúcar. Durante esse período, as máquinas funcionam a plena carga e é produzida e vendida a energia cogenerada.
- Emergência: O sistema de admissão de cana, tombadores, esteiras e niveladores, têm outro grupo em *stand-by* que só é utilizado caso seja necessária a parada do primeiro (Tombadores 1 e 2, niveladores, esteiras de 35 e 50°).
- Apontamento: Período em que a usina pára e entra em manutenção, reparo e reforma. Esse período compreendeu quase todo o tempo de estágio na usina.

### 2.2.2 Tipos de Carga

As cargas em sua grande maioria são motores elétricos de indução, tendo algumas cargas que merecem atenção por suas características elétricas e necessidades diferenciadas para a sua instalação e proteção.

- Motores de Indução

Os motores trifásicos representam a maior parte da carga da usina. As aplicações destas máquinas se estendem desde a movimentação de esteiras e guindastes até o movimento de máquinas como niveladores, bombas e navalhas. As diferentes aplicações desses motores

trazem consigo a necessidade de diferentes controles e partidas para cada um. O uso de inversores de frequência no controle de velocidade desses motores é comum e crescente na usina, tanto pela facilidade de uso quanto pela versatilidade da integração com a rede de instrumentação da usina. Na Figura 4 é possível visualizar um desses motores utilizados no movimento de niveladores de cana.

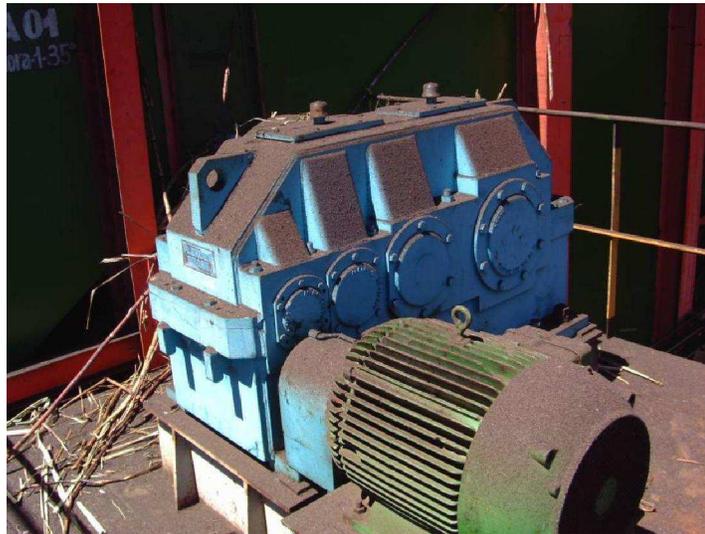


Figura 4 – Motor a indução com redutor movimentando nivelador de cana

- Motores de rotor bobinado

Esses motores eram muito requisitados por permitirem o acesso ao enrolamento do rotor do motor, o que facilitava o controle de velocidade, por meio da variação da resistência neste enrolamento. Por consequência é possível ter a partida suave desses motores, limitando o pico de corrente de partida por meio de resistências. Gradualmente, esses motores foram sendo substituídos por motores de indução controlados por inversores. No CCM 5 existem três desses motores de grande porte instalados: um de 800 cv e dois de 450 cv, ilustrados na Figura 5, que têm por finalidade mover as navalhas de corte de cana.



Figura 5 – Motores de grande porte de rotor bobinado

- Eletroímã

Instalado na área de admissão da cana de açúcar e no seu condicionamento para a extração do caldo. Durante o processamento podem cair na esteira, junto com a cana, pedaços de metal dos equipamentos ou virem juntos da cana suja, o que é muito prejudicial às moendas, o que acarreta na necessidade da retirada desse material. O eletroímã faz essa separação. Esse equipamento utiliza corrente contínua, o que se faz necessário a retificação com uma ponte de diodos trifásica. A proteção do sistema de alimentação do eletroímã é diferenciada, não se adotando a proteção de sobrecorrente (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004b).

- Freio eletromecânico

Na grua e nos tombadores, quando da elevação de carga, os freios são necessários na mudança de sentido e na parada em meia altura. Os freios são liberados sempre que o motor entra em funcionamento e acionados quando os motores são desligados. Este equipamento pode ser visto na Figura 6.

Esses freios são compostos basicamente por: sapatas, pastilhas de metal que são pressionadas pela mola contra a polia e por meio de atrito provocam a frenagem do eixo do motor; polia, disco acoplado ao eixo do motor; mola, pressiona as sapatas contra a polia para a frenagem; e bobina, que, quando acionada, contrai a mola afastando as sapatas da polia e permitindo o eixo do motor girar livremente (FERTRON controle e automação industrial, 2006).

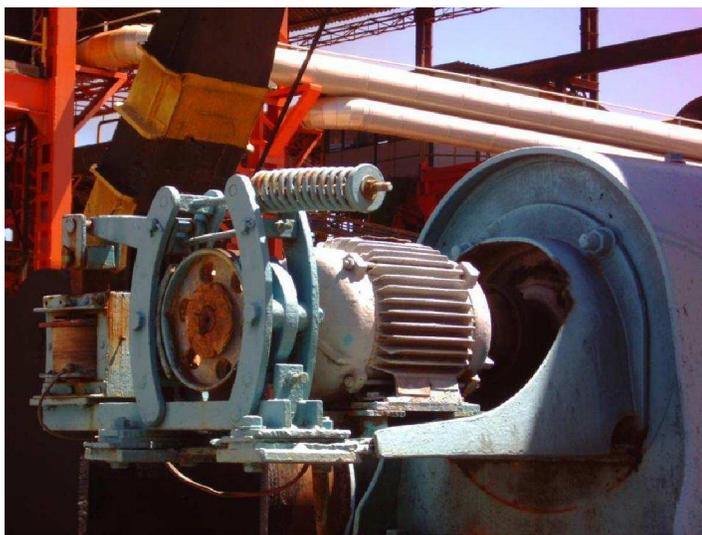


Figura 6 – Motor a indução com freio eletromecânico

- Iluminação

A iluminação interna e de parte da fábrica tem a sua alimentação e comandos no CCM 5, com um detalhe: a possibilidade de ser alimentada por duas fontes, caso uma falhe, a outra tem de assumir a função. O sistema de iluminação está ligado tanto ao barramento 1 alimentado pelo gerador 3, quanto ao barramento 3 ligado ao gerador 2 ou à COELBA, empresa de distribuição de energia elétrica local.

- Condicionadores de ar

Estes aparelhos mantêm baixa a temperatura no CCM de modo a limitar o aquecimento dos elementos de circuito dentro dos painéis, os quais são mantidos abertos para garantir a ventilação dos equipamentos.

- Máquinas de Solda

Durante o período de Apontamento, os serviços de manutenção utilizam máquinas de solda do tipo transformadora ligadas às tomadas trifásicas no exterior do CCM. Estas máquinas servem para a manutenção de elementos de máquinas mecânicas, tais como eixos, esteiras, polias, engrenagens, etc.

- Resistências de aquecimento

Quando os motores de grande porte ficam muito tempo parados, ou durante a sua manutenção, estes podem ser expostos à umidade, reduzindo, assim, sua vida útil, caso funcionem nesta condição. Por isso foram colocadas resistências de aquecimento nas carcaças para garantir que estes se mantenham secos. O uso dessas resistências é esporádico.

- Variador de velocidade eletromagnético

Além dos Inversores de frequência e dos motores de rotor bobinado, a outra forma utilizada na Usina para variar a velocidade de uma máquina acoplada a um motor de indução, tem sido o variador de velocidade eletromagnético.

A função de um variador de velocidade é a de regular e manter constante a velocidade da máquina, independente das variações de carga. O torque também permanece constante em toda a extensão da faixa de velocidade, praticamente de 100 rpm para cima.

Um sistema de realimentação (*FEED-BACK*) com um gerador piloto como “SENSOR” providencia a variação de tensão do campo em função das variações de carga, de modo a manter inalterada a velocidade do variador.(VARIMOT Acionamentos LTDA)

Esse variador é utilizado na Usina para controle da esteira de emergência que alimenta a cana no triturador, como pode ser visto na Figura 7. Não é possível visualizar o esquema de vista explodida deste variador.



Figura 7 – Motor a indução acoplado a variador eletromagnético

### 2.3 DESCRIÇÃO DOS BARRAMENTOS DO CCM 5

A alimentação dos comandos não é centralizada, de forma que em cada barramento encontra-se um transformador de comando monofásico de 380/220 V para a alimentação dos mesmos.

Cada transformador possui um contator a montante, o que permite o desligamento desses transformadores e dos circuitos de comando que eles alimentam a partir da casa de força. Esse esquema de desligamento permite que as cargas sejam desativadas antes da abertura das chaves seccionadoras, o que do contrário ocorreria o surgimento de arco elétrico, danificando as chaves.

Todos os barramentos têm a tensão de projeto de 380 V trifásica. A alimentação dos barramentos entra nos painéis por cima, através de calhas elétricas.

## 2.3.1 Barramento 1

Este barramento dispõe de dois transformadores de 1000 kVA cada, somando assim um total de 2000 kVA. A maior parte da carga encontra-se ligada a esse barramento. A relação dessas cargas encontra-se no Quadro 1. As cargas nos quadros que seguem não estão apresentadas considerando a sua correção de fator de potência, já que a correção ocorre diretamente no barramento e houve dificuldade na identificação dos capacitores instalados no CCM 5.

Barramento		1				
Frequência	Tipo de Partida	Identificação da Carga	Potência Consumida (KW)	Potência Reativa (KVAR)	Potência Aparente (KVA)	FP
<b>Apontamento</b>	DIRETA	Grua 2	43,81	26,00	50,94	0,86
	<b>DIRETA Total</b>		<b>43,81</b>	<b>26,00</b>	<b>50,94</b>	<b>0,86</b>
	DIRETA PEQUENA CARGA	Máquina de Solda 1	17,99	23,99	29,99	0,60
		Máquina de Solda 2	17,99	23,99	29,99	0,60
		Máquina de Solda 3	17,99	23,99	29,99	0,60
		Máquina de Solda 4	17,99	23,99	29,99	0,60
		Máquina de Solda 5	17,99	23,99	29,99	0,60
		Máquina de Solda 6	17,99	23,99	29,99	0,60
	<b>DIRETA PEQUENA CARGA Total</b>		<b>107,95</b>	<b>143,93</b>	<b>179,91</b>	<b>0,60</b>
	<b>Apontamento Total</b>		<b>151,76</b>	<b>169,92</b>	<b>227,82</b>	<b>0,67</b>
<b>Emergência</b>	DIRETA	Esteira Patio Nivelador	32,07	20,71	38,18	0,84
		Mesa Alimentadora 2 Nivelador	16,32	10,97	19,66	0,83
		Tombador 3	24,24	15,02	28,51	0,85
		Tombador 3 Baleia	2,81	2,71	3,90	0,72
		Tombador 3 Carrinho 1	2,81	2,71	3,90	0,72
		Tombador 3 Carrinho 2	2,81	2,71	3,90	0,72
		Tombador 3 Freio	1,47	1,50	2,10	0,70
		Tombador 3 Ventilador	2,66	1,99	3,32	0,80
	<b>DIRETA Total</b>		<b>85,18</b>	<b>58,32</b>	<b>103,23</b>	<b>0,83</b>
	DIRETA COM VARIADOR ELETROMAGNÉTICO	Esteira do Patio	59,29	32,00	67,38	0,88
	Mesa Alimentadora 2	24,24	15,66	28,85	0,84	
<b>DIRETA COM VARIADOR ELETROMAGNÉTICO Total</b>		<b>83,53</b>	<b>47,66</b>	<b>96,17</b>	<b>0,87</b>	

Barramento		1				
Frequência	Tipo de Partida	Identificação da Carga	Potência Consumida (KW)	Potência Reativa (KVAR)	Potência Aparente (KVA)	FP
<b>Emergência Total</b>			<b>168,71</b>	<b>105,98</b>	<b>199,23</b>	<b>0,85</b>
<b>Safra</b>	DIRETA	Cush-Cush	6,27	4,38	7,65	0,82
		Desfibrador Bomba Oleo 1	4,30	3,12	5,31	0,81
		Desfibrador Bomba Oleo 2	4,30	3,12	5,31	0,81
		Desfibrador Rolo	24,24	15,66	28,85	0,84
		Eletroimã	6,42	6,37	9,04	0,71
		Eletroimã Motor	1,47	1,50	2,10	0,70
		Espalhador	24,24	15,66	28,85	0,84
		Esteira 5-Eletr.*	32,07	19,88	37,73	0,85
		Esteira Auxiliar Bomba Esgoto	6,27	4,38	7,65	0,82
		Esteira Auxiliar Nivelador	24,24	15,02	28,51	0,85
		Mesa 35° Nivelador 1	12,46	8,37	15,01	0,83
		Mesa 35° Nivelador 2	12,46	8,37	15,01	0,83
		Motor Reostato 1	0,42	0,52	0,66	0,63
		Motor Reostato 2	0,42	0,52	0,66	0,63
		Tombador 1 Baleia	2,81	2,71	3,90	0,72
		Tombador 1 Carrinho	2,81	2,71	3,90	0,72
		Tombador 1 Freio	1,47	1,50	2,10	0,70
		Tombador 2 Baleia	2,81	2,71	3,90	0,72
		Tombador 2 Carrinho	2,81	2,71	3,90	0,72
		Tombador 2 Freio	1,47	1,50	2,10	0,70
		Triturador Bomba Óleo	3,50	2,63	4,38	0,80
		Ventilador 1	59,48	28,81	66,09	0,90
		Ventilador 2	59,48	28,81	66,09	0,90
		Ventilador 3	59,48	28,81	66,09	0,90
		Ventilador 4	59,48	28,81	66,09	0,90
	<b>DIRETA Total</b>		<b>415,19</b>	<b>238,53</b>	<b>478,83</b>	<b>0,87</b>
	DIRETA PEQUENA CARGA	Circuito Comandos 1	1,86	2,12	2,82	0,66
		Iluminação Externa	2,63	4,55	5,26	0,50
		Iluminação Interna	0,53	0,91	1,05	0,50
		Navalha 1 Resistência	1,00	0,00	1,00	1,00
		Navalha 2 Resistência	1,00	0,00	1,00	1,00
		Navalha 3 Resistência	1,00	0,00	1,00	1,00
		Refrigeração Interna 1	6,20	3,84	7,29	0,85
		Refrigeração Interna 2	6,20	3,84	7,29	0,85
	<b>DIRETA PEQUENA CARGA Total</b>		<b>20,41</b>	<b>15,27</b>	<b>25,49</b>	<b>0,80</b>
	INVERSOR	Adensador Motor 1	117,20	78,76	141,20	0,83
		Adensador Motor 2	117,20	78,76	141,20	0,83
		Esteira 1-Eletr.*	24,24	15,66	28,85	0,84
		Esteira 2-Eletr.*	32,07	19,88	37,73	0,85

Barramento 1						
Frequência	Tipo de Partida	Identificação da Carga	Potência Consumida (KW)	Potência Reativa (KVAR)	Potência Aparente (KVA)	FP
		Esteira 3-Eletr.*	32,07	19,88	37,73	0,85
		Esteira 4-Eletr.*	39,78	23,61	46,26	0,86
		Esteira Auxiliar	40,00	25,84	47,62	0,84
		Esteira de Borracha	78,72	44,61	90,48	0,87
		Esteira Principal	98,08	58,20	114,05	0,86
		Mesa 35° Motor 1	40,00	25,84	47,62	0,84
		Mesa 35° Motor 2	40,00	25,84	47,62	0,84
		Mesa 50° Motor 1	59,29	32,00	67,38	0,88
		Mesa 50° Motor 2	59,29	32,00	67,38	0,88
		Tombador 1	59,29	32,00	67,38	0,88
		Tombador 2	59,29	32,00	67,38	0,88
	<b>INVERSOR Total</b>		<b>896,52</b>	<b>544,86</b>	<b>1.049,10</b>	<b>0,85</b>
	REOSTATO	Navalha Motor 1	348,63	188,17	396,17	0,88
		Navalha Motor 2	348,63	188,17	396,17	0,88
	<b>REOSTATO Total</b>		<b>697,26</b>	<b>376,34</b>	<b>792,34</b>	<b>0,88</b>
	SOFT-STARTER	Esteira 6-Eletr.*	32,07	19,88	37,73	0,85
	<b>SOFT-STARTER Total</b>		<b>32,07</b>	<b>19,88</b>	<b>37,73</b>	<b>0,85</b>
<b>Safra Total</b>			<b>2.061,45</b>	<b>1.194,87</b>	<b>2.382,71</b>	<b>0,87</b>
<b>Total geral</b>			<b>2.381,92</b>	<b>1.470,77</b>	<b>2.799,41</b>	<b>0,85</b>

Quadro 1 – Listagem de cargas instaladas no Barramento 1 do CCM 5

## 2.3.2 Barramento 2

Este barramento possui um único transformador de 1000 kVA e alimenta três grandes motores: um motor de 800 cv de rotor bobinado e outros dois motores de 200 e 250 cv cada. Estes últimos possuem partida direta. A relação de cargas encontra-se no Quadro 2.

Barramento		2				
Frequência	Tipo de Partida	Identificação da Carga	Potência Consumida (kW)	Potência Reativa (KVAR)	Potência Aparente (KVA)	FP
<b>Safra</b>	DIRETA	Caldo Dosado Bomba 1	155,60	92,33	180,93	0,86
		Caldo Dosado Bomba 2	194,50	115,41	226,17	0,86
	<b>DIRETA Total</b>		<b>350,11</b>	<b>207,74</b>	<b>407,10</b>	<b>0,86</b>
	DIRETA PEQUENA					
	CARGA	Circuito Comandos 2	1,86	2,12	2,82	0,66
	<b>DIRETA PEQUENA CARGA Total</b>		<b>1,86</b>	<b>2,12</b>	<b>2,82</b>	<b>0,66</b>
	REOSTATO	Navalha Motor 3	619,79	497,25	794,60	0,78
	<b>REOSTATO Total</b>		<b>619,79</b>	<b>497,25</b>	<b>794,60</b>	<b>0,78</b>
<b>Safra Total</b>			<b>971,76</b>	<b>707,11</b>	<b>1.201,80</b>	<b>0,81</b>
<b>Total geral</b>			<b>971,76</b>	<b>707,11</b>	<b>1.201,80</b>	<b>0,81</b>

Quadro 2 – Listagem de cargas instaladas no Barramento 2 do CCM 5

### 2.3.3 Barramento 3

O transformador de 1500 kVA, localizado na Casa de Força, alimenta dois motores de grande porte, 350 cv, e pequenas cargas (como, por exemplo, a iluminação). A listagem das cargas do Barramento 3 encontra-se, no Quadro 3.

Barramento 3						
Frequência	Tipo de Partida	Identificação da Carga	Potência Consumida (kW)	Potência Reativa (KVAR)	Potência Aparente (KVA)	FP
<b>Safra</b>	DIRETA	Triturador Motor 1	270,87	153,51	311,35	0,87
		Triturador Motor 2	270,87	153,51	311,35	0,87
	<b>DIRETA Total</b>		<b>541,75</b>	<b>307,02</b>	<b>622,70</b>	<b>0,87</b>
	DIRETA PEQUENA CARGA	Circuito Comandos 3	1,86	2,12	2,82	0,66
	<b>DIRETA PEQUENA CARGA Total</b>		<b>1,86</b>	<b>2,12</b>	<b>2,82</b>	<b>0,66</b>
<b>Safra Total</b>			<b>543,61</b>	<b>309,14</b>	<b>625,36</b>	<b>0,87</b>
<b>Total geral</b>			<b>543,61</b>	<b>309,14</b>	<b>625,36</b>	<b>0,87</b>

Quadro 3 – Listagem de cargas instaladas no Barramento 3 do CCM 5

### 2.3.4 No-break

Os circuitos do CCM 5 são alimentados por um conjunto de *No-breaks* que garante o fornecimento ininterrupto de energia para equipamentos essenciais, como os módulos da instrumentação instalados no CCM 5, e alguns acessórios de disjuntores do tipo de caixa aberta, explicitados adiante, de grandes cargas. Essa solução foi encontrada pelos técnicos para evitar a queima de alguns componentes durante as falhas de alimentação no CCM.

## 2.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

A seguir são apresentados os equipamentos utilizados na montagem dos circuitos encontrados no CCM 5.

### 2.4.1 Condutores

Um dos aspectos importantes no projeto de instalações elétricas é o dimensionamento dos condutores, e devem ser levados em consideração não só a corrente solicitada pela carga, mas também a disposição, o comprimento e a isolação destes. Bem como, a natureza da carga, tipo de sistema, se mono, bi ou trifásico, e a tensão do circuito.

Os fios, os cabos e os barramentos no CCM 5 são todos de cobre. Quando a secção reta dos cabos ultrapassa 300 mm<sup>2</sup> são utilizados mais de um cabo por fase, obedecendo a capacidade de corrente necessária para aquele circuito em específico (Mamede Filho, 2007b). Esse procedimento tem a intenção de facilitar a instalação dos cabos, tendo em vista que cabos de secções maiores apresentam dificuldade para curvá-los.

### 2.4.2 Painel

Os elementos de proteção e controle de circuitos são montados dentro dos painéis de modo que se possa:

- Facilitar o controle e operação de um grupo de cargas;
- Monitorar a operação do sistema e facilitar a coordenação dos circuitos instalados;
- Permitir a operação seqüencial entre circuitos e também o intertravamento entre estes.(Agrawal, 2001)

Os painéis utilizados na usina são exibidos na Figura 8. Todos eles são fechados e não-compartmentados, com botoeiras e instrumentos de medição nas portas.



Figura 8 – Painéis do CCM 5



Figura 9 – Comandos de partidas diretas com disjuntor do CCM 5

### 2.4.3 Fusível

Amplamente utilizado na proteção de curto-circuito por apresentar um custo inferior aos disjuntores. O tipo mais utilizado na usina é o do tipo NH. Não apresenta a segurança dos disjuntores, pois apresentam um histórico de acidentes no seu manuseio na empresa.

#### 2.4.4 Transformador de Corrente (TC)

Os transformadores de corrente são constituídos de um enrolamento primário feito normalmente de poucas espiras de cobre, um núcleo de ferro e um enrolamento secundário para a corrente nominal padronizada, normalmente 5A.(Mamede Filho, 2007c)

Na usina os TCs são usados para:

- Medição de corrente associados a amperímetros, e normalmente a corrente de grandes motores e do barramento.
- Medição de corrente para o controle de carga pela instrumentação. A corrente de um motor reflete indiretamente o esforço mecânico que o motor exerce, de forma que esta pode ser usada para o controle das esteiras que alimentam a máquina à qual o motor está associado. O controle pode ser por PID (controlador Proporcional Integral Derivativo) ou por *dead-beat*, este último normalmente utilizando um relé de corrente, quando a corrente atinge determinado limite a atuação é cortada e mantém-se a variável de saída;
- Proteção de sobrecorrente para cargas muito grandes - o custo elevado de relés de grande porte estimulou o uso de TCs associados a relés térmicos pequenos, até 5A, para reduzir custos.

#### 2.4.5 Transformador de Comando

É um transformador monofásico com aplicação específica para alimentação de circuitos de comando, oferece isolação galvânica, limitação da capacidade de curto-circuito e efeito supressor em transitório não-linear (Siemens LTDA, 2006).

Como já citado anteriormente, cada barramento apresenta um transformador de comando para alimentar os comandos de seus respectivos circuitos. Porém, é corriqueiro o uso de alimentação de comandos por transformadores de outro barramento, de forma que causam transtornos na instalação de novos circuitos e na manutenção dos antigos.

#### 2.4.6 Disjuntor

“É um equipamento de comando e de proteção de circuitos de baixa tensão, cuja finalidade é conduzir continuamente a corrente de carga sob condições nominais e interromper correntes anormais de sobrecarga e de curto-circuito.”(Mamede Filho, 2007d)

- Caixa moldada

Os disjuntores de caixa moldada são de uso geral na usina e atendem desde pequenas cargas até motores de médio porte, 75 kW. O custo deste equipamento levou seu uso em máquinas maiores a ser substituído por fusíveis. Existem vários modelos que permitem ampliar suas aplicações para além da proteção contra corrente de curto-circuito, tais como: abertura e fechamento remoto via bobinas, como contadores; uso em lógica de comando; contadores auxiliares; e proteção adicional contra sobrecorrentes. O uso mais comum é a proteção contra curto-circuito e sobrecorrentes. Na Figura 9 é possível observar a aplicação deste tipo de disjuntor, sendo o primeiro elemento a montante do circuito.

- Caixa aberta

Normalmente utilizados na usina para operar e proteger grandes motores, acima de 250 kW. O exemplar exibido na Figura 10, por exemplo, opera um motor de 350 cv (265 kW). Eles oferecem grande versatilidade por possibilitarem a adição de vários acessórios como relés de fechamento, de abertura, de subtensão, contatos auxiliares, e além de permitir o ajuste dos limites de corrente de curto-circuito e sobrecorrente (BEGHIM INDÚSTRIA E COMÉRCIO S/A, 2003). Esses disjuntores possuem uma mola que precisa ser carregada para poder fechar os contatos, como também existe a opção de motorizar esse procedimento, muito parecido com o de dar corda num relógio, mas os modelos instalados nesse CCM não oferecem essa comodidade.



Figura 10 – Disjuntor de caixa aberta de 1.250A

#### 2.4.7 Contator

Os contadores são usados para o comando, intertravamento e coordenação entre circuitos, nos circuitos que compartilham inversores: tombadores 1 e 2 e os motores do triturador; e nos circuitos com mais de uma fonte: iluminação. Eles também são largamente utilizados em circuitos de comando, a exemplo disso o sistema de partida dos motores com rotor bobinado, exibido na Figura 11, em que se faz necessária uma sequência de procedimentos para a partida dos mesmos:

1. Fechamento dos contatos de potência do estator;
2. Fechamento dos contatos dos capacitores;
3. Início do movimento do reostato;
4. Fim do movimento do reostato;
5. Curto-circuito dos anéis do rotor.

Todo esse procedimento é realizado através de contadores auxiliados por temporizadores, relés e chaves fim-de-curso.



Figura 11 – Pannel de partida de motor a rotor bobinado com reostato

#### 2.4.8 Relé

É um instrumento versátil, existem diversos modelos, que utilizados em conjunto com contadores e módulos de automação garantem a proteção de circuitos e o controle destes. A seguir são apresentados os modelos utilizados no CCM 5

- Térmico

Usado principalmente na proteção de motores com partida direta, muitas vezes, substituído por disjuntores termomagnéticos. Atuam quando o elemento térmico sofre deformações devido à intensidade e o tempo da corrente do circuito. Quanto maior a intensidade da corrente, menor será o tempo de atuação do relé. Na Figura 9 pode ser observado, é o último elemento a jusante.

- Falta de Fase

Na usina, esse relé é utilizado na proteção de grandes motores de 450 cv e de 800 cv. Este atua quando uma ou mais fases têm um afundamento de tensão repentino, desbalanceando as tensões, podendo provocar danos aos enrolamentos do motor.

- De corrente

Esse relé pode ser ajustado para atuar em um nível de corrente pré-configurado, e é utilizado pela instrumentação para o controle de esteiras e em outros atuadores, tendo como variável observada a corrente de determinado motor.

A atuação desse relé, diferente do relé de sobrecorrente, é instantânea, não depende do tempo de aplicação da corrente no circuito, apenas da sua intensidade. Basta que a corrente atinja o valor de intensidade pré-configurado para que esse relé atue.

#### 2.4.9 Amperímetro e Voltímetro

Instrumentos utilizados para acompanhar os valores da corrente e tensão em grandes motores e nos barramentos no CCM 5. Nesses instrumentos existem duas bobinas, uma fixa e a outra móvel, que ao serem alimentadas repelem-se defletindo uma agulha que indica numa escala a tensão ou corrente equivalente à grandeza aplicada aos seus terminais (Mamede Filho, 2007e).

#### 2.4.10 Softstarter

Chave estática que, por meio da modulação da tensão nos terminais dos motores de indução, controla a partida e parada destes. No CCM 5 uma dessas chaves é utilizada para partida suave em rampa de um motor de 40 cv que movimenta uma esteira.

#### 2.4.11 Inversor

O inversor é amplamente utilizado para controle de esteiras que trabalham em conjunto, e motores de grande porte que precisam ter a velocidade controlada, a exemplo cita-se as esteiras de 1 a 6 do sistema a seco e dos tombadores 1 e 2. Há também um inversor utilizado como *softstarter*, apenas para partir motores de grande porte, os motores do triturador (ambos de 350 cv). Neste caso o inversor é compartilhado entre ambos e comutado entre um ou outro através de contadores intertravados. O uso de inversores também permitiu o

controle via instrumentação utilizando a interface *devicenet*. Na Figura 12 são ilustrados alguns inversores do CCM 5.



Figura 12 – Inversores de frequência do CCM 5

Por controlarem o motor por meio de chaveamento de alta frequência, os inversores são grandes fontes de harmônicos o que torna o uso de capacitores na rede limitado e necessário, solicitando algum cuidado no dimensionamento de transformadores. Para amenizar a influência dos harmônicos na rede é comum o uso de filtros (Mamede Filho, 2007f), exibidos na Figura 13.



Figura 13 – Inversores de frequência com filtros de harmônicos

#### 2.4.12 Transformador de Potência

O CCM 5 dispõe de três transformadores de 1.000 kVA, sendo dois em paralelo para o Barramento 1, e o terceiro para o Barramento 2, exibidos nas Figura 14 e Figura 15, respectivamente. Todos estes se encontram no próprio CCM e permitem a transformação da tensão de 4.160 V para 380 V trifásico. O barramento 3 recebe a energia de um quarto transformador que se encontra na casa de força, essa energia é transportada a 380 V direto para o CCM. Todos os transformadores são da classe 65°C.



Figura 14 – Transformadores em paralelo de 1.000 kVA cada



Figura 15 – Transformador do Barramento 2 de 1.000 kVA

### 2.4.13 Capacitor

Todos os capacitores para a compensação do fator de potência (fp) são instalados diretamente no barramento. Para a compensação do fp exigido por norma, 0,92 (Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil), 2000) ainda são necessários cerca de 250 kvar a mais, tendo em vista que não se pode identificar a quantidade de capacitores instalados no CCM 5. Além uma reorganização das cargas a fim de evitar a concentração de capacitores no mesmo barramento onde estão instalados inversores. Estes podem falhar ou até serem danificados caso a comutação dos capacitores na rede cause transitórios na tensão (ABB LTDA, 2008). Por aquecerem com facilidade são instalados no exterior do CCM, como pode ser observado na Figura 16.



Figura 16 – Capacitores para correção do fator de potência no CCM 5

#### 2.4.14 Reostato

O reostato é utilizado na partida de motores com rotor bobinado. Existem três reostatos no CCM 5: dois destes possuem um sistema automático que permitem a partida automática dos motores sem intervenção humana. Há outro, porém, mostrado na Figura 17, que não possui esse sistema. Logo, é necessária a intervenção do operador na partida, tendo este que manipular uma manivela no reostato e no fim desta operação curto-circuitar os anéis do motor com contator. O painel e o reostato podem ser observados na Figura 11.



Figura 17 – Reostato a manivela para partida de motor de rotor bobinado de 800 cv

#### 2.4.15 Banco de Resistência

É uma resistência em série com o reostato, que juntos limitam a corrente no rotor dos motores a rotor bobinado a fim de controlar a velocidade destes durante a partida. As resistências são curto-circuitadas no fim do processo de partida do motor. Pode-se visualizá-la na Figura 18.



Figura 18 – Banco de resistências

### 3 ANÁLISES E COMENTÁRIOS

A partir das informações adquiridas durante o estágio, foram feitas avaliações sobre as condições do CCM 5, e propostas soluções para os problemas observados. A seguir são explicitados esse problemas e discutidos.

#### 3.1.1 Documentação

Durante o estágio foi constatada a ausência de esquemas elétricos, o que limita as modificações e estudos de melhoria no CCM, bem como a resolução de problemas de forma imediata. Sendo necessária, nesse caso, sempre a presença de pessoa familiarizada com aqueles circuitos, seja para manutenção ou conserto. Essa situação tornou a expressão “caixa preta” comum quando se trata do assunto sobre o setor elétrico da usina.

A solução proposta foi confeccionar os diagramas de acordo com as normas vigentes, no caso a NBR 5410 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004a), a NBR 5444 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989) e a NBR 5280, cujos símbolos utilizados estão no APÊNDICE A, de forma a se ter um modelo de referência. Foram gerados durante o estágio o diagrama unifilar, exibido no APÊNDICE B, da parte de potência de todo o CCM 5, e os diagramas trifilares, tanto de potência como de comando de cada circuito individualmente. Aqui serão citados alguns circuitos interessantes e comentados individualmente.

##### 3.1.1.1 Circuito de Comando

A alimentação dos circuitos de comando de cada barramento possui um transformador de comando com um contator a montante de forma a permitir o desligamento dos comandos na casa de força. Assim é possível se evitar a abertura de chaves seccionadoras com carga para evitar a formação de arco elétrico, o que poderia danificar as chaves. Os painéis no CCM 5 não possuem barramento exclusivo para alimentação de comando, ocorrendo por ligação direta dos elementos de circuito ao transformador, algumas vezes

intermediado por um disjuntor. Não é raro observar circuitos alimentados por um barramento diferente do barramento de potência em que estão instalados.

A solução proposta:

- Instalação do barramento de comando nos painéis; numeração de circuitos; e identificação dos elementos dos circuitos; bem como os fios e cabos de comando e potência. Deixar bem delineado o barramento ao qual o painel pertence, tendo em vista que existem barramentos que compartilham painéis;
- Para cada circuito de comando e barramento de comando terá um disjuntor associado;
- Unificação dos barramentos de comando em um só para toda a usina, tendo, como fonte um *no-break* centralizado na casa de força, com painel exclusivo para distribuição de energia aos barramentos de comando dos CCMs e demais centros de distribuição de energia.

### 3.1.1.2 Tombadores 1 e 2

Estes equipamentos, mostrados na Figura 19, são usados para tombar a cana dos caminhões em esteiras inclinadas, denominadas na usina como Mesas de 35° e 50°. Eles nunca são utilizados simultaneamente, pois compartilham o mesmo inversor para o controle de elevação do gancho. Quando o tombador 1 é utilizado, um contator é acionado de forma que o motor do guincho fica sendo controlado pelo inversor. Os esquemas referentes a estes tombadores, mostrados nos apêndices C, D, E e F, foram confeccionados com base em esquemas e em descrições feitas por parte dos técnicos.



Figura 19 – Tombadores 1 e 2

### 3.1.2 Identificação

Foi observado que os circuitos, elementos de circuito e cabos tinham pouca ou nenhuma identificação e, em muitas das vezes, referências erradas devido às modificações realizadas em regime de urgência ou adaptações. Em paralelo com a falta de documentação, esse fato vem se somar às dificuldades crescentes de manutenção, de conserto e até de novas modificações feitas por pessoas não familiarizadas com a aquela instalação elétrica.

A solução proposta foi nomear e identificar os elementos seguindo a norma vigente (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004c).

#### 3.1.2.1 Cabos de potência

Os cabos de potência devem ser identificados com o número do circuito ao qual pertencem, e a sequência das fases, caso necessário. A adoção de anilhas com as letras R(A), S(B), T(C), N(Neutral) e PE (Terra) ou pela adoção de marcações com fitas isolantes coloridas nos pontos visíveis nas cores:

- R ou A : Azul Escuro;
- S ou B : Branco;
- T ou C : Marrom ou Violeta (INDÚSTRIA E COMÉRCIO LAVILL LTDA, 2009);
- N: Azul Claro;
- PEN: Verde e Amarelo;
- PE: Isolação Verde e Amarela (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004c).

### 3.1.2.2 Fios de comando

Esses fios devem ter anilhas com números, de forma que haja uma sequência contínua numerada para cada CCM. O processo de identificação deve obedecer às restrições referenciadas na norma, e em caso de omissão na norma adota-se o usual da própria usina. No caso, a coloração da isolação adotada é preta, não havendo nenhuma restrição nas normas.

### 3.1.2.3 Elementos de proteção e comando

Os contatores, relés, chaves, etc., devem ser nomeados de forma que seja possível identificar o circuito ao qual pertencem e o tipo de elemento, identificado por uma letra de acordo com a norma NBR 5280 apresentada no Quadro 4 (PAPENKORT, 2006). Essa identificação faz parte da descrição do elemento nos diagramas trifilares, mostrado na Figura 20:

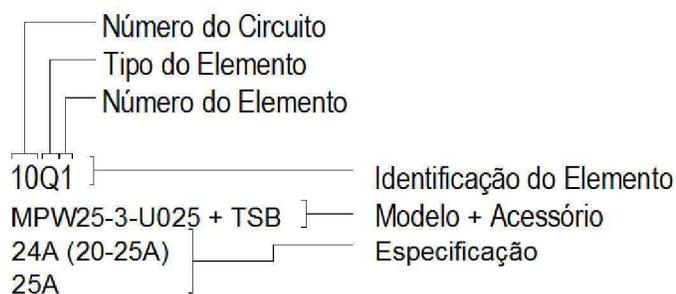


Figura 20 – Descrição adotada dos elementos de circuito nos diagramas

Símbolo	Componente	Exemplos
A	Conjuntos e subconjuntos	Equipam. laser e maser. Combinações diversas
B	Transdutores	Sensores termoeletricos, células termoeletricas, células fotoeletricas, transdutores a cristal, microfones fonocaptadores, gravadores de disco
C	Capacitores	
D	Elementos binários, dispositivos de temporização, dispositivos de memória	Elementos combinados, mono e bi-estáveis, registradores, gravadores de fita ou de disco.
E	Componentes diversos	Dispositivos de iluminação, de aquecimento, etc
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, pára-raios, disparadores, relés
G	Geradores, fontes de alimentação	Geradores rotativos, alternadores, conversores de frequência, soft-starter, baterias, osciladores.
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e ópticos
K	Contatores	Contatores de potência e auxiliares.
L	Indutores	Bobinas de indução e de bloqueio
M	Motores	
N	Amplificadores, reguladores	Componentes analógicos, amplificadores de inversão, magnéticos, operacionais, por válvulas, transistores.
P	Instrumentos de medição e de ensaio	Instrumentos indicadores, registradores e integradores, geradores de sinal, relógios
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
R	Resistores	Reostatos, potenciômetros, termistores, resistores em derivação, derivadores
S	Dispositivos de manobra, seletores auxiliares	Dispositivos e botões de comando e de posição ( fim-de-curso) e seletores
T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, de potencial, de corrente, autotransformadores.
U	Moduladores, conversores	Discriminadores, demoduladores, codificadores transmissores telegráficos
V	Válvulas eletrônicas, semicondutores	Válvulas, válvulas sob pressão, diodos, transistores, tiristores
W	Antenas, guias de transmissão e de onda	Jampers, cabos, barras coletoras, acopladores dipolos, antenas parabólicas.
X	Terminais, tomadas e plugues	Blocos de conectores e terminais, jaques,
Y	Dispositivos mecânicos operados mecanicamente	Freios, embreagens, válvulas pneumáticas
Z	Cargas corretivas, transformadores diferenciais. Equalizadores, limitadores	Rede de balanceamento de cabos, filtros a cristal

Quadro 4 – Símbolos literais para designação de componentes em diagramas  
Fonte: NBR 5280: 1983

### 3.1.2.4 Painéis

Os painéis devem ser identificados com plaquetas, constando o número do painel e o barramento ao qual ele pertence (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004c).

Com relação às botoeiras e chaves instaladas na porta do painel, cada grupo de botões e chaves deve ser identificado: pela carga à qual se refere; pela potência; e pelo

número do circuito. As botoeiras devem ser identificadas com plaquetas quanto à sua função, e as cores destas botoeiras devem ser escolhidas de acordo com padrão citado no Quadro 5.

Emergência/Desliga	Vermelho
Liga	Verde

Quadro 5 – Cores adotadas para botoeiras

### 3.1.3 Painéis

Os painéis do CCM5, pelo pequeno espaço, encontram-se dispostos de forma incorreta o que dificulta a manutenção dos mesmos. Todos se encontram encostados às paredes, não obedecendo a uma distância mínima para facilitar a manutenção e operação dos painéis. A Figura 21, retirada da NBR 5410, mostra com clareza todas as distâncias a serem respeitadas:

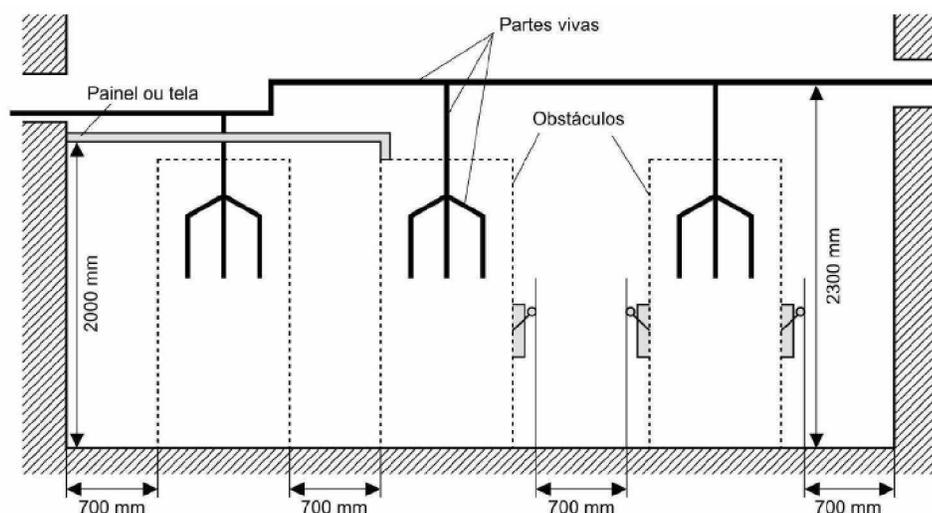


Figura 21 – Diagrama esquemático das distâncias de segurança exigidas pela norma NBR 5410

A solução proposta é descrita a seguir:

- Reorganização dos circuitos dentro dos painéis, de forma a obter o máximo de aproveitamento do espaço útil na montagem dos elementos de circuito. Caso ainda assim não seja possível a redução necessária do número de painéis, a alternativa seria o uso de painéis tipo *back-to-back*, exemplificado na ilustração da Figura 22. O *layout* dos painéis está exibido na Figura 23.

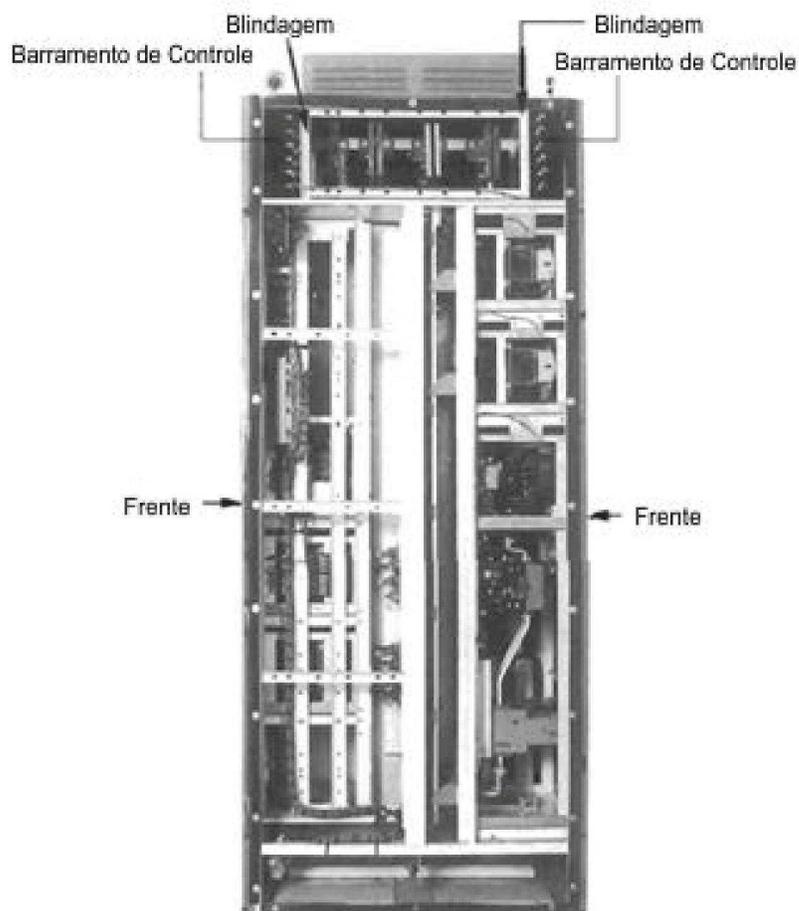


Figura 22 – Painel Back-to-Back  
Fonte: Industrial Power engineering Handbook - Agrawal

- Redistribuição dos painéis de forma a obedecer à norma quanto às distancias pré-estabelecidas. Este último impõe que sejam realizadas modificações quanto à estrutura física do CCM, tais como a construção de novas valas para a passagem de cabos, e a mudança na disposição da iluminação do CCM e das calhas para a passagem de cabos elétricos. Na Figura 23 é exibido um diagrama esquemático do CCM com suas medidas, os limites adotados pela norma e a posição dos painéis.

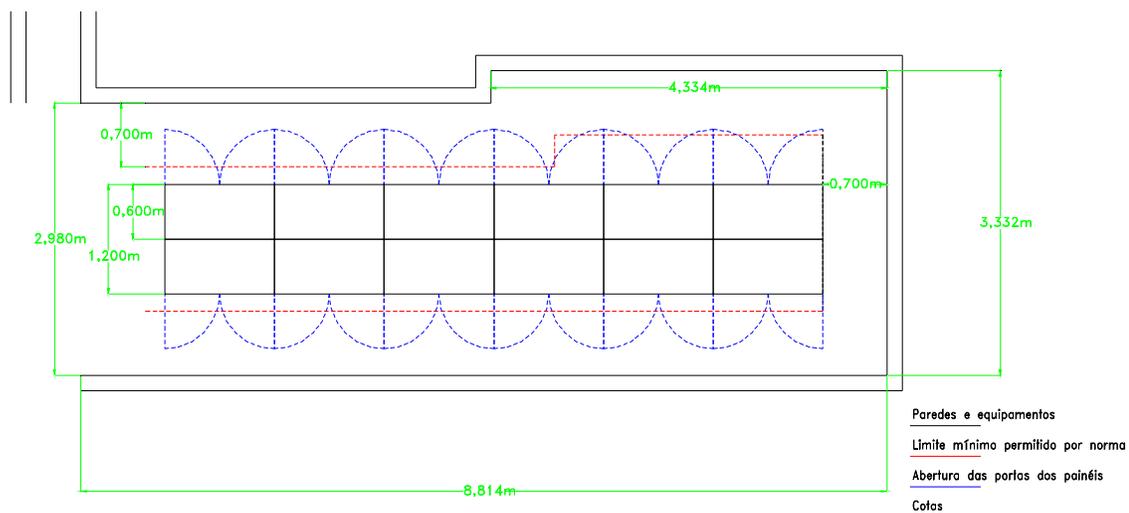


Figura 23 – Layout de painéis back to back conforme norma.

- Instalação de barreiras de acrílico para evitar contatos acidentais com os barramentos.
- Prever espaço nos painéis para novos circuitos que venham a ser necessários. A tabela 59 da NBR 5410 sugere uma forma de dimensionar esse espaço reserva no Quadro 6 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004d).

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em número de circuitos)
até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N > 30	0,15 N

NOTA A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.

Quadro 6 – Espaço de reserva para novos circuitos

Fonte: NBR 5410

Os painéis por se encontrarem em ambiente onde existe a presença de animais, de poeira e trepidações, necessitam de uma proteção de grau IP56 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005). Isto não ocorre na prática, pois: as portas dos painéis mantêm-se abertas no intuito de ventilá-los; há furos nas portas para botoeiras que não são utilizados; e a entrada de cabos nos painéis é maior que o necessário, assim como a saída dos cabos para as cargas.

A solução proposta foi a seguinte:

- Fechamento das portas, instalação de mini-ventiladores e de grelhas, exemplificados na Figura 25, além de tetos ventilados para ventilação dos equipamentos, acompanhado do dimensionamento correto dos elementos de circuito evitando assim o excesso de dissipação de calor.
- Fechamento dos buracos das botoeiras não utilizados e dos buracos para passagem de cabos para os barramentos e para cargas. Os cabos deveriam entrar no painel via prensa-cabos, exemplificado na Figura 24, a fim de garantir o grau de proteção necessário aos painéis.



Figura 24 – Prensa cabos  
Fonte: Catálogo Hummel

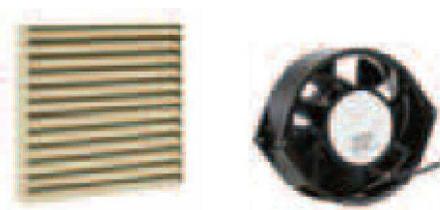


Figura 25 – Grelha e ventilador  
Fonte: Catálogo geral Legrand

### 3.1.4 Cabos e Elementos

O dimensionamento de alguns elementos e cabos não condiz com a carga à qual estão ligados, correndo o risco de danificá-los e a natural redução da vida útil. Além disso, provoca o aumento da dissipação de calor desses elementos.

A solução proposta foi o redimensionamento destes, seguindo as normas e a conseqüente aquisição dos equipamentos compatíveis.

Os leitos e calhas existentes não são suficientes para o número de cabos. Logo, além de novas valas, se tornam necessárias novas calhas e leitos para garantir a acomodação de cabos de forma a facilitar a manutenção e a ventilação destes. As novas valas devem ser grandes o suficiente para acomodar calhas e cabos, uma sugestão é exibida na Figura 26.

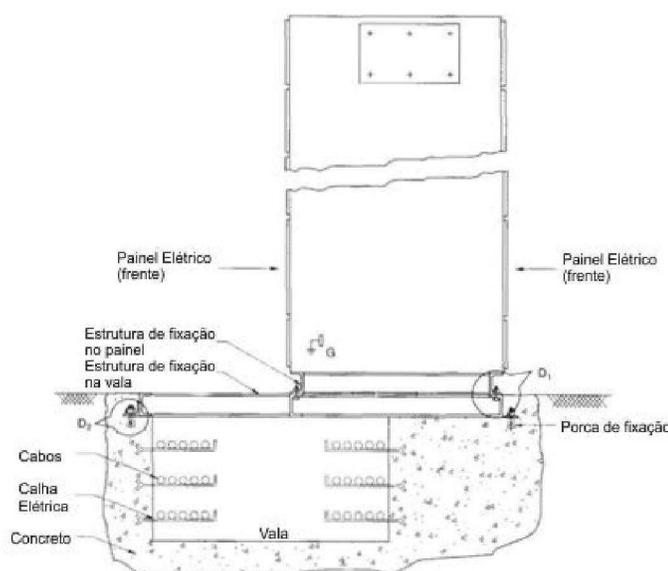


Figura 26 – Esquema de vala para passagem de cabos  
Fonte: Industrial Power Engineering Handbook - Agrawal

### 3.1.5 Barramentos e Correção de Fator de Potência

Os barramentos não devem compartilhar painéis entre si, caso observado no CCM5 com os barramentos 1 e 3. Este último não possui sequer um barramento propriamente dito, são apenas cabos que chegam diretamente aos equipamentos.

Assim como a divisão bem definida dos painéis por barramentos, também são necessárias as proteções de curto-circuito em cada nó do circuito, tanto no primário quanto no secundário dos transformadores que suprem o CCM (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004e). O que, aliás, também não ocorre. Há apenas a proteção e a possibilidade de seccionamento no primário dos transformadores, com exceção do Barramento 1 que possui uma chave seccionadora no secundário.

A alimentação dos comandos ocorre de forma individual; cada barramento possui um transformador de pequeno porte para este fim. Algumas vezes, por conta dessa forma de organização, há dificuldades na instalação de novos equipamentos.

Como a expansão das cargas instaladas ocorreu de forma desordenada, há sobrecarga em alguns transformadores, além do baixo fator de potência, como pode ser observado nos dados dos quadros 1, 2 e 3. Esses transformadores não possuem qualquer tipo de ventilação forçada que compense essa sobrecarga (Mamede Filho, 2005), como visto anteriormente na Figura 14.

Com relação aos capacitores instalados, estes não são suficientes para a compensação do fator de potência de forma satisfatória, 0,92 (Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil), 2000), tendo ainda que ser considerada a presença de inversores no barramento. Salientando que estes últimos não podem ser instalados num barramento onde haja a comutação de grandes capacitores, o que poderia provocar sérios danos aos inversores, como já mencionado anteriormente (ABB LTDA, 2008).

O esquema de aterramento do CCM 5 é o TT (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004f), porém não há informações a respeito da malha de aterramento instalada no mesmo. Não é sabido o quão suficiente é o aterramento dos equipamentos instalados e supridos pelo CCM. Como soluções são listadas a seguintes propostas:

- Instalação de chaves seccionadoras na entrada de cada barramento e no secundário do transformador. Bem como, junto a elas e na casa de força, uma botoeira para desligamento dos comandos por barramento.
- A redistribuição das cargas entre os barramentos de forma a ter um melhor aproveitamento dos transformadores em conjunto com a instalação de capacitores para a compensação do fator de potência. A distribuição sugerida pode ser observada no Quadro 7.
- Unificação dos barramentos de comando para toda a usina em um único *no-break*.

Barramento	Frequência	Identificação da Carga	Potência Aparente (kVA)	FP	Capacitor (kvar)	Potência Aparente Corrigida (kVA)	FP Corrigido
1	Emergência	Esteira do Patio	67,38	0,88		67,38	0,88
		Esteira Patio Nivelador	38,18	0,84	30,00	33,39	0,96
		Mesa Alimentadora 2	28,85	0,84		28,85	0,84
		Mesa Alimentadora 2	19,66	0,83		19,66	0,83

		Nivelador				
		Tombador 3	28,51	0,85	28,51	0,85
		Tombador 3 Baleia	3,73	0,74	3,73	0,74
		Tombador 3				
		Carrinho 1	3,90	0,72	3,90	0,72
		Tombador 3				
		Carrinho 2	3,90	0,72	3,90	0,72
		Tombador 3 Freio	2,10	0,70	2,10	0,70
		Tombador 3				
		Ventilador	3,73	0,74	3,73	0,74
	<b>Emergência Total</b>		<b>199,95</b>	<b>0,84</b>	<b>30,00</b>	<b>185,21</b>
	<b>Safra</b>					<b>0,91</b>
		Adensador Motor 1	141,20	0,83	141,20	0,83
		Adensador Motor 2	141,20	0,83	141,20	0,83
		Cush-Cush	7,65	0,82	7,65	0,82
		Desfibrador				
		Bomba Oleo 1	5,31	0,81	5,31	0,81
		Desfibrador				
		Bomba Oleo 2	5,31	0,81	5,31	0,81
		Desfibrador Rolo	28,85	0,84	28,85	0,84
		Eletroimã	9,04	0,71	9,04	0,71
		Eletroimã Motor	2,10	0,70	2,10	0,70
		Espalhador	28,85	0,84	20,00	24,62
		Esteira 1	28,85	0,84	28,85	0,84
		Esteira 2	37,73	0,85	37,73	0,85
		Esteira 3	37,73	0,85	37,73	0,85
		Esteira 4	46,26	0,86	46,26	0,86
		Esteira 5	37,73	0,85	20,00	32,07
		Esteira 6	37,73	0,85	20,00	32,07
		Esteira Auxiliar	47,62	0,84	47,62	0,84
		Esteira Auxiliar				
		Bomba Esgoto	7,65	0,82	7,65	0,82
		Esteira Auxiliar				
		Nivelador	28,51	0,85	20,00	24,74
		Esteira de Borracha	90,48	0,87	90,48	0,87
		Esteira Principal	114,05	0,86	114,05	0,86
		Mesa 35° Motor 1	47,62	0,84	47,62	0,84
		Mesa 35° Motor 2	47,62	0,84	47,62	0,84
		Mesa 35°				
		Nivelador 1	15,01	0,83	15,01	0,83
		Mesa 35°				
		Nivelador 2	15,01	0,83	15,01	0,83
		Mesa 50° Motor 1	67,38	0,88	67,38	0,88
		Mesa 50° Motor 2	67,38	0,88	67,38	0,88
		Motor Reostato 1	0,66	0,63	0,66	0,63
		Motor Reostato 2	0,66	0,63	0,66	0,63
		Navalha 1				
		Resistência	1,00	1,00	1,00	1,00
		Navalha 2				
		Resistência	1,00	1,00	1,00	1,00
		Navalha 3				
		Resistência	1,00	1,00	1,00	1,00
		Navalha Motor 1	396,17	0,88	110,00	357,29
		Navalha Motor 2	396,17	0,88	110,00	357,29
		Tombador 1	67,38	0,88	67,38	0,88

		Tombador 1 Baleia	3,90	0,72		3,90	0,72	
		Tombador 1 Carrinho	3,90	0,72		3,90	0,72	
		Tombador 1 Freio	2,10	0,70		2,10	0,70	
		Tombador 2	67,38	0,88		67,38	0,88	
		Tombador 2 Baleia	3,90	0,72		3,90	0,72	
		Tombador 2 Carrinho	3,90	0,72		3,90	0,72	
		Tombador 2 Freio	2,10	0,70		2,10	0,70	
		<b>Safra Total</b>	<b>2.092,06</b>	<b>0,86</b>	<b>300,00</b>	<b>1.956,95</b>	<b>0,92</b>	
<b>1 Total</b>			<b>2.291,42</b>	<b>0,86</b>	<b>330,00</b>	<b>2.142,10</b>	<b>0,92</b>	
	2	Safra	Caldo Dosado Bomba 1	180,93	0,86	30,00	167,62	0,93
			Caldo Dosado Bomba 2	226,17	0,86	40,00	208,61	0,93
			Navalha Motor 3	794,60	0,78	240,00	671,05	0,92
		<b>Safra Total</b>	<b>1.199,04</b>	<b>0,81</b>	<b>310,00</b>	<b>1.047,24</b>	<b>0,93</b>	
<b>2 Total</b>			<b>1.199,04</b>	<b>0,81</b>	<b>310,00</b>	<b>1.047,24</b>	<b>0,93</b>	
	3	Apontamento	Grua 2	50,94	0,86		50,94	0,86
			Máquina de Solda 1	29,99	0,60		29,99	0,60
			Máquina de Solda 2	29,99	0,60		29,99	0,60
			Máquina de Solda 3	29,99	0,60		29,99	0,60
			Máquina de Solda 4	29,99	0,60		29,99	0,60
			Máquina de Solda 5	29,99	0,60		29,99	0,60
			Máquina de Solda 6	29,99	0,60		29,99	0,60
		<b>Apontamento Total</b>	<b>227,82</b>	<b>0,66</b>		<b>227,82</b>	<b>0,67</b>	
		Safra	Iluminação Externa	5,26	0,50		5,26	0,50
			Iluminação Interna	1,05	0,50		1,05	0,50
			Refrigeração Interna 1	7,29	0,85		7,29	0,85
			Refrigeração Interna 2	7,29	0,85		7,29	0,85
			Triturador Bomba Óleo	4,38	0,80		4,38	0,80
			Triturador Motor 1	311,35	0,87	40,00	293,69	0,92
			Triturador Motor 2	311,35	0,87	40,00	293,69	0,92
			Ventilador 1	66,09	0,90	20,00	60,13	0,99
			Ventilador 2	66,09	0,90		66,09	0,90
			Ventilador 3	66,09	0,90	20,00	60,13	0,99
			Ventilador 4	66,09	0,90		66,09	0,90
		<b>Safra Total</b>	<b>910,95</b>	<b>0,88</b>	<b>120,00</b>	<b>859,71</b>	<b>0,93</b>	
<b>3 Total</b>			<b>1.128,28</b>	<b>0,83</b>	<b>120,00</b>	<b>1.068,42</b>	<b>0,89</b>	
				<b>57,3</b>				
<b>Total geral</b>			<b>4.639,95</b>	<b>5</b>	<b>760,00</b>	<b>4.255,29</b>	<b>0,91</b>	

Quadro 7 – Distribuição e compensação do fator de potência das cargas do CCM 5

É interessante notar que apesar da potência aparente total instalada no Barramento 2 ultrapassar a potência nominal do seu transformador, este tem um fator de serviço que suporta essa demanda.

Os equipamentos que são utilizados exclusivamente durante o período de apontamento estão instalados no Barramento 3, mas poderiam também ser instalados no Barramento 2, já que as outras cargas não estão em uso durante esse período.

A correção do fator de potência de grupos de cargas de pequeno porte é feita diretamente no barramento, comutando o capacitor juntamente com a maior carga do grupo, estas últimas grifadas no Quadro 7.

Os equipamentos do período denominado emergência são utilizados apenas quando a admissão da cana-de-açúcar não pode ocorrer regularmente. Logo, quando esses são requeridos, parte dos equipamentos de admissão de cana é desligada. São eles:

- Tombadores 1 e 2;
- Mesas de 35° e 50°;
- Niveladores da Mesa de 35°.

Isto totaliza 336,73 kVA, quase o dobro da potência necessária para o grupo de emergência atuar, 185,21 kVA.

Nota-se também que a potência utilizada no Barramento 1, durante a safra, é menor que a apresentada no quadro, 1.880,68 kVA, pois os tombadores trabalham de forma alternada, apenas um é utilizado por vez.

### 3.1.6 Pessoal

A equipe do setor elétrico da empresa apresenta a competência para lidar com as operações do dia-a-dia. Falta, todavia, a sincronia da operação entre os técnicos e a supervisão, sendo notadas algumas falhas que poderiam ser minimizadas com as rotinas de supervisão dos trabalhos feitos e a conseqüente cobrança por boas práticas, conforme as normas técnicas. No texto deste trabalho são relatadas algumas dessas falhas:

### *3.1.6.1 Limpeza e organização dos CCMs precárias*

Os restos de material utilizados são deixados com frequência no chão e inclusive dentro dos painéis. Fusíveis sobressalentes e de circuitos desativados são deixados dentro dos painéis junto aos cabos de alimentação das cargas, assim como os saca-fusíveis.

Os manuais dos inversores e equipamentos são empilhados sobre calhas elétricas.

### *3.1.6.2 Procedimentos de manutenção sem registro*

Os serviços de manutenção e modificação não são atualizados em qualquer tipo de registro. Por consequência a confecção de esquemas que facilitem e orientem futuros trabalhos nos circuitos, torna-se uma tarefa árdua ou até mesmo impossível sem a participação daquela pessoa que o realizou anteriormente.

### *3.1.6.3 Falta de material*

Há falta no almoxarifado de um estoque mínimo de materiais para manutenção e consertos rotineiros, combinado com a ausência de sincronismo na aquisição tempestiva de material, seja para a expansão ou melhorias a serem realizadas. Isso tem causado, corriqueiramente, a utilização de material com especificação inadequada e/ou reutilização de restos de material, expondo assim a riscos de acidentes, de mau-funcionamento e de paralisações no processo produtivo.

Como soluções são sugeridas as seguintes considerações:

- Treinamentos periódicos com a equipe quanto às normas técnicas e operações do setor elétrico.
- Supervisão rotineira, por pessoa com conhecimento sólido das normas técnicas, das operações realizadas pela equipe, e com legitimidade para a cobrança da aplicação das mesmas.
- Desenvolvimento de rotinas de manutenção e de estudo de melhorias no setor.

- Adoção de registro de procedimentos a serem efetivados na manutenção, reparos e demais alterações, no intuito de atualizar periodicamente os esquemas e diagramas necessários.
- Sincronia com os demais setores da empresa, com ênfase no setor de compras para prover os materiais em tempo hábil e a manutenção de estoque mínimo no almoxarifado para itens de uso corrente (fios, anilhas de identificação, prensa-cabos, botoeiras, conduites, caixas de passagem...).
- Adoção e acompanhamento de cronograma de atividades (tais como, manutenção, treinamento e projetos de melhoramento e ampliação).

## 4 CONCLUSÃO

Levando em consideração que o CCM 5 pode ser considerado um espelho do setor elétrico da usina como um todo, é possível perceber que grande parte dos problemas observados se devem à falta de planejamento e à falta de *feed-back* das ações realizadas de manutenção e consertos.

Um profissional com conhecimentos de boas práticas e de normas técnicas e de segurança torna-se necessário nesta empresa para a cobrança e acompanhamento de serviços limpos e bem documentados. O treinamento e aprimoramento dos técnicos nesses conhecimentos supracitados também é fator determinante para a boa execução dos serviços de manutenção e melhorias.

A título de sugestão para trabalhos posteriores são citados abaixo algumas

- O estudo para criação de rotinas de manutenção e melhorias;
- Estudo para seleção de itens de estoque mínimo;
- Estudo de automação e de monitoração da energia e seus parâmetros dentro da usina por setor, a fim de ter dados para estudos de melhorias.

## BIBLIOGRAFIA

- ABB LTDA. 2008.** Power factor compensation capacitors. [book auth.] ABB. *Hardware Manual: ACS800-04 Drive Modules ....* Rev E. s.l. : ABB, 2008, p. 54. formato PDF.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). 2000.** *Condições gerais de fornecimento de energia elétrica : resolução nº456 de 29 de novembro de 2000.* 4ª Edição. Brasília : ANEEL, 2000. p. 76.
- Agrawal, K.C. 2001.** Switchgear and Controlgear Assemblies. *Industrial power engineering and applications handbook.* s.l. : Newnes, 2001, 13, p. 335.
- Agro-Indústrias do Vale do São Francisco S.A. – Agrovale. 2007.** Agrovale. *Site da Agrovale.* [Online] 2007. [Cited: Dezembro 12, 2009.] [http://www.agrovale.com/empresa.php?empresa\\_id=3](http://www.agrovale.com/empresa.php?empresa_id=3).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004d.** Conjuntos de proteção, manobra e comando. [book auth.] ABNT. *NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão.* 2ª. Rio de Janeiro : ABNT, 2004, 6.5.4, p. 157.
- **2004a.** Documentação da Instalação. [book auth.] ABNT. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.* 2ª. Rio de Janeiro : ABNT, 2004, 6.1.8, pp. 87-88.
- **2004f.** Esquema de aterramento. [book auth.] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.* 2ª. Rio de Janeiro : s.n., 2004, 4.2.2.2, pp. 14-17.
- **2004c.** Identificação dos componentes. [book auth.] ABNT. *NBR 5410: Instalações elétricas prediais de baixa tensão.* 2ª. Rio de Janeiro : ABNT, 2004, 6.1.5, pp. 86-87.
- **1989.** *NBR 5444: Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais.* Rio de Janeiro : ABNT, 1989.
- **2005.** *NBR IEC 60529: Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).* Rio de Janeiro : ABNT, 2005.
- **2004b.** Omissão da proteção contra sobrecargas. [book auth.] ABNT. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.* 2ª. Rio de Janeiro : LTC, 2004, 5.3.4.3, p. 64.
- **2004e.** Proteção contra correntes de curto-circuito. [book auth.] ABNT. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.* 2ª. Rio de Janeiro : ABNT, 2004, 5.3.5, pp. 65-68.
- BEGHIM INDÚSTRIA E COMÉRCIO S/A. 2003.** DISJUNTOR DE BAIXA TENSÃO. *Site da BEGHIM INDÚSTRIA E COMÉRCIO S/A.* [Online] Janeiro 2003. [Cited: Maio 2, 2010.] [http://www.beghim.com.br/bg/pdf/pag19disj\\_bt\\_dimatic.pdf](http://www.beghim.com.br/bg/pdf/pag19disj_bt_dimatic.pdf).

**FERTRON controle e automação industrial. 2006.** Manual dos freios FEH. *Site da FERTRON*. [Online] Maio 2006. [Cited: 05 02, 2010.]  
[http://www.fertron.com.br/siteFertron/home/produto.php?id\\_cat=20&id\\_subcat=80](http://www.fertron.com.br/siteFertron/home/produto.php?id_cat=20&id_subcat=80).

**INDÚSTRIA E COMÉRCIO LAVILL LTDA. 2009.** *Painéis Elétricos e CCM's de Baixa Tensão*. 2009.

**Mamede Filho, João. 2007f.** Componentes Harmônicos. *Instalações elétricas industriais*. 7ª. Rio de Janeiro : LTC, 2007, 7.11.2.7, p. 347.

— **2007b.** Condutores em paralelo. *Instalações elétricas industriais*. 7ª. Rio de Janeiro : LTC, 2007, 3.5.1.1.5, pp. 125-126.

— **2007d.** Disjuntores de Baixa Tensão (14). *Instalações elétricas industriais*. 7ª. Rio de Janeiro : LTC, 2007, 9.3.15, p. 435.

— **2007a.** Sistema primário de distribuição interna. *Instalações elétricas industriais*. Rio de Janeiro : LTC, 2007.

— **2007c.** Transformador de Corrente - TC (5). *Instalações elétricas industriais*. 7ª. Rio de Janeiro : LTC, 2007, 9.3.5, p. 401.

— **2005.** Transformadores de Potência: Carregamento. *Manual de equipamentos elétricos*. 3ª. Rio de Janeiro : LTC, 2005, 12, pp. 515-516.

— **2007e.** Voltímetro de Ferro Móvel. *Instalações elétricas industriais*. 7ª. Rio de Janeiro : LTC, 2007, 9.3.16, pp. 439-440.

**PAPENKORT, FRANZ. 2006.** *ESQUEMAS ELETRICOS DE COMANDO E PROTEÇÃO*. 2ª. s.l. : EPU, 2006. p. 137. 9788512151304.

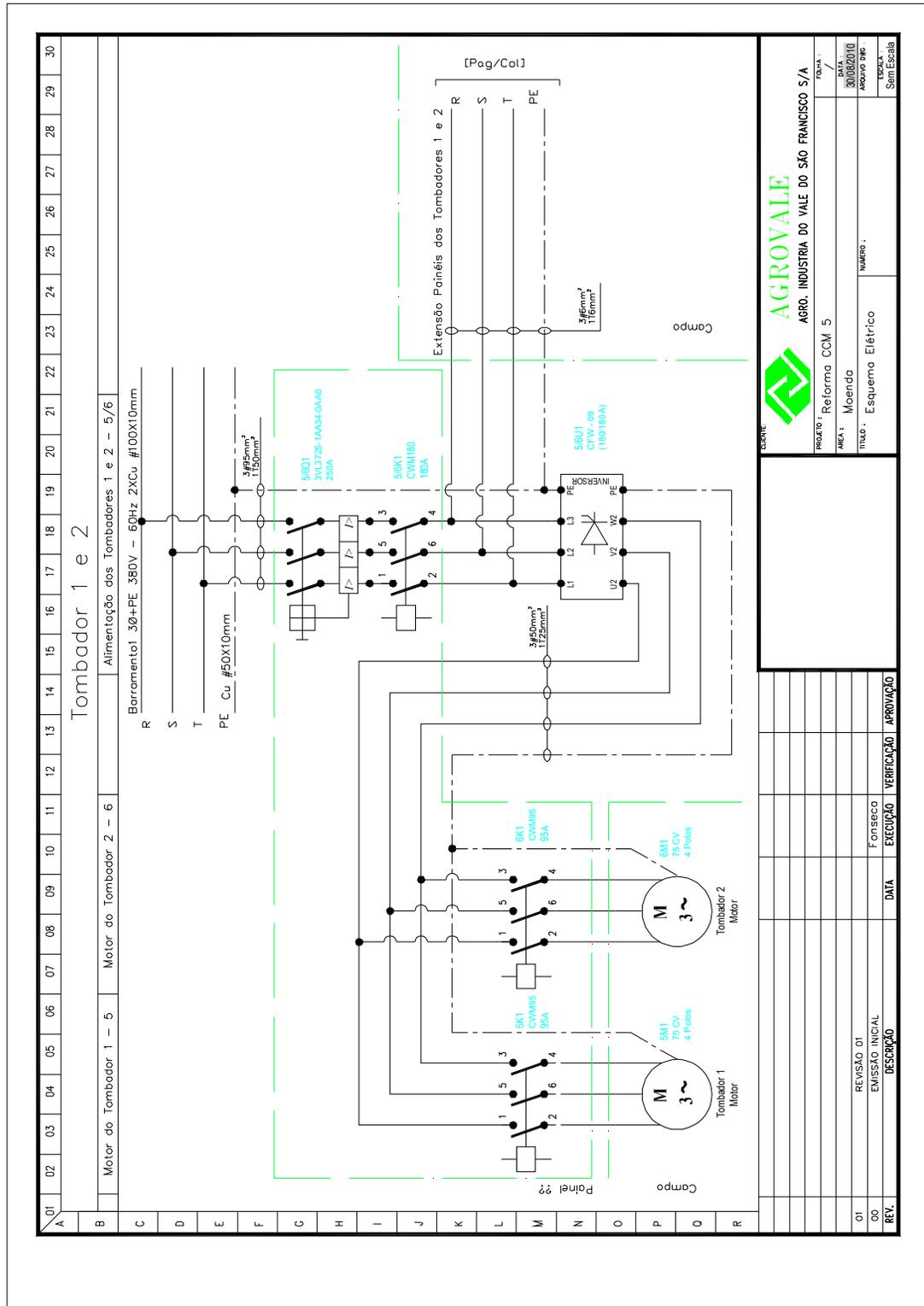
**Siemens LTDA. 2006.** *Transformadores*. 2006. A&C2293-CA.

**VARIMOT Acionamentos LTDA.** *Manual de Manutenção e Instalação de Variadores de Velocidade Eletromagnéticos*. [São Paulo] : s.n.



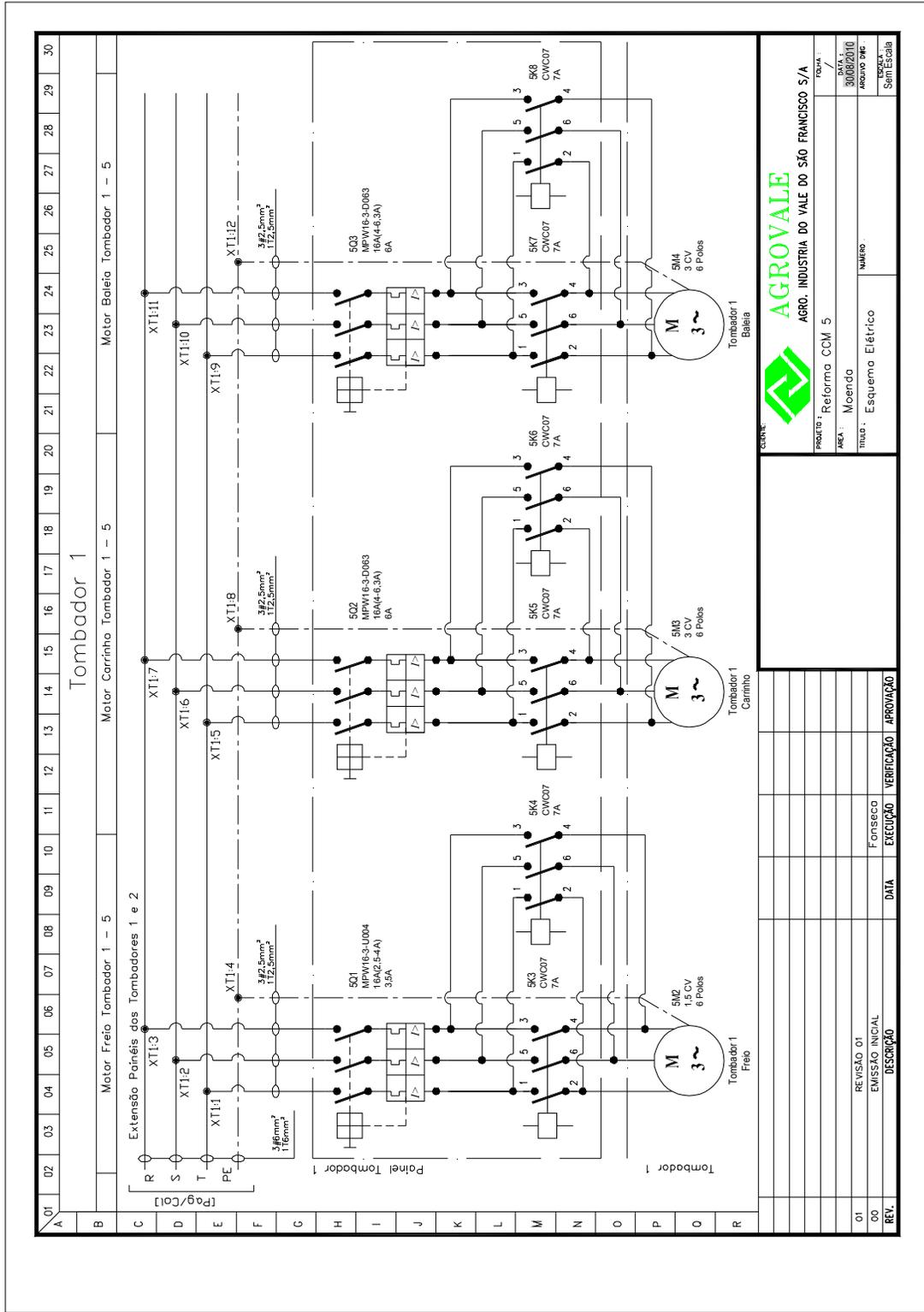


APÊNDICE C – DIAGRAMA TRIFILAR DE POTÊNCIA DOS TOMBADORES 1 E 2



 <b>AGROVALE</b> AGRO. INDUSTRIA DO VALE DO SÃO FRANCISCO S/A		PROJETO: Reforma CCM 5	ESCALA:
		ÁREA: Moenda	ESCALA: Sem Escala
REV.	EMISSÃO INICIAL	NUMERO:	ESCALA: Sem Escala
01	REVISÃO 01		
02	EMISSÃO INICIAL		
	DESCRIÇÃO	DATA	
	FEITURA	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
	FONTE		

# APÊNDICE D – DIAGRAMA TRIFILAR DE POTÊNCIA DO TOMBADOR 1



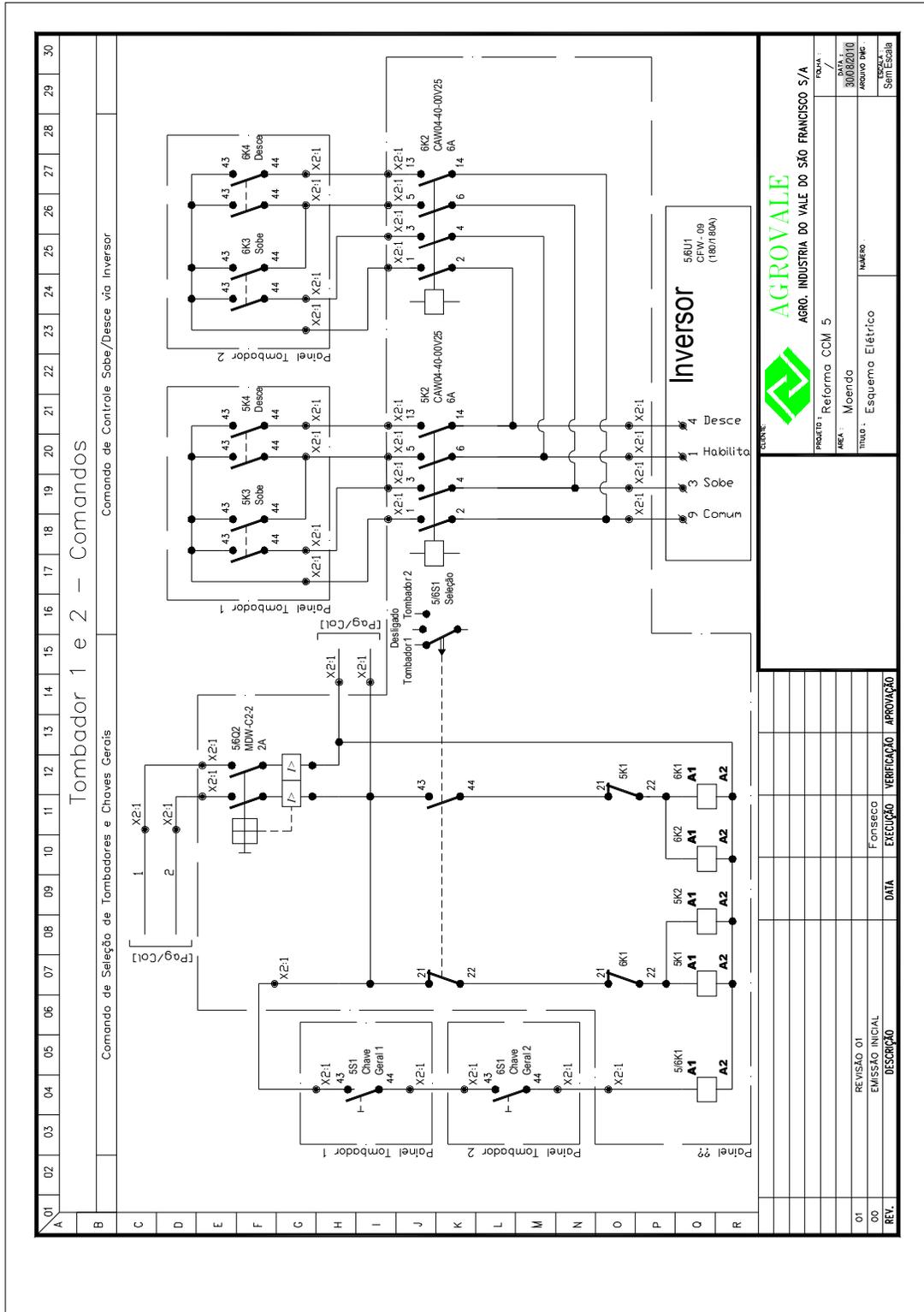
**AGROVALE**  
 AGRO, INDUSTRIA DO VALE DO SÃO FRANCISCO S/A

PROJETO: Reforma CCM 5  
 AREA: Moenda  
 TITULO: Esquema Elétrico

DATA: 30/08/2010  
 APROVADO POR: [Assinatura]  
 ESCALA: Sem Escala

REV.	DESCRIÇÃO	DATA	EXECUÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
01	REVISÃO 01				
00	EMISSÃO INICIAL				

APÊNDICE E – DIAGRAMA DE COMANDOS DOS TOMBADORES 1 E 2



Tombador 1 e 2 – Comandos

Comando de Seleção de Tombadores e Chaves Gerais

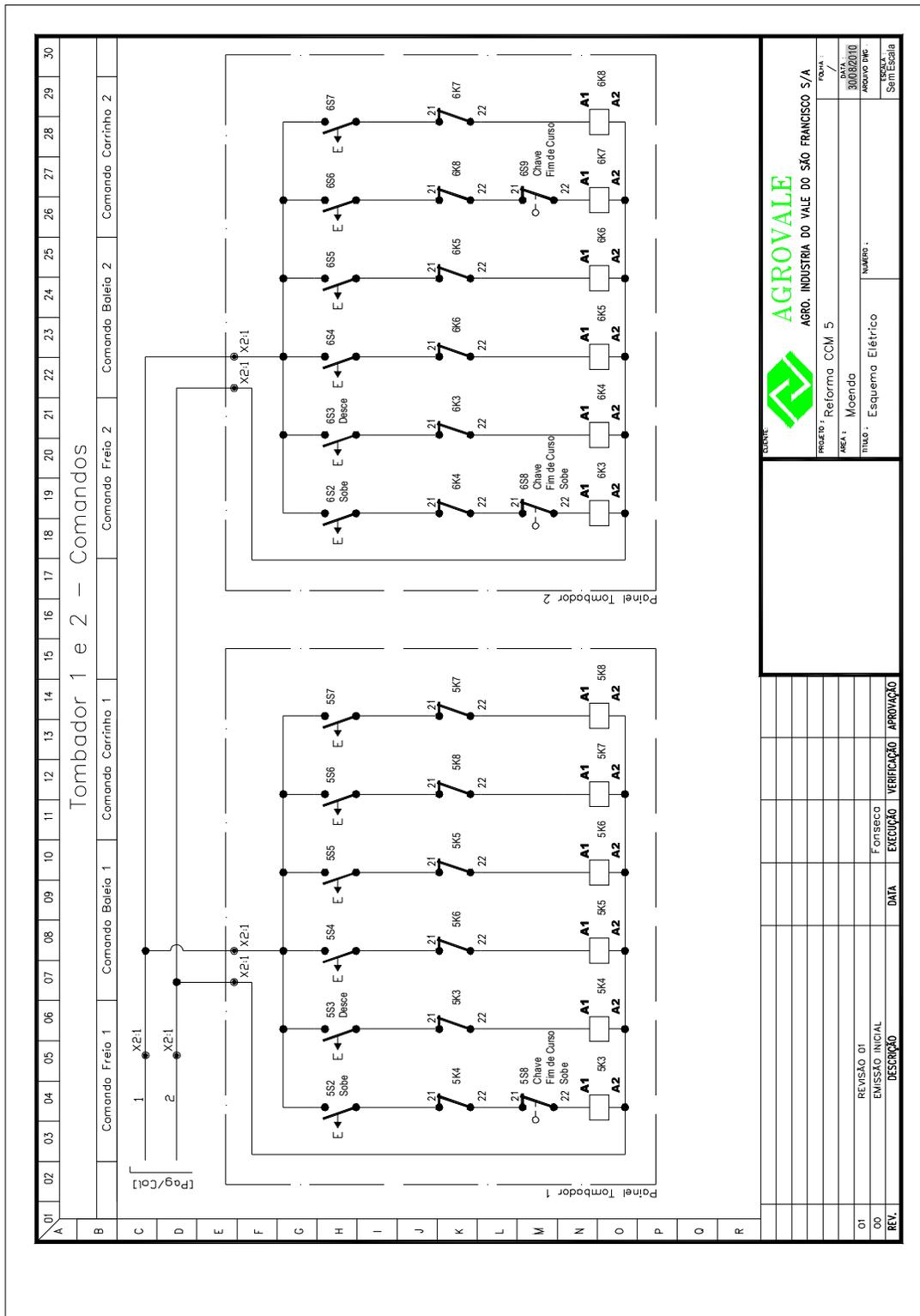
Comando de Controle Sobre/Desce via Inversor

REV.	EMISSÃO INICIAL	DATA	EXECUÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
01	REVISÃO 01				

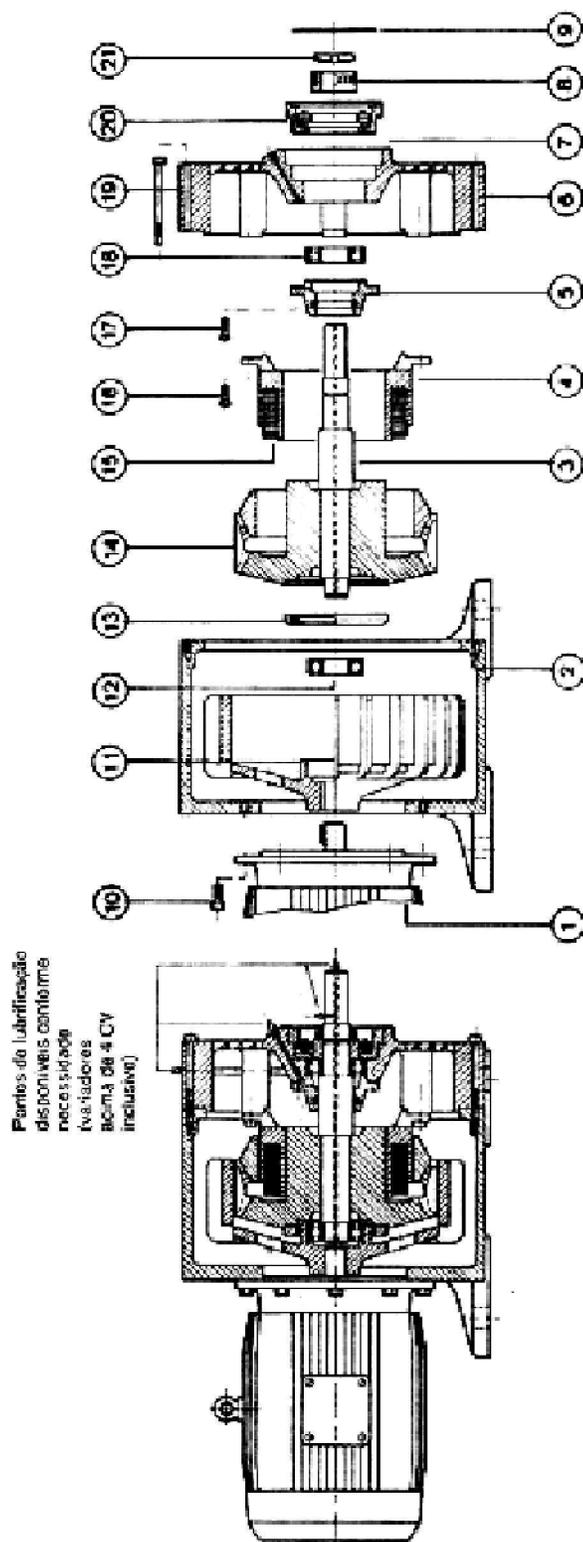
		PROJETO: Reforma CCM 5 ÁREA: Moenda TÍTULO: Esquema Elétrico
DATA: 30/08/2010 APROVADO POR: [Assinatura]	NOME: [Nome]	NÚMERO: [Número]

## APÊNDICE F – DIAGRAMA DE COMANDO DOS TOMBADORES 1 E 2 - CONTINUAÇÃO



## ANEXO A – VISTA EXPLODIDA DO VARIADOR ELETROMAGNÉTICO

Fonte: Site da Varimot



### COMPONENTES

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 - Motor                         | 12 - Rolamento control                 |
| 2 - Carcaça do variador           | 13 - Boborot especial                  |
| 3 - Eixo do variador              | 14 - Rotor (santinha)                  |
| 4 - Nível de bobina               | 15 - Bobina de campo                   |
| 5 - Alcapala                      | 16 - Parafuso para fixação do rotor    |
| 6 - Tampa                         | 17 - Parafuso para fixação do alcapala |
| 7 - Gerador piloto                | 18 - Rolamento da tampa                |
| 8 - Rotor do G.P.                 | 19 - Parafuso para fixação da tampa    |
| 9 - Tampa do G.P.                 | 20 - Carcaça do G.P.                   |
| 10 - Parafuso de fixação do motor | 21 - Perca e arruela de segurança      |
| 11 - Ventilador                   |  |