



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA CENTRALIZADO DE CONTROLO
AUTOMÁTICO NO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE CANA E EXTRACÇÃO NA
TONGAAT HULETT AÇUCAREIRA DE MOÇAMBIQUE, SA - MAFAMBISSE**

AUTOR:

PEDRO, Elves Dos Santos

SUPERVISORES:

Supervisor da UEM: Mestre Anacleto Albino,
Eng^o.

Supervisor da THAM: Jameson Murove

Maputo, Agosto de 2024



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA CENTRALIZADO DE CONTROLO
AUTOMÁTICO NO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE CANA E EXTRACÇÃO NA
TONGAAT HULETT AÇUCAREIRA DE MOÇAMBIQUE, SA - MAFAMBISSE**

AUTOR:

PEDRO, Elves Dos Santos

SUPERVISORES:

Supervisor da UEM: Mestre Anacleto Albino,
Eng^o.

Supervisor da THAM: Jameson Murove

Maputo, Agosto de 2024



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA - LABORAL

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Elves Dos Santos Pedro entregou no dia 12/06/2024 as 3 cópias do relatório do seu Estágio Profissional com referência: 2024ELEPD15.

Intitulado: **Implementação de um sistema centralizado de controlo automático no processo de preparação de cana e extracção na Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA - Mafambisse.**

Maputo, ____ de _____ de 2024

A chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Elves Dos Santos Pedro, declaro que o presente trabalho de conclusão de curso é de minha autoria e nele observei os requisitos e recomendações da Universidade Eduardo Mondlane, concernentes à elaboração de trabalhos de investigação científica. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, 12 de Junho de 2024

Elves Pedro

(Elves Dos Santos Pedro)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que nunca me impediram de sonhar e que sempre colocaram a educação dos seus filhos em primeiro lugar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, infinito amor e ter - me guiado sempre durante a minha caminhada.

Aos meus pais Pedro Herculano Arrone e Cândida Alberto Machonissa, a minha segunda mãe Delça Uane, pelo amor, incentivo, apoio incondicional e por terem incansavelmente batalhado para a minha formação. A minha eterna parceira e amiga Edna Muchanga, que sempre confiou em mim e tem me incentivado a continuar firme em busca dos meus objectivos e aos meus irmãos e familiares pela força, confiança e amizade.

Ao meu supervisor Mestre Anacleto Albino, Eng°. pela paciência e disponibilidade que sempre teve em partilhar as suas experiências e conhecimentos científicos.

A todos os docentes do Departamento de Engenharia Electrotécnica que contribuíram para a minha formação, em especial aos docentes do curso de Engenharia Eléctrica.

Aos meus Colegas de graduação, Colegas de quarto e aos meus irmãos da Igreja em especial ao Paulino da Costa, Cirilo Jr, Fernando Santos, Sabão Martins, Cabanane e ao Eng°. Marcelo Mustafa pelo apoio e amizade.

EPÍGRAFE

“Porque eu bem sei os pensamentos que penso de vós; diz o SENHOR; pensamentos de paz e não de mal, para vos dar o fim que esperais”

Jeremias 29:11

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade a implementação de um sistema centralizado de controlo automático no processo de preparação de cana e extracção na Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA – Mafambisse. O sistema de controlo automático actual no processo de preparação de cana e extracção na Açucareira de Mafambisse consiste em 5 controladores Yokogawa YS170 de circuito duplo, 1 controlador Yokogawa UT351 e 5 registradores Yokogawa fx112 ligados directamente com os parâmetros de controlo sem nenhuma dependência entre os mesmos. A proposta é substituir o sistema independente por um PLC da Allen Bradley, centralizando o controlo. O desenvolvimento do projecto envolveu uma análise detalhada do sistema existente, identificando os pontos críticos e limitações dos controladores independentes. A implementação do PLC incluiu a configuração dos de módulos de entrada e saída, a programação lógica de controlo utilizando a plataforma RSLogix 5000 e a integração de sensores e actuadores existentes no processo. As principais conclusões indicam que a utilização do PLC da Allen Bradley aumentou a confiabilidade do sistema de controlo, reduziu custos operacionais e facilitou futuras expansões e actualizações do sistema. Este trabalho demonstra uma abordagem eficaz para a modernização e automação de processos na indústria açucareira, proporcionando uma solução técnica robusta e escalável para o controlo de processos críticos.

Palavras – chave: Sistema centralizado, sistema independente, PLC, Allen Bradley, RSLogix 5000.

ABSTRACT

This work aims to implement a centralized automatic control system in the sugarcane preparation and extraction process at Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA – Mafambisse. The current automatic control system in the cane preparation and extraction process at the Mafambisse Sugar Plant consists of 5 double-circuit Yokogawa YS170 controllers, 1 Yokogawa UT351 controller and 5 Yokogawa fx112 registers directly linked to the control parameters without any dependency between them. . The proposal is to replace the independent system with an Allen Bradley PLC, centralizing control. The development of the project involved a detailed analysis of the existing system, identifying the critical points and limitations of independent controllers. PLC implementation included the configuration of input and output modules, control logic programming using the RSLogix 5000 platform and the integration of existing sensors and actuators in the process. The main conclusions indicate that the use of the Allen Bradley PLC increased the reliability of the control system, reduced operational costs and facilitated future expansions and upgrades of the system. This work demonstrates an effective approach to process modernization and automation in the sugar industry, providing a robust and scalable technical solution for controlling critical processes.

Keywords: centralized automatic control system, independent system, PLC, Allen Bradley, RSLogix 5000.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
EPÍGRAFE	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS	xii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização e delimitação do tema	1
1.2. Formulação do problema.....	2
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Objectivos.....	3
1.4.1. Objectivo geral.....	3
1.4.2. Objectivos específicos	3
1.5. Metodologia.....	3
1.5.1. Pesquisa bibliográfica.....	3
1.5.2. Levantamento de dados no local.....	4
1.5.3. Simulação e desenho	4
1.6. Estrutura do relatório	5
CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1. Preparação de cana	6
2.1.1. Descrição da planta	6
2.1.2. Factores que afectam o IP	10
2.2. Extracção	11
2.2.2. Triagem de sumo	15
2.3. Sistemas de controlo automático.....	15
2.3.1. Controladores automáticos	15

2.3.2. Controlador lógico programável	18
2.4. Sistema centralizado	20
2.5. Controladores programáveis Micrologix	21
2.5.1. Módulos de E/S analógicos Controllogix.....	21
2.5.2. Módulos de E/S digitais Controllogix.....	26
2.5.3. EtherNet/IP	27
CAPÍTULO III – MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO	29
3.1. Sistema de controlo automático actual.....	29
3.2. Sistema de controlo automático centralizado	31
3.2.1. Passos para a solução do problema.....	32
3.2.2. Arquitectura do sistema	32
3.2.3. Dimensionamento do sistema.....	35
3.2.4. Programação do PLC	38
3.2.5. Especificações técnicas do sistema.....	39
3.2.6. Orçamento	43
CAPÍTULO IV – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	45
Conclusões.....	45
Recomendações.....	45
Referências bibliográficas	46
Outra bibliografia consultada	46
Anexos.....	A

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Arranjo diagramático de equipamento de preparação de cana. Fonte: (10)	7
Figura 2: Vista em corte de um desfibrador. Fonte: (10)	9
Figura 3: Gráfico de extracção VS embebição. Fonte: (10).....	13
Figura 4: Diagrama de moagem em tandem ilustrando a embebição de múltiplos compostos. Fonte: (10)	14
Figura 5: Diagrama de fresagem em tandem ilustrando múltiplas embebições simples. Fonte: (10)	15
Figura 6: Diagrama de blocos de um sistema de controlo industrial, que consiste em um controlador automático, um actuador, uma planta e um sensor. Fonte: (4).....	16
Figura 7: Um controlador lógico programável. Fonte: (2)	18
Figura 8: Partes de um controlador lógico programável (tipo modular). Fonte: (11)	19
Figura 9: Partes de um controlador lógico programável (tipo fixo). Fonte: (11)	19
Figura 10: Sistema Centralizado. Fonte: (3).....	21
Figura 11: Módulos de E/S controllogix. Fonte: (5).....	21
Figura 12: Módulo de conexão para entradas analógicas. Fonte: (5).....	23
Figura 13: Módulo de conexão para entradas analógicas. Fonte: (5).....	24
Figura 14: Módulo de conexão para saídas analógicas. Fonte: (5)	25
Figura 15: Módulo de conexão para entradas digitas. Fonte: (5).....	26
Figura 16: Módulo de conexão para saídas digitais. Fonte: (5)	27
Figura 20: Controlador Yokogawa UT351 de fluxo de embebição. Fonte: (Autor).....	31
Figura 21: Registradores do controlo actual. Fonte: (Autor)	31
Figura 22: Painel de controlo para o sistema centralizado. Fonte: (Autor)	33

Figura 23: Disposição dos componentes para o sistema centralizado (parte frontal do painel). Fonte: (Autor)..... 33

Figura 24: Disposição dos dos blocos terminais e calhas para o sistema centralizado (parte traseira do painel). Fonte: (Autor) 34

Figura 25: Disposição de cabos na bandeja de cabo em malha na para o painel de controlo. Fonte: (Autor)..... 34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

THAM	Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA
PI	Índice de preparação
Ext	Extracção
Tons Pol SM	Toneladas de pol de sumo misto
Tons Pol cana	Toneladas de pol de cana
VS	Versus
PLC	Controlador lógico programável
CPU	Unidade de processamento central
E/S	Entrada e saída
IEC	Comissão Electrotécnica Internacional
IL	Lista de instrução
ST	Texto estruturado
LD	Diagrama ladder
FBD	Diagrama de bloco funcional
SFC	Fluoxograma sequencial
FP	Facas primárias
Vib	Vibração
Imb	Embibição
Temp	Temperatura
DE	Lado com motor
NDE	Lado sem motor
Desf	Desfibrador
F	Fluxo
Cham	Chamuceira

AB	Allen Bradley
L1	Fase
N	Neutro
E/IP	Ethernet/IP
PVC	Polímero de cloreto de vinilo
VCC	Tensão em corrente contínua
Ord	Ordem
Un	Unidade
Qtd	Quantidade
IVA	Imposto sobre o valor Acrescentado
UTP	Unshielded Twisted Pair (Par trançado não blindado)
MZN	Metical Moçambicano
VCA	Tensão em corrente alternada
TI	Tecnologia de informação
IEEE	Instituto de Engenheiros Eléctricos e Electrónicos
REV	Revisão
P&ID	Diagrama de instrumentação e tubulação

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>m</i>	Metro
<i>mm</i>	Milímetro
<i>kW</i>	Kilowatt
<i>rpm</i>	Rotações por minuto
<i>kg</i>	Kilograma
°	Grau
%	Porcentagem
<i>V</i>	Volt
<i>mA</i>	Miliampere
<i>Sn</i>	Potência aparente nominal
<i>Pn</i>	Potência activa nominal
<i>Cosφ</i>	Factor de potência
<i>Un</i>	Tensão nominal
<i>fn</i>	Frequência nominal
<i>Hz</i>	Hertz
<i>VA</i>	Volt - Ampere
<i>IN</i>	Corrente nominal
<i>Ω</i>	Ohm
<i>L/s</i>	Litros por segundo
<i>mm/s</i>	Milímetros por segundo

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização e delimitação do tema

Em Moçambique é notório o impacto do sector de produção do açúcar como fonte de geração de emprego directo e indirecto, como geração de renda através do emprego à mão-de-obra local e através de actividades de acções sociais no âmbito da responsabilidade social, constituindo portanto o segundo maior empregador do país depois do aparelho do Estado. (6)

A Açucareira de Mafambisse é uma das maiores empresas do ramo, responsável por grande parte da produção açucareira do país.

O sistema de controlo automático actual no processo de preparação de cana e extracção na Açucareira de Mafambisse utiliza os controladores Yokogawa YS170 que foram implementados em substituição dos controladores Yokogawa SLPC devido a sua simplicidade do uso de pulsos digitais de aumento/descida para alterar o ponto de ajuste dos parâmetros de controlo. Este sistema consiste em 5 controladores Yokogawa YS170 de circuito duplo e 1 controlador Yokogawa UT351, em que a faixa dos controladores é um sinal de 4 – 20 mA nas suas entradas e saídas. As entradas e saídas são representadas pela PV (Variável de processo) e MV (Variável de medição) respectivamente e o ponto de ajuste é definido pela programa do controlador. Existem 5 registradores Yokogawa fx112 ligados directamente com os parâmetros de controlo sem nenhuma dependência entre eles e com os controladores.

As partes do processo controladas são: esteira horizontal, esteira inclinada, transportador de túnel, elevador, 6 moinhos e fluxo de embebição. É um sistema distribuído, o que significa que cada controlador é responsável por uma parte específica do processo, cada unidade opera de forma independente e a coordenação entre os controladores é complexa exigindo uma comunicação mais directa entre eles para garantir um sistema harmonioso. Este sistema é mais difícil de escalar ou expandir conforme as necessidades da açucareira crescerem, isso limita a capacidade de adaptar o sistema a mudanças futuras na produção ou exigências tecnológicas. A resolução de problemas e falhas exigem intervenção física no local, resultando em maior tempo de inactividade e custos adicionais.

Este projecto propõe a implementação de um sistema centralizado de controlo automático no processo de preparação de cana e extracção na Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA - Mafambisse, que centraliza o controlo de todo o processo que toma decisões com base em um único programa. A manutenção e o diagnóstico são mais simples, sendo que é mais fácil expandir e modificar o sistema centralizado, pois as alterações podem ser feitas no programa do PLC sem a necessidade de redesenhar toda a arquitectura, garantindo uma operação mais eficiente e coordenada, resultando em benefícios significativos para a empresa.

1.2. Formulação do problema

O sistema de controlo automático do processo de preparação de cana e extracção na Açucareira de Mafambisse actua de forma isolada, com vários controladores e registradores para cada parte do processo. O sistema possui muita quantidade de fios eléctricos, que por sua vez, dificultam a manutenção.

Este sistema independente exige muito do operador na manipulação do controlo do processo, porque requer intervenção manual constante e decisões rápidas baseadas em observações directas do processo.

Para a resolução do problema coloca-se a seguinte questão:

Porquê implementar um sistema centralizado de controlo automático no processo de preparação de cana e extracção na Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA - Mafambisse?

1.3. Justificativa

Este trabalho tem como motivação a implementação de um sistema centralizado por meio de PLC em substituição do sistema independente que consiste em 5 controladores Yokogawa YS170 de circuito duplo e 1 controlador Yokogawa UT351 para o controlo automático no processo de preparação de cana e extracção na Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA – Mafambisse.

O sistema centraliza o controlo de todo o processo que toma decisões com base em um único programa. A manutenção e o diagnóstico são mais simples, sendo que é

mais fácil expandir e modificar o sistema centralizado. As alterações são feitas no programa do PLC sem a necessidade de redesenhar toda a arquitectura, garantindo uma operação mais eficiente e coordenada.

A implementação de um sistema centralizado resulta em benefícios significativos para a empresa, na extracção, recuperação de processo e geral da fábrica.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

- Implementar um sistema centralizado de controlo automático no processo de preparação de cana e extracção na Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA - Mafambisse.

1.4.2. Objectivos específicos

- Descrever o processo de preparação de cana e extracção e factores que influenciam no processo de moagem, eficiência de produção e custos operacionais;
- Caracterizar o sistema de controlo automático actual do processo de preparação de cana e extracção;
- Definir os parâmetros necessários para o sistema centralizado ;
- Compor o programa de controlo para o sistema centralizado utilizando o PLC da Allen Bradley.

1.5. Metodologia

Para elaboração deste trabalho foram aplicadas três metodologias a destacar: pesquisa bibliográfica, levantamento de dados no local e simulação e desenho.

1.5.1. Pesquisa bibliográfica

Para a aprofundar os conteúdos a serem tratados, recorreu-se a uma revisão bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica trata-se do levantamento de toda bibliografia já publicada em forma de livros, revistas, publicações em imprensa escrita. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contacto directo com tudo aquilo que foi escrito sobre determinado assunto, com o objectivo de permitir aos pesquisadores, reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações.(9)

1.5.2. Levantamento de dados no local

Sendo que a pesquisa consiste na implementação de um sistema centralizado de controlo automático no processo de preparação de cana e extracção na Tongaat Hulett Açucareira de Moçambique, SA – Mafambisse será realizado um levantamento de dados ou informações a serem julgadas úteis para a elaboração do presente trabalho.

✓ Observação directa

Este método de colecta de dados baseia-se na actuação de observadores treinados para obter determinados tipos de informação sobre resultados, processos, impactos, etc. Requer um sistema de pontuação muito bem preparado e definido, treinamento adequado dos observadores, supervisão durante a aplicação e procedimentos de verificação periódica para determinar a qualidade das medidas realizadas (1). A observação directa baseou-se em forma de visualização dos aspectos importantes para a pesquisa, como, medições, consulta aos manuais dos fabricantes, da açucareira e recolha de dados.

✓ Entrevista

A entrevista é composta por perguntas fechadas e abertas, é importante por ser eficiente, permitindo obter dados de uma forma profunda, não exigindo que o entrevistado saiba ler nem escrever e é muito flexível possibilitando o entrevistador esclarecer perguntas e sondar (7). Este método foi usado para obter informações junto aos funcionários da Açucareira de Mafambisse.

1.5.3. Simulação e desenho

Por meio dos *softwares*, AutoCaD, PLC Allen Bradley.

1.6. Estrutura do relatório

O trabalho foi dividido em IV capítulos e apresenta-se conforme a estrutura a seguir:

O **primeiro capítulo** representa a introdução que é composta pelos subcapítulos seguintes: a contextualização e delimitação do tema, a formulação do problema, a justificativa, os objectivos e a metodologia de pesquisa.

O **segundo capítulo**, trata da revisão da literatura referente à preparação de cana e extracção de indústria açucareira, sistemas automáticos, sistema centralizado e controladores controllogix.

O **terceiro capítulo** apresenta memorial descritivo e justificativo, faz – se a caracterização do sistema de controlo automático actual do processo de preparação de cana e extracção, definição dos parâmetros necessários e composição do programa de controlo para o sistema centralizado e assim como o orçamento do projecto.

O **quarto capítulo**, apresenta a conclusão, as recomendações, as referências bibliográficas e anexos.

CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Preparação de cana

A preparação de cana é um dos factores mais importantes que afectam o desempenho dos moinhos.

O objectivo da preparação de cana é triturar a cana em células fibrosas de modo a facilitar o processo de extracção do sumo. Este processo pode não ser alcançado perfeitamente, a eficiência do processo é medida pelo índice de preparação (PI), que alcança entre 90 e 93% da trituração da cana em células fibrosas.

Para uma boa moagem (e difusão), o melhor é não quebrar toda a fibra em pedaços muito pequenos, porque o material resultante não alimentaria ou drenaria bem e a percolação do sumo seria seriamente prejudicada. Poderia ser descrito como “mingau” ou “papa”, e isso deve ser evitado. O procedimento laboratorial de “digestão” é um bom exemplo de quase 100% de PI, mas a cana nestas condições seria impossível de moer.

O colmo da cana consiste em um núcleo de medula preso e, uma matriz fibrosa, contendo a maior parte das células vegetais e, portanto, o sumo, rodeado pela casca que é principalmente fibra. Acompanhando a cana estão outros materiais como pontas de cana, folhas, cera, areia e lodo, que contribuem para a consistência pastosa do produto final preparado. Uma boa preparação deve então manter o máximo possível de fibra intacta enquanto rompe a maioria das células vegetais.

2.1.1. Descrição da planta

A melhor maneira de preparar a cana para moagem é passa – lá por facas de cana, que reduzem o comprimento médio para cerca de 300 – 400 mm, e depois moê – la com martelo em um pulverizador personalizado chamado **desfibrador**.

Nivelador

Para que a cana fique adequadamente apresentada às facas, o porta-cana principal normalmente é dotado por um nivelador, que consiste em um cabo de faca leve disposto para correr cerca de 1m acima da porta – cana, e para cortar no sentido

contrário com o da cana. Isso serve para jogar feixes de cana para trás e fornecer uma base nivelada de cana nas facas.

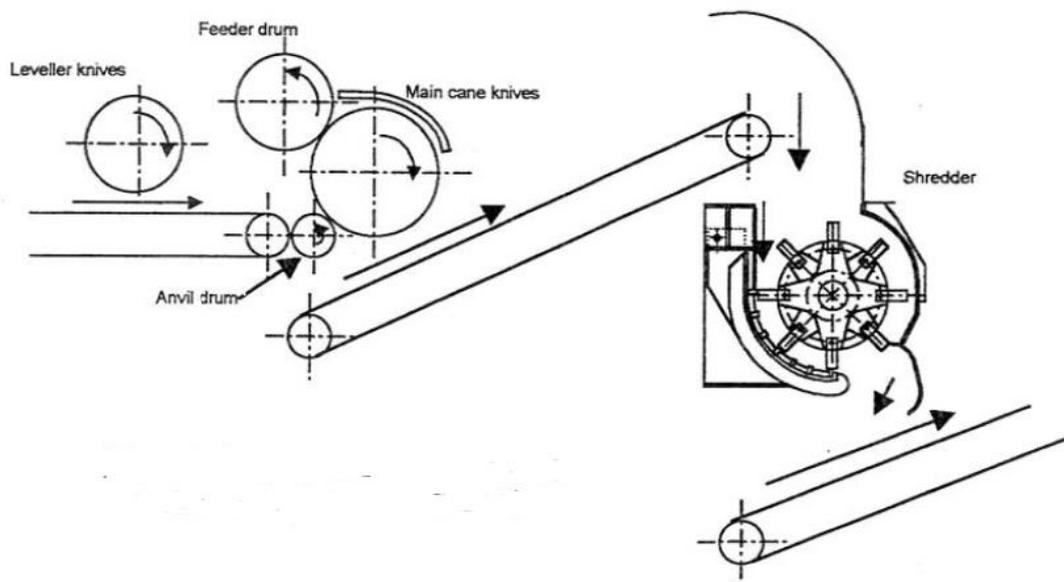


Figura 1: Arranjo diagramático de equipamento de preparação de cana. Fonte: (10)

Onde:

Leveller Knives – Facas niveladoras

Feeder drum – Tambor alimentador

Main cane Knives – Facas primárias principais

Anvil drum – Tambor de bigorna

Shredder – Desfibrador

Facas de cana

As facas típicas de cana consistem em eixo giratórios equipados com lâminas substituíveis, com cerca de 2m de largura e 1,5m de diâmetro varrido. O rotor é montado de modo que corte no transportador ou tambor com uma folga de cerca de 600mm para as primeiras facas e 50mm para as segundas facas. A cana passa por essa folga e o grau de corte depende do número de facas, da folga e da potência disponível. A potência de entrada varia normalmente de 200 a 1000kW e a velocidade de 250 a 960 rpm.

Desfibrador

O desfibrador bate a cana com martelos pesados (até 25kg) e a lança contra uma placa curva fixa contendo diversas barras auxiliares que servem para lançar a cana de volta no caminho dos martelos giratórios. O rotor do desfibrador também tem cerca de 2m de largura, com diâmetro varrido de até 2m, e geralmente accionado a 100 rpm por um motor de 3000 kW ou turbina a vapor. Um desfibrador moderno terá de 160 a 200 martelos, todos equipados com uma camada soldada resistente ao desgaste que dura pelo menos uma semana, geralmente de duas semanas.

As barras de bigorna, ou barras de grade, como são frequentemente chamadas, são fixadas a uma fabricação pesada que faz parte do involucro, geralmente conhecido como tábua de lavar, e abrange um ângulo entre 90° e 120° da circunferência. A tábua é articulada na borda dianteira e montada de tal forma que a folga entre os martelos e as barras da bigorna pode ser ajustada no ponto dianteiro e traseiro. A potência absorvida e o desempenho do desfibrador aumentam a medida que essas definições são reduzidas. A borda posterior da tábua de lavar deve ter um dispositivo de segurança que permita que ela se abra caso uma grande pedra ou pedaço de ferro seja inserido junto com a bengala. Isto pode ser conseguido por meio de pinos de cisalhamento, arietes hidráulicos ou suportes articulados com mola.

É uma boa prática ter uma tábua de lavar sobressalente disponível para cada desfibrador e poder trocá-la rapidamente. O sobressalente é então mantido pronto com um novo conjunto de barras de bigorna e devidamente reformado. Deve-se observar que a placa que guia a cana sobre a primeira bigorna não deve permitir qualquer saliência da bigorna ou sua fixação no trajecto da cana. Isto poderia causar a formação de pontes na cana-forrageira com subsequente asfixia.

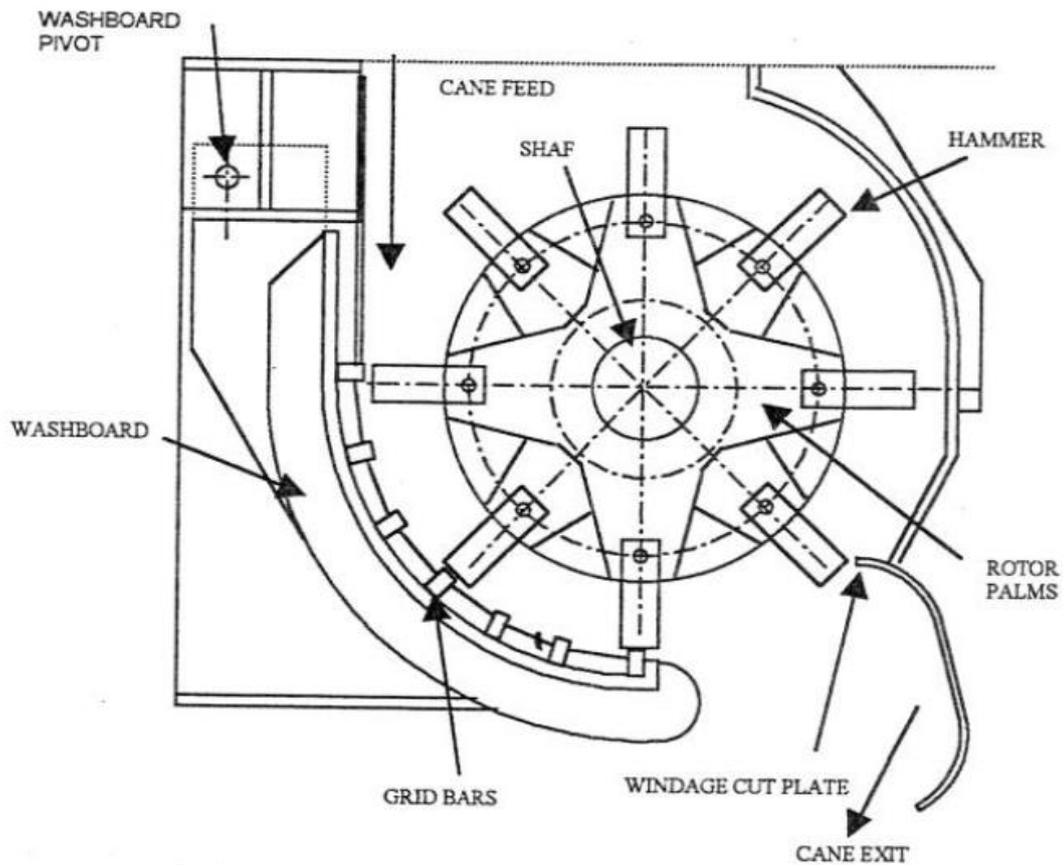


Figura 2: Vista em corte de um desfibrador. Fonte: (10)

Onde:

Washboard pivot – Pivô da tábua de lavar

Washboard – Tábua de lavar

Grid bars – Barras de grade

Cane feed – Alimentação de cana

Shaf – eixo

Hammer – Martelo

Rotor palms – palmas do rotor

Windage cut plate – placa de corte de vento

Cane exit - Saída de cana

A troca de facas de cana e martelos trituradores desgastados é um dos dois motivos pelos quais uma moenda não consegue triturar continuamente. (a outra e a

necessidade de remover incrustações dos evaporadores). Muito esforço foi feito na investigação destinada a prolongar a vida útil destas facas e martelos, mas no ambiente da África Austral, parece que duas semanas de vida é o limite razoável. Normalmente, cada moinho possui dois conjuntos de faca e martelos, um dos quais está sendo reformado enquanto o outro está em funcionamento. As superfícies de desgaste são revestidas com uma técnica de soldagem que utiliza arame de solda ou varetas escolhidas por sua elevada resistência ao desgaste. Vários materiais proprietários estão disponíveis, muitos dos quais apresentam bom desempenho. A escolha passa a ser uma questão que cabe a cada engenheiro decidir com base na economia.

Deve-se fazer esforço para reduzir a quantidade de solo que entra na cana. Em certos países (por exemplo, Austrália), onde o solo da cana é inferior a metade do da África do Sul, o desgaste dos martelos é menor numa proporção de até 10 para 1.

2.1.2. Factores que afectam o IP

Os seguintes factores provavelmente influenciarão o IP de uma determinada planta de preparação de cana:

- Desgaste em martelos e facas;
- Desgaste em barras de bigorna;
- Alimentação uniforme das facas e desfibrador;
- Ajuste da distância entre os martelos e barras da bigorna;
- Conteúdo de fibra de cana;
- Número de facas e martelos instalados no rotor.

Para garantir que esses factores recebam sempre atenção, o engenheiro deve monitorar o PI continuamente. Também é possível que um engenheiro experiente reconheça imediatamente qualquer variação no desempenho, inspeccionando visualmente a cana triturada que sai do desfibrador. O som do desfibrador também é uma boa indicação de seu desempenho.

A alimentação uniforme e a asfixia estão intimamente relacionadas. Quando os martelos ou facas estão gastos, há tendência a engasgar. É fundamental que o

engenheiro esteja familiarizado com todas as causas de bloqueios em sua planta. Na área de preparação de cana, o engasgo pode ser causado até mesmo por pequenas projecções das tripas no caminho da cana. Calhas que convergem, placas ásperas e não polidas, cantos estagnados e fortes correntes de ar são algumas das causas de asfixia.

O conteúdo de fibra da cana as vezes afecta o desempenho das facas e desfibrador. Quando a cana sofre forte estresse, como durante uma seca, fica mais difícil prepará-la. Nestes momentos, o engenheiro pode ter que recorrer a redução do número de facas e martelos para evitar sobrecarga dos accionamentos e evitar engasgos.

2.2. Extracção

O objectivo do processo de extracção é separar e extrair o sumo da cana. Para o efeito são usados moinhos de rolos, o sumo que sai dos moinhos é chamado de sumo misto (SM).

O processo de extracção é líquido líquido, onde o solvente usado é água, vulgarmente chamado de água de embebição. O sumo misto antes de ser bombeado para o processo faz a separação da fibra residual por meio de um filtro rotativo.

$$Ext = \frac{Tons Pol SM}{Tons Pol Cana} \times 100\% \quad (2.1)$$

2.2.1. Efeito da embebição

A extracção em conjunto de moagem ocorre através da combinação de compressão mecânica e dissolução. Se a extracção do sumo for feita apenas por espremedura, o bagaço conterà sumo equivalente a 50 % do seu peso. (este procedimento é conhecido como moagem a seco). Foi demonstrado que, mesmo com pressões muito altas, não é possível reduzir a % de humidade da cana abaixo de cerca de 45% apenas pela pressão. Para superar essa limitação, adiciona-se água para substituir e diluir o sumo do bagaço.

No primeiro moinho, o caldo é espremido da cana desfiada até ficar na medida em que apenas cerca de 30% da sacarose permanece na cana que sai desta fábrica. Nos

moinhos subsequentes, a sacarose e outros compostos solúveis são dissolvidos numa solução fraca e quente e depois espremidos da mesma forma, e isto é repetido várias vezes. Para fornecer recursos suficientes líquido, a água é adicionada ao processo antes do último moinho.

A água adicionada, chamada de embebição, com alguma sacarose restante, é espremida do último moinho, e esse sumo expresso final é bombeado para a cana que entra no penúltimo moinho. O caldo dessa moenda é bombeado para a cana que entra na penúltima moenda e assim por diante. O sumo do primeiro e segundo moinhos, conhecido como sumo misto, é bombeado através de peneiras e de lá para a fábrica para posterior processamento.

O bagaço do moinho final conterà caldo muito diluído e a extracção do moinho será bastante melhorada. Um ponto importante é que a embebição pode ser eficaz apenas em células que foram rompidas. Para maximizar a eficiência de embebição, os seguintes pontos devem ser observados:

- Água (ou sumo diluído) deve ser distribuída uniformemente pela camada de bagaço;
- Deve ocorrer penetração máxima das camadas;
- O bagaço deve ser bem preparado;
- A extracção do primeiro moinho deve ser boa.

O peso da água utilizada varia de 45 a 60% do peso da cana ou 300 a 400% da fibra da cana. Na prática, a quantidade de embebição é geralmente limitada por:

- O próprio moinho, capacidade de sumo, drenagem, etc;
- Aquecedor de sumo e capacidade do evaporador;
- Balanço de vapor da fábrica.

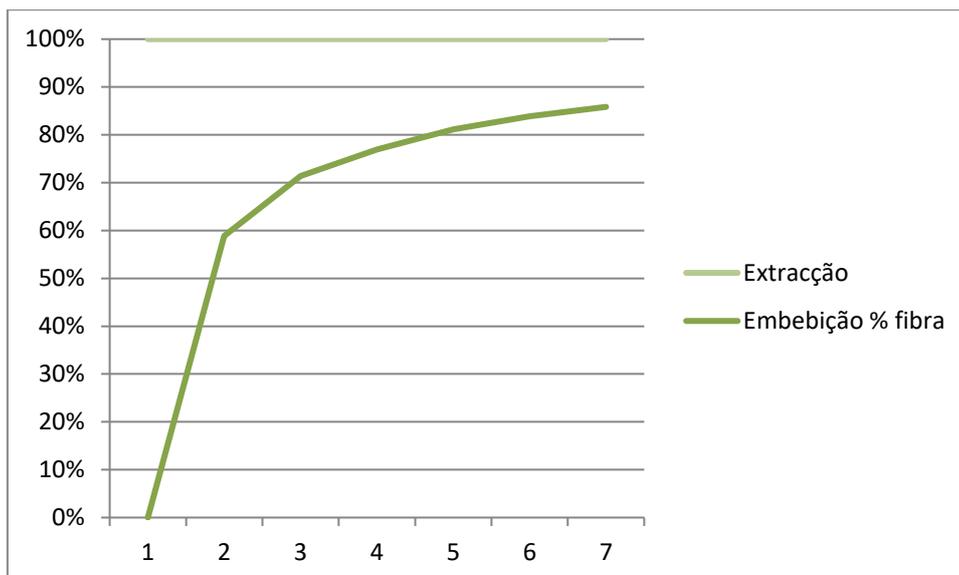


Figura 3: Gráfico de extracção VS embebição. Fonte: (10)

O efeito da alteração da taxa de embebição é mais bem ilustrado pelo gráfico mostrado. Essa mudança se deve ao efeito diluidor da água extra adicionada a cana em cada etapa. Observe que o gráfico tem formato assintótico, o que significa que se aproxima de um máximo (de 100%) sem nunca alcançá-lo. Assim quando a extracção já está num nível elevado, é necessária uma grande adição de embebição para conseguir um aumento muito pequeno na extracção.

O método mais usual de aplicação da embebição é conhecido como Composto Múltiplo de embebição, conforme descrito na figura 4.

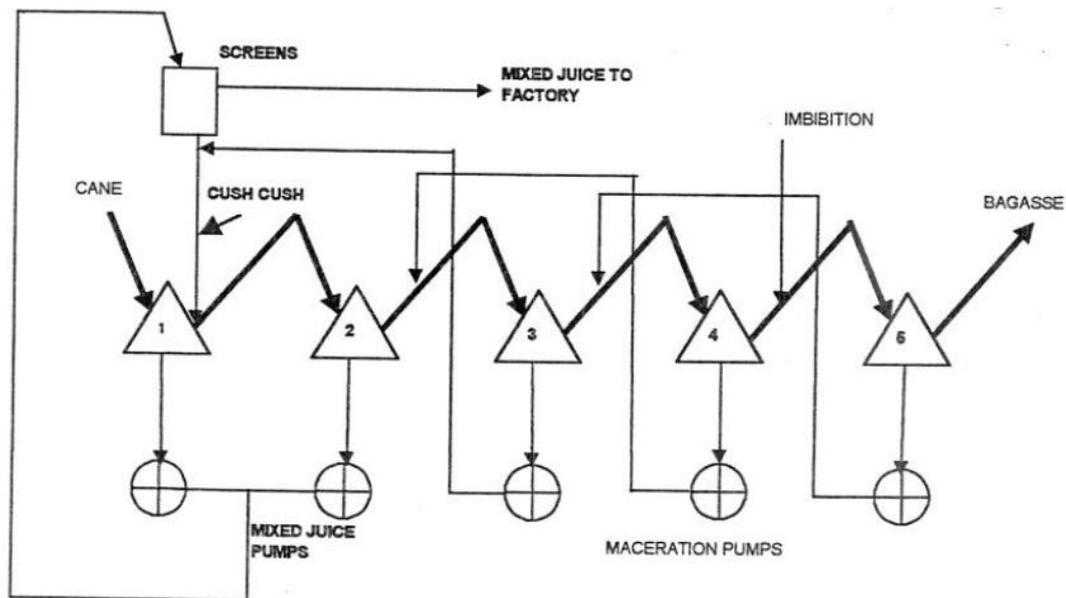


Figura 4: Diagrama de moagem em tandem ilustrando a embebição de múltiplos compostos. Fonte: (10)

Devido ao gradiente de brix ao longo do conjunto de moagem, que será ilustrado posteriormente por meio de exemplo prático, é importante que os sumos embebidos sejam bombeados para o moinho apropriado, sem que sejam permitidos desvios ou curtos-circuitos. Isto alteraria o efeito dissolvente do sumo e o desempenho seria prejudicado.

A água de embebição é geralmente fornecida pelo condensado dos efeitos de nível inferior do evaporador, que estaria disponível a uma temperatura de 70-80°C. É teoricamente benéfico para a extração usar a embebição a quente, porque a água quente dissolverá o açúcar mais rapidamente e tenderá a quebrar as paredes celulares para obter açúcar dentro das células. Isto introduz algumas dificuldades, com deslizamento e vapor excessivo que impede a visibilidade, mas podem ser superadas. A principal razão pela qual mais moinhos são capazes de usar a embebição a quente é a técnica aprimorada de desbaste por rolo introduzida desde meados da década 1970, usando um novo tipo de vareta de soldagem desenvolvida na Austrália e descrita abaixo.

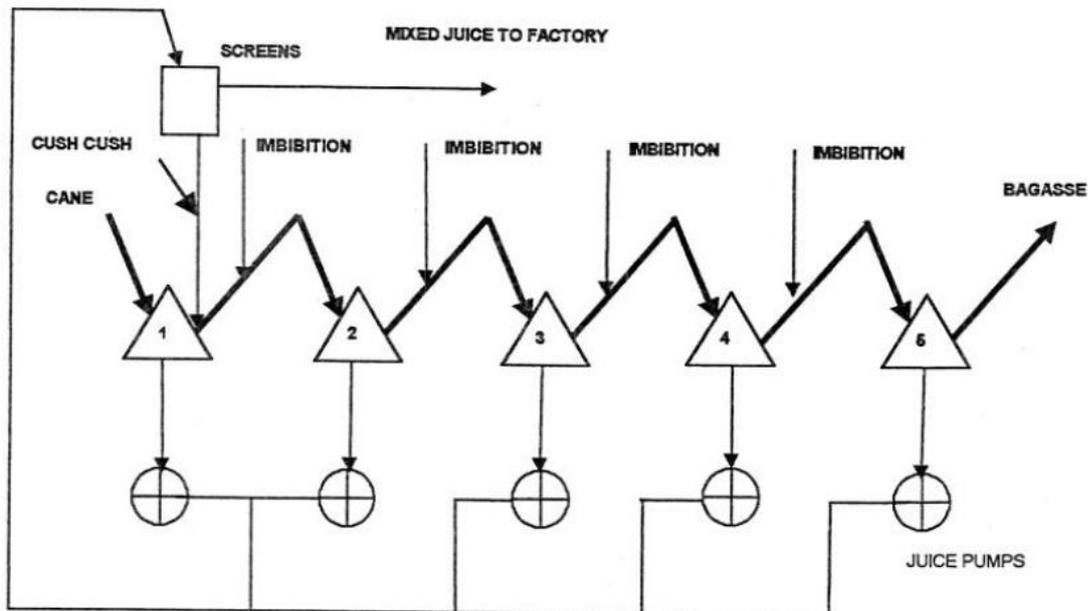


Figura 5: Diagrama de fresagem em tandem ilustrando múltiplas embebições simples. Fonte: (10)

2.2.2. Triagem de sumo

O caldo misturado bombeado das bandejas do primeiro e segundo moinhos contém grande quantidade de material fibroso e sujeira (chamada de *cush cush*) originária da cana. Antes que esse sumo possa ser clarificado, o *cush cush* deve ser removido. Caso contrário, poderá obstruir os aquecedores de sumo misturado e sobrecarregar o sistema de clarificação, empregando uma quantidade excessiva de cal e floculante, e sobrecarregar o sistema de lama e os filtros de vácuo.

2.3. Sistemas de controlo automático

Sistemas de controlo automático são sistemas projectados para controlar processos ou dispositivos de forma automática, sem intervenção humana directa uma vez que estejam configurados e em funcionamento. Estes sistemas utilizam *feedback* de sensores para monitorar continuamente o desempenho do sistema e ajustar as saídas de acordo com um objectivo específico.

2.3.1. Controladores automáticos

Um controlador automático compara o valor real de saída da planta com a entrada de referência (valor desejado), determina o desvio e produz um sinal de controle que reduzirá o desvio a zero ou a um valor pequeno. A maneira pela qual o controlador automático produz o sinal de controlo é chamada acção de controlo. A Figura 6 é um

diagrama de blocos de um sistema de controlo industrial, o qual consiste em um controlador automático, um actuador, uma planta e um sensor (elemento de medição). O controlador detecta o sinal de erro actuante, o qual normalmente é de potência muito baixa, e o amplifica a um nível suficientemente alto. A saída de um controlador automático alimenta um actuador, como um motor eléctrico, um motor hidráulico, um motor pneumático ou uma válvula. (O actuador é um dispositivo de potência que produz o sinal de entrada na planta de acordo com o sinal de controlo, de modo que a saída se aproxime do sinal de entrada de referência).

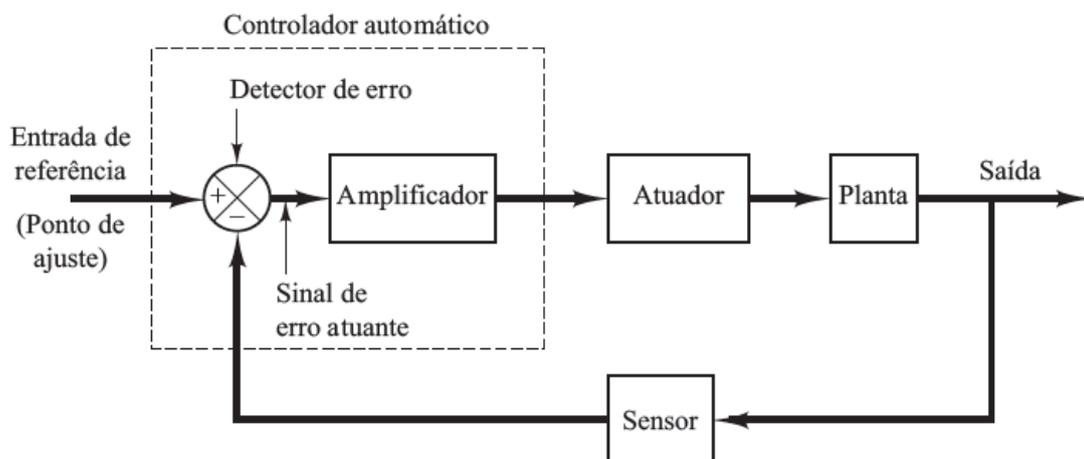


Figura 6: Diagrama de blocos de um sistema de controlo industrial, que consiste em um controlador automático, um actuador, uma planta e um sensor. Fonte: (4)

O sensor, ou elemento de medição, é um dispositivo que converte a variável de saída em outra variável conveniente, como deslocamento, pressão, tensão, etc., que pode ser utilizada para comparar a saída ao sinal de entrada de referência. Esse elemento está no ramo de realimentação do sistema de malha fechada. O ponto de ajuste do controlador deve ser convertido em um sinal de referência com as mesmas unidades do sinal de realimentação que vem do sensor ou do elemento de medição.

2.3.1.2. Classificação dos controladores industriais

A maioria dos controladores industriais pode ser classificada, de acordo com suas acções de controlo, em:

- Controladores de duas posições ou *on-off*;
- Controladores proporcionais;

- Controladores integrais;
- Controladores proporcional-integrais;
- Controladores proporcional-derivativos;
- Controladores proporcional-integral-derivativos.

A maior parte dos controladores industriais utiliza electricidade ou fluido pressurizado, como óleo ou ar, como fontes de energia. Como consequência, os controladores também podem ser classificados de acordo com a espécie de energia empregada na operação, como controladores pneumáticos, controladores hidráulicos ou controladores electrónicos. A escolha do tipo de controlador a ser utilizado deve ser decidida com base na natureza da planta e nas condições de operação, incluindo certas considerações como segurança, custo, disponibilidade, confiabilidade, precisão, peso e tamanho.

Para ajudar no entendimento posterior do projecto, alguns termos do vocabulário comum dos sistemas de controlo, definições sucintas são dadas a seguir:

Variável controlada (PV): Qualquer quantidade, propriedade ou condição física medida a fim de que se possa efectuar a indicação e/ou controlo do processo (neste caso, também chamada de variável do processo).

Variável manipulada (MV): É a grandeza que é operada com a finalidade de manter a variável controlada no valor desejado. Variável que recebe a acção controladora, ou seja, é variável de saída do actuador.

Variável desejada (*set-point*, SP): A entrada que determina o ponto de operação do processo desejado ou valor desejado estabelecido previamente como referência de *set-value*.

Entrada de referência (*set-value*, SV): em alguns sistemas pode ser o *set-point*, mas pode deferir deste apenas pela natureza ou grandeza do sinal (corrente ou tensão). Também pode ser o ponto de controlo no qual o valor controlado deve permanecer.

2.3.2. Controlador lógico programável

O Controlador Lógico Programável, ou simplesmente PLC (*Programmable Logical Controller*) é um controlador baseado em microprocessador que usa memória programável, capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controlo (sequência lógica, temporização e contagem, por exemplo), além de realizar operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizado no controlo de sistemas automáticos.

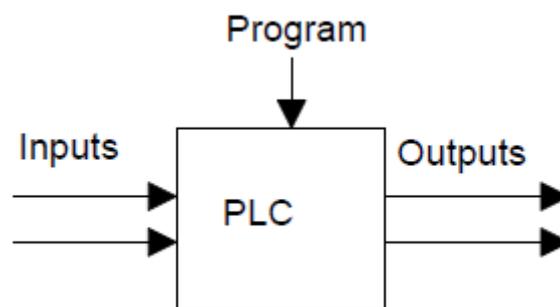


Figura 7: Um controlador lógico programável. Fonte: (2)

Onde:

Inputs – Entradas

Program – Programa

Outputs – Saídas

2.3.2.1. Arquitectura de PLC

Um PLC é constituído basicamente de: fonte de alimentação; Unidade Central de Processamento (CPU); memória dos tipos fixa e volátil; dispositivos de entrada e saída (E/S); terminal de programação e circuitos auxiliares.

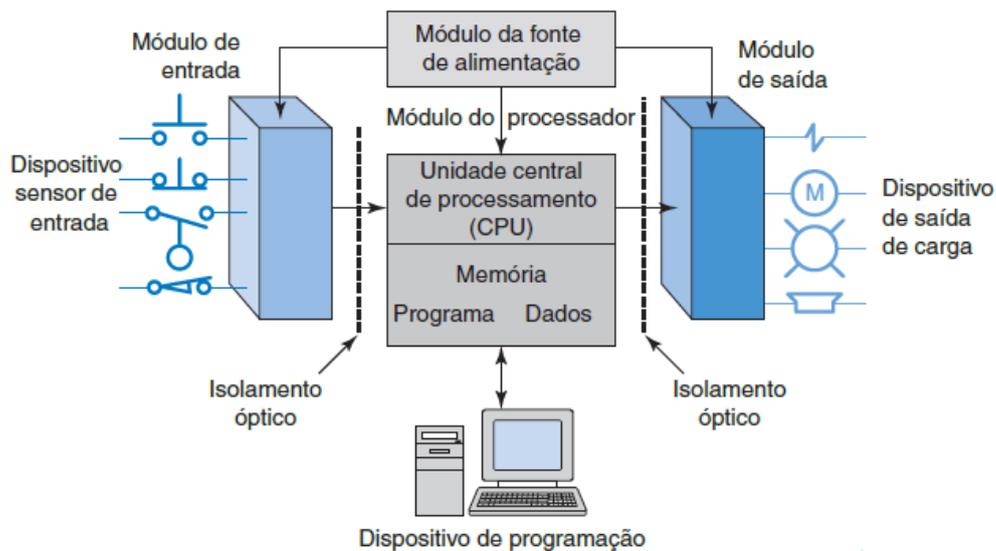


Figura 8: Partes de um controlador lógico programável (tipo modular). Fonte: (11)

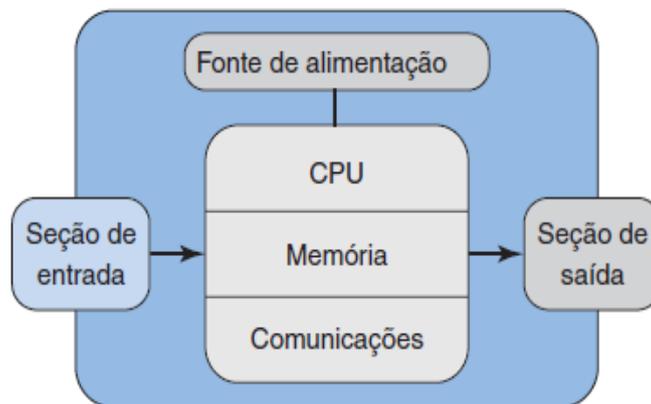


Figura 9: Partes de um controlador lógico programável (tipo fixo). Fonte: (11)

2.3.2.2. Linguagem de programação

São várias as linguagens de programação utilizadas em controladores programáveis. O *International Electrotechnical Committee* (IEC) é o responsável pela padronização dessas linguagens de programação, sendo a norma IEC 1131-3 *Programming Languages* a recomendada para o assunto em questão.

Tabela 1: Classificação das linguagens de programação, conforme IEC-1131-3.

Classes	Linguagens
Tabual	Tabela de decisão
Textual	IL (Lista de instrução)
	ST (Texto estruturado)
	LD (Diagrama Ladder)

Gráficas	FBD (Diagrama de bloco funcional)
	SFC (Fluxograma sequencial)

Fonte: (8)

2.3.2.3. Entrada analógica

As variáveis analógicas, diferente das digitais, são provenientes de transdutores/condicionadores que operam com sinais analógicos, ou seja, podem assumir qualquer valor dentro de sua faixa de operação. Os transdutores/condicionadores das variáveis de entrada e saída normalmente trabalham dentro faixas de valores padronizados: com tensões de 0 a 10 V, ou com correntes de 4 a 20 mA, ou ainda 0 a 10 mA .

Portanto, controlo de processo é um controlo automatizado que trata sinais analógicos dos sensores.

2.4. Sistema centralizado

Entre as configurações possíveis de controlo temos: individual, centralizada e distribuída. O controlo individual é usado para controlar uma máquina simples e não requer normalmente uma comunicação com outros controladores.

O **controlo centralizado** é utilizado quando várias máquinas ou processos são controlados por controlador centralizado. O projecto desse controlo utiliza um único sistema de controlo de maior porte para controlar diversos processos de fabricação e operações, como mostra a Figura 10. As principais características do controlo centralizado podem ser resumidas da seguinte maneira:

- Cada passo individual no processo de fabricação é realizado pelo controlador do sistema de controlo centralizado;
- Nenhuma troca de estado ou dados são enviados para outros controladores;
- Se o controlador principal falhar, o processo pára por completo.

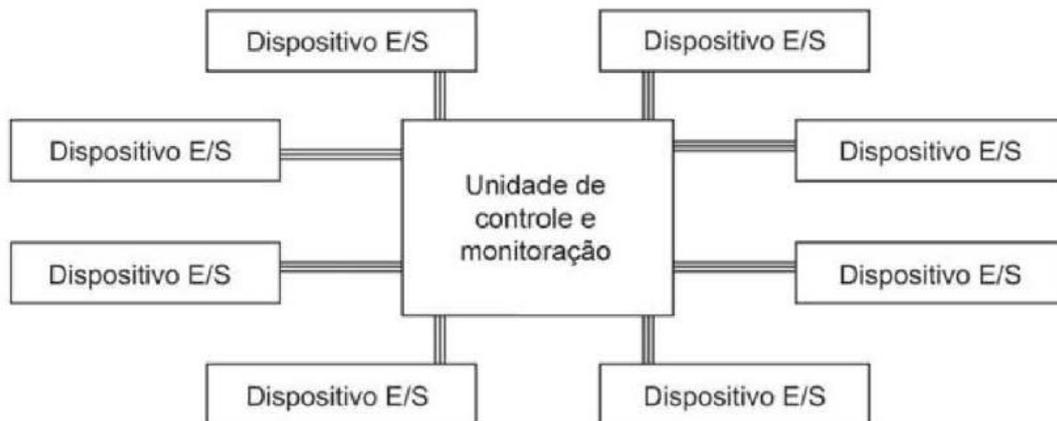


Figura 10: Sistema Centralizado. Fonte: (3)

2. 5. Controladores programáveis micrologix

2. 5.1. Módulos de E/S analógicos controllogix

Os módulos de E/S analógicos controllogix são módulos de interface que convertem sinais analógicos em valores digitais para entradas e convertem valores digitais em sinais analógicos para saídas.

Os módulos controllogix são montados em uma chassi controllogix e usam um bloco terminal removível (RTB).

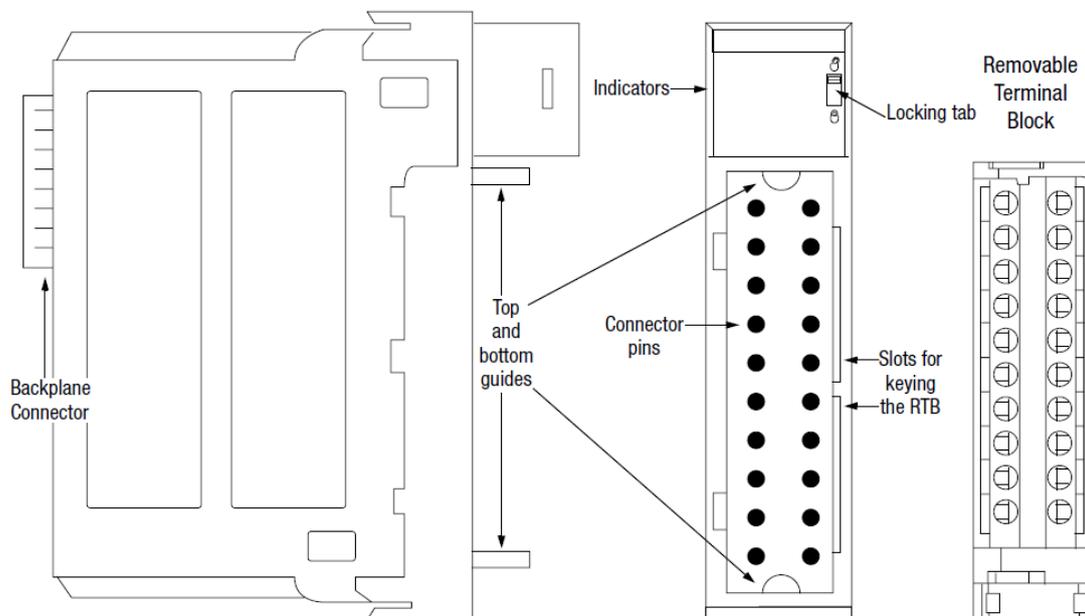


Figura 11: Módulos de E/S controllogix. Fonte: (5)

Onde:

Backplane connector – Conector do painel traseiro

Top and botton guides – Guias superior e inferior

Indicators – Indicadores

Connector pins – Pinos do conector

Locking tab – Guia de bloqueio

Slots for keying – Slots para codificação

Cada módulo mantém informações de identificação específicas que o separam de todos os outros módulos. Essas informações ajudam a rastrear todos os componentes do sistema.

2. 5.1.1. Compactibilidade de módulo de entrada

Os módulos de entrada analógicos controllogix convertem um sinal analógico de *volts*, *milivolts*, *miliamperes* ou *ohms* conectado aos terminais de parafuso do módulo em um valor digital.

O valor digital representa a magnitude do sinal analógico e então transmitido no *backplane* para um controlador ou outras entidades de controle.

2. 5.1.2. Compactibilidade de módulo de saída

Os módulos de saída controllogix convertem um valor que e entregue ao módulo através do *backplane* em um sinal analógico de -10,5 a +10,5 volts ou 0 a 21mA.

O valor digital representa a magnitude do sinal analógico desejado. O módulo converte sinal analógico e fornece esses sinais nos terminais de parafuso do módulo.

2. 5.1.3. Método de fiação

Os módulos 1756 – IF16 e 1756 – IF8 suportam os três métodos de fiação a seguir:

- Método de fiação de terminação única;
- Método de fiação diferencial;
- Método de fiação diferencial de modo de alta velocidade única.

a) Método de fiação de terminação única

A fiação de terminação única compara um lado de entrada de sinal ao terra do sinal. Essa diferença e utilizada pelo módulo na geração de dados digitais do controlador.

Ao usar o método de fiação de terminação única, todos os dispositivos de entrada são ligados a um terreno comum. Além de aterramento comum, o uso de fiação de terminação única maximiza o número de canais utilizáveis no módulo (8 canais para o módulo 1756 – IF8 e 16 canais para o módulo 1756 – IF16).

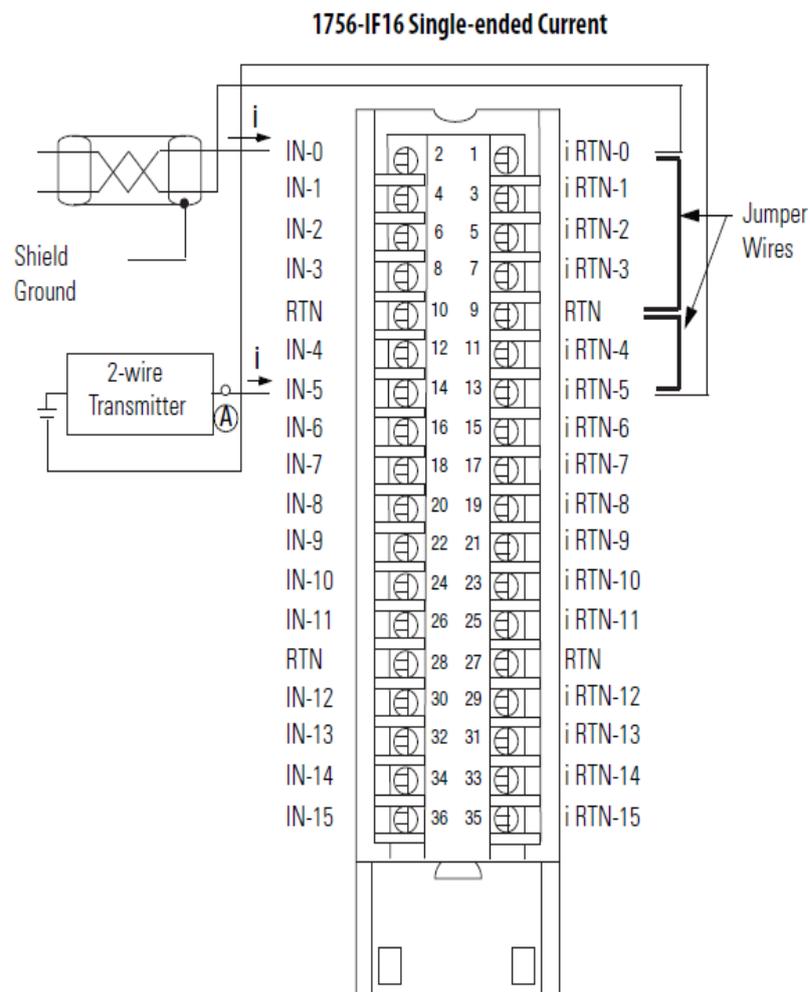


Figura 12: Módulo de conexão para entradas analógicas. Fonte: (5)

b) Método de fiação diferencial

O método de fiação diferencial é recomendado para aplicações nas quais é vantajoso ou necessário ter pares de sinais separados ou onde um aterramento comum não está disponível. A fiação diferencial é recomendada para ambientes onde é necessário maior imunidade a ruídos. Este método de fiação permite apenas metade de canais de um módulo.

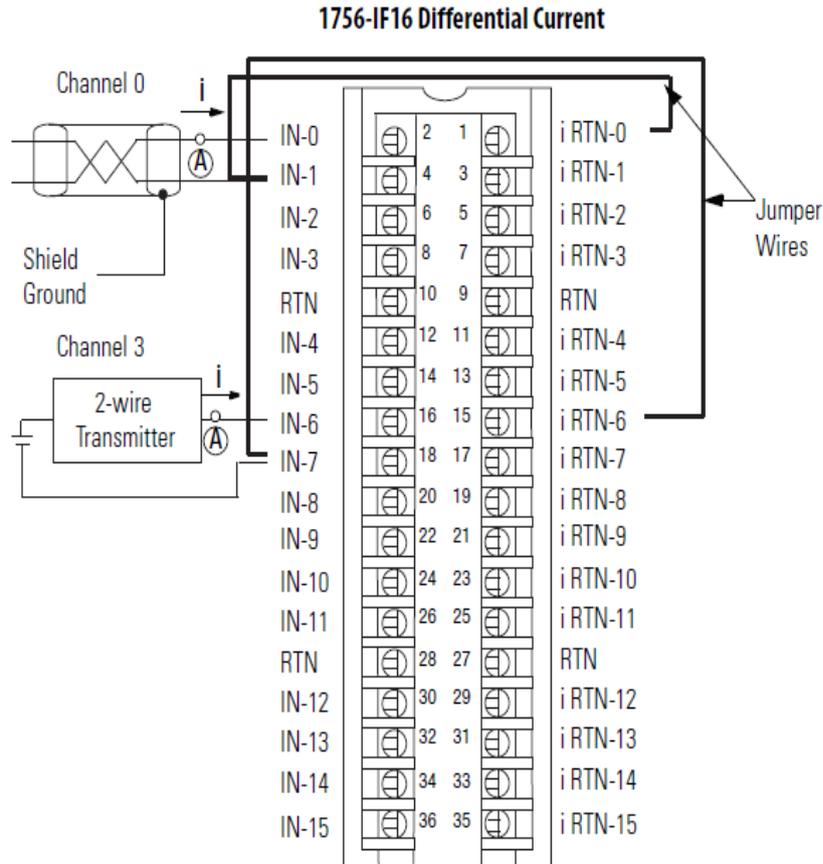


Figura 13: Módulo de conexão para entradas analógicas. Fonte: (5)

c) Método de fiação diferencial de modo de alta velocidade única

Pode – se configurar os módulos para um modo de alta velocidade que fornecerá as actualizações de dados mais rápidas possíveis.

Ao usar o modo de alta velocidade, lembre-se das seguintes condições:

- Este modo usa o método de fiação diferencial;
- Este modo permite apenas o uso de 1 em cada 4 canais no módulo.

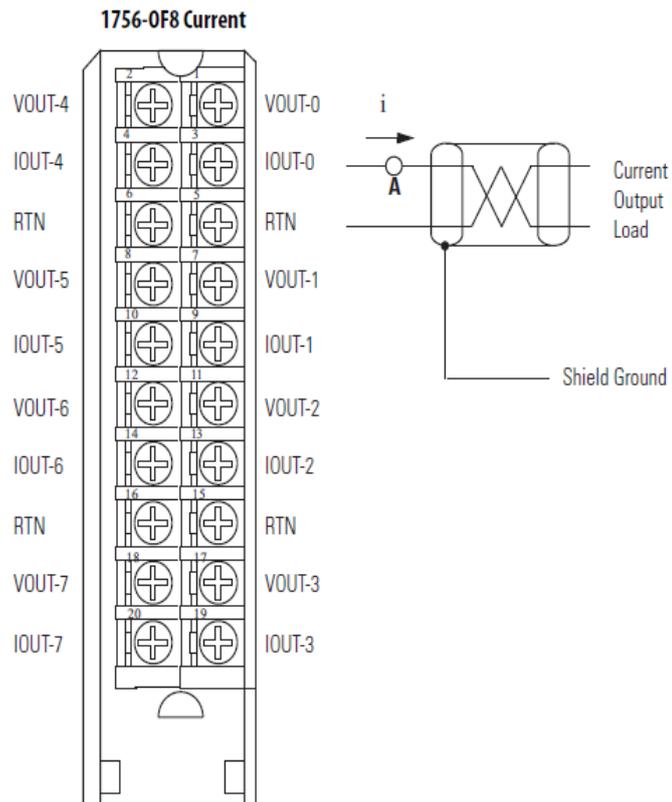


Figura 14: Módulo de conexão para saídas analógicas. Fonte: (5)

2.5.2. Módulos de E/S digitais controllogix

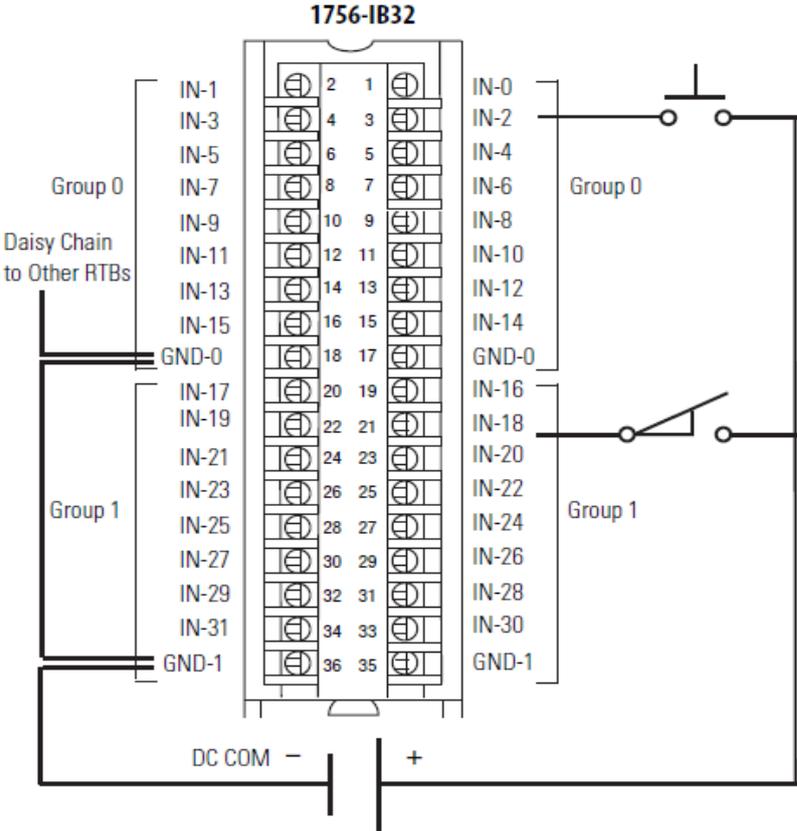


Figura 15: Módulo de conexão para entradas digitais. Fonte: (5)

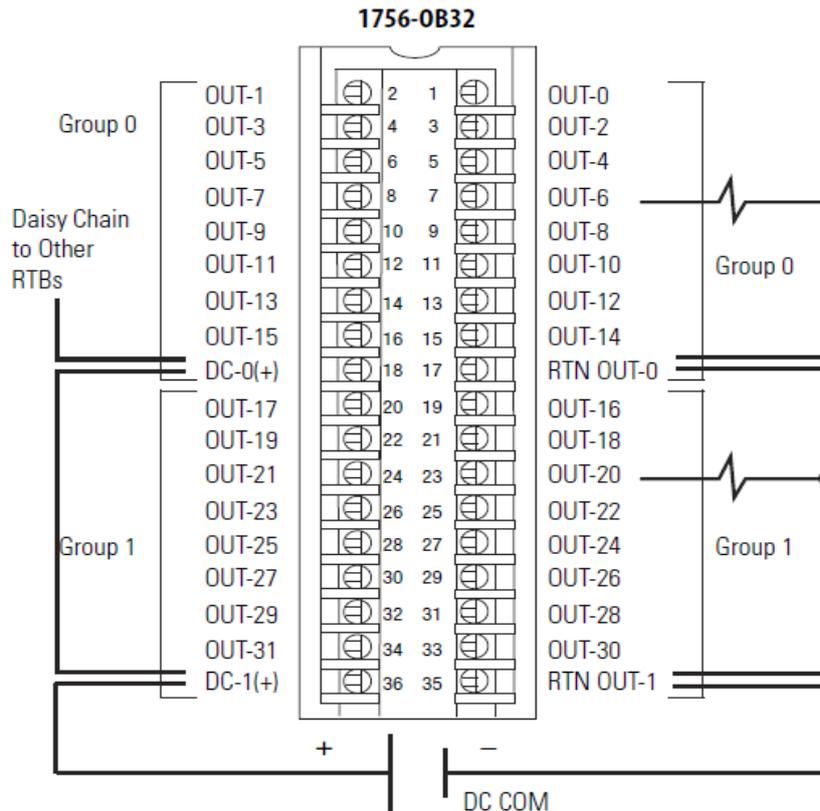


Figura 16: Módulo de conexão para saídas digitais. Fonte: (5)

2.5.3. EtherNet/IP

EtherNet Industrial Protocol é um protocolo de comunicação utilizado em redes industriais para automação e controlo de processos. Basea – se nos padrões Ethernet e IP e oferece uma série de características que o tornam adequado para ambientes industriais.

Características principais do EtherNet/IP

Utiliza o padrão IEEE 802.3, permitindo a integração com redes de TI tradicionais e facilitando a interoperabilidade.

Transporte de dados em tempo real: utiliza CIP (Common Industrial Protocol) para troca de dados em tempo real entre dispositivos, como PLCs, sensores, actuadores e sistemas de supervisão.

Flexibilidade: Facilmente escalável e integrável com outras redes industriais e sistemas de TI.

Desempenho: Suporta comunicação em tempo real e alta taxa de transferência de dados.

Padronização: Baseado em padrões abertos, facilitando a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes.

CAPÍTULO III – MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO

3.1. Sistema de controlo automático actual

O sistema de controlo automático actual no processo de preparação de cana e extracção na açucareira de Mafambisse consiste em 5 controladores Yokogawa YS170 de circuito duplo e 1 controlador Yokogawa UT351, 5 registradores Yokogawa fx112 ligados directamente com os parâmetros de controlo sem nenhuma dependência entre eles e com os controladores.

As partes do processo controladas são: esteira horizontal, esteira inclinada, transportador de túnel, elevador, 6 moinhos e fluxo de embebição. É um sistema distribuído, o que significa que cada controlador é responsável por uma parte específica do processo, cada unidade opera de forma independente.

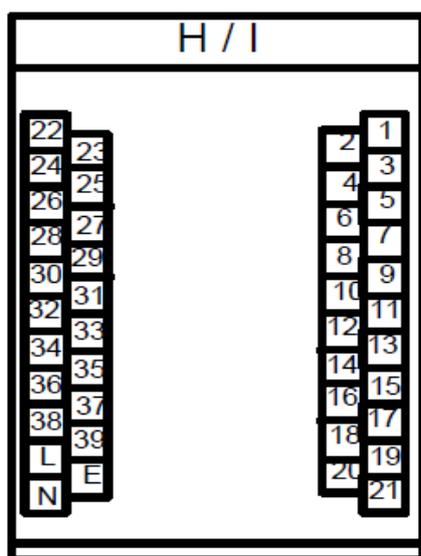


Figura 17: Controlador de esteira horizontal e inclinada. Fonte: (Autor)

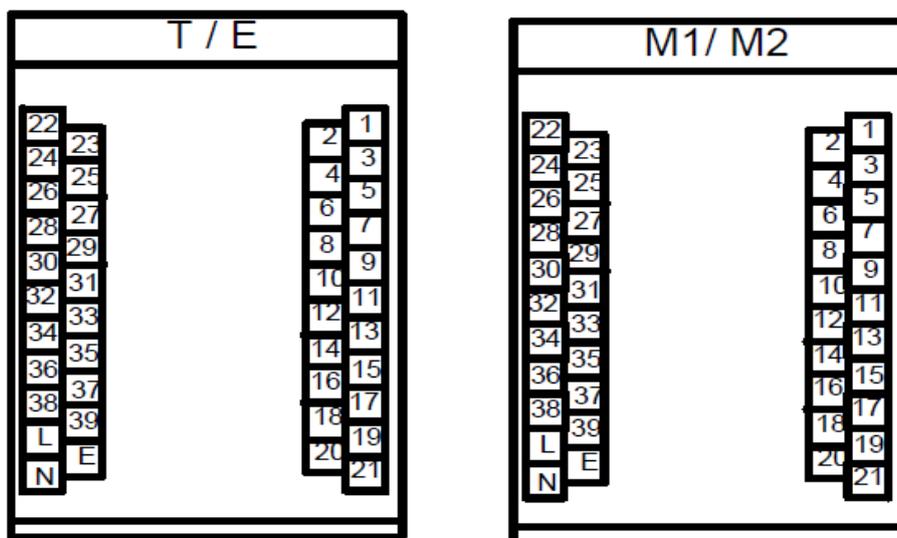


Figura 18: Controladores de túnel, elevador, moinho 1 e 2 respectivamente. Fonte: (Autor)

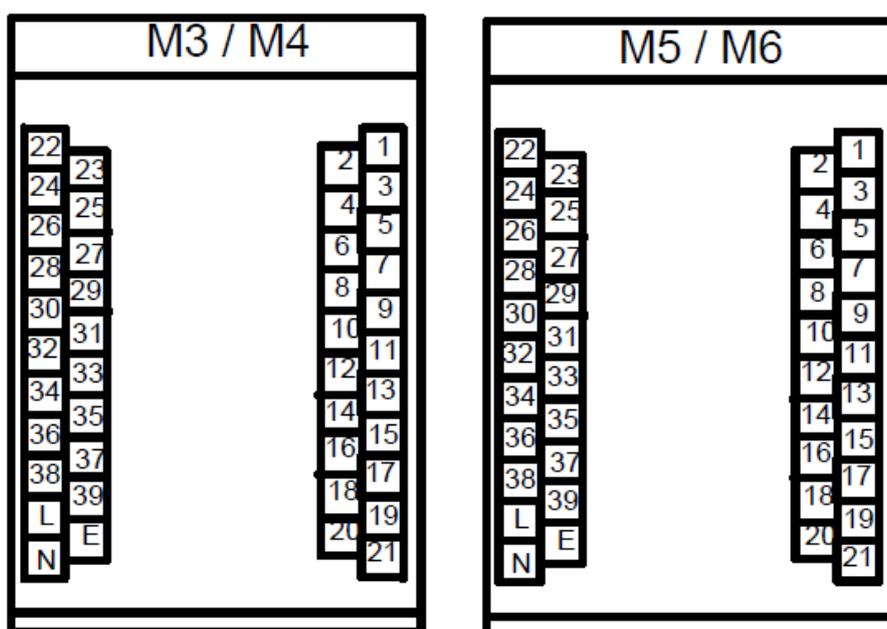


Figura 19: Controladores de moinhos 3, 4, 5 e 6 respectivamente. Fonte: (Autor)

No anexo 6, se apresenta:

- a) O programa de controlo e de fiação dos controladores Yokogawa YS170 dos processos de preparação de cana e extracção.

Desenvolvido pela equipe técnica da TEG e da açucareira de Mafambisse.

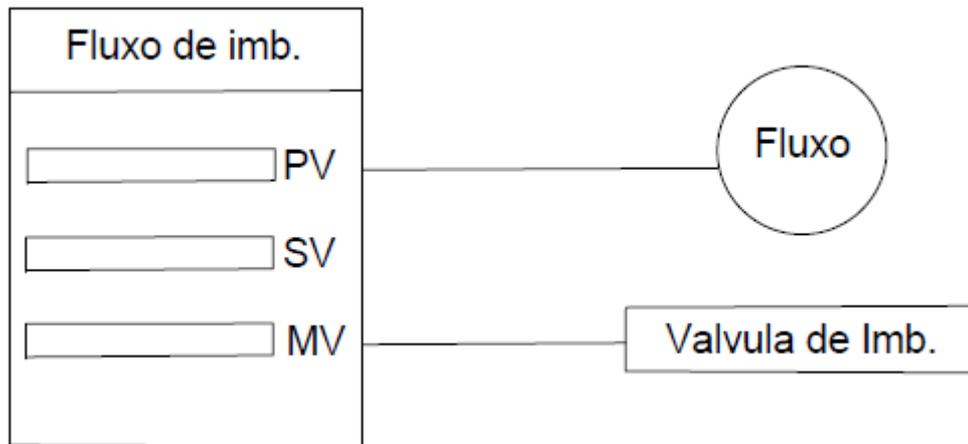


Figura 170: Controlador Yokogawa UT351 de fluxo de embebição. Fonte: (Autor)

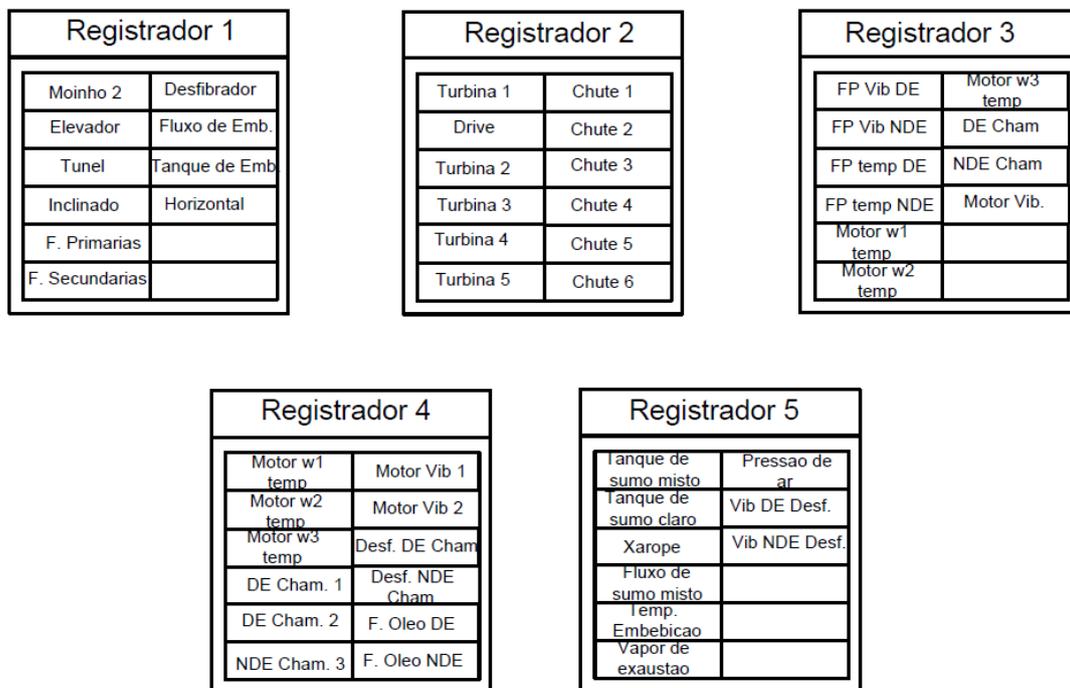


Figura 181: Registradores do controlo actual. Fonte: (Autor)

3.2. Sistema de controlo automático centralizado

Pretende-se desenvolver um sistema de controlo centralizado para o processo de preparação de cana e extracção por meio de um PLC. Este sistema consiste em controlar e monitorar a planta remotamente dependendo de apenas um controlador com entradas e saídas analógicas, assim como digitais convista a substituir o sistema actual descentralizado, descrito no subcapitulo 3.1.

A princípio foi feito um levantamento de informações dos processos de preparação de cana e extracção e do sistema de controlo automático já existente de tal forma que pudessem proporcionar uma ampla visão do tema tratado. A maioria das informações dos sensores e actuadores encontraram – se nas caixas de junção com identificação e os fios sem identificação rastrearam-se para encontrar o equipamento para posterior identificação.

Numa segunda etapa, com as informações dos processos definiu-se a configuração de controlo, a arquitectura de controlo e tipo de controlador, isto é, **controlo automático centralizado**.

3.2.1. Passos para a solução do problema

- Escolha do PLC com números de entradas e saídas necessárias e de reserva;
- Escolha dos equipamentos para protecção, alimentação, conexão e fiação;
- Desenvolvimento do esquema eléctrico com sinais de interesse;
- Programação do PLC.

3.2.2. Arquitectura do sistema

As figuras abaixo compreendem a arquitectura do sistema de controlo centralizado para os processos de preparação de cana e extracção.

O cronograma de cabos para a fiação do sistema se encontram no anexo 1 para o processo de preparação de cana e no anexo 2 para o processo de extracção.

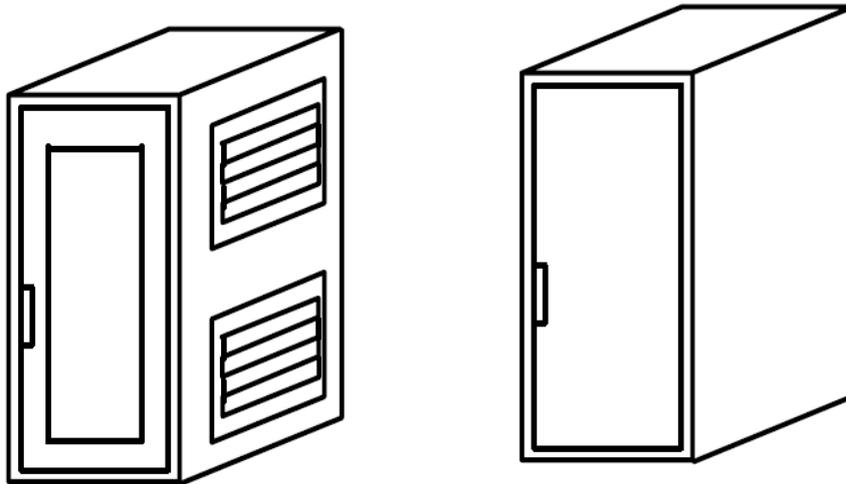


Figura 1920: Painel de controlo para o sistema centralizado. Fonte: (Autor)

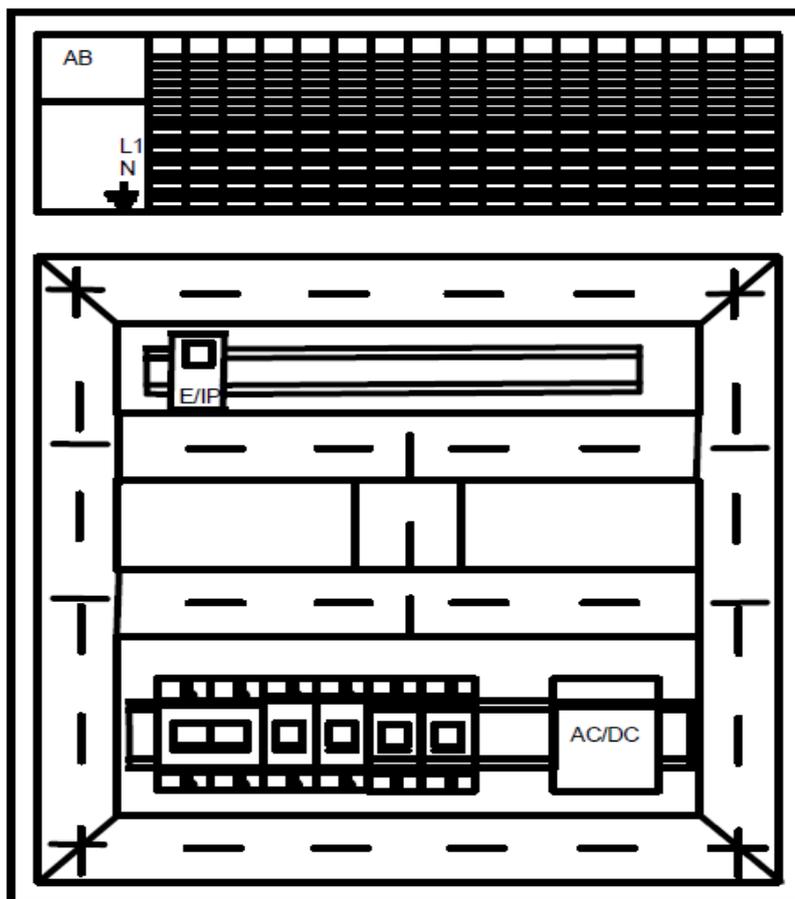


Figura 213: Disposição dos componentes para o sistema centralizado (parte frontal do painel).
Fonte: (Autor)

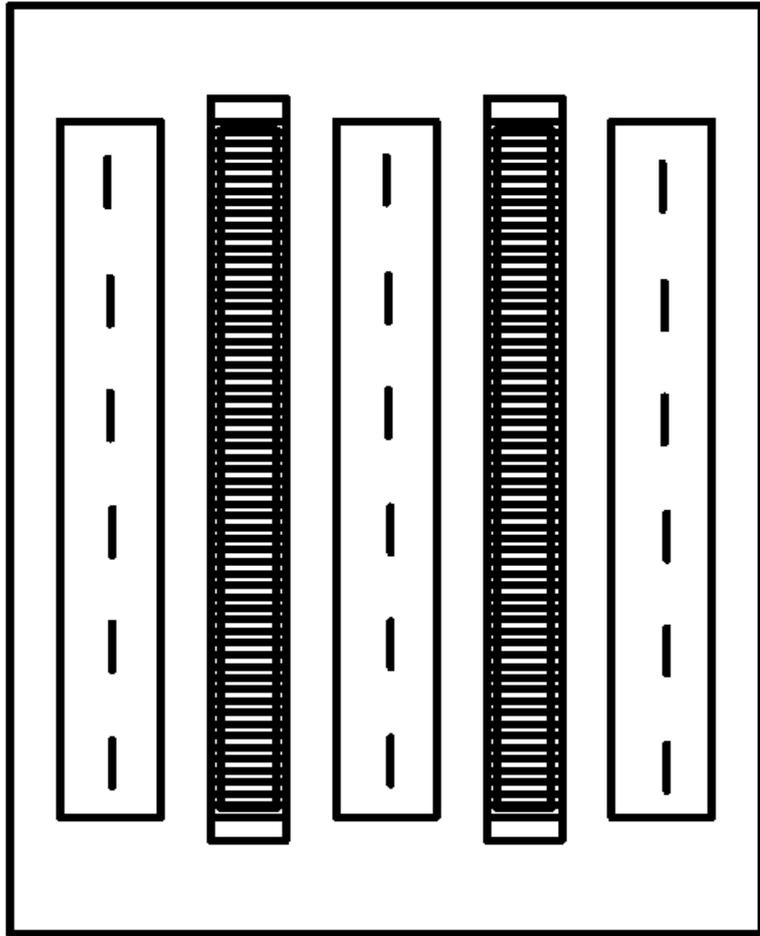


Figura 224: Disposição dos dos blocos terminais e calhas para o sistema centralizado (parte traseira do painel). Fonte: (Autor)

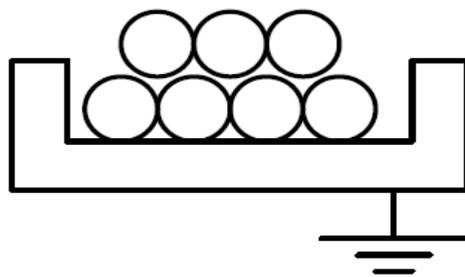


Figura 235: Disposição de cabos na bandeja de cabo em malha na para o painel de controlo. Fonte: (Autor)

3.2.3. Dimensionamento do sistema

3.2.3.1. Especificação das potências das principais cargas

a. PLC

Dados:

$$S_n = P_n = 100 \text{ VA} \qquad U_n = 230 \text{ V} \qquad f_n = 50 \text{ Hz}$$

b. Iluminárias

Dados:

$$P_n = 32 \text{ w} \qquad \cos\varphi = 0.95 \qquad U_n = 230 \text{ V} \qquad f_n = 50 \text{ Hz}$$

c. Ventilador

Dados:

$$P_n = 100 \text{ w} \qquad \cos\varphi = 0.90 \qquad U_n = 230 \text{ V} \qquad f_n = 50 \text{ Hz}$$

d. Fonte de alimentação 24 VCC

Dados:

$$S_n = 460 \text{ VA} \qquad U_n = 230 \text{ V} \qquad f_n = 50 \text{ Hz}$$

3.2.3.2. Cabo de alimentação do painel de controlo

1) Cálculo da secção pelo critério da intensidade máxima admissível ou de aquecimento

Segundo o RTIEBT 433, verifica-se a seguinte condição: $I_B < I_z$.

A corrente de serviço monofásica será: $I_B = \frac{S_n}{U} = \frac{705}{230} = 3.07 \text{ A}$

Para o dimensionamento das secções e proteções se deverá obedecer as seguintes condições:

$$I_B \leq I_N \leq I_z \rightarrow 1^a \text{ Condição} \qquad (3.1)$$

$$I_2 \leq 1.45 \times I_z \rightarrow 2^a \text{ Condição} \quad (3.2)$$

$$I_N = 6 \text{ A} ; I_2 = 7.8 \text{ A} ; I_z = 19.5 \text{ A}$$

A corrente máxima admissível actualizada tendo em consideração os factores de agrupamento e temperatura a 35° C :

$$I'_z = I_z \times F_{C1} \times F_{C2} \quad (3.3)$$

$$I'_z = 24 \times 1 \times 0,96 = 23,04 \text{ A}$$

$$3.07 \leq 6 \leq 24 \rightarrow 1^a \text{ Condição verificada}$$

$$7.8 \leq 1.45 \times 23,04 = 33,41 \text{ A} \rightarrow 2^a \text{ Condição verificada}$$

Pelo método de referência A, a secção do condutor será: $2,5 \text{ mm}^2$.

2) Verificação da secção pelo critério de queda de tensão

$$\rho_{Cabo} = \rho_{20^\circ \text{ C}} \times (1 + \alpha(T_f - T_i)) \quad (3.4)$$

Onde: ρ_{Cabo} – Resistividade do cabo [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]

$\rho_{20^\circ \text{ C}}$ – Resistividade do Cobre a 20° C [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]

α – Coeficiente de temperatura do Cobre [$^\circ \text{ C}^{-1}$]

T_f – Temperatura operacional do condutor [$^\circ \text{ C}$]

T_i – Temperatura de referência [$^\circ \text{ C}$]

$$\Delta U = \frac{\rho_{Cabo} \times l \times I}{A \times U} \quad (3.5)$$

$$\rho_{Cabo} = 0,0178 \times (1 + 0,004(35 - 20)) = 0,01887 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$\Delta U = \frac{0,01887 \times 10 \times 3.07}{2.5 \times 230} = 0,101\%$$

- Aceitável para queda de tensão admissível ($\Delta U = 5\%$)

3) Verificação da secção pelo critério de curto-circuito

Cálculo da resistência a Montante a 20°C

Este troço possui o comprimento estimado de 10 metros, e a resistividade da matéria a 20° C foi obtida pela tabela

DADOS

$$\rho = 0,0178 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

$$R_{Cu20^\circ C} = \rho \times \frac{l}{A} \quad (3.6)$$

$$R_{Cu20^\circ C} = 0,0178 \times \frac{10}{2.5} = 0,0712 \Omega$$

Cálculo da resistência do cabo a jusante a 20°C

Segundo a tabela, a resistência máxima de condutores de cobre a 20°C para secções de 2.5 mm é de 7.41 Ω/km, então a resistência do cabo a 20°C será:

$$R_{rc20^\circ C} = \frac{2 \times l \times r}{1000} \quad (3.7)$$

Onde: $R_{rc20^\circ C}$ – Resistência do cabo a 20°C [Ω]

l – Comprimento do cabo [m]

r – Resistência máxima de condutores de cobre a 20°C [Ω/km]

$$R_{rc20^\circ C} = \frac{2 \times 10 \times 7.41}{1000} = 0,1482 \Omega$$

Cálculo da resistência total do cabo a 20°C

$$R_{20^\circ C} = R_{20^\circ C} + R_{rc20^\circ C} \quad (3.8)$$

$$R_{20^\circ C} = 0,0712 + 0,1482 = 0,1654 \Omega$$

Correção da resistência total do cabo

Segundo o R.S.I.U.E.E, o valor de coeficiente de temperatura para condutores de cobre é de 0,004. De acordo com a tabela:

$$R_C = R_{20^\circ C} \times (1 + \alpha(T_f - T_i)) \quad (3.9)$$

$$R_C = 0,1654 \times (1 + 0,004(35 - 20)) = 0,1751 \Omega$$

Corrente de curto-circuito:

$$I_{cc} = \frac{U}{R_c} \quad (3.10)$$

$$I_{cc} = \frac{230}{0,1751} = 1313,535 \text{ A}$$

Cálculo do tempo de atuação do órgão de proteção ou de duração de curto-circuito

Para cabos de cobre isolados a borracha, recomenda-se pela R.S.I.U.E.E no seu artigo 580 alínea 2, o uso de $K = 135$.

$$t_{act} = \left(\frac{A}{I_{cc}} \times K\right)^2 \quad (3.11)$$

Onde: t_{act} – Tempo de actuação do órgão de protecção [s]

A – Secção transversal do condutor [mm^2]

I_{cc} – Corrente de curto – circuito mínima [A]

K – Uma constante que depende do isolamento do material condutor

$$t_{act} = \left(\frac{2,5}{1313,535} \times 135\right)^2 = 0,066 \text{ s}$$

- *Todas as condições são satisfeitas!*

3.2.4. Programação do PLC

A programação do sistema centralizado foi feita em diagrama Ladder na plataforma RSlogix5000 da Rockwell Automation. A programa dos processos de preparação de cana e extracção se encontram no anexo 3 e 4 respectivamente.

3.2.5. Especificações técnicas do sistema

1) Ferramenta de projecto

Allen – Bradley Controllogix 5572, processador com 4MB de memória do usuário, 0,98MB memória de E/S, 128000 E/S digital, 4000 E/S analógica, 1-USB, velocidade total, 12 Mbps. Entrada: 120/240 VCA, 50/60 Hz, 100 w, 100VA. Saída: 75 w MAX, 2,8 A MAX para 24VCC.

- Entrada de alimentação em CA Allen – Bradley 1756 – PA75;
- Bloco terminal Allen – Bradley 1756 – TBCH controllogix;
- Módulo de entrada analógica controllogix 1756 – IF16;
- Módulo de entrada digital controllogix 1756 – IB32;
- Módulo de saída analógica controllogix 1756 – OF8;
- Módulo de saída digital controllogix 1756 – OB32.

2) Painel de controlo industrial

O painel de controlo industrial com duas portas é uma solução prática e eficiente para gerenciar sistemas complexos, oferecendo melhor acesso, segurança e organização dos componentes internos.

- Tipo de gabinete: 1, 3R, 12 da Schneider Electric.

3) Base do terminal de fusíveis e blocos terminais

A base do terminal de fusível consiste em uma parte inferior da base terminal e um suporte de inserção do fusível.

- Senka Electric, 72,5x56, 5x8,2 mm

Blocos terminais são conectores comuns que tem como objectivo garantir a conexão entre dois circuitos diferentes, com segurança e eficiência.

4) Fonte de Alimentação 24 VCC

A fonte de alimentação 24 VCC fornece energia necessária aos módulos de entrada e saída do PLC, que se conectam a sensores e actuadores, também necessitam de 24VCC para operar correctamente.

- MEAN WELL, DR – 120 -24.

5) Fusíveis

Os fusíveis são essenciais para a protecção eléctrica, prevenindo danos aos componentes e garantindo a segurança geral do sistema de automação industrial.

- Fusíveis de vidro 20AG – 1A – 5A.

6) Trilho DIN

Também conhecido como trilho Perfilado DIN, é utilizado para organizar e montar os dispositivos, de 35 x 15 mm de Aço/Alumínio.

7) Ventilador

O ventilador no painel de controlo é crucial para a gestão térmica, assegurando a operação confiável e segura do sistema e componentes.

- Ventilador 200x200x60mm de 220V.

8) Iluminárias

- CLG – T2316, 230 v, 50 Hz, 16w.

9) Disjuntor

Para a protecção geral será usado um disjuntor geral fase e neutro de 6 A. Para a protecção dos diversos circuitos serão instalados disjuntores monopolares de 2 A, de

iluminação, ventilador, PLC e fonte de alimentação 24 VCC. A curva de operação dos disjuntores é B.

10)Fim de curso

Chave de fim de curso montado nas portas do painel, ligando a lâmpada na abertura da portas e desligando com porta fechada.

- XCKN2110P20, IEC/E N 60947 – 5 – 1, $U_i=500v$, $U_{imp}=6kv$, AC15 240v, 3ª, $I_{th}=10A$, IP65.

11)Cabos

- Cabo UTP e seus terminais;
- Cabo de instrumentação 32 pares;
- H07RN-F3G2.5;
- H05V-U3G1.5.

12)Ponteiras isoladas

As ponteiras isoladas são componentes vitais para a realização de conexões eléctricas seguras e confiáveis em painéis de controlo.

13)Cintas plásticas

As cintas plásticas são ferramentas essenciais para a organização e fixação de cabos.

14)Barramento de terra nú

Para a conexão de fios de terra, protege equipamentos e pessoas contra choques eléctricos e danos causados por surtos de energia.

15)Bandeja de cabo em malha

Uma bandeja de cabo de malha é uma estrutura metálica utilizada para suportar e organizar cabos eléctricos, de comunicação ou de dados em instalações industriais. A

malha proporciona uma estrutura resistente e aberta que permite a circulação de ar e dissipação de calor, além de facilitar a manutenção e o acesso aos cabos.

16) Rebites

Rebites são fixadores mecânicos compostos por um eixo cilíndrico e uma cabeça que ao serem instalados se expandem para travar duas ou mais peças juntas.

17) Etiquetas

Etiquetas são pequenas peças usadas para identificar, rotular ou marcar objectos, neste caso fios eléctricos.

18) Fita adesiva

A fita adesiva é amplamente utilizada para selar, unir e marcar fios eléctricos ou qualquer outro componente.

3.2.6. Orçamento

Tabela 1: Orçamento do projecto

Estimativa de custo						
Ord	Materiais	Un	Qtd	Custo unitário (Mzn)	Custo total (Mzn)	
1	Allen – Bradley Controllogix 5572	un	1	92330	92330	
2	Allen – Bradley 1756 – PA75	un	1	20706	20706	
3	Allen – Bradley 1756 – TBCH ControlLogix	un	10	1758	17580	
4	ControlLogix 1756 – IF16	un	4	53975	215900	
5	ControlLogix 1756 – IB32	un	2	53975	107950	
6	ControlLogix 1756 – OF8	un	2	53975	107950	
7	controlLogix 1756 – OB32	un	2	53975	107950	
8	Painel Schneider Electric	un	1	35000	35000	
9	Fusíveis	1A	un	200	50	10000
		5A	un	10	50	5000
11	Disjuntor	1P+N	un	1	1300	1300
		1P	un	4	900	3600
12	Calha ranhurada	m	5	250	1250	
14	Trilho DIN	m	2	200	400	
15	Ventilador	un	1	670	670	
16	Lâmpada	un	2	500	1000	
17	Base de terminal de fusível	un	300	190	57000	
18	Bloco terminal	un	300	95	28500	
19	Fim do curso	un	2	1600	3200	
20	Ponteiras isoladas	0,75mmx8mm	un	800	25	20000
		1,5mmx8mm	un	50	25	1250
		2,5 mm x8mm	un	25	25	625
21	Cintas plásticas	4,6x200mm	un	5	200	1000
		2,5x100mm	un	5	200	1000
22	Etiquetas	un	10	5000	50000	
23	Rebites	un	100	200	20000	
24	Barramento de terra nú	un	1	960	960	
25	Cabos	UTP	m	5	88	440
		Instrumentação	m	100	1664	166400
		H07RN-F3G2.5	m	15	200	3000
		H05V-U3G1.5	m	10	150	1500
26	Material				1083461	

27	Transporte	un	0.1	1083461	108346.1
28	Mão - de - obra	un	0.2	1083461	216692.2
SUBTOTAL				-	1408499.3
IVA				17%	239444.881
TOTAL				-	1647944.181

Fonte: (Autor)

CAPÍTULO IV – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclusões

Neste trabalho abordou-se de forma detalhada sobre a implementação de um sistema centralizado de controlo automático no processo de preparação de cana e extracção na açucareira de Mafambisse, no qual primeiro fez – se entrevistas aos técnicos e operadores do controlo automático actual e observação directa. Essas informações foram cruciais na definição de estratégias de programação e arquitectura do sistema.

A preparação de cana e extracção são processos fundamentais para garantir a qualidade do açúcar, por isso, é necessário ter um controlo rigoroso. A melhor maneira de preparar a cana para moagem é passa – lá por facas de cana, que reduzem o comprimento médio para cerca de 300 – 400 mm, e depois tritura – lá por meio de um desfibrador. A extracção ocorre através da combinação de compressão mecânica e dissolução. Para garantir máximos rendimentos de extracção, o engenheiro deve monitorar o PI continuamente.

A implementação do PLC incluiu a configuração dos de módulos de entrada e saída, a programação lógica de controlo utilizando a plataforma RSLogix 5000 e a integração de sensores e actuadores existentes no processo. A utilização do PLC da Allen Bradley aumentou a confiabilidade do sistema de controlo, reduziu custos operacionais e facilitou futuras expansões e actualizações do sistema.

Recomendações

Recomenda –se:

- Consultar o manual do usuário da Allen – Bradley para a conexão dos módulos de entrada e saída;
- Integrar os instrumentos não controlados e com sinais perdidos na sala de controlo;
- Substituir os cabos de instrumentação que saiem da chão da fábrica até a sala de controlo por cabo UTP para rede EtherNet/IP;
- Desenvolver um sistema de supervisão do controlo automático.

Referências bibliográficas

1. BARBOSA, Ana L. A. 2008 – Observação Direta na Investigação em Educação, Porto: Porto Editora.
2. Bolton, W. 2006 - Programmable Logic Controllers, 4ªed., Elsevier Newnes, UK.
3. De Moraes, Cícero Couto 2010 - Engenharia de automação industrial, 2ªed., LTC, Rio de Janeiro.
4. Felício, Luiz Carlos 2010 - Modelagem da dinâmica de sistemas e estudo da resposta, Segunda Edição, RiMa, São Carlos.
5. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um009_-en-p.pdf, 1 de Abril de 2024.
6. <https://www.bancomoc.mz/media/tuhcdxco/relat%C3%B3rio-anual-2022.pdf>, 20 de Fevereiro de 2024.
7. Lakatos, Eva Maria; Marconi, Maria de Andrade 2003 - Fundamentos de metodologia científica, 5ªed., São Paulo: Atlas.
8. Lewis, R. W. 1995 - Programming Industrial Control System Using IEC 1131-3 - IEEE Control.
9. LIMA, Sérgio 2001 – Pesquisa Bibliográfica, 2ªed., São Paulo: Editora Exemplo.
10. Lionnet, Georges R. E. 2000 - Sugar Technology for Students: Milling: Study Text 11, Durban North, 4051, KwaZulu Natal, Rep of South Africa.
11. Petruzella, Frank D. 2014 - Controladores lógicos programáveis, 4ªed., AMGH, Porto Alegre.
12. RSIUEE – “Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica em Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (1974).
13. RTIEBT- “Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão”

Outra bibliografia consultada

1. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td002_-en-e.pdf, 1 de Abril de 2024.
2. https://web-material3.yokogawa.com/YS170_-_YS150_Control_Functions_-_TI1B7C1-01E.pdf, 14 de Março de 2024.

Anexos

Anexo 1: Cronograma de cabos do processo de preparação de cana

Tabela A1-1: Cronograma de cabos de saídas digitais

REV	AREA	EQUIPMENT	IO_Type	DESCRIPTION	JB_TERMINALS	CORE		CARD_ID	MARSH_CABINET
1	Cane Prep	Horizontal Carrier	DO	Run enable	19-20	10 WH	10BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[0]
1	Cane Prep	Horizontal Carrier	DO	Status driver interlocked	21-22	11 WH	11 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[1]
1	Cane Prep	Primary Cane Knife	DO	Run enable	23-24	12 WH	12 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[2]
1	Cane Prep	Primary Cane Knife	DO	Status drive interlocked	25-26	13 WH	13 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[3]
1	Cane Prep	Inclined Carrier	DO	Run enable	27-28	14 WH	14 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[4]
1	Cane Prep	Inclined Carrier	DO	Status drive interlocked	29-30	15 WH	15BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[5]
1	Cane Prep	Secondary Cane Knife	DO	Run enable	31-32	16 WH	16BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[6]
1	Cane Prep	Secondary Cane Knife	DO	Status drive interlocked	1-2	17 WH	17BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[7]
1	Cane Prep	Shredder	DO	Run enable	3-4	18 WH	18BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[8]
1	Cane Prep	Shredder	DO	Status drive interlocked	5-6	19WH	19BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[9]
1	Cane Prep	Shredder oil pump 1	DO	Run enable	7-8	20 WH	20 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[10]
1	Cane Prep	Shredder oil pump 1	DO	Status drive interlocked	9-10	21 WH	21 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[11]
1	Cane Prep	Shredder oil pump 2	DO	Run enable	11-12	22 WH	22BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[12]
1	Cane Prep	Shredder oil pump 2	DO	Status drive interlocked	13-14	23 WH	23BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[13]
1	Cane Prep	Shredder Carrier	DO	Run enable	15-16	24WH	24BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[14]
1	Cane Prep	Shredder Carrier	DO	Status drive interlocked	17-18	25 WH	25BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[15]
1	Cane Prep	Tunnel conveyor	DO	Run enable	19-20	26 WH	26BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[16]
1	Cane Prep	Tunnel conveyor	DO	Status drive interlocked	21-22	27WH	27BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[17]
1	Cane Prep	Mill 1 Elevetor	DO	Run enable	23-24	28 WH	28BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[18]
1	Cane Prep	Mill 1 Elevetor	DO	Status drive interlocked	25-26	29 WH	29BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[19]
1	Cane Prep	Mill 1 Elevetor	DO	Start alarm warning	27-28	30 WH	30BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[20]

Fonte: (Autor)

Anexo 1: Cronograma de cabos do processo de preparação de cana

Tabela A1-2: Cronograma de cabos de entradas analógicas

REV	AREA	EQUIPMENT	Instrument Range		IO Type	DESCRIPTION	JB_TERMINALS	CORE		CARD_ID	MARSH_CABINET
1	Cane Prep	Feeder table 1	0	50Hz	AI	Feeder table 1 motor current	13-14	7 WH	7 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[0]
1	Cane Prep	Feeder table 2	0	50Hz	AI	Feeder table 2 motor current	15-16	8 WH	8 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[1]
1	Cane Prep	Horizontal Carrier	0	50Hz	AI	Horizontal carrier speed input	17-18	9 WH	9 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[2]
1	Cane Prep	Horizontal Carrier	0	68A	AI	Horizontal carrier load	19-20	10 WH	10 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[3]
1	Cane Prep	Inclined Carrier	0	50Hz	AI	Inclined carrier speed input	21-22	11 WH	11 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[4]
1	Cane Prep	Inclined Carrier	0	68A	AI	Inclined carrier load	23-24	12 WH	12 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[5]
1	Cane Prep	Shredder carrier	0	28A	AI	Shredder carrier load	25-26	13 WH	13 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[6]
1	Cane Prep	Tunnel conveyor	0	50Hz	AI	Tunnel conveyor speed input	27-28	14 WH	14 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[7]
1	Cane Prep	Tunnel conveyor	0	45A	AI	Tunnel conveyor load	29-30	15 WH	15 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[8]
1	Cane Prep	Mill 1 Elevator	0	50Hz	AI	Mill 1 Elevator speed input	31-32	16 WH	16 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[9]
	Cane Prep	Mill 1 Elevator	0	68A	AI	Mill 1 Elevator load	1-2	17 WH	17 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[10]
1	Cane Prep	Primary knife	0	69A	AI	Primary cane knife current	3-4	18 WH	18 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[11]
1	Cane Prep	Secondary knife	0	32A	AI	Secondary cane knife current	5-6	19 WH	19 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[12]
1	Cane Prep	Shredder	0	20mm/s	AI	Shredder vibration DE	7-8	20 WH	20 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[13]
1	Cane Prep	Shredder	0	20mm/s	AI	Shredder vibration NDE	9-10	21 WH	21 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[14]
1	Cane Prep	Shredder	0	2734A	AI	Shredder Current	11-12	22 WH	22 BK	1756-IF16	Slot:[5].Ch:[15]
1	Cane Prep	Shredder	0	5 L/s	AI	Shredder rotor bearing DE Oil flow	13-14	23 WH	23 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[0]
1	Cane Prep	Shredder	0	5 L/s	AI	Shredder rotor bearing NDE Oil flow	15-16	24 WH	24 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[1]

Fonte: (Autor)

Anexo 1: Cronograma de cabos do processo de preparação de cana

Tabela A1-3: Cronograma de cabos de saídas analógicas

REV	AREA	EQUIPMENT	Instrument Range		IO Type	DESCRIPTION	JB_TERMINALS	CORE		CARD_ID	MARSH_CABINET
1	Cane Prep	Horizontal Carrier	0	50Hz	AO	Horizontal carrier speed ref	13-14	7 WH	7 BK	1756-OF8	Slot:[7].Ch:[0]
1	Cane Prep	Inclined Carrier	0	50Hz	AO	Inclined carrier speed ref	15-16	8 WH	8 BK	1756-OF8	Slot:[7].Ch:[1]
1	Cane Prep	Tunnel conveyor	0	50Hz	AO	Tunnel conveyor speed ref	17-18	9 WH	9 BK	1756-OF8	Slot:[7].Ch:[2]
1	Cane Prep	Mill 1 Elevator	0	50Hz	AO	Mill 1 elevator speed ref	19-20	10 WH	10 BK	1756-OF8	Slot:[7].Ch:[3]

Fonte: (Autor)

Anexo 2: Cronograma de cabos do processo de extracção

Tabela A2-4: Cronograma de cabos de entradas digitais (a)

REV	AREA	EQUIPMENT	IO Type	DESCRIPTION	JB_TERMINALS	CORE		CARD_ID	MARSH_CABINET
1	Dewatering	Mill 1 Turbine	DI	Turbine Emergency Trip Button	1-2	1 WH	1 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[0]
1	Dewatering	Mill 1 Turbine	DI	ESTOP	3-4	2 WH	2 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[1]
1	Dewatering	Mill 1 Turbine	DI	Run Feedback	5-6	3 WH	3 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[2]
1	Dewatering	Mill 2 Intercarrier	DI	Local Start Push Button	7-8	4 WH	4 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[3]
1	Dewatering	Mill 2 Intercarrier	DI	Local Stop Push Button	9-10	5 WH	5 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[4]
1	Dewatering	Mill 2 Intercarrier	DI	Run Feedback	11-12	6 WH	6 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[5]
1	Dewatering	Mill 2 Intercarrier	DI	Loc/Remote	13-14	7 WH	7 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[6]
1	Dewatering	Mill 2 Drive	DI	Field E-Stop	15-16	8 WH	8 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[7]
1	Dewatering	Mill 2 Drive	DI	Local Start Push Button	17-18	9 WH	9 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[8]
1	Dewatering	Mill 2 Drive	DI	Local Stop Push Button	19-20	10 WH	10 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[9]
1	Dewatering	Mill 2 Drive	DI	Run Feedback	21-22	11 WH	11 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[10]
1	Dewatering	Mill 2 Drive	DI	Drive Ready	23-24	12 WH	12 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[11]
1	Dewatering	Mill 2 Drive	DI	Local Remote Selection	25-26	13 WH	13 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[12]
1	Dewatering	Mill 3 Intercarrier	DI	Local Start Push Button	27-28	14 WH	14 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[13]
1	Dewatering	Mill 3 Intercarrier	DI	Local Stop Push Button	29-30	15 WH	15 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[14]
1	Dewatering	Mill 3 Intercarrier	DI	Run Feedback	31-32	16WH	16BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[15]
1	Dewatering	Mill 3 Intercarrier	DI	Loc/Rem	1-2	17WH	17BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[16]
1	Dewatering	Mill 3 Turbine	DI	Turbine Emergency Trip Button	3-4	18WH	18BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[17]
1	Dewatering	Mill 3 Turbine	DI	ESTOP	5-6	19 WH	19 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[18]
1	Dewatering	Mill 3 Turbine	DI	Run Feedback	7-8	20 WH	20 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[19]
1	Dewatering	Mill 4 Intercarrier	DI	Local Start Push Button	9-10	21 WH	21 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[20]

Anexo 2: Cronograma de cabos do processo de extração

Tabela A2-5: Cronograma de cabos de entradas digitais (b)

1	Dewatering	Mill 4 Intercarrier	DI	Local Stop Push Button	11-12	22 WH	22BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[21]
1	Dewatering	Mill 4 Intercarrier	DI	Run Feedback	13-14	23 WH	23 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[22]
1	Dewatering	Mill 4 Intercarrier	DI	Loc/Rem	15-16	24 WH	24 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[23]
1	Dewatering	Mill 4 Turbine	DI	Turbine Emergency Trip Button	17-18	25WH	25 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[24]
1	Dewatering	Mill 4 Turbine	DI	ESTOP	19-20	26 WH	26 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[25]
1	Dewatering	Mill 4 Turbine	DI	Run Feedback	21-22	27 WH	27 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[26]
1	Dewatering	Mill 5 Intercarrier	DI	Local Start Push Button	23-24	28 WH	28 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[27]
1	Dewatering	Mill 5 Intercarrier	DI	Local Stop Push Button	25-26	29 WH	29 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[28]
1	Dewatering	Mill 5 Intercarrier	DI	Run Feedback	27-28	30 WH	30 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[29]
1	Dewatering	Mill 5 Intercarrier	DI	Loc/Rem	29-30	31 WH	31 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[30]
1	Dewatering	Mill 5 Turbine	DI	Turbine Emergency Trip Button	31-32	32 WH	32 BK	1756-IB32	Slot:[2].Ch:[31]
1	Dewatering	Mill 5 Turbine	DI	ESTOP	1-2	1 WH	1 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[0]
1	Dewatering	Mill 5 Turbine	DI	Run Feedback	3-4	2 WH	2 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[1]
1	Dewatering	Mill 6 Intercarrier	DI	Local Start Push Button	5-6	3 WH	3 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[2]
1	Dewatering	Mill 6 Intercarrier	DI	Local Stop Push Button	7-8	4 WH	4 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[3]
1	Dewatering	Mill 6 Intercarrier	DI	Run Feedback	9-10	5 WH	5 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[4]
1	Dewatering	Mill 6 Intercarrier	DI	Loc/Rem	11-12	6 WH	6 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[5]
1	Dewatering	Mill 6 Turbine	DI	Turbine Emergency Trip Button	13-14	7 WH	7 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[6]
1	Dewatering	Mill 6 Turbine	DI	ESTOP	15-16	8 WH	8 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[7]
1	Dewatering	Mill 6 Turbine	DI	Run Feedback	17-18	9 WH	9 BK	1756-IB32	Slot:[3].Ch:[8]

Fonte: (Autor)

Anexo 2: Cronograma de cabos do processo de extracção

Tabela A2-6: Cronograma de cabos de saídas digitais

REV	AREA	EQUIPMENT	IO_Type	DESCRIPTION	JB_TERMINALS	CORE	CARD_ID	MARSH_CABINET	
1	Extraction	Mill 2 Intercarrier	DO	Run enable	29-30	31 WH	31 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[21]
1	Extraction	Mill 2 Intercarrier	DO	Status drive interlocked	31-32	32 WH	32 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[22]
1	Extraction	Mill 2 Drive	DO	Run enable	1-2	1 WH	1 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[23]
1	Extraction	Mill 2 Drive	DO	Status drive interlocked	3-4	2 WH	2 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[24]
1	Extraction	Mill 5 Intercarrier	DO	Run enable	5-6	3 WH	3 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[25]
1	Extraction	Mill 5 Intercarrier	DO	Status drive interlocked	7-8	4 WH	4 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[26]
1	Extraction	Mill 6 Intercarrier	DO	Run enable	9-10	5 WH	5 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[27]
1	Extraction	Mill 6 Intercarrier	DO	Status drive interlocked	11-12	6 WH	6 BK	1756-OB32	Slot:[4].Ch:[28]

Fonte: (Autor)

Anexo 2: Cronograma de cabos do processo de extracção

Tabela A2-7: Cronograma de cabos de entradas analógicas

REV	AREA	EQUIPMENT	Instrument Range		IO Type	DESCRIPTION	JB_TERMINALS	CORE		CARD_ID	MARSH_CABINET
1	Extraction	Mill 1 chute level	0	100%	AI	Mill 1 chute level	17-18	25 WH	25 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[2]
1	Extraction	Mill 2 Chute level	0	100%	AI	Mill 2 Chute level	19-20	26 WH	26 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[3]
1	Extraction	Mill 3 Chute level	0	100%	AI	Mill 3 Chute level	21-22	27 WH	27 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[4]
1	Extraction	Mill 4 Chute level	0	100%	AI	Mill 4 Chute level	23-24	28 WH	28 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[5]
1	Extraction	Mill 5 Chute level	0	100%	AI	Mill 5 Chute level	25-26	29 WH	29 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[6]
1	Extraction	Mill 6 chute level	0	100%	AI	Mill 6 chute level	27-28	30 WH	30 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[7]
1	Extraction	Imbibition Mag Flow Meter	0	100M3	AI	Imbibition Mag Flow Meter	29-30	31 WH	31 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[8]
1	Extraction	Exhaust Steam	0	2Bar	AI	Exhaust Steam pressure	31-32	32 WH	32 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[9]
1	Extraction	Mill 1 Turbine	0	8500RPM	AI	Mill 1 Turbine Speed	1-2	1 WH	1 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[10]
1	Extraction	Mill 2 Motor Speed	0	1400RPM	AI	Mill 2 Motor Speed	3-4	2 WH	2 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[11]
1	Extraction	Mill 3 Turbine Speed	0	10000RPM	AI	Mill 3 Turbine Speed	5-6	3 WH	3 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[12]
1	Extraction	Mill 4 Turbine Speed	0	10000RPM	AI	Mill 4 Turbine Speed	7-8	4 WH	4 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[13]
1	Extraction	Mill 5 Turbine Speed	0	10000RPM	AI	Mill 5 Turbine Speed	9-10	5 WH	5 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[14]
1	Extraction	Mill 6 Turbine Speed	0	10000RPM	AI	Mill 6 Turbine Speed	11-12	6 WH	6 BK	1756-IF16	Slot:[6].Ch:[15]

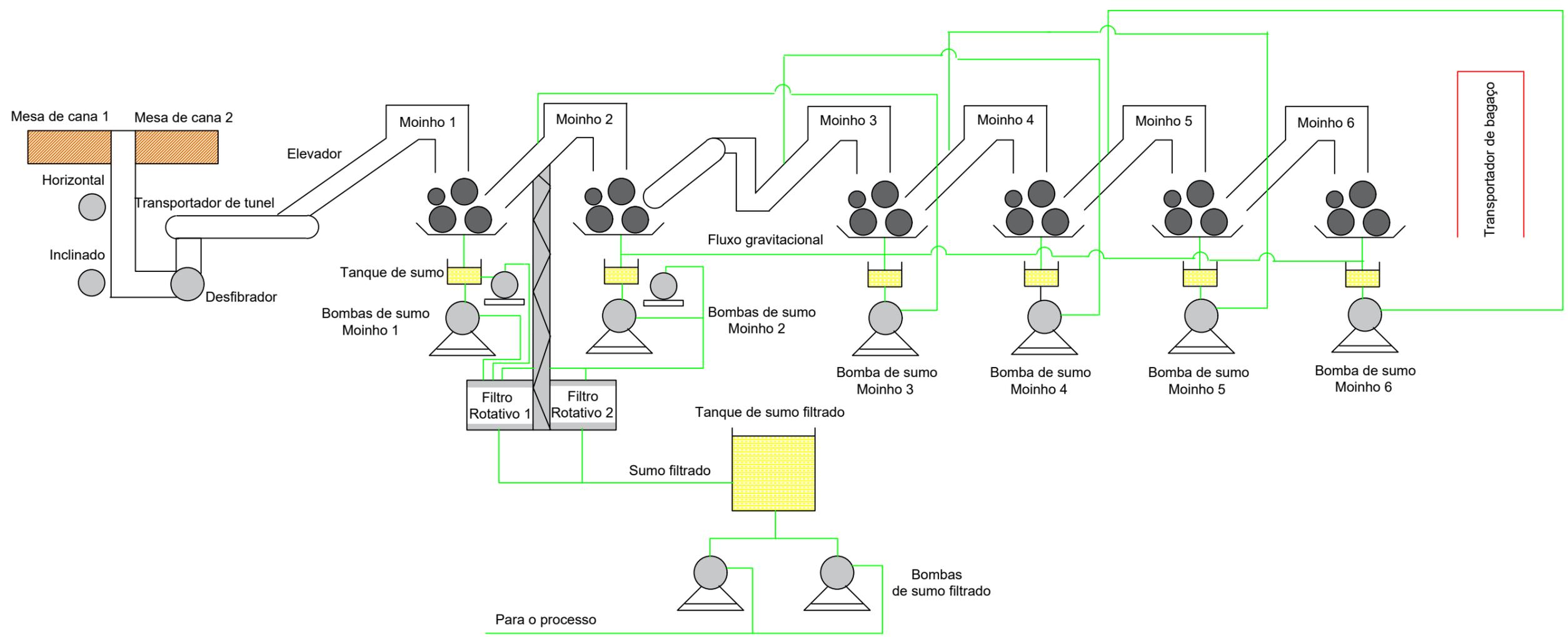
Fonte: (Autor)

Tabela A2-8: Cronograma de cabos de saídas analógicas

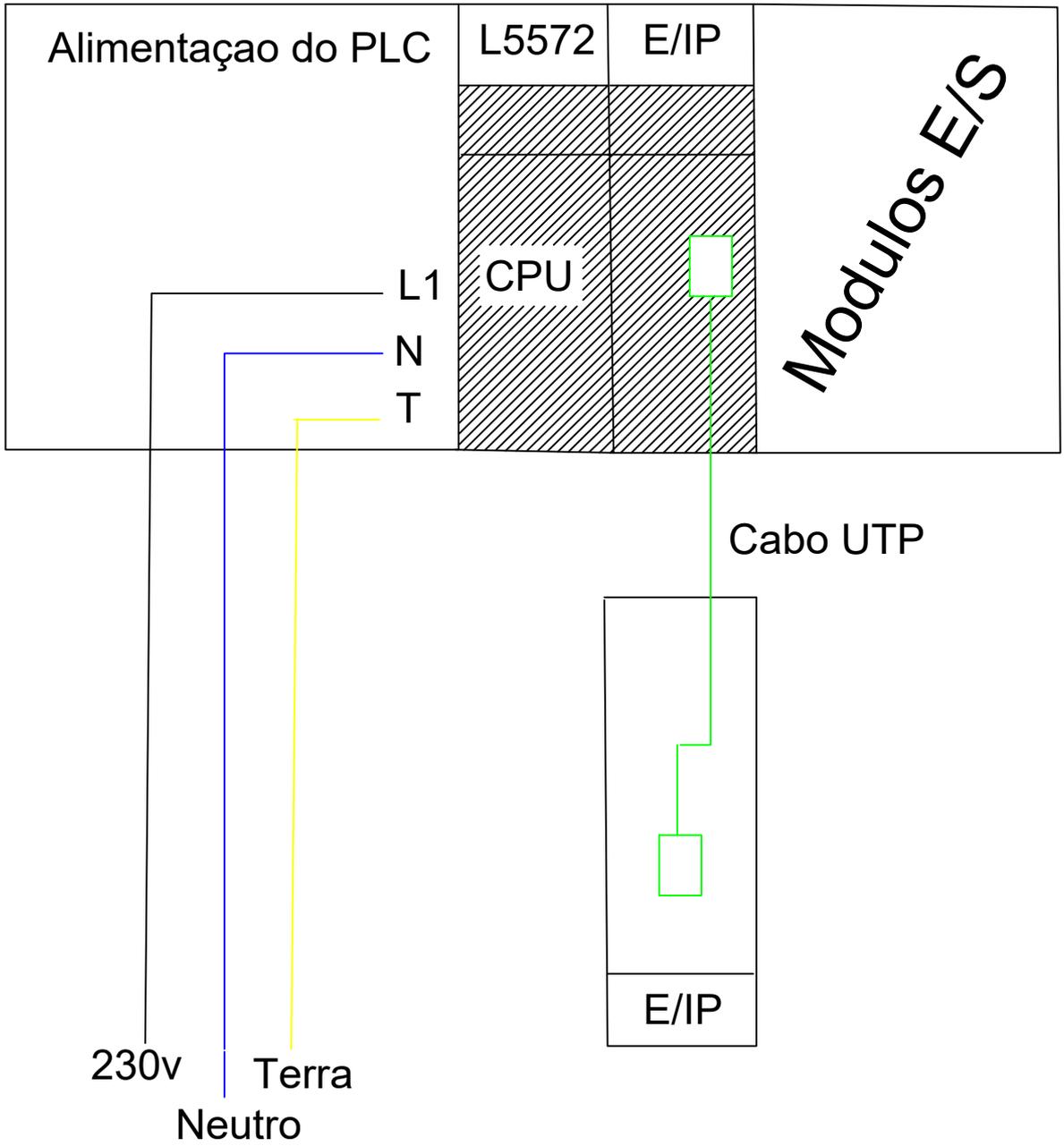
REV	AREA	EQUIPMENT	Instrument Range		IO Type	JB_TERMINALS	CORE		CARD_ID	MARSH_CABINET
1	Extraction	Mill 1 Turbine speed	0	50Hz	AO	21-22	11 WH	11 BK	1756-OF8	Slot:[7].Ch:[4]
1	Extraction	Mill 3 Turbine Speed	0	50Hz	AO	23-24	12 WH	12 BK	1756-OF8	Slot:[7].Ch:[5]
1	Extraction	Mill 4 Turbine Speed	0	50Hz	AO	25-26	13 WH	13 BK	1756-OF8	Slot:[7].Ch:[6]
1	Extraction	Mill 5 Turbine Speed	0	50Hz	AO	27-28	14 WH	14 BK	1756-OF8	Slot:[7].Ch:[7]
1	Extraction	Mill 6 Turbine Speed	0	50Hz	AO	29-30	15 WH	15 BK	1756-OF8	Slot:[8].Ch:[0]
1	Extraction	Mill 2 VSD Speed Ref	0	50Hz	AO	31-32	18 WH	18 BK	1756-OF8	Slot:[8].Ch:[1]
1	Extraction	Imbibition Mag Flow Meter	0	100%	AO	1-2	19 WH	19 BK	1756-OF8	Slot:[8].Ch:[2]

Fonte: (Autor)

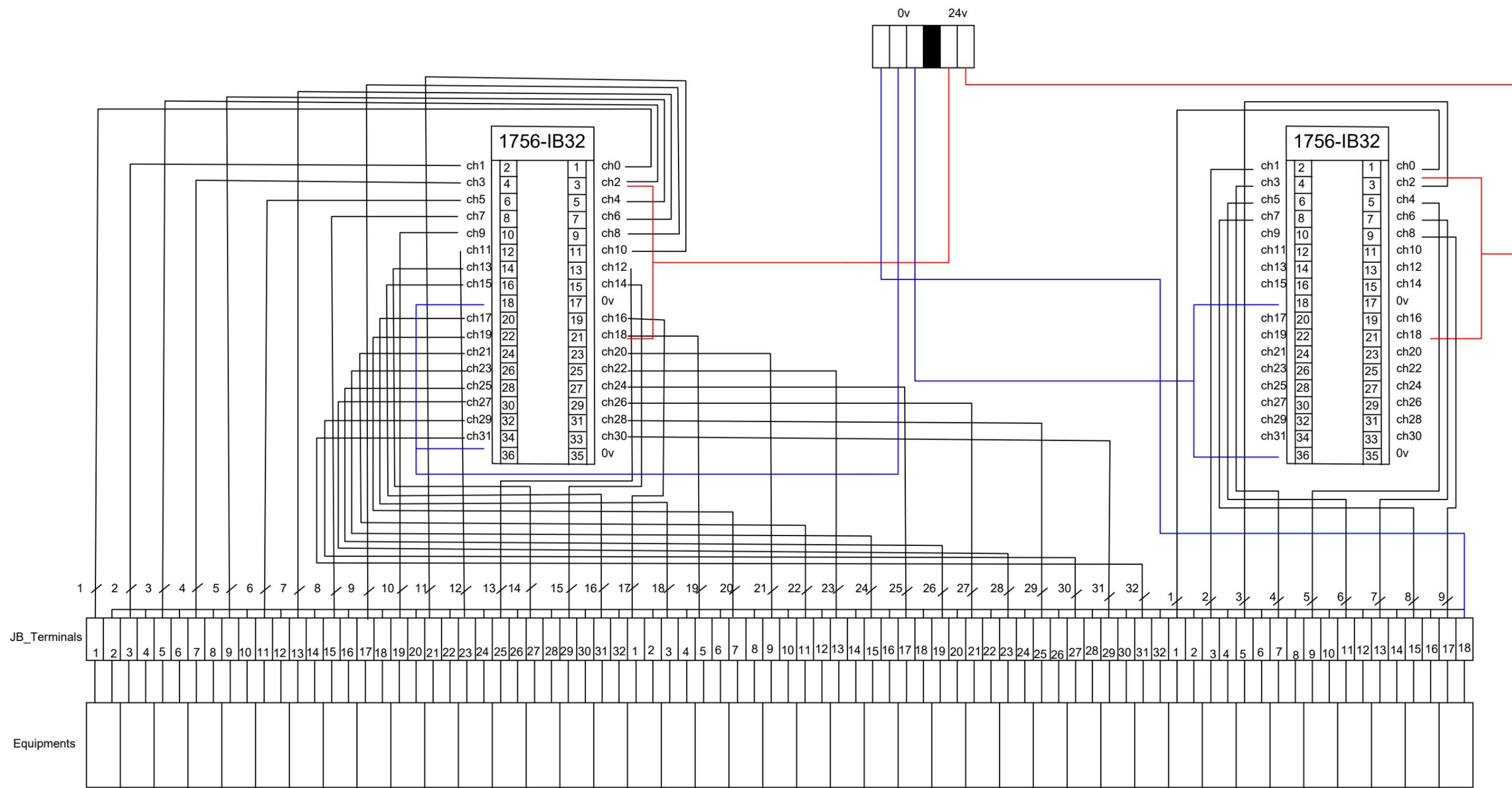
Simbologia	Legenda
—	Componentes funcionais dos processos
—	Circuito de tubulação
—	Componentes de outro processo



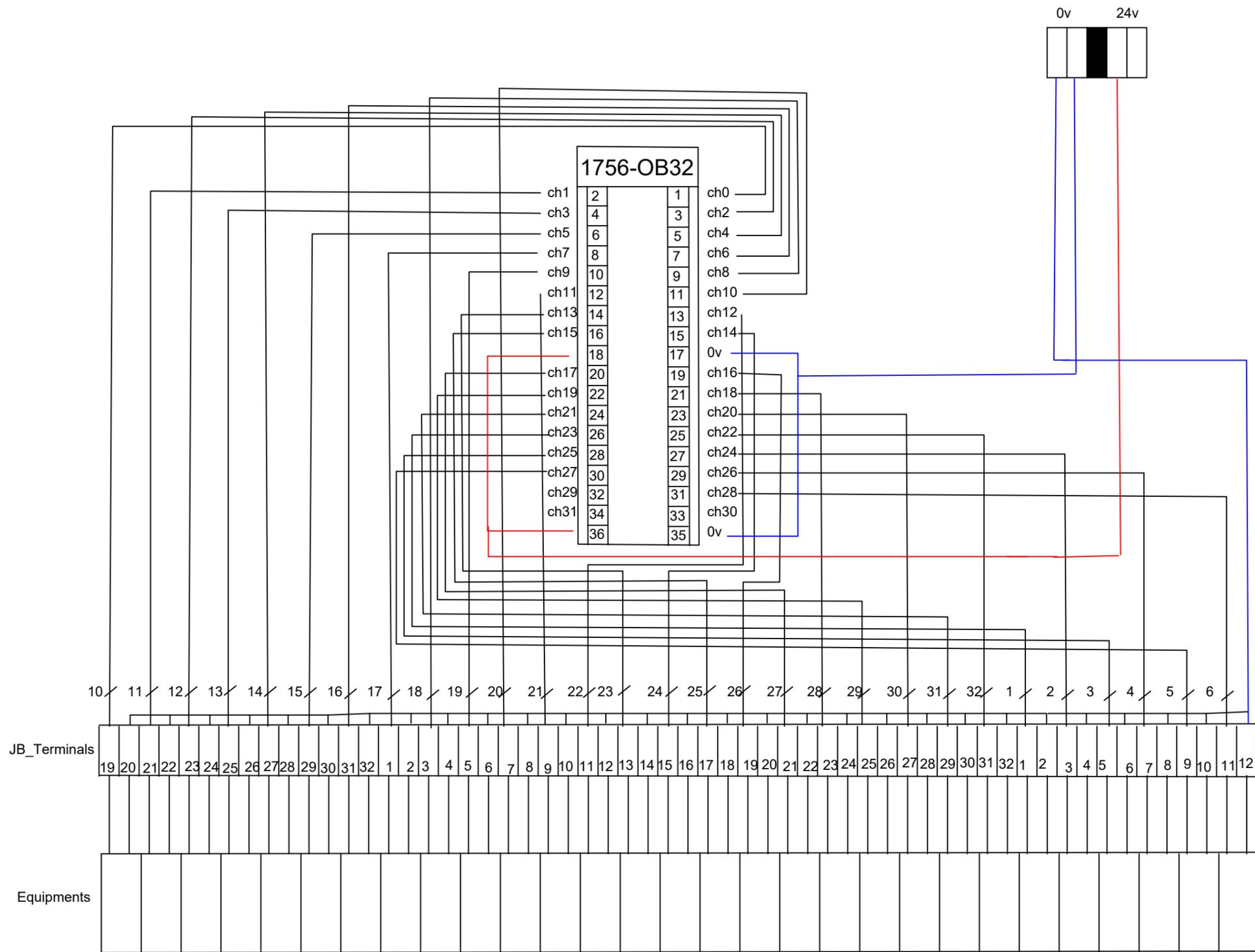
DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Desenho do diagrama de processos	Processo de preparação de cana e extração
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse		Anexo 3 A3.9	



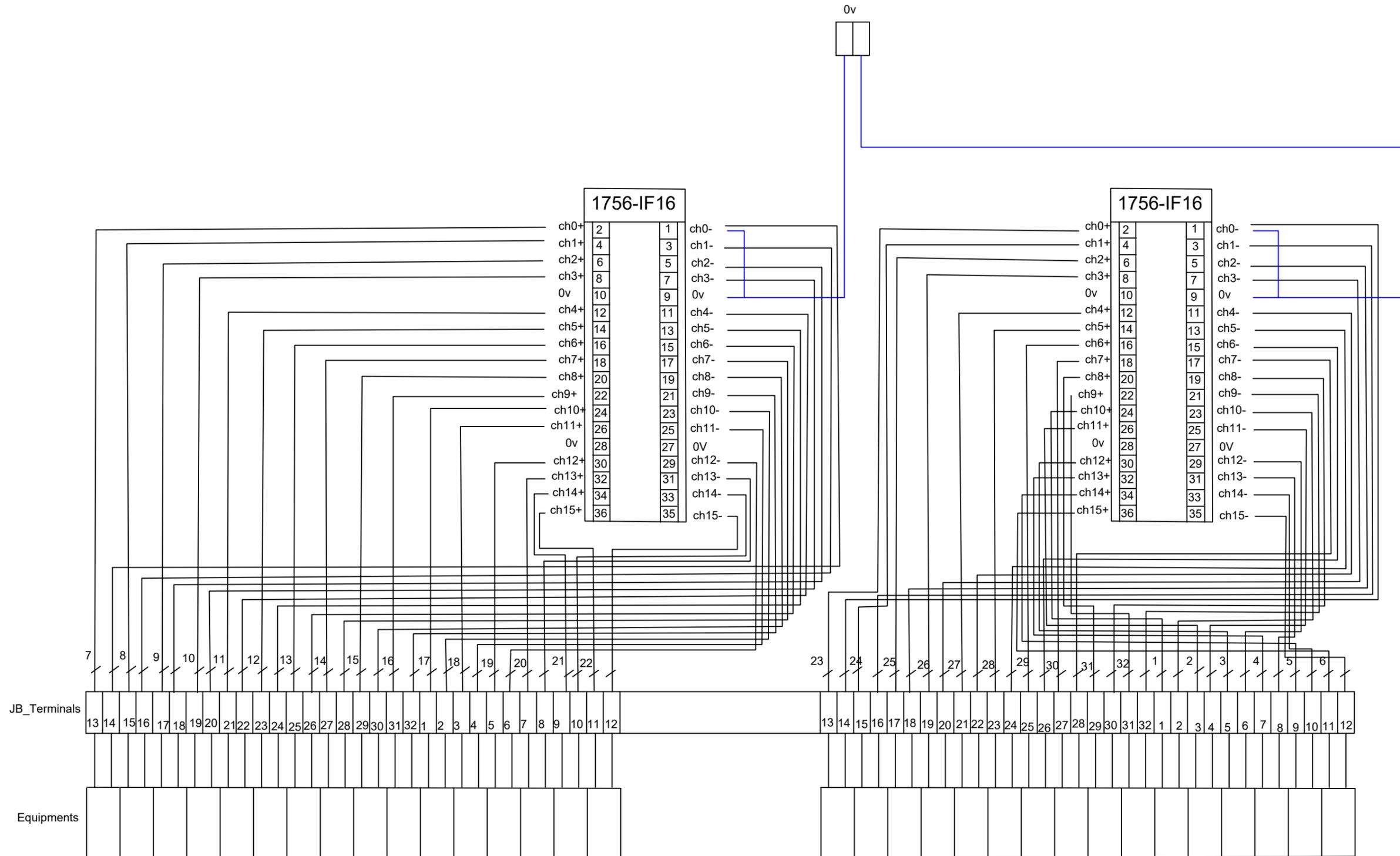
DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Desenho de circuitos diagramas do PLC	Circuito diagrama de alimentação do PLC
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse			Anexo 3 A3.10



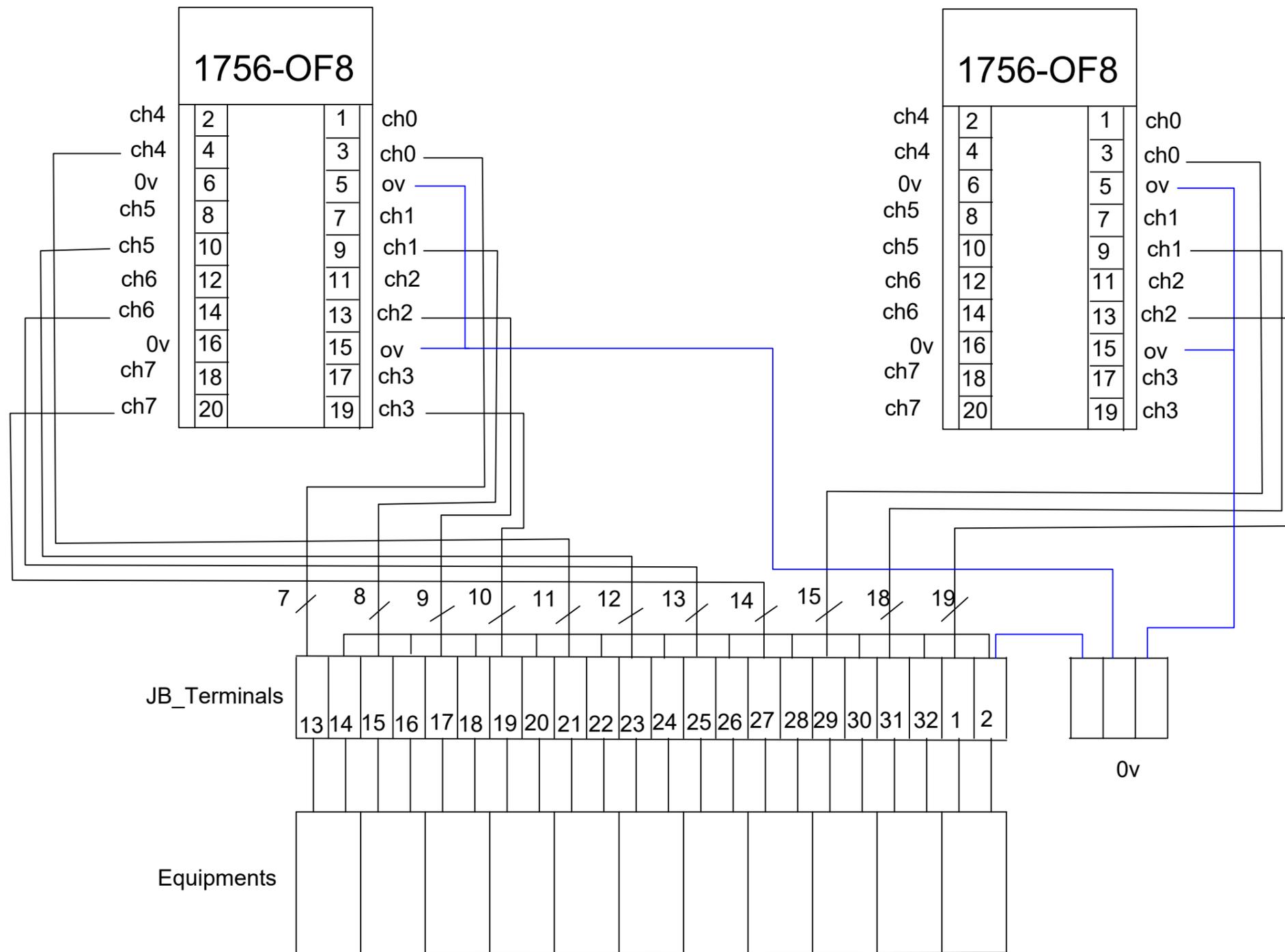
DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Desenho de circuitos diagramas do PLC	Circuito diagrama de fiação dos módulos de entradas digitais
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse			Anexo 3 A3.11



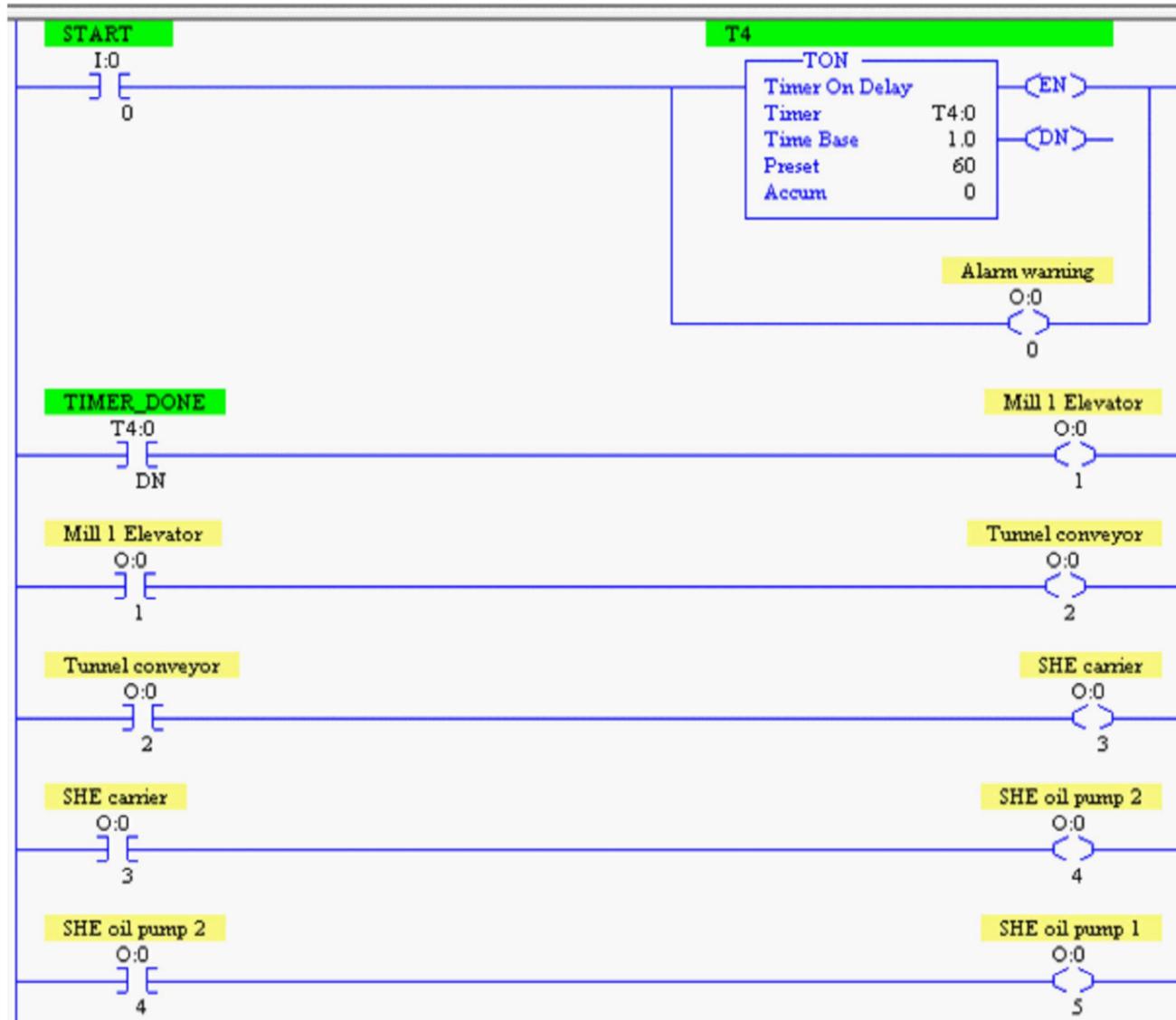
DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Desenho de circuitos diagramas do PLC	Circuito diagrama de fiação do módulo de saída digital
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse		Anexo 3 A3.12	



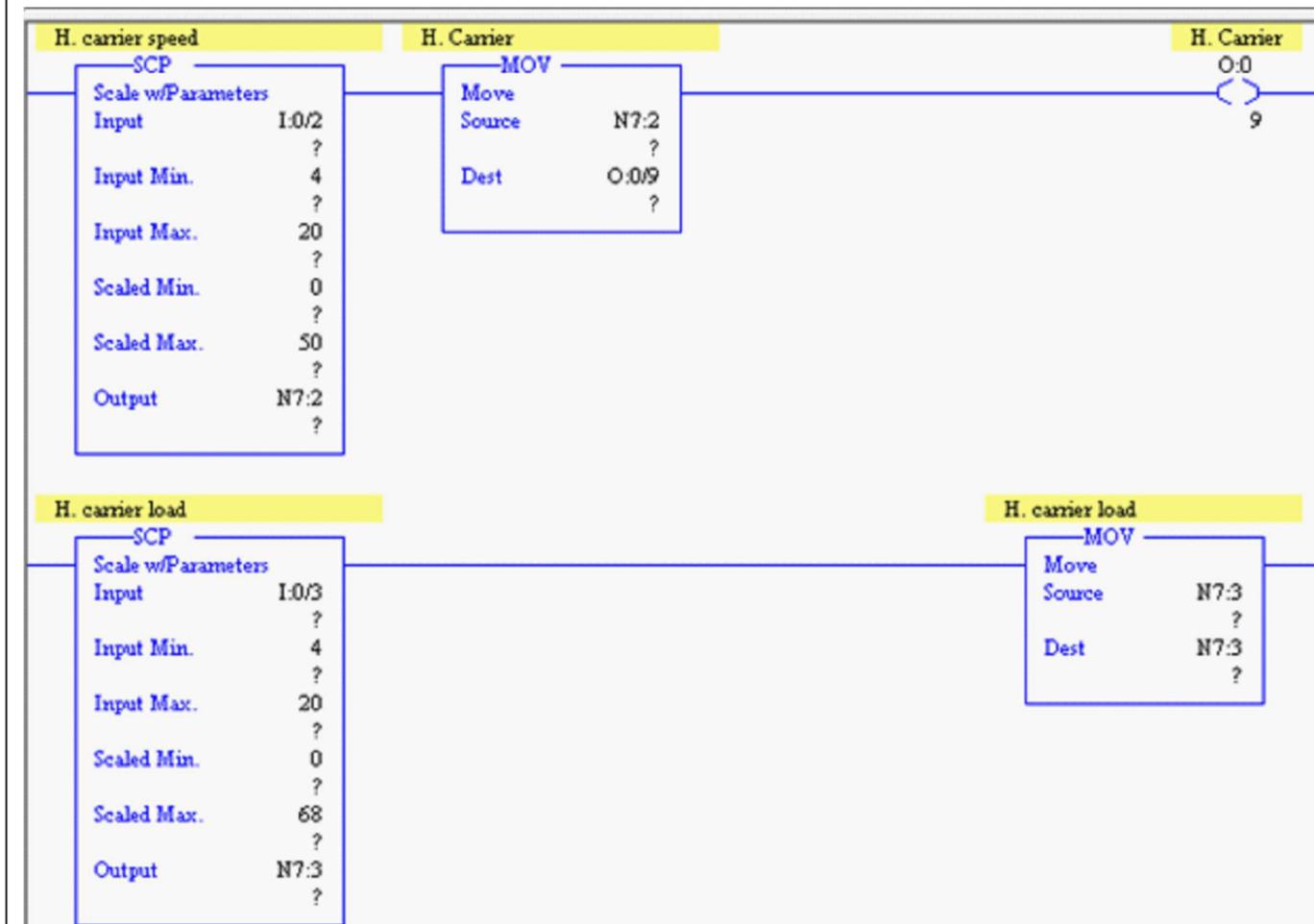
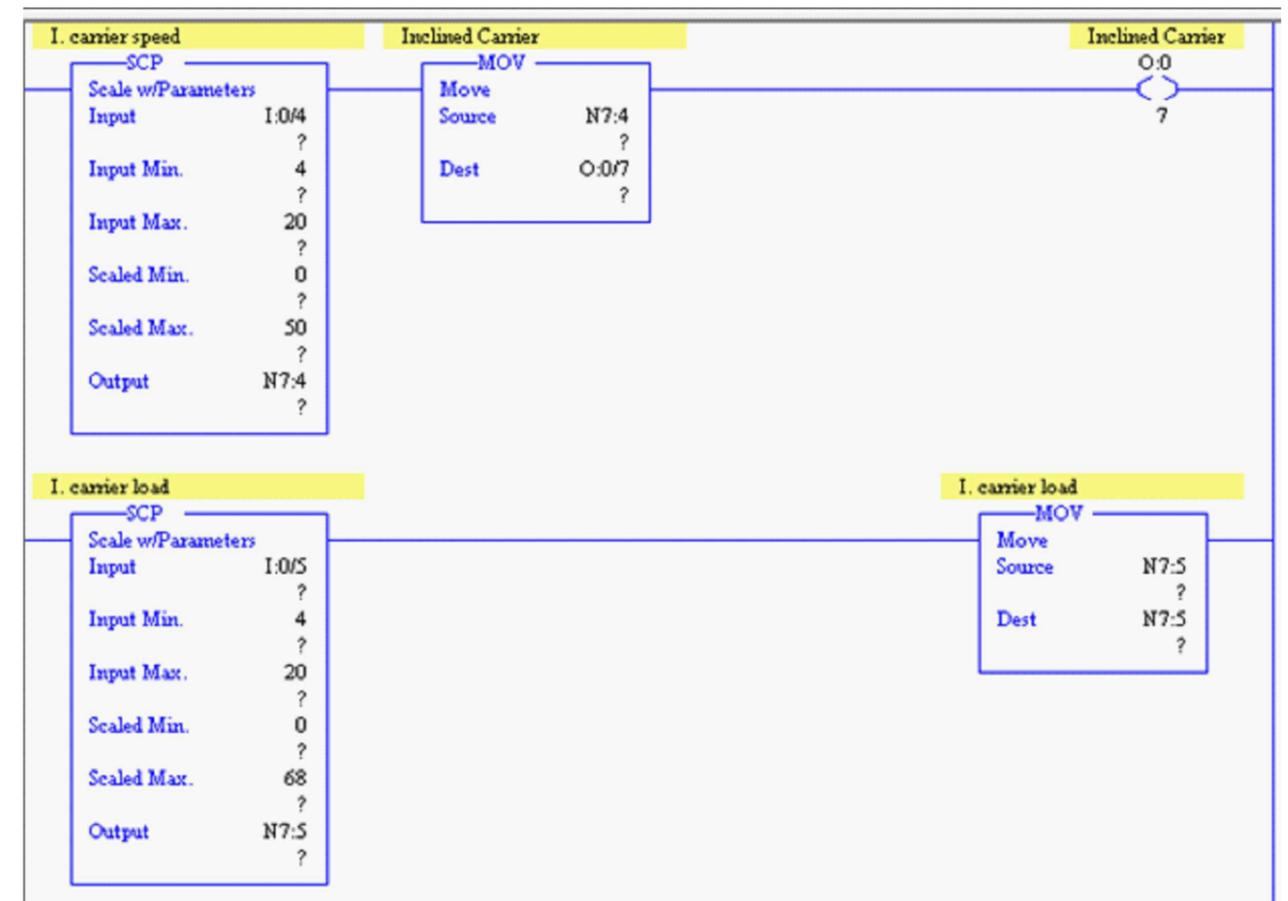
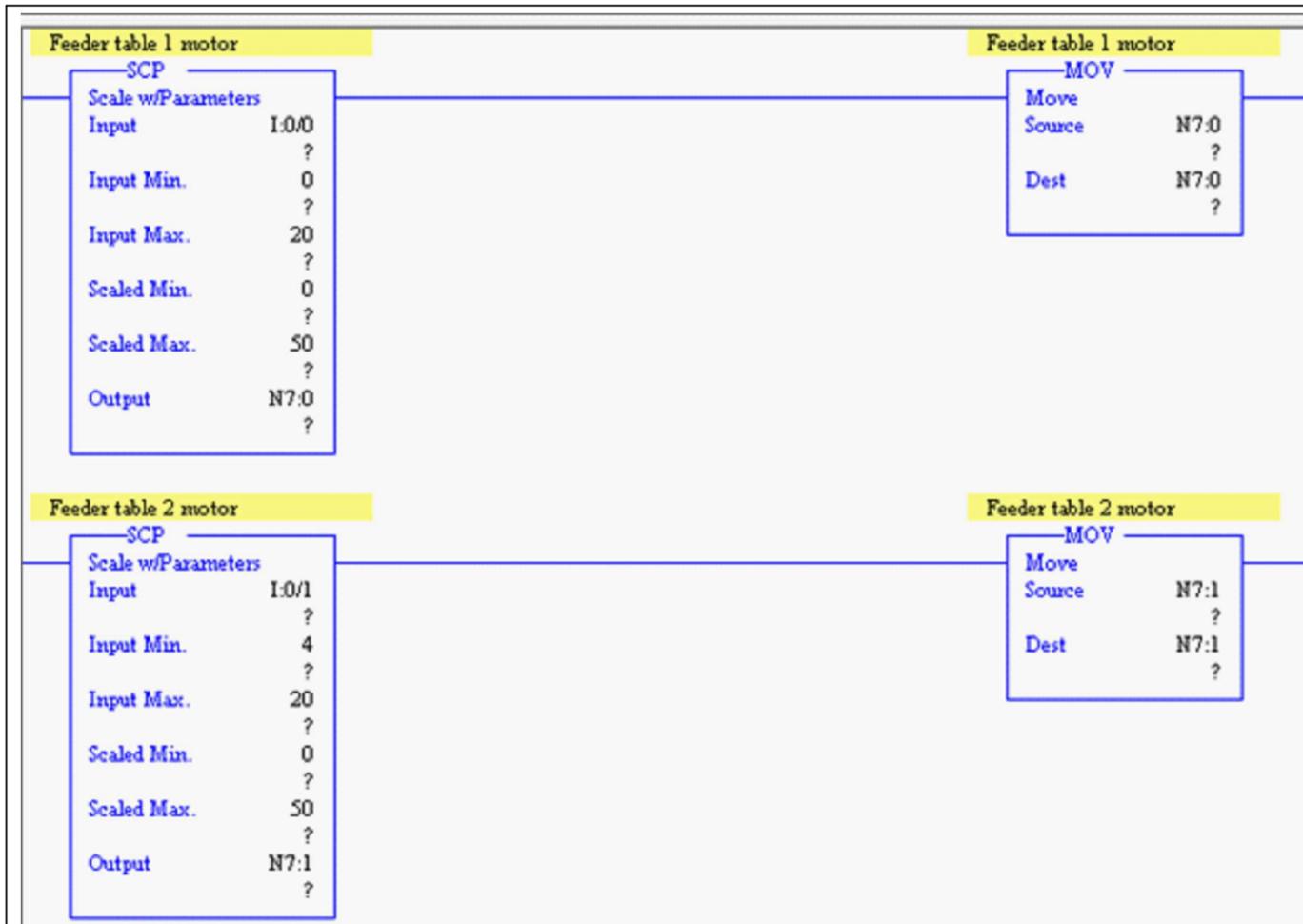
DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Desenho de circuitos diagramas do PLC	Circuito diagrama de fiação dos módulos de entradas analógicas
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse		Anexo 3 A3.13	



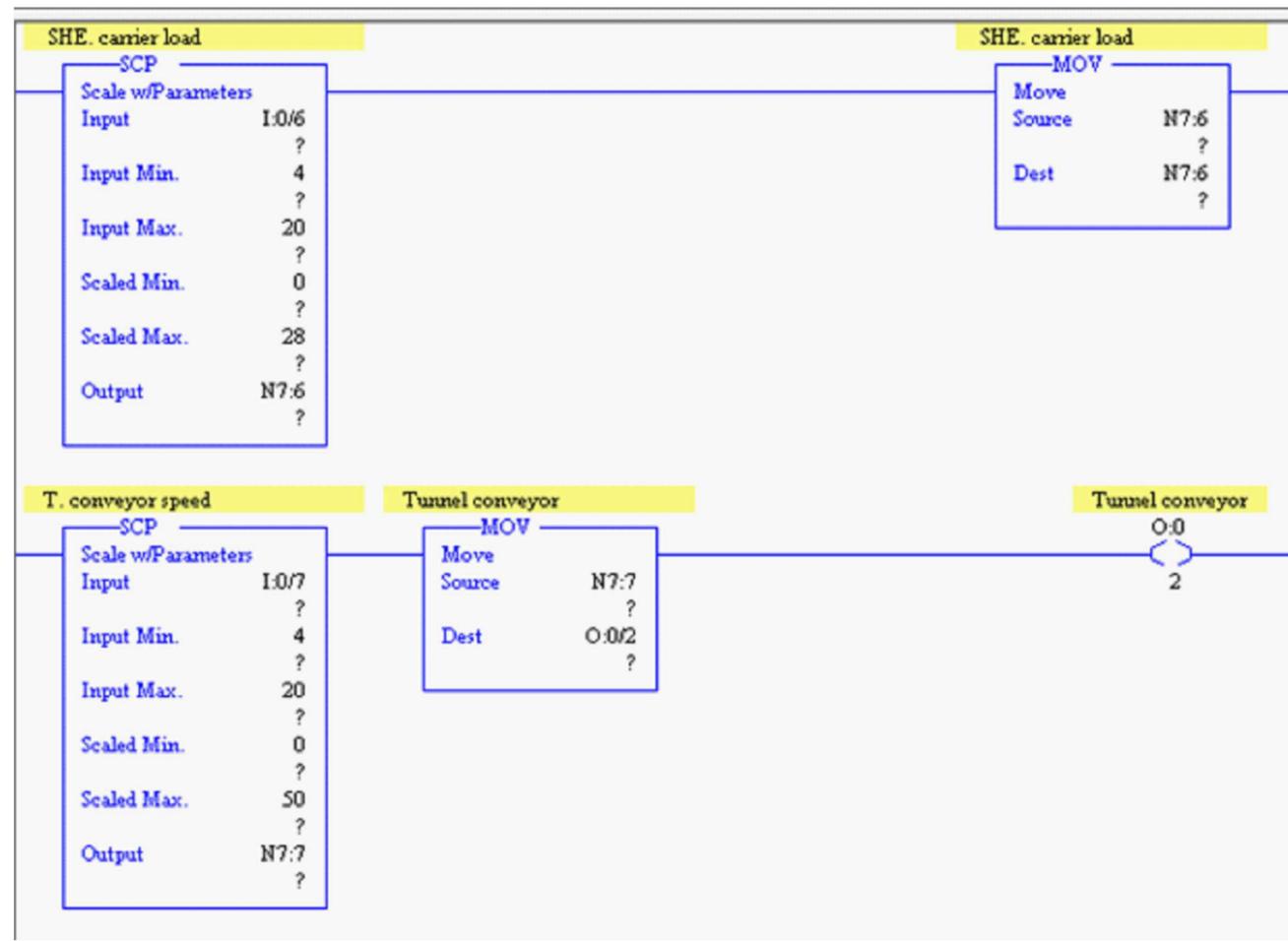
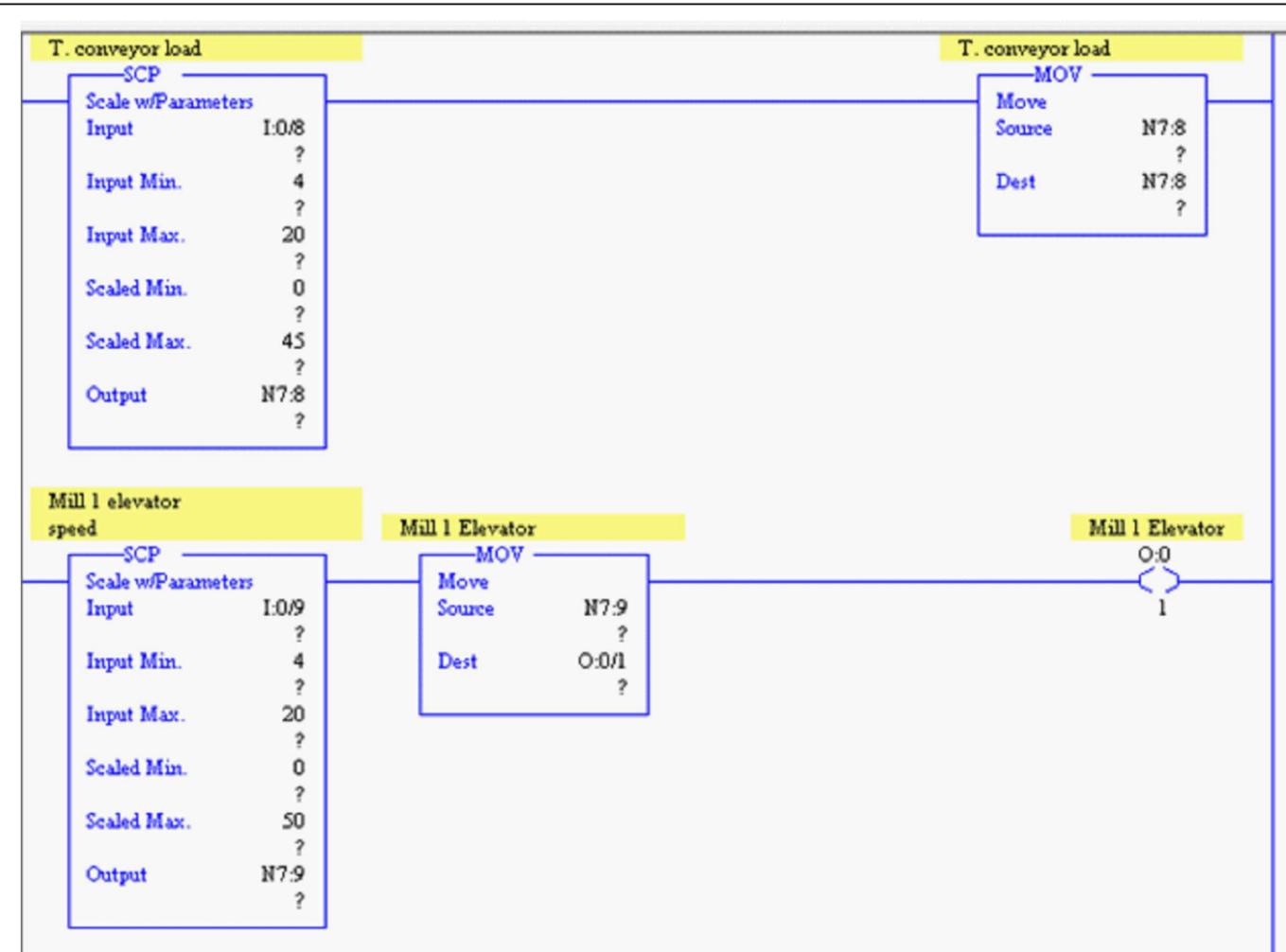
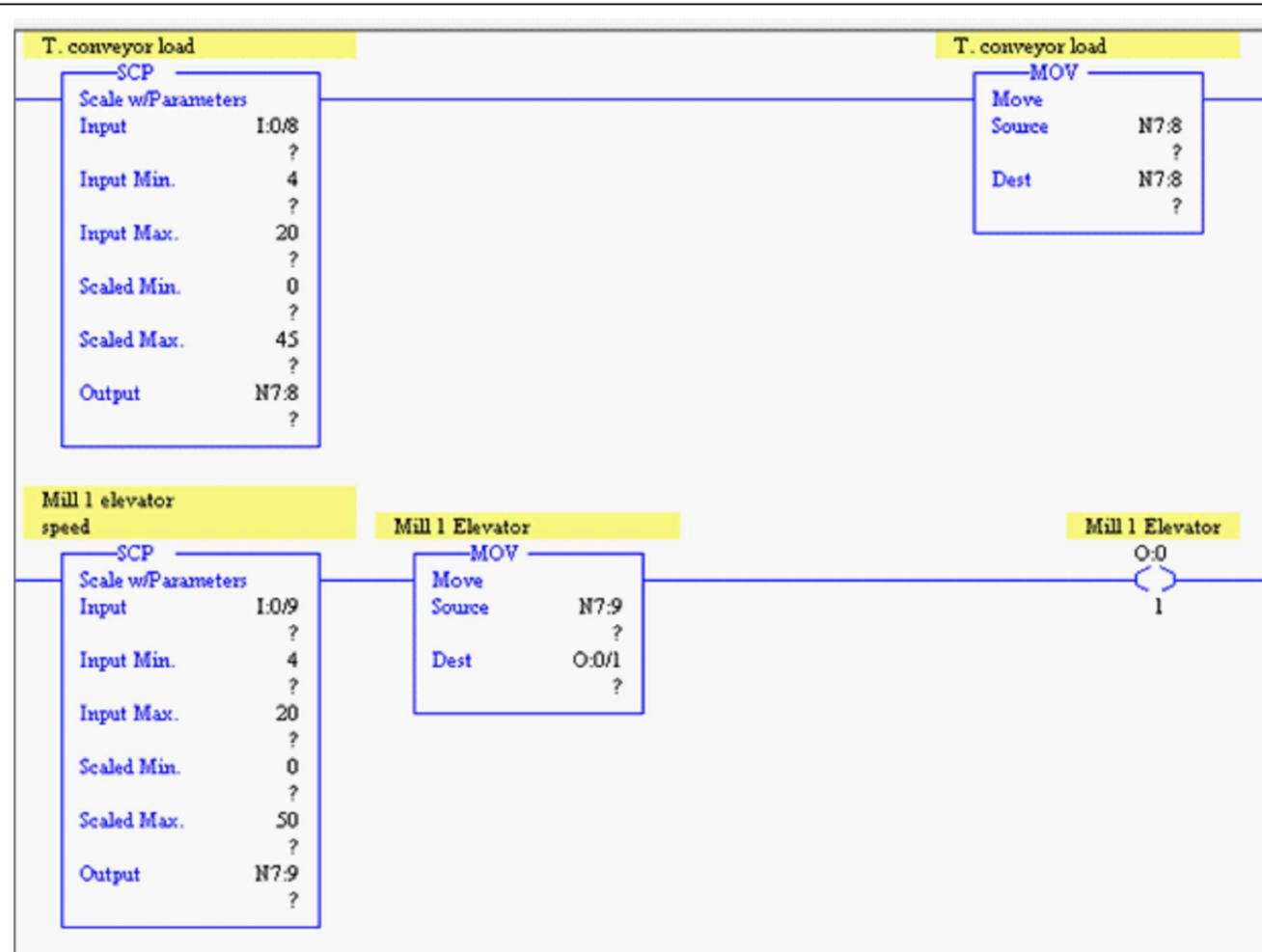
DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Desenho de circuitos diagramas do PLC	Circuito diagrama de fiação dos módulos de saídas analógicas
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse			Anexo 3 A3.14



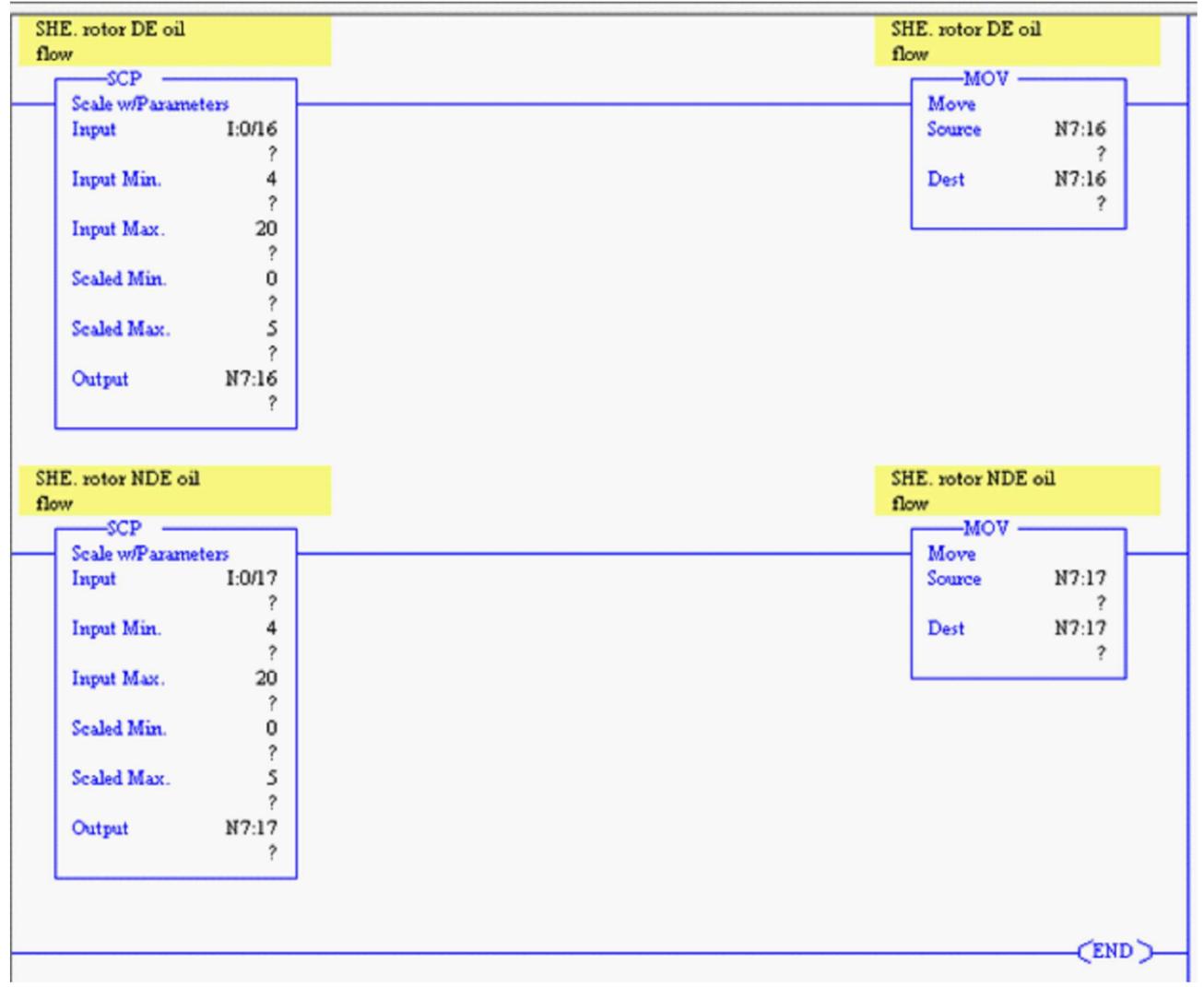
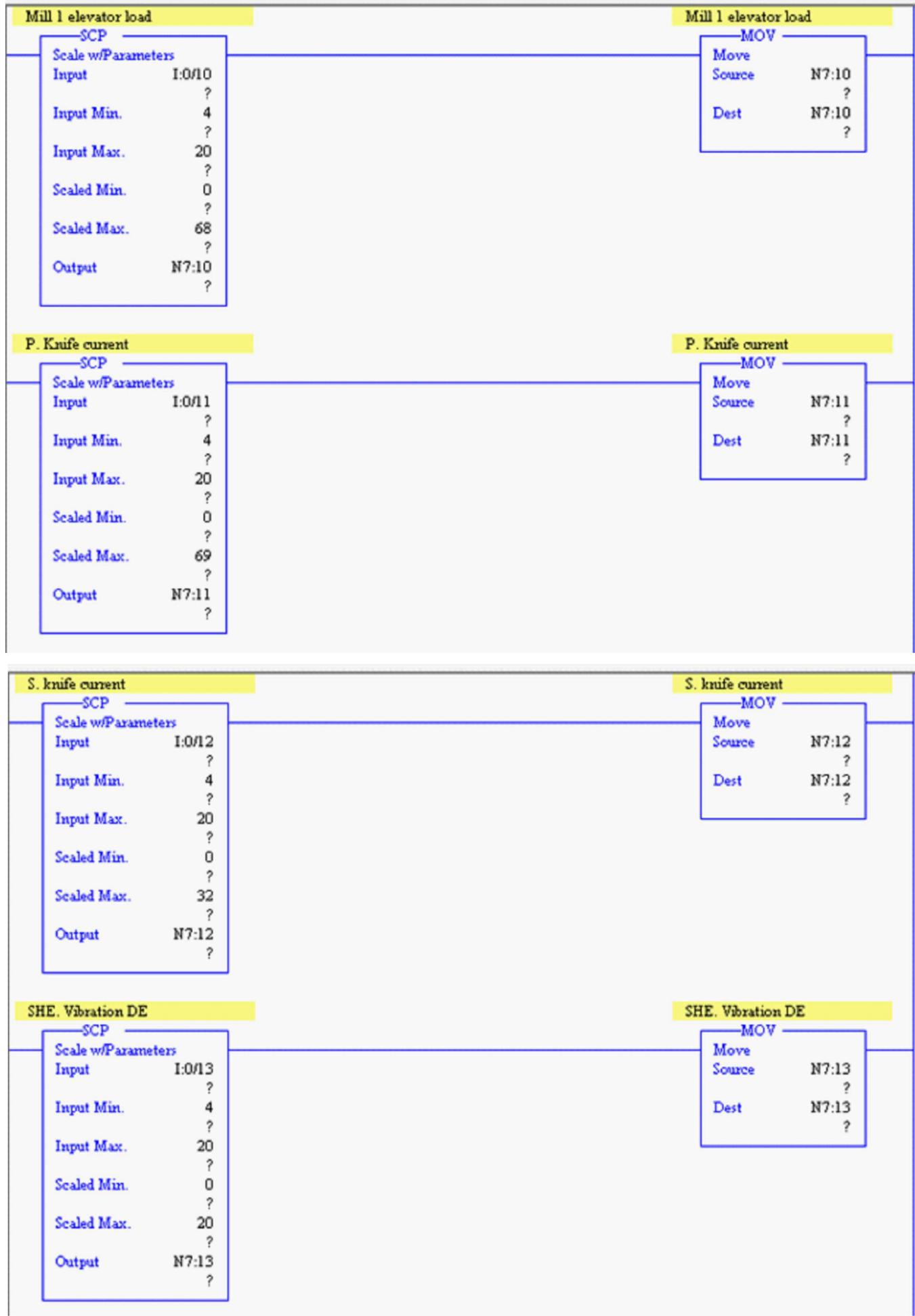
DESENHO	DATA	ASSINATURA	Programa em Diagrama Ladder por meio da Plataforma RSLogix5000	Sinais digitais do processo de preparação de cana
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse			Anexo 4 A4.15



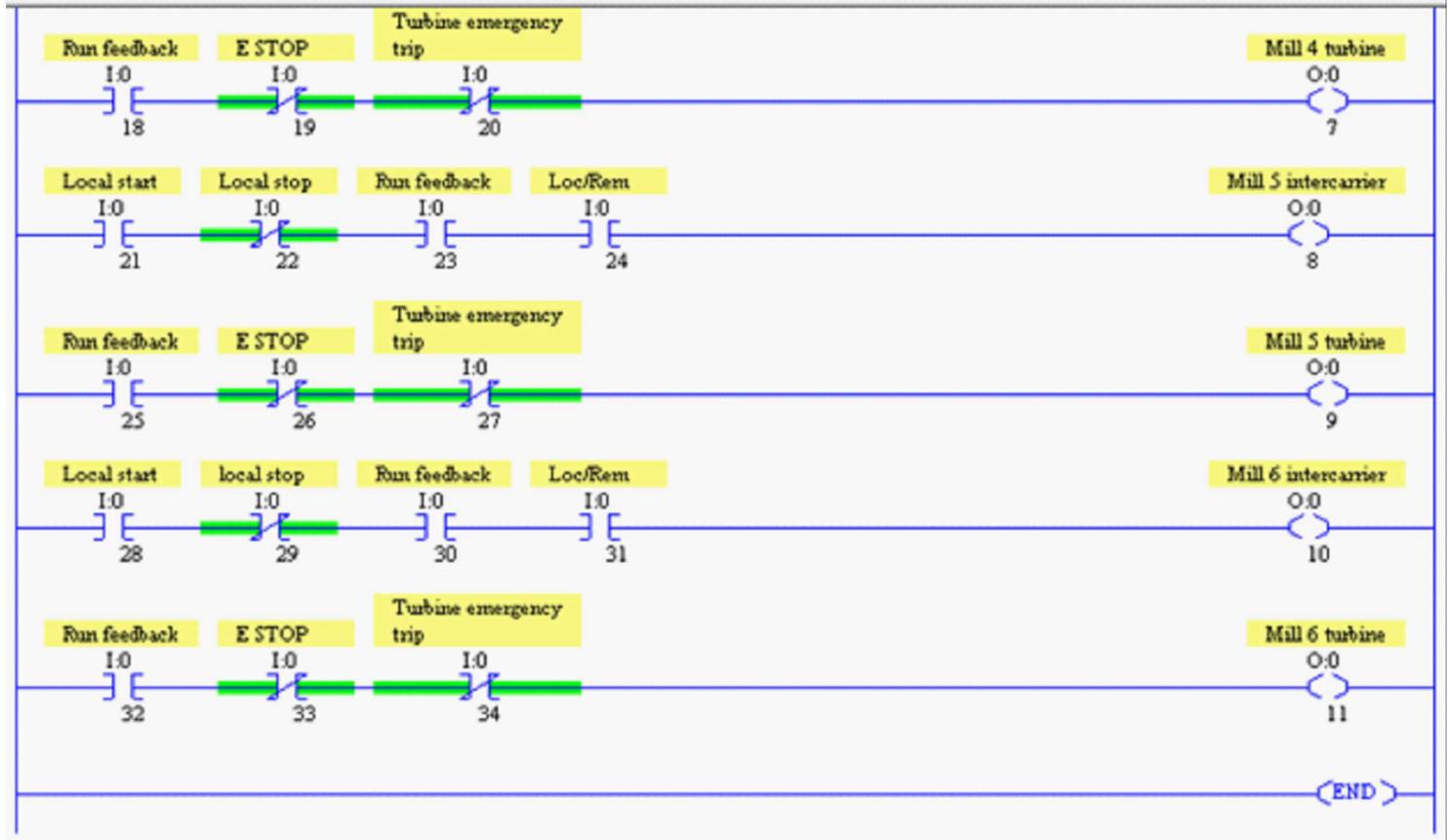
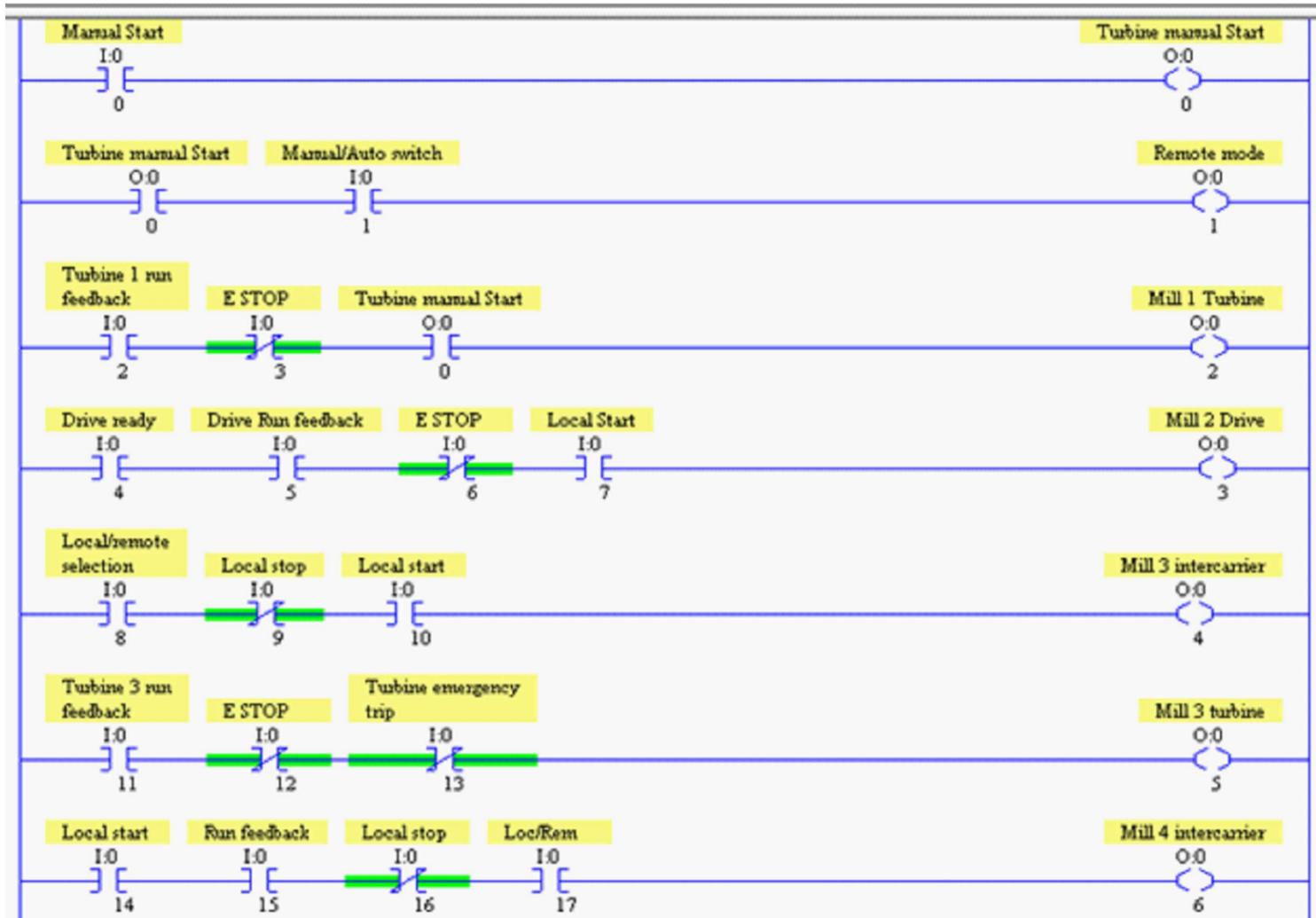
DESENHO	DATA	ASSINATURA	Programa em Diagrama Ladder por meio da Plataforma RSLogix5000	Sinais analógicos do processo de preparação de cana
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse			Anexo 4 A4.16



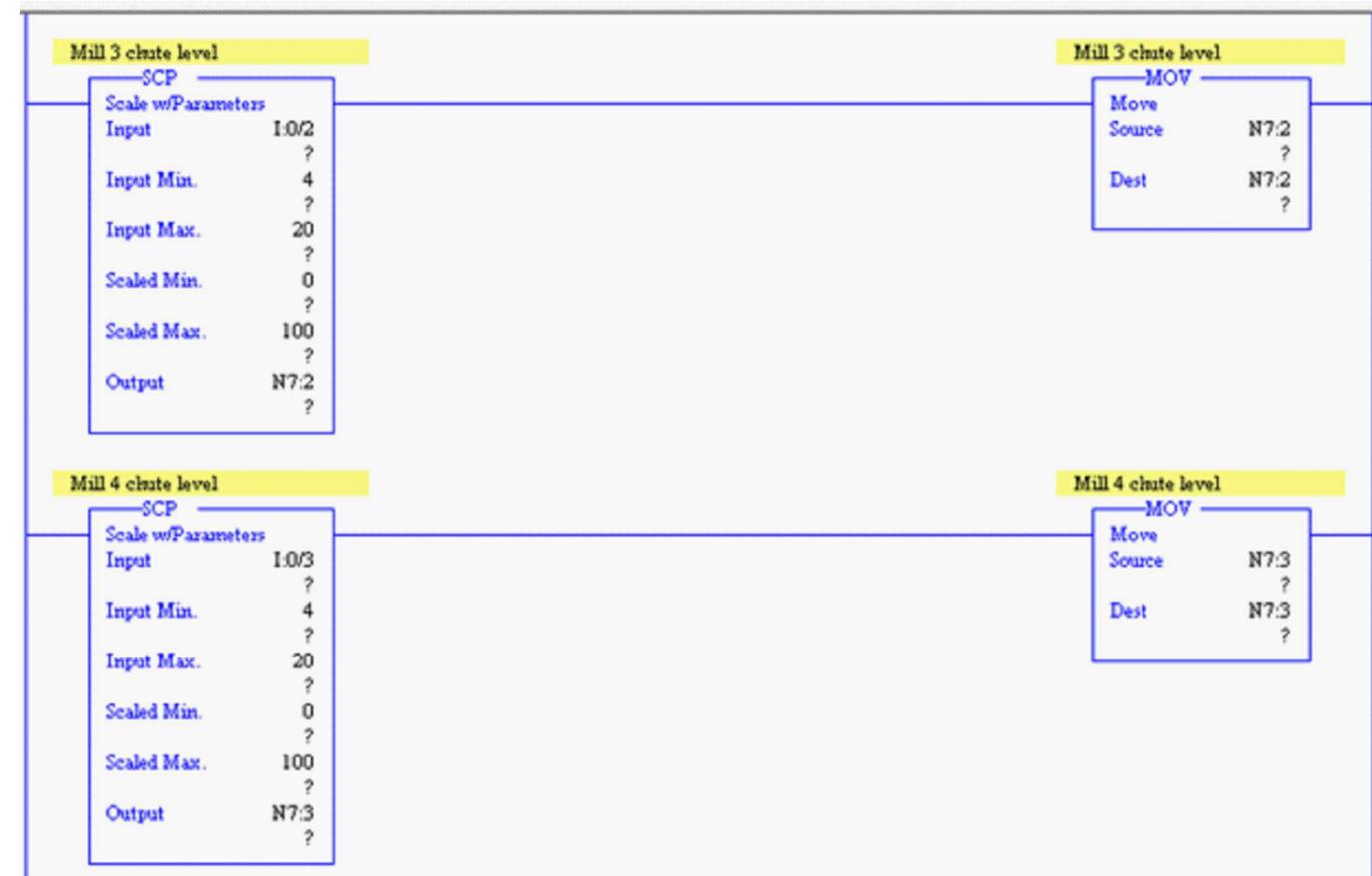
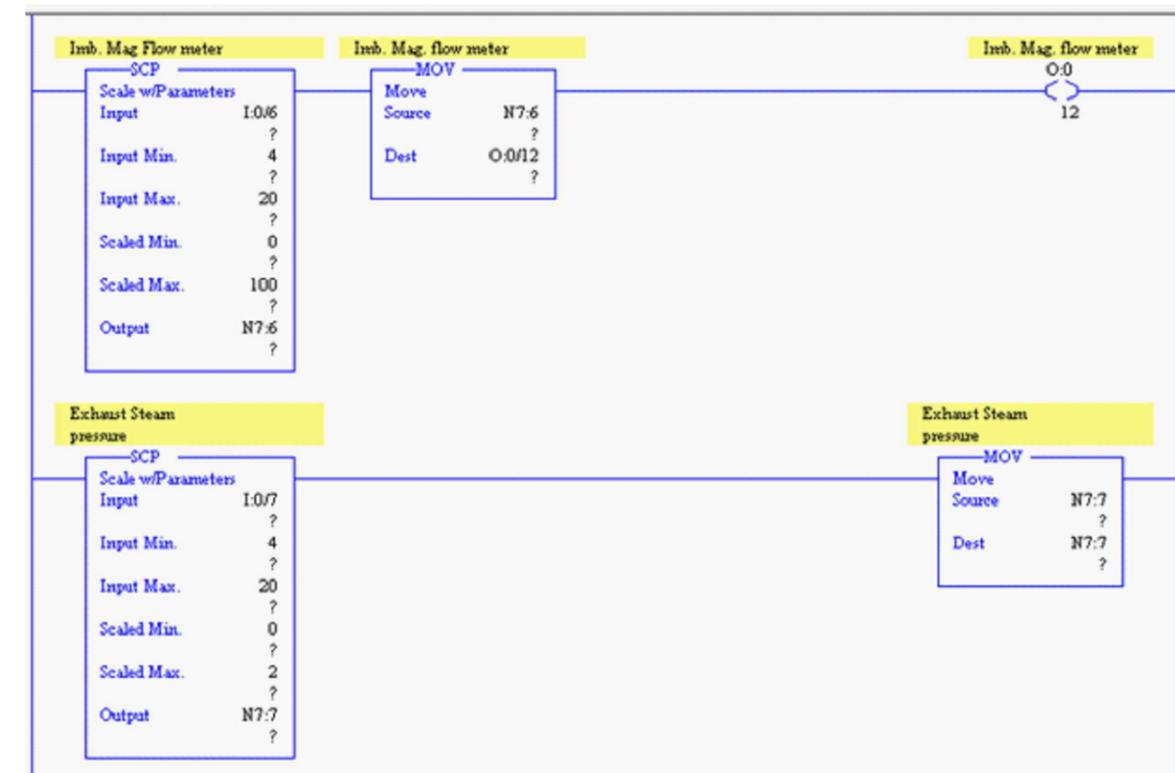
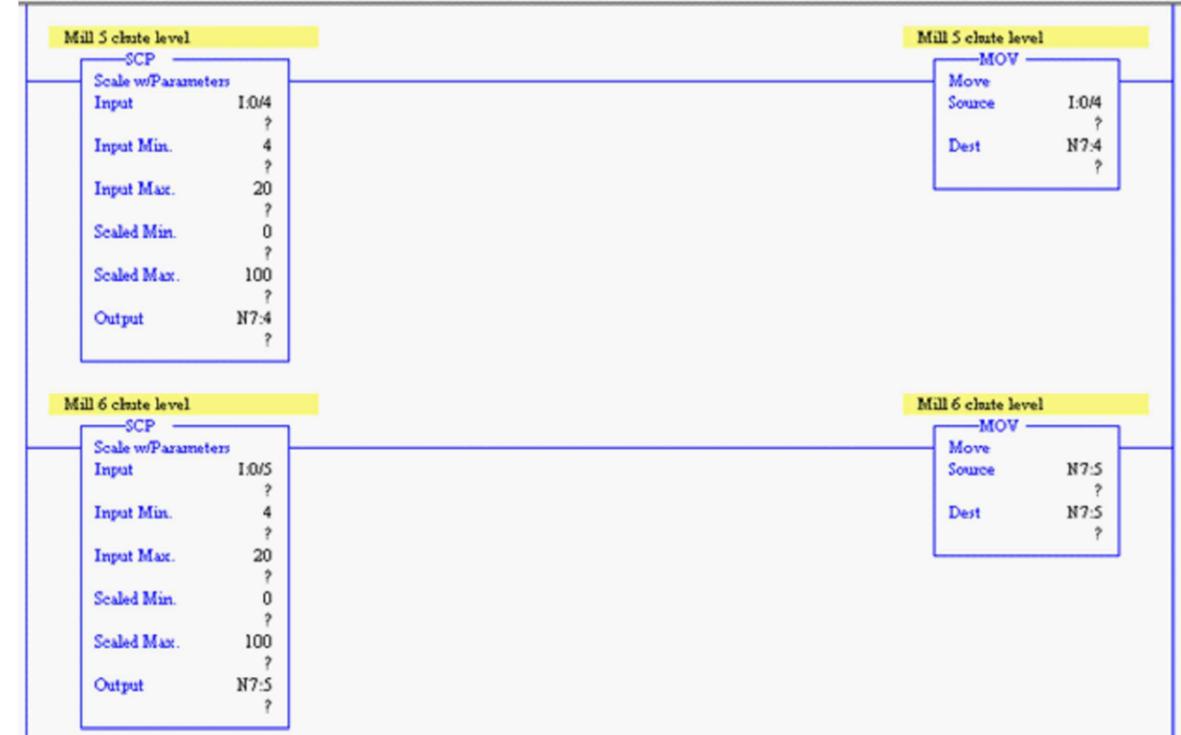
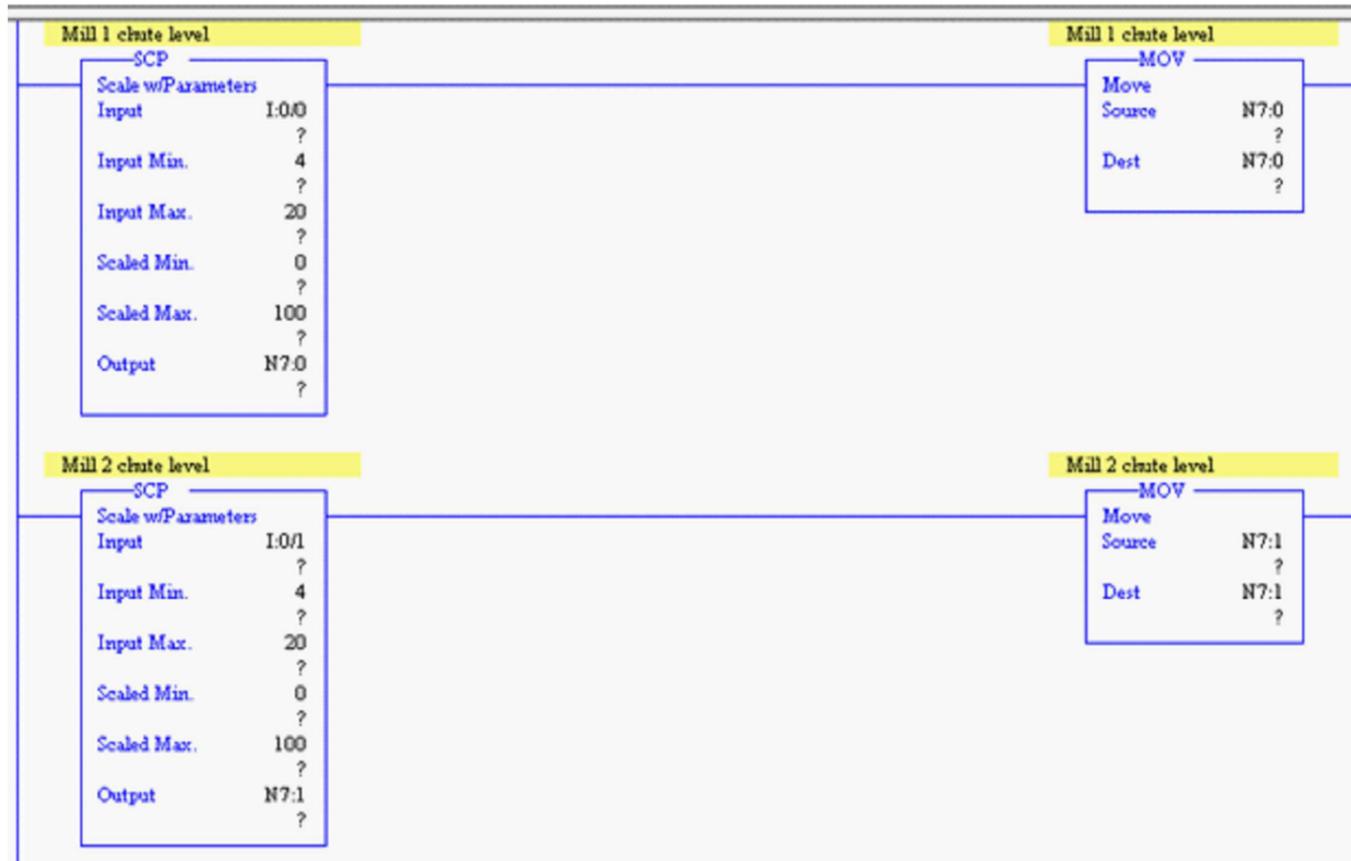
DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Programa em Diagrama Ladder por meio da Plataforma RSLogix5000	Sinais analógicos do processo de preparação de cana
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse		Anexo 4 A4.17	



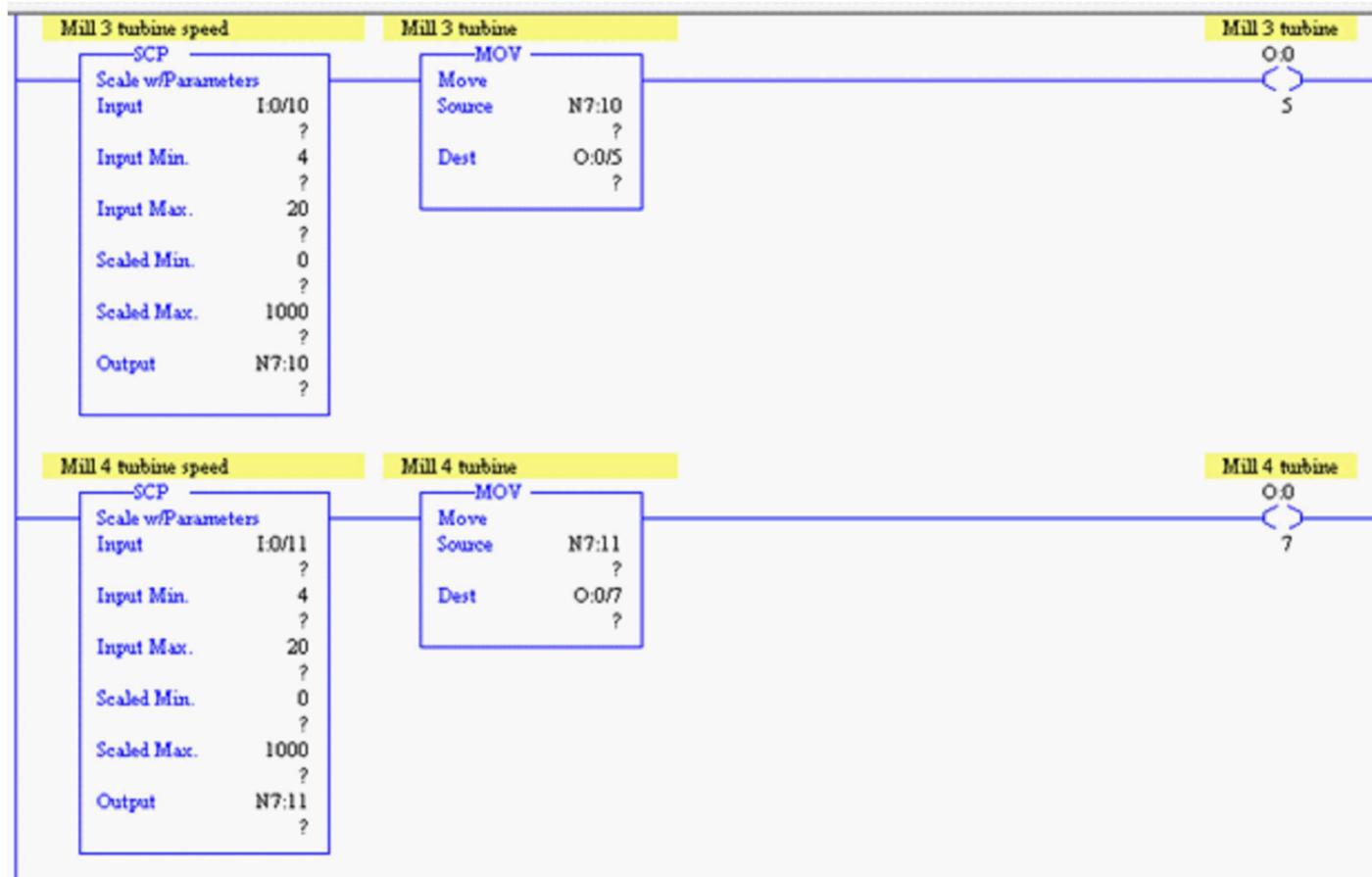
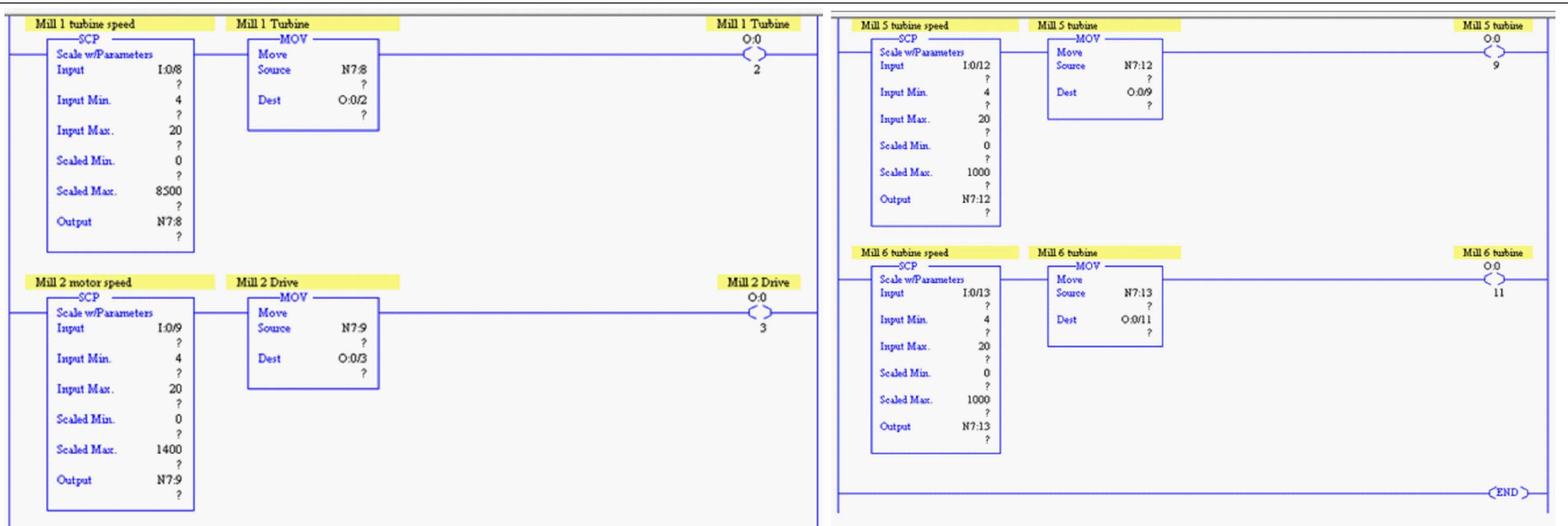
DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Programa em Diagrama Ladder por meio da Plataforma RSLogix5000	Sinais analógicos do processo de preparação de cana
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse			Anexo 4 A4.18



DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Programa em Diagrama Ladder por meio da Plataforma RSLogix5000	Sinais digitais do processo de extracção
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse			Anexo 5 A5.19



DESENHO	DATA	ASSINATURA	Programa em Diagrama Ladder por meio da Plataforma RSLogix5000	Sinais analogicos do processo de extracção
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse		Anexo 5 A5.20	



DESENHOU	DATA	ASSINATURA	Programa em Diagrama Ladder por meio da Plataforma RSLogix5000	Sinais analógicos do processo de extracção
ELVES PEDRO	29/07/24			
VERIFICOU	DATA	ASSINATURA		
ANACLETO ALBINO	29/07/24			
JAMESON MUROVE	29/07/24			
1:100	Implementação de um sistema centralizado de controlo automático na THAM - Mafambisse			Anexo 5 A5.21

Anexo 6: Programa de controlo e fiação dos controladores Yokogawa YS170

A6-22: Controlo de velocidade da esteira horizontal e inclinada

```
;Mafambisse Front END Control
;Carrier B1 & B2 speed control
;19 May 2007
;C Narotam, Tongaat Hulett Sugar, TEG

;Analog Inputs:

;X1 = B2 throughput reference from Mill 1&2 controller [1+][2-]
;X2 =
;X3 =
;X4 =
;X5 =

;Analog Outputs:

;Y1 = Carrier B2 speed reference to DC drive      [22+], [23-]
;Y2 = B1 Speed feedback to Feed Controller      [24+], [25-]
;Y3 = Carrier B1 speed reference to DC drive      [26+], [27-]

;Main Program

;*****Read and range throughput reference*****
LD X1          ;Read B2 speed setpoint
ST Y1          ;Output to B2 DC Drive
ST PV2
ST PVM2
ST SV2
ST SVM2
ST MV2
ST MVM2

;*****Calculate B1 Speed*****
LD Y1          ;Read B2 speed reference
LD P10         ;Span of B1 speed !!!!MUST NEVER BE > 100!!!!
*
LD P11         ;Zero of B1 speed !!!!MUST BE NEGATIVE ALWAYS!!!!
+
ST Y3          ;Output to B1 DC Drive
ST Y2          ;B1 speed reference to Feed controller
ST PV1
ST PVM1
ST SV1
ST SVM1
ST MV1
ST MVM1

;*****End of program*****
END           ;The end of main program.
```

Anexo 6: Programa de controlo e fiação dos controladores Yokogawa YS170

A6-23: Controlo de velocidade da transportador de túnel e elevador do moinho 1 (a)

```
;Mafambisse front end control
;29 March 2005
;C Narotam (TEG)

;Analog Inputs

;X1 = Carrier B2,B1 Speed (1-5V) :From Chute Level Controller (Y2)
;X2 = Secondary Knife Current Input
;X3 = Shredder Current Input
;X4 = Primary Knife Current Input

;Analog Outputs

;Y1 = Carrier A10 speed Output to barrier to DC Drive (4-20mA)
;Y3 = Carrier A9 Speed reference signal to barrier to DC Drive (4-20mA)

;*****Read carrier B1 speed and range A10 speed*****
LD X1                ;read B1 speed
LD P16                ;(100)          ;Carrier A10 range
*
LD P15                ;(-5)          ;Carrier A10 zero, Must always be negative!!
+
ST P1                 ; **          ;store ranged carrier A10 speed reference

;*****Calculate secondary knives and shredder overload trim***
LD X2                ;read secondary cane knife amps
LD P14                ; (0.2)        ;dampening factor
LAG1                 ;dampening
FX1                  ;cane knives trim function
ST P2                 ; **          ;store secondary cane knife trim

LD X3                ;read shredder amps
LD P13                ; (0.2)        ;dampening factor
LAG2                 ;dampening
FX1                  ;shredder trim function
ST P3                 ; **          ;store shredder trim
```

Anexo 6: Programa de controlo e fiação dos controladores Yokogawa YS170

A6-24: Controlo de velocidade da transportador de túnel e elevador do moinho 1 (b)

```
;*****Calculate A10 speed*****
LD P1          ; **          ;read A10 speed reference
LD P2          ; **          ;read cane knife trim
*
LD P3          ; **          ;read shredder trim
*
ST PV2
ST PVM2
ST SV2
ST SVM2
ST Y1          ;output speed to A10 carrier

;*****Calculate primary knives overload trim*****
LD X4          ;read primary cane knife amps
LD P12         ; (0.2)       ;dampening factor
LAG3           ;dampening
FX2           ;cane knives trim function
ST P4         ; **          ;store primary cane knife trim

;*****Read A10 speed reference and range A9 speed*****
LD Y1          ;read A10 speed output
LD P11         ; (100)      ;A9 range
*
LD P10         ; (-5)       ;A9 zero, Must always be less than zero
+
ST P5         ; **          ;store ranged A9 speed reference

;*****Calculate A9 speed*****
LD P4          ; **          ;read primary cane knife trim
LD P5          ; **          ;read ranged A9 speed
*
ST PV1
ST PVM1          ;Store in Bar Graph
ST SV1
ST SVM1
ST Y3          ;output speed to A9

;*****END*****
END            ;The end of main program.
```

Anexo 6: Programa de controlo e fiação dos controladores Yokogawa YS170

A6-25: Controlo do nível de chute do Moinho 1 e moinho 2

```
;Mafambisse Front END Control
;Mill 1 and Mill 2 Chute level control
;17 May 2007
;C Narotam, Tongaat Hulett Sugar, TEG

;Analog Inputs:

;X1 = No.1 Mill(Crusher) Chute Level      [1+], [2-]
;X2 = No.2 Mill Chute Level               [3+], [4-]
;X3 = Throughput reference pot            [5+], [6-]
;X4 =
;X5 =

;Analog Outputs:

;Y1 = Output to throughput indicator       [22+], [23-]
;Y2 = B2 speed reference to B1 B2 controller [24+], [25-]
;Y3 = Output to Mill 2 VSD                [26+], [27-]

;*****Output to indicator*****
LD X3                      ;read thruout value
ST Y1                      ;output to indicator

;*****Read and range throughput reference*****
LD X3                      ;read throughput reference from pot
LD P10                     ;read throughput span factor
*
LD P11                     ;read throughput zero factor
+
ST P1                      ;store ranged throughput reference

;*****No.1 Mill Chute Level Control*****
LD X1
LD P12                     ;Dampening Factor
LAG1
BSC1                       ;Do a PID
ST P2                      ;store Output of PID
LD P13                     ;read range of output
*
LD P14                     ;read zero
+
ST P3                      ;Ranged output of chute level PID

;*****Calculate B2 speed reference*****
LD P1                      ;read throughput
LD P3                      ;Read chute level trim
*
ST P4                      ;P1*P3
ST Y2                      ;reference output to B1 controller

;*****No.2 Mill Chute level control*****
LD X2                      ;read No.2 mill chute level
LD P15                     ;No.2 Mill chute dampening factor
LAG2
BSC2                       ;No.2 Mill PID
ST Y3                      ;Output to No.2 Mill AC drive

;|*****End of Program *****
END
```

Anexo 6: Programa de controlo e fiação dos controladores Yokogawa YS170

A6-26: Controlo do nível de chute do Moinho 3 e moinho 4 (a)

```
|;*****Mafambisse Sugar Mill*****
;*****No.2 and No.3 Mill chute level control*****
;C. Narotam - Tongaat Hulett Sugar (TEG)
;23/02/2006 Rev 2

;X1 = No.3 Mill Turbine Speed
;X2 = No.3 Mill Chute Level
;X3 = No.2 Mill Chute Level
;X4 = No.2 Mill Turbine Speed
;X5 = Feedforward from previous mill

;Y1 = Output to No.2 mill governor
;Y2 = Feedforward signal to Mill 1 chute level control
;Y3 = Output to No.3 mill governor

;DIO1 = DI1 = Input = No.3 Mill trip reset
;DIO2 = DI2 = Input = No.2 Mill trip reset
;DIO3 = DI3 = Input = NO.3 Mill Dump
;DIO4 = DO3 = Input = No.4 Mil Dump
;DIO5 = DO2 = Output = No.2 Mill trip
;DIO6 = DO1 = Output = No.3 Mill trip

;*****No.3 Mill Chute level Control*****
LD X2                ;Read Chute level
LD P10                ;Read time constant
LAG1                 ;dampening computation
ST P1                ;Store chute level
;*****No.3 Mill Feed Forward Element*****
LD X5
LD P17                ;(60%)                ;Limit for feedforward
LLM
LD P18                ;(60%)                ;Feed forward bias
-
ST P3                 ;biased chute level from previous mill
LD P19                ;(-25.0)                ;feedforward gain = (100/(P28-100))
*
ST P4                 ;store feedforward gain
ST FF2
```

Anexo 6: Programa de controlo e fiação dos controladores Yokogawa YS170

A6-27: Controlo do nível de chute do Moinho 3 e moinho 4 (b)

```
;*****No.2 Mill Over Speed Trip*****
LD X4 ;read turbine speed
LD P25 ; (90%)
LD P26 ; (20%) ; Hysteresis
HAL2
LD DI4 ; Read Mill 4 Dump Status
NOT
OR
GIF @trip4 ; Jump to trip

LD DI2 ; Trip reset input (Normally open)
NOT
GIF @Notrip4

LD K5 ; (100) ; Reset trip
ST DO2
GO @Notrip4

@trip4
LD K6 ; (0.0) ; Trip output (Normally closed to run)
ST DO2
ST CAMF1 ;switch controller to manual
LD P9 ; (5%) ;govenor output during trip condition
ST MV1 ;set speed to 5%

@Notrip4

;*****Calculate feed Forward element for mill Crusher Mill*****
LD P6 ;Read biased feed forward
LD P30 ; (50%) ;gain for mill 3
*
LD P2 ;read mill 4 chute
+
ST Y2 ;store feedforward for crusher

;*****End*****
END
```

Anexo 6: Programa de controlo e fiação dos controladores Yokogawa YS170

A6-28: Controlo do nível de chute do Moinho 5 e moinho 6 (a)

```
*****Mafambisse Sugar Mill*****
*****No.4 and No.5 Mill chute level control*****
;C. Narotam - Tongaat Hulett Sugar (TSG)
;23/02/2006 Rev 2

;X1 - No.5 Mill Turbine Speed
;X2 - No.5 Mill Chute Level
;X3 - No.4 Mill Chute Level
;X4 - No.4 Mill Turbine Speed
;X5 - Feedforward from previous mill

;Y1 - Output to No.4 mill governor
;Y2 - Feedforward output to mill 2,3
;Y3 - Output to No.5 mill governor

;DIO1 - DI1 - Input - No.5 Mill trip reset
;DIO2 - DI2 - Input - No.4 Mill trip reset
;DIO3 - DI3 -
;DIO4 - DO3 -
;DIO5 - DO2 - Output - No.4 Mill trip reset
;DIO6 - DO1 - Output - No.5 Mill trip reset

*****No.5 Mill Chute level Control*****
LD X2 ;Read Chute level
LD P10 ;(2.0s) ;Read time constant
LAG1 ;dampening computation
ST P1 ;Store chute level
BSC2 ;Do a PID
LD P13 ;(500) ;Acceleration
LD P14 ;(500) ;Deceleration
VLM1
LD P12 ;(90%) ;High limit MV
HLM
ST Y3 ;Output to Y3
ST MVM2 ;Store actual display output
*****No.5 Mill Over Speed Trip*****
LD X1 ;read turbine speed
LD P15 ;(90%)
LD P16 ;(20%) ;Hysteresis
HAL1
LD DI3 ;Read Mill 5 emergency dumpvalve status
NOT
OR
GIF @trip5 ; Jump to trip

LD DI1 ; Trip reset input (Normally open)
NOT
GIF @Notrips

LD K5 ;(100) ; Reset trip
ST DO1
GO @Notrips

@trip5
LD K6 ;(0.000) ; Trip output (Normally closed to run)
ST DO1
ST CAMP2 ;switch controller to manual
LD P9 ;(5%) ;govenor output during trip condition
ST MV2 ;set speed to 5%

@Notrips
```

Anexo 6: Programa de controlo e fiação dos controladores Yokogawa YS170

A6-29: Controlo do nível de chute do Moinho 5 e moinho 6 (b)

```
;*****No.4 Mill Over Speed Trip*****
LD X4                                     ;read turbine speed
LD P25          ;(90%)
LD P26          ;(0.020)                 ; Hysteresis
HAL2
LD DI4          ;Read Mill 4 Emergency dump valve status
NOT
OR
]IF @trip4          ; Jump to trip

LD DI2          ; Trip reset input (Normally open)
NOT
GIF @Notrip4

LD K5          ;(1.000)                 ; Reset trip
ST DO2
GO @Notrip4

@trip4
LD K6          ;(0.000)                 ; Trip output (Normally closed to run)
ST DO2
ST CAMP1          ;switch controller to manual
LD P9          ;(5%)
ST MV1          ;governor output during trip condition
                ;set speed to 5%

@Notrip4

;*****Calculate Feedforward for mill 2,3
LD P6          ;read biased feedforward for mill 4
LD P30          ;gain
*
LD P2          ;mill 4 chutelevel
+
ST Y2          ;store feedforward for mill 3

;*****End*****
END
```

Anexo 7: Dimensionamento

Tabela A7-30: Disjuntor sem regulação

Disjuntor sem regulação

I_N [A]	I_{nf} [A]	I_f [A]
	$1,1 \times I_N$	$1,3 \times I_N$
6	6,6	7,8
10	11	13
16	17,6	20,8
20	22	26
25	27,5	32,5
32	35,2	41,6
40	44	52
50	55	65
63	69,3	81,9
100	110	130
125	137,5	162,5
160	176	208

Fonte: (12)

Anexo 7: Dimensionamento

Tabela A7-31: QUADRO 52-D1

[E] QUADRO 52-D1

Factores de correcção em função das temperaturas ambientes para canalizações instaladas ao ar

(a aplicar aos valores das correntes indicadas nos Quadros 52-C1 a 52-C14)

Temperatura ambiente (°C)	Isolamento			
	PVC	XLPE/EPR	Mineral(*)	
			(a)	(b)
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,76	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

(*) Para temperaturas ambientes superiores, consultar os fabricantes.
(a) - Cabos com bainha em PVC ou cabos nus e acessíveis (70°C).
(b) - Cabos nus e inacessíveis (105°C).

Fonte: (13)

Anexo 7: Dimensionamento

Tabela A7-32: QUADRO 52-E1

[E] QUADRO 52-E1

Factores de correcção para agrupamento de cabos de diversos circuitos ou de vários cabos multicondutores, instalados ao ar, lado a lado, em camada simples,

(a aplicar aos valores dos quadros 52-C1 a 52-C14)

ReP	Disposição dos cabos	Factor de correcção											Quadros e métodos de referência	
		N.º de circuitos ou de cabos multicondutores												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16		20
1	Encastrados ou embecidos em elementos da construção	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	52-C1 a 52-C14 A a F
2	Sobre as paredes ou pisos ou sobre caminhos de cabos não perfurados	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	O factor de correcção não diminui a partir de 9 cabos			52-C1 a 52-C6 C
3	Nos tectos	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				52-C7 a 52-C12 E, F
4	Em canalizações sobre caminhos de cabos, horizontais perfurados ou verticais	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Sobre escadas (para cabos), consola, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: (13)

Tabela A7-32: Características dos materiais eléctricos

Metais e ligas metálicas	Resistividade a 20º c ohm/m/mm ² ρ	Condutibilidade de 20ºc Mho/m/mm ² γ	Coefficiente de temperatura α
Platina	0,112	9	0,0021
Ouro	0,021	47,5	0,0036
Prata	0,016	62,5	0,0036
Cobre	0,0178	56	0,0040
Latão	0,07	13	0,0015
Alumínio	0,03	34	0,0038
Ferro	0,13	7,7	0,0045
Chumbo	0,21	4,8	0,0038
Níquel	0,10	10	0,0040
Zinco	0,062	16	0,0039
Estanho	0,10	10	0,0040
Ferro-níquel	0,73	1,37	0,0009
Cromo - níquel ou termostan (cromo e níquel)	0,10	0,9	0,0002
Muillechrt (cobre, zinco e níquel)	0,30	3,3	0,0004
Manganina (cobre, níquel e manganês)	0,46	2,1	0,0000
Niquelina (cobre, zinco, níquel, ferro e manganês)	0,43	2,3	0,0003
Constantan (cobre e níquel)	0,50	2	0,0000

Fonte: (13)

Anexo 7: Dimensionamento

Tabela A7-33: Características das almas condutoras de cobre

TABELA 8		Características das almas condutoras de cobre			
RÍGIDAS					
Resistência máxima em corrente contínua a 20° C Ω/km					
SECÇÃO NOMINAL mm ²	NÚMERO DE FIOS	Cabos monocondutores e cabos com condutores paralelos		Cabos multicondutores cableados	
		Cobre não estanhado	Cobre estanhado	Cobre não estanhado	Cobre estanhado
0,2	1	88,5	89,5	—	—
0,3	1	53,1	53,7	—	—
0,5	1	35,4	35,8	—	—
0,75	1	23,8	24,0	—	—
1	1	17,7	17,9	18,1	18,2
1,5	1	11,9	12,0	12,1	12,2
2,5	1	7,14	7,21	7,28	7,35
4	1	4,47	4,51	4,56	4,60
6	1	2,97	3,00	3,03	3,06
10	7	1,79	1,81	1,83	1,84
16	7	1,13	1,14	1,15	1,16
25	7	0,712	0,719	0,727	0,734
35	19	0,514	0,519	0,524	0,529
50	19	0,379	0,383	0,387	0,391
70	19	0,262	0,265	0,268	0,270
95	19	0,189	0,191	0,193	0,195
120	37	0,150	0,151	0,153	0,154
150	37	0,122	0,123	0,124	0,126
185	37	0,0972	0,0982	0,0991	0,100
240	61	0,0740	0,0747	0,0754	0,0762
300	61	0,0590	0,0595	0,0601	0,0607
400	61	0,0461	0,0465	0,0470	0,0475
500	61	0,0366	0,0369	0,0373	0,0377
630	127	0,0283	0,0286	0,0289	0,0292
800	127	0,0221	0,0224	0,0226	0,0228
1000	127	0,0176	0,0177	0,0179	0,0181

Fonte: (13)

Anexo 7: Dimensionamento

Tabela A7-34: QUADRO 52J

QUADRO 52J

Secções mínimas dos condutores

NATUREZA DAS CANALIZAÇÕES		UTILIZAÇÃO DO CIRCUITO	CONDUTORES	
			Material	Secção (mm ²)
Instalações fixas	Cabos e condutores isolados	Potência e iluminação	Cobre	1,5
			Alumínio	2,5 ⁽¹⁾
	Sinalização e comando	Cobre	0,5 ⁽²⁾	
	Condutores nus	Potência	Cobre	10
			Alumínio	16
	Sinalização e comando	Cobre	4	
Ligações flexíveis por meio de cabos ou de condutores isolados		Para um dado aparelho	Cobre	⁽³⁾
		Para todas as outras aplicações	Cobre	0,75 ⁽⁴⁾
		Circuitos de tensão reduzida para aplicações especiais	Cobre	0,75
<p><i>(1) - Os ligadores usados para as ligações de condutores de alumínio devem ser ensaiados e aprovados para esse fim específico. Em Portugal, não são, na prática, utilizados condutores em alumínio de secção inferior a 16 mm².</i></p> <p><i>(2) - Admite-se a secção mínima de 0,1 mm² para os circuitos de sinalização e de comando destinados a aparelhos electrónicos.</i></p> <p><i>(3) - De acordo com a Norma desse aparelho.</i></p> <p><i>(4) - Admite-se a secção mínima de 0,1 mm² nos cabos flexíveis com pelo menos 7 condutores para os circuitos de sinalização e comando destinados a aparelhos electrónicos.</i></p>				

Fonte: (13)

Anexo 7: Dimensionamento

Tabela A7-35: QUADRO 52-C1

[E] QUADRO 52-C1

Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência A, B e C
(de acordo com o quadro 52H)

Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC), para:

- *dois condutores carregados*
- *cobre ou alumínio*
- *temperatura da alma condutora: 70°C*
- *temperatura ambiente: 30°C*

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Método de referência		
	A	B	C(*)
<i>Condutores de cobre</i>			
1,5	14,5	17,5	19,5
2,5	19,5	24	27
4	26	32	36
6	34	41	46
10	46	57	63
16	61	76	85
25	80	101	112
35	99	125	138
50	119	151	168
70	151	192	213
95	182	232	258
120	210	269	299
150	240	-	344
185	273	-	392
240	320	-	461
300	367	-	530

Fonte: (13)