



FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Automatização Do Sistema De Accionamento E Controlo
De Motores De Indução Trifásico De Média Tensão Na
Empresa Açucareira De Xinavane, SA.**

Autor:

Titos Saul Beca

Supervisores:

Mestre Anacleto Albino, Eng.º (*UEM*)

Eng.º Ofélio Simango (*Tongaat Hullet*)

Eng.^a Ivone Mabasso (*Tongaat Hullet*)

Maputo, Junho de 2025



FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Automatização Do Sistema De Accionamento E Controlo
De Motores De Indução Trifásico De Média Tensão Na
Empresa Açucareira De Xinavane, SA.**

Autor:

Titos Saul Beca

Supervisores:

Mestre Anacleto Albino, Eng.º (*UEM*)

Eng.º Ofélio Simango (*Tongaat Hullet*)

Eng.^a Ivone Mabasso (*Tongaat Hullet*)

Maputo, Junho de 2025

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

Saul Beca e Adélia Osmane

Por todo amor, apoio incondicional e sacrifícios silenciosos. Vocês são bases da minha formação, meu exemplo de força, coragem e perseverança.

Este trabalho é o fruto das sementes que vocês plantaram com dedicação e esperança.

Com gratidão eterna e todo o meu carinho, [Titos Beca]

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de estudo, trabalho, crescimento e aprendizado que me proporciona todos os dias.

Os meus profundos agradecimentos aos meus pais Saul Beca e Adélia Osmane, que sempre dispensaram incentivo para que pudesse alcançar os meus sonhos, pelo apoio incalculável, confiança que depositaram em mim e moldaram a minha vida académica. A todos irmãos, em especial ao David pelo apoio incondicional e motivação para seguir com o meu sonho, ao Pedro, que em vida apoiou e motivou-me bastante, a minha cunhada Rabeca, aos meus sobrinhos que estiveram ao meu lado em momentos difíceis desta jornada e pelos valores transmitidos.

Aos primos em especial ao Mateus e Rosa, Noa e Chanil pelo apoio inestimável, presença constante e orientação ao longo de todo processo.

Aos meus supervisores, Msc., Eng^o Anacleto Albino, Engo Ofélio Simango e Eng.^a Ivone Mabasso pela orientação, partilha de conhecimento e ajuda ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Agradeço também aos meus docentes, em especial ao Eng.^o Mabote e ao Dr. Chillengue, por seus ensinamentos e oportunidades de aprendizados.

Aos meus colegas Leonado Albano, Maira Mandede, José Pitrosse, Isac Agostinho, António Casacão e Ernesto Mabecuane que têm acompanhado o processo da minha formação, pelo apoio, companheirismo e trabalho árduo, tornando os desafios mais leves e os triunfos mais leves durante dias e noites de modo a alcançar os objectivos.

A todos aqueles que de uma forma directa ou indirecta contribuíram para minha formação, tanto profissional como pessoal, o meu muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho de estágio tem como foco a proposta de automatização do sistema de accionamento e controlo dos motores de indução trifásicos de média tensão da empresa Açucareira de Xinavane, SA, responsáveis pela preparação da cana-de-açúcar. Actualmente, o sistema em uso baseia-se em tecnologia obsoleta, com relés, contactores que não permitem diagnóstico remoto nem integração com o sistema central da fábrica, resultando em falhas frequentes, longas paragens de produção e elevados custos operacionais. A solução proposta envolve a substituição do sistema actual por um sistema automatizado utilizando um PLC da *Allen-Bradley MicroLogix 1400*, que permite o controlo remoto, monitoramento em tempo real, acesso ao histórico de eventos e resposta rápida a falhas. A análise técnica mostrou que a proposta atende aos requisitos operacionais da empresa, aumentando a fiabilidade e segurança do processo. A avaliação económica revelou que, apesar do custo inicial de cerca de 235.772,18 MZN, a solução apresenta retorno significativo, ao evitar prejuízos com perda de produção, atrasos na entrega de açúcar, pagamentos extras a técnicos e manutenção correctiva. Portanto, o projecto demonstra ser uma alternativa viável e sustentável para garantir a continuidade e eficiência do processo produtivo da empresa.

Palavras chaves: produção de açúcar, motor de indução trifásico, accionamento e controlo remoto

ABSTRACT

This internship report focuses on the proposed automation of the drive and control system for medium-voltage three-phase induction motors at the company Xinavane sugar mill, SA, which are responsible for the sugarcane preparation process. Currently, the system relies on outdated technology, using relays and contactors that do not allow for remote diagnostics or integration with the factory's central control system. This leads to frequent failures, prolonged production downtime, and high operational costs. The proposed solution involves replacing the existing system with an automated system using a Programmable Logic Controller (PLC), specifically the Allen-Bradley MicroLogix 1400, enabling remote control, real-time monitoring, event history access, and faster fault response. Technical analysis showed that the proposal meets the company's operational requirements by improving process reliability and safety. The economic assessment revealed that, despite the initial cost of approximately 148,303.62 MZN, the solution provides significant return by avoiding losses due to production downtime, delivery delays, overtime payments, and corrective maintenance. Therefore, the project proves to be a viable and sustainable alternative to ensure the continuity and efficiency of the company's production process.

Keywords: sugar production, three-phase induction motor, remote control system

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACTS.....	iv
LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Formulação do problema	2
1.3. Justificativa.....	3
1.4. Objectivos	3
1.4.1. Objectivo geral.....	3
1.4.2. Objectivos específicos.....	3
1.5. Metodologia de pesquisa	4
1.5.1. Tipo de pesquisa	4
1.5.2. Métodos de pesquisa	4
1.6. Estrutura de organização do relatório de estágio profissional.....	6
2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1. Contribuição da indústria açucareira em Moçambique	7
2.1.1. Produção da cana-de-Açúcar	7
2.1.2. Desempenho da Indústria Açucareira em Moçambique	8
2.1.1. Localização da empresa Açucareira de Xinavane, SA.....	9
2.1.2. Desempenho produtivo da Tongaat Hullet	10
2.1.3. Estrutura organizacional da unidade industrial	12

2.1.4.	Descrição técnica do processo de preparação da cana	13
2.2.	Motor eléctrico.....	16
2.2.1.	Motor de Indução de rotor bobinado.....	16
2.3.	Tipos de arranque dos motores de indução trifásica.....	17
2.3.1.	Arranque reostático do motor de rotor bobinado	17
2.3.2.	Arranque com reóstato líquido.....	18
2.4.	Dispositivos de protecção e comando.....	19
2.4.1.	Disjuntor a vácuo.....	19
2.4.2.	Relé de Protecção de Motor	20
2.5.	Sistema de controlo automático	21
2.5.1.	Relé inteligente <i>SIMOCODE PRO V</i>	22
2.6.	Controlador Lógico Programável.....	23
2.6.1.	Controladores MicroLogix 1400	24
2.6.2.	Relé <i>clic 02</i>	24
2.6.3.	Protocolos de comunicação em sistema automatizado	25
3.	CAPÍTULO III: ANÁLISE DO SISTEMA ACTUAL	26
3.1.1.	Equipamento de desfibração – <i>Shredder</i>	26
3.2.	Sistema actual de accionamento e controlo dos motores <i>Shredder</i>	26
3.2.1.	Subsistema de accionamento e controlo	26
3.2.2.	Disjuntor de media tensão	28
3.1.	Requisitos do sistema de arranque para os motores da shredder	28
3.1.1.	Condições de partida dos motores	28
3.1.2.	Critérios de controlo operacional	29
4.	CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO.....	30
4.1.	Proposta de soluções e justificativa da solução escolhida.....	30
4.1.1.	Soluções proposta para o projecto	30
4.1.	Simulação do sistema proposto	33

4.1.1.	Dimensionamento da secção de cabo e dispositivos de protecção.....	33
4.1.2.	Especificações técnicas do material.....	35
5.	CAPÍTULO V: ANÁLISE DOS IMPACTOS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	36
5.1.	Estimativa dos impactos nas falhas dos motores <i>Shredder</i> no sistema de produção.....	36
6.	CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
6.1.	Determinação do orçamento do projecto	39
6.1.	Estudo de viabilidade técnica e económica do projecto.....	39
6.2.	Plano de manutenção	40
6.3.	Plano de execução do projecto	41
6.4.	Conclusões	42
6.5.	Recomendações	43
6.6.	Referência bibliográfica.....	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Abreviatura	Descrição
APAMA	Associação dos Produtores de Açúcar de Moçambique
BT	Baixa tensão
C	Capacidade de produção por hora
CLP/PLC	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade central de processamento
E/S	Entradas/saídas
EDM	Electricidade de Moçambique
FENG	Faculdade de Engenharia
HMI	Interface Homem e Máquina
K	Mil
M	Milhão
MT	Media tensão
MZN	Meticals
Q	Quantidade da cana moída
RTD	Detector de Temperatura por Resistência
T	Tempo

Unidade	Designação
A	Ampére
H	Hora
Kg	Quilograma
L	Litro
T	tonelada
V	Volt
kW	Quilowatt

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da plantação da cana-de-Açúcar em países seleccionados (1961-2020).....	8
Figura 2: Localização da empresa Tongatt Hullet.	10
Figura 3: Produção da cana-de-açúcar nos últimos dez anos.	11
Figura 4: Produção do açúcar.	11
Figura 5: Secções da unidade fabril na Tongaat Hullet.....	12
Figura 6: Rolo triturador do Kradewski.	14
Figura 7: Desfibrador de Maxwell.....	15
Figura 8: Tongaat Shredder.	15
Figura 9: Processo básico de conversão de energia.....	16
Figura 10: Motor de indução de rotor bobinado.	17
Figura 11: Partida do motor de rotor bobinado.....	17
Figura 12: Arranque com reóstato líquido.	18
Figura 13: Câmara de corte de um disjuntor a vácuo.....	20
Figura 14: Relé de protecção MiCOM P225.....	20
Figura 15: Arquitectura de rede simplificada para um sistema automatizado [1].	21
Figura 16: Divisão hierárquica de um processo de automação industrial [1].	22
Figura 17: Esquema simplificado do SIMOCODE pro V.	23
Figura 18: Controlador MicroLogix 1400.	24
Figura 19: Micro controlador programável.....	25
Figura 20: Motor de media tensão.	27
Figura 21: Funcionamento do actual sistema de accionamento e controlo dos motores Shredder.	28
Figura 22: Pannel de controlo de arranque dos motores Shredder.....	29
Figura 23: A configuração da solução proposta.	32
Figura 24: Análise dos prejuízos para empresa na falha do Shredder.....	36
Figura A25-9: Configuração do dual liquid start.	9
Figura A26-9: Temporizadores do actual sistema de controlo.	9
Figura A27-10: Relé da MiCOM P225.....	10
Figura A28-17: Configuracao do conversor Modbus para Ethernet.	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fábricas de Açúcar a Operar em Moçambique e Capacidade de Produção.	9
Tabela 2: Comparação das soluções propostas.	31
Tabela 3: Critérios de avaliação da solução escolhida.....	31
Tabela 4: Especificação do material e respectivo preço.	39
Tabela 5: Plano de actividades de manutenção do PLC.....	40
Tabela 6: Cronograma da implementação do projecto	41

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A Açucareira de Xinavane, SA, operada pela *Tongaat Hullet*, é uma das maiores e mais importantes unidades industriais do sector açucareiro em Moçambique. Situada na província de Maputo, desempenha um papel estratégico na economia nacional, assegurando tanto o abastecimento do mercado interno como a exportação do açúcar produzido. De acordo com Coelho Jr (2022) & Apamo (2022), a açucareira de Xinavane tem a capacidade de produzir cerca de 230.000 toneladas de açúcar, 70.000 toneladas de melaço, e cerca de 205.000 toneladas de bagaço por campanha.

No entanto, no centro de suas operações, há dois motor de indução trifásico de rotor bobinado de 1,80MW, utilizados para o accionamento do desfibrador ou *Shredder*, um equipamento essencial para preparação da cana-de-açúcar de modo a extrair o sumo e processar de maneira a produzir o açúcar final. Como o motor desempenha uma função importante, ele funciona de maneira contínua, o que exige um sistema de controlo eficiente e confiável. Actualmente, a Açucareira de Xinavane usa um sistema de accionamento electromagnético para gerenciar o arranque dos motores, além dos relés *MICOM P225* para controlar o seu funcionamento. Entretanto, esse sistema encontra-se obsoleto, sem a capacidade de integração com o sistema *DCS* da empresa o que compromete sua funcionalidade e flexibilidade.

O presente trabalho visa, portanto, automatizar um sistema de accionamento e controlo do motor de indução trifásico na Açucareira de Xinavane, SA. A implementação desse sistema permitirá a detecção e diagnóstico de falhas de forma precisa e eficaz, além de possibilitar o monitoramento remoto, o que não só otimizará os tempos de resposta, mas também contribuirá para a melhoria da eficiência e da fiabilidade da operação da fábrica.

1.2. Formulação do problema

A Açucareira de Xinavane enfrenta desafios operacionais significativos devido às limitações do sistema de controlo e monitoramento do motor de indução trifásico utilizado para a extracção do caldo da cana, uma etapa essencial na produção de açúcar. O sistema actual, composto por tecnologias obsoletas como contactores, relés e temporizadores para gerenciar arranque, juntamente com o relé *MICOM P225* para monitorar o funcionamento, não permite integração com o sistema de controlo da fábrica, limitando sua funcionalidade e flexibilidade. Embora o sistema execute funções básicas de controlo, ele não permite o monitoramento em tempo real. Diante de qualquer anomalia seja nos motores auxiliares ou nos dispositivos de comando, exigem a locomoção dos técnicos para o local de maneira a identificar a sua origem. Actualmente, os dispositivos responsáveis pela sinalização de defeito encontram-se inoperacionais o que ainda aumenta a gravidade na identificação de defeito, obrigando os técnicos a realizarem testes manuais para identificar a origem da falha. O mesmo ocorre com o relé *MICOM P225*, que requer a mobilização de técnicos para navegação do relé de modo a identificar o defeito ou acesso ao histórico. Outrossim, este processo, para além de apresentar certas ineficiências, resulta em longos períodos de paragem da produção, afectando negativamente a continuidade do processo fabril.

Diante do exposto, surge a questão central deste trabalho: **como automatizar o sistema de accionamento e controlo de motores de indução de média tensão que permita a detecção de defeitos, monitoramento remoto e em tempo real, com acesso ao histórico e melhorando o desempenho do processo produtivo?**

1.3. Justificativa

A implementação de um sistema automático para o controlo e monitorização do motor de indução trifásico na Açucareira de Xinavane, SA, é fundamental para melhorar a eficiência e a continuidade dos processos produtivos. Numa indústria em que a moagem da cana-de-açúcar é um processo contínuo e essencial, qualquer interrupção na operação compromete a produtividade da empresa.

A adopção de um sistema automatizado de controlo e monitorização permitirá a detecção imediata e precisa de falhas, além de possibilitar a análise remota do estado do motor em tempo real e facilitar acesso ao histórico. Com isso, será possível agir de forma rápida e eficaz, minimizando o tempo de inactividade e evitando falhas maiores que possam prejudicar o desempenho do equipamento.

Portanto, a justificação para este projecto é clara: a necessidade de melhorar a eficiência operacional, reduzir os custos de manutenção e garantir a continuidade da produção. Esses factores são essenciais para assegurar a competitividade da Açucareira de Xinavane, garantindo a sua sustentabilidade a longo prazo e posicionando-a de forma mais robusta no mercado nacional e internacional de açúcar.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

- Automatizar o sistema de accionamento e controlo automático de um motor de indução de média tensão na empresa Açucareira de Xinavane, SA.

1.4.2. Objectivos específicos

- ✓ Estimar os prejuízos operacionais e financeiros decorrentes da falha do motor;
- ✓ Caracterizar e definir requisitos do sistema de controlo dos motores de indução;
- ✓ Especificar a solução óptima para o problema;
- ✓ Realizar a simulação para teste e validação;
- ✓ Avaliar a viabilidade técnica e económica do projecto.

1.5. Metodologia de pesquisa

Neste título são apresentados os procedimentos metodológicos e instrumentos empregue para responder os objectivos específicos da pesquisa.

1.5.1. Tipo de pesquisa

Com base nos objectivos da pesquisa e tipo de dados proposto, a presente relatório é do tipo qualitativa e quantitativa. Para o Richardson (1999), a pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de colecta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas. Desta maneira, a característica do presente estudo compreende a perda de produção e monitoramento remoto.

1.5.2. Métodos de pesquisa

No desenvolvimento deste estudo, recorreu-se a diferentes abordagens metodológicas, como pesquisa bibliográfica, questionário e simulação computacional. Cada uma dessas técnicas foi seleccionada conforme a pertinência em relação aos objectivos específicos definidos.

- a) Questionário:** Foi conduzido aos informantes-chave da empresa afim de aquisição de dados da produção da cana e de açúcar nos últimos 10 anos para estimar a perdas de produção. Para estimar a quantidade cana não moída devido a paragem dos motores, aplicou-se a *equação 1.1*.

$$C = \frac{Q}{t} \quad (1.1)$$

Onde: Q – *Quantidade da cana não moída* [t];

C – *Capacidade de produção* [t];

t – *Tempo de produção* [h].

- b) Observação directa:** A aplicação deste método permitiu registar o funcionamento real dos equipamentos e processos, captura de imagens, possibilitando uma análise prática e detalhada do problema em estudo.

- c) **Pesquisa bibliográfica:** esta técnica foi essencial para apresentar as possíveis soluções e escolher a melhor em função dos critérios previamente estabelecido.
- d) **Simulação computacional e desenho:** a simulação permitiu testar o comportamento do sistema de controlo dos motores de indução em diferentes condições operacionais, identificando possíveis falhas e validando a eficácia da solução proposta antes da sua implementação prática. O simulador empregou-se para o ensaio foi *RSLogix 500*. Os esboços dos esquemas de ligação foram realizados no *Autocad*.

1.6. Estrutura de organização do relatório de estágio profissional

O trabalho está dividido em capítulos conforme descrito a seguir.

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO, neste capítulo fez-se uma breve apresentação do trabalho, a parte introdutória, apresenta-se a formulação do problema, a justificativa da escolha do tema, os objectivos do trabalho e a metodologia usada para a realização do relatório.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA, neste capítulo fez-se a descrição e fundamentação teórica dos dispositivos ou equipamentos que fazem parte do sistema a ser projectado, assim como os conceitos dos elementos envolvidos na elaboração do relatório de estágio.

CAPÍTULO III: ANÁLISE DO SISTEMA ACTUAL, neste capítulo descreve sucintamente a como caracteriza-se o actual sistema de accionamento e de controlo.

CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO, escolheu-se a solução óptima para o projecto dentre as soluções propostas e apresentou-se a simulação.

CAPÍTULO V: ANÁLISE DOS IMPACTOS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO, nesta secção realizou-se a análise dos prejuízos financeiros e perdas de produção que os motores em estudos causam no sistema de produção nas paragens não programadas.

CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS, apresenta-se a conclusão, recomendações e referências apresentadas no relatório.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Contribuição da indústria açucareira em Moçambique

2.1.1. Produção da cana-de-Açúcar

Moçambique possui condições favoráveis para o cultivo da cana-de-açúcar, uma cultura típica de regiões tropicais, que requer solos férteis e boa disponibilidade hídrica. Esses factores influenciaram a instalação das fábricas de processamento nos vales dos rios Zambeze, Búzi e Incomáti. Além disso, as infra-estruturas portuárias conferem ao país uma vantagem logística para a exportação da produção nacional, embora as condições precárias das estradas rodoviárias ainda representem um desafio (Banco de Moçambique, 2022).

O cultivo e a industrialização da cana-de-açúcar em Moçambique tiveram início antes da independência. A produção voltada para o processamento industrial começou no final do século XIX, nos vales dos rios Zambeze e Búzi, com a instalação de quatro fábricas: Companhia de Búzi, Açucareira de Moçambique, Sena *Sugar Estates* de Marromeu e Sena *Sugar Estates* de Luabo. Posteriormente, a actividade expandiu-se para o sul, com a implantação de duas unidades industriais ao longo do rio Incomáti, em Xinavane e Maragra (MIC, 2022).

Conforme o Banco de Moçambique (2022), afirma que a expansão da produção da cana-de-açúcar tem sido modesta, tendo em conta o potencial agrícola do país. Apesar de dispor de terra e condições climáticas favoráveis, a actual produção da cana-de-açúcar ainda se mantém. Após atingir um recorde na área plantada (60.000 hectares), em 1976, o país registou sucessivas reduções da área cultivada, a reflectir as nacionalizações e os impactos da guerra civil, tendo conseguido recuperar e registar o mesmo desempenho em 2019 (43 anos depois).

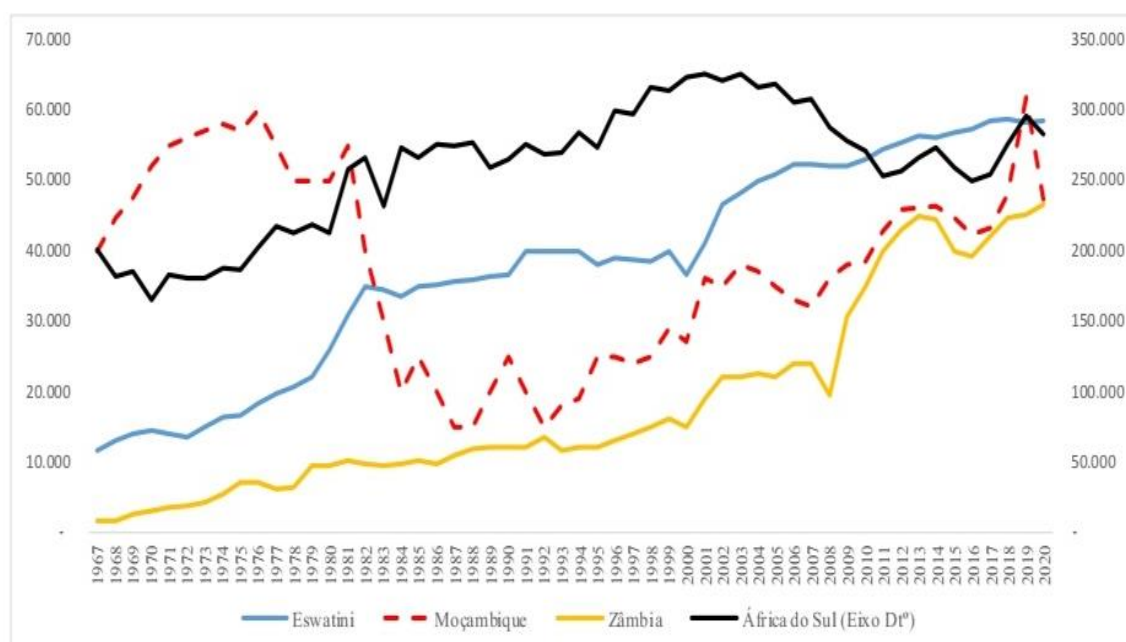


Figura 1: Evolução da plantação da cana-de-açúcar em países seleccionados (1961-2020).

Fonte: FAO (2022)

2.1.2. Desempenho da Indústria Açucareira em Moçambique

Em Moçambique, operam sete unidades fabris dedicadas à produção de açúcar, classificadas em dois grupos distintos. O primeiro grupo é composto por quatro fábricas situadas nas províncias de Maputo e Sofala, que se dedicam à produção de açúcar convencional e refinado. Juntas, estas unidades têm uma capacidade instalada para produzir cerca de 530 mil toneladas de açúcar bruto por ano conforme apresentado na Tabela 1 (MIC, 2022). O segundo grupo abrange três fábricas especializadas na produção de açúcar orgânico voltado para exportação. Estas encontram-se distribuídas pelas províncias de Maputo, Sofala e Cabo Delgado, com uma capacidade conjunta de processamento de 29,3 mil toneladas anuais.

Tabela 1: Fábricas de Açúcar a Operar em Moçambique e Capacidade de Produção.

Fábricas licenciadas	Localização (província)	Capacidade de produção	Produção média por campanha no período 2017/2021
Convencional e Refinado			
Maragra Açúcar, S.A.	Maputo	96.000 t/ano	70.701 t/ano
<i>Tongaat Hullett</i> - Açucareira de Mafambisse	Sofala	90.000 t/ano	38.399 t/ano
Companhia de Sena, S.A.	Sofala	110.000 t/ano	36.382 t/ano
<i>Tongaat Hullett</i> - Açucareira de Xinavane, S.A.	Maputo	234.000 t/ano	169.935 t/ano
SUB-TOTAL		530.000 t/ano	315.418 t/ano

Fonte: APAMO (2022)

2.1.1. Localização da empresa Açucareira de Xinavane, SA

A Açucareira de Xinavane, SA está situada na vila de Xinavane, distrito da Manhiça, província de Maputo, no sul de Moçambique. A região encontra-se a cerca de 80 km a nordeste da cidade de Maputo, ao longo do rio Incomáti, o que proporciona condições favoráveis para o cultivo da cana-de-açúcar devido à abundância de recursos hídricos.

A área onde a empresa opera é predominantemente rural, com forte presença da agricultura como principal actividade económica. O acesso ao local é feito por via rodoviária, através da Estrada Nacional N1, seguida de uma estrada secundária que conduz directamente à vila de Xinavane. Esta localização estratégica facilita o escoamento da produção, o abastecimento logístico, a mobilização de trabalhadores e equipamentos.

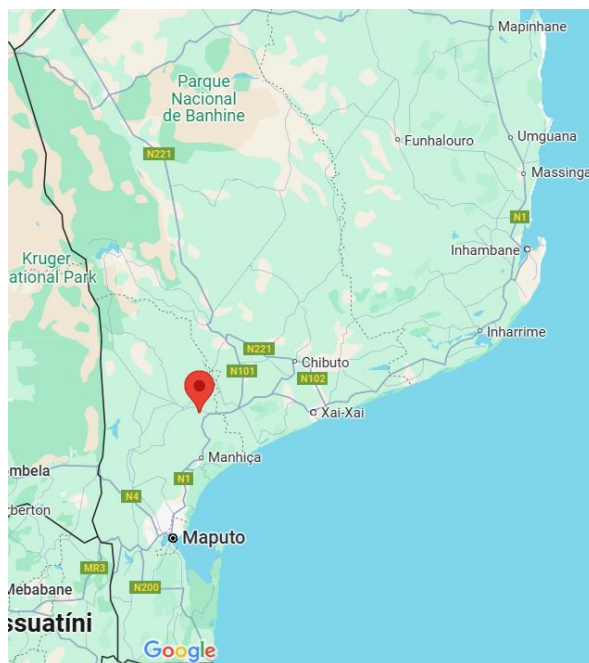


Figura 2: Localização da empresa Tongatt Hullet.

Fonte: Google Maps (2025)

Além disso, a posição geográfica próxima ao rio Incomati favorece não só a irrigação das plantações, mas também o uso de água nos processos industriais da unidade fabril. O ambiente ao redor é caracterizado por campos de cultivo extensivos, zonas administrativas e residenciais.

2.1.2. Desempenho produtivo da Tongaat Hullet

Nos últimos dez anos, a Açucareira de Xinavane tem mantido uma produção de açúcar estável e significativa para o sector agro-industrial nacional, variando entre 148 mil e 178 mil toneladas anuais. A moagem de cana oscilou entre 1,3 e 1,6 milhão de toneladas, com o pico em 2018 (178.256 toneladas de açúcar), evidenciando consistência produtiva.

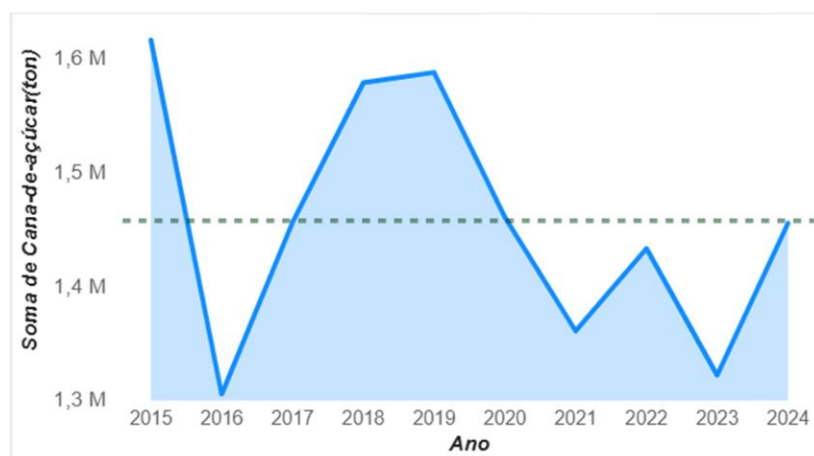


Figura 3: Produção da cana-de-açúcar nos últimos dez anos.

Fonte: Açucareira de Xinavane, SA (2025)

Em 2024, foram produzidas 167.807 toneladas de açúcar a partir de 1.454.670 toneladas de cana, mantendo altos níveis de eficiência. Apesar das variações, os dados mostram uma boa utilização da matéria-prima, impulsionada pela modernização de equipamentos e melhoria da gestão.

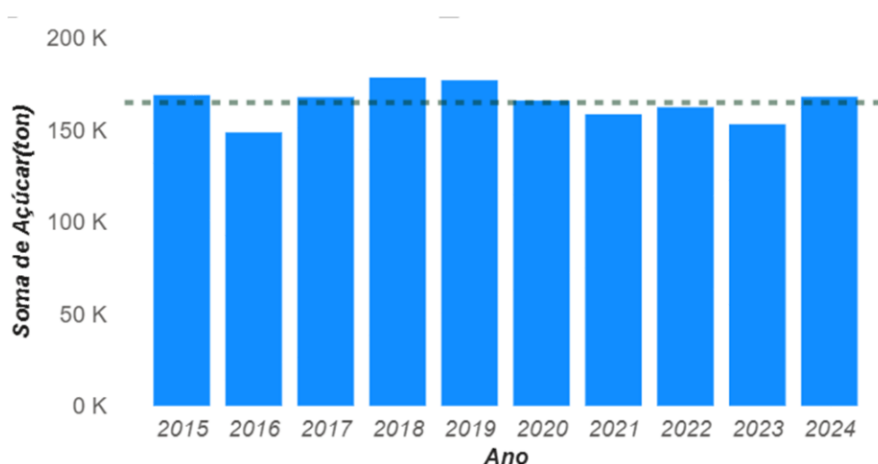


Figura 4: Produção do açúcar.

Fonte: Açucareira de Xinavane, SA (2025)

A elevada produtividade reforça o papel da unidade industrial na economia. O bom desempenho depende do funcionamento eficiente de equipamentos-chave, como motores eléctricos de média tensão, sendo essenciais sistemas de controlo e protecção para garantir segurança, evitar paragens e manter os resultados, (vide em Anexo A5).

2.1.3. Estrutura organizacional da unidade industrial

A unidade industrial da Açucareira de Xinavane está organizada em três grandes sectores funcionais: sector agrícola, sector de recursos humanos e unidade fabril. O sector agrícola é responsável pelo cultivo e fornecimento da cana-de-açúcar, matéria-prima essencial para o processo produtivo. O sector de recursos humanos assegura a gestão e o bem-estar dos trabalhadores, coordenando as actividades laborais de forma a garantir eficiência e segurança. Já a unidade fabril representa o núcleo operacional da empresa, onde ocorre a transformação industrial da cana em produtos finais. Esta unidade está dividida em cinco secções técnicas interligadas: *Preparação da cana*, *geração da electricidade e vapor*, *processo* e *refinaria*, conforme mostra o diagrama abaixo.

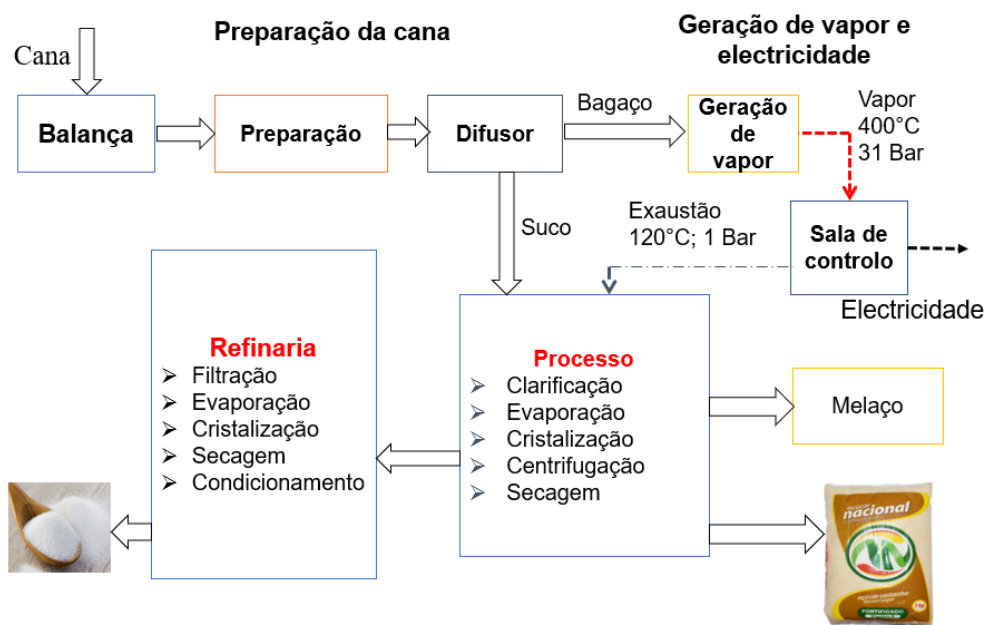


Figura 5: Secções da unidade fabril na Tongaat Hullet.

Fonte: Autoria (2025)

A secção de **preparação da cana** começa com a recepção nas mesas alimentadoras, seguida pela uniformização nos alisadores. Em seguida, a cana é triturada pelos motores do corta-cana e do *shredder*. O processo termina com a extracção do caldo no difusor e nos moinhos 1, 2 e 3, garantindo alto rendimento.

A secção da **Geração da electricidade e vapor** é responsável pela geração de vapor e electricidade, essenciais para alimentar as diversas etapas do processo

industrial. O vapor é utilizado para aquecimento de água, extracção do caldo e movimentação de equipamentos térmicos. Por sua vez, a electricidade gerada é consumida internamente pela fábrica. As secções **Processo** e **Refinaria** compõem as fases finais da produção. O *Processo* converte o caldo em açúcar castanho por meio de processos de evaporação, cristalização e centrifugação. Já a *Refinaria* realiza o reprocessamento desse açúcar castanho para obter açúcar branco de maior pureza, destinado ao consumo directo e à comercialização, (confira em Anexo 1).

2.1.4. Descrição técnica do processo de preparação da cana

2.1.4.1. Linha de alimentação e preparação inicial

A linha de alimentação e preparação inicial da *Tongaat Hulett* é composta por três etapas fundamentais: depósito da cana, transporte e desfibramento, com o objectivo de alimentar a moenda.

O depósito da cana é realizado nas mesas 1, 2 e 3, seguindo-se a lavagem, com a finalidade de remover impurezas provenientes das machambas e melhorar a qualidade da moagem.

O transporte é efectuado por meio de esteiras transportadoras e, em seguida, os niveladores são inseridos na linha com o objectivo de nivelar e regular a quantidade de cana a moer. Posteriormente, a última etapa é composta por dois estágios: o corta-cana e o desfibrador, cuja conjugação assegura que a cana seja entregue à moenda em condições adequadas, devidamente fragmentada e com dimensão reduzida para otimizar a extracção. Dessa forma, a integração dessas etapas permite obter o produto final.

2.1.4.2. Desfibrador

O *Shredder*¹ é um aparelho empregado para completar a etapa da preparação e a desintegração da cana, para facilitar a extração do caldo pelas moendas.

De acordo com o Moor (1994, p.162) considera como sendo um equipamento actualmente usado, de forma geral, após o corte com facas para completar a preparação da cana para a planta de extração é o triturador. Mas isso só passou a ser comum nos últimos 20 a 50 anos na maioria das indústrias de açúcar de cana. Anteriormente, o corte inicial com facas era seguido por um pesado "triturador grosseiro" para quebrar ainda mais a cana. O mesmo autor acrescenta que esses dispositivos geralmente consistiam em dois rolos, muitas vezes com ranhuras complexas, grosseiras e não circunferenciais, como no triturador de *Kradewski* (Figura 6).

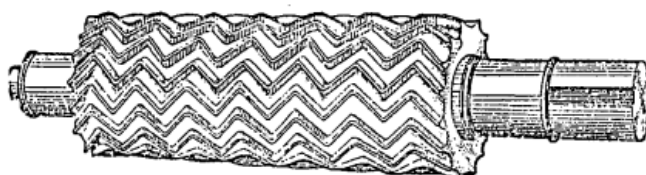


Figura 6: Rolo triturador do Kradewski.

Fonte: Moor (1994)

Esses trituradores extraíam uma certa quantidade de caldo e descarregavam a cana em torções compactadas. Para quebrar esses torrões e permitir uma alimentação uniforme para as moendas seguintes, foi instalado, na saída de alguns trituradores, um dispositivo chamado "*Desfibrador Maxwell*" (figura 7).

¹ desfibrador

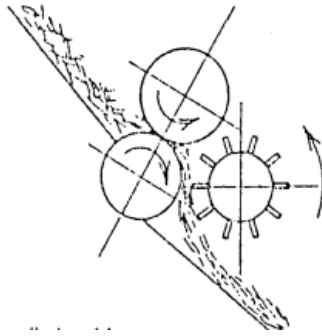


Figura 7: Desfibrador de Maxwell.

Fonte: Moor (1994)

2.1.4.3. Trituradores de serviço pesado sul-africanos

Os tecnólogos sul-africanos, baseando-se em estudos anteriores da Austrália, observaram que melhorias no desfibramento poderiam aumentar a extracção pelas moendas em até 1%. Ensaios locais confirmaram esses ganhos, especialmente em linhas de moenda curtas. Como resultado, diversas usinas modernizaram seus equipamentos, levando ao desenvolvimento do desfibrador *Tongaat*. O projecto inovador, com rotor de placas alternadamente defasadas, trouxe vantagens como menor tensão mecânica, eliminação de martelos especiais e maior rigidez estrutural (Moor, 1994).

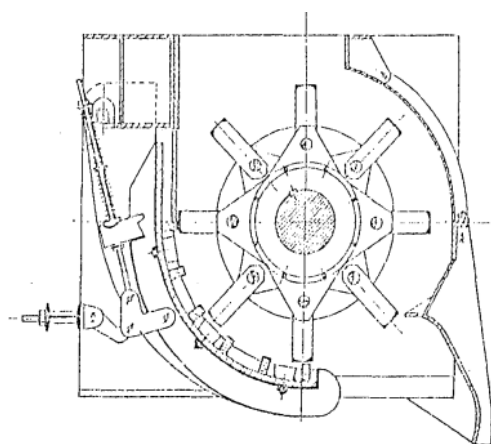


Figura 8: Tongaat Shredder.

Fonte: Moor (1994)

2.2. Motor eléctrico

Motor eléctrico é um dispositivo que transforma energia eléctrica em energia mecânica, em geral, energia cinética, ou seja, num motor, a simples presença da corrente eléctrica, seja corrente contínua ou alternada, garante movimento em um eixo, que pode ser aproveitado de diversas maneiras, dependendo da aplicação do motor. Segundo o Franchi (2008), classifica os motores eléctricos em dois grupos principais: de corrente continua e corrente alternada. O mesmo autor acrescenta que os motores trifásicos de gaiola de esquilo são muito empregues devido a sua característica construtiva e os de rotor bobinado são utilizados em situação onde exigem elevado binário.

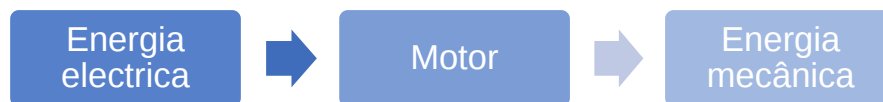


Figura 9: Processo básico de conversão de energia.

Fonte: Autoria (2025)

2.2.1. Motor de Indução de rotor bobinado

O rotor bobinado é composto por três bobinas, semelhantes às do estator do motor. Essas bobinas são conectadas em estrela, com os três terminais livres ligados a anéis deslizantes no eixo do rotor. Os anéis deslizantes, por meio de escovas, permitem a conexão de reóstatos (resistores variáveis) no circuito das bobinas do rotor. Essa configuração tem como objectivo manipular as características de partida, como, por exemplo, melhorar o torque de partida e reduzir o pico de corrente na partida (Champman, 2008).

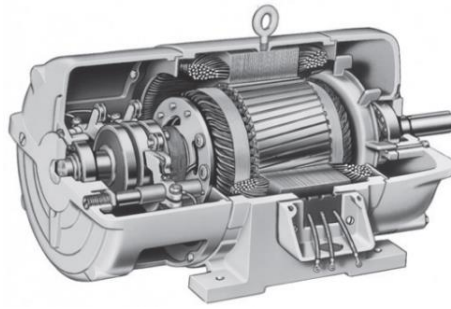


Figura 10: Motor de indução de rotor bobinado.

Fonte: Champman (2008)

2.3. Tipos de arranque dos motores de indução trifásica

Existem diferentes métodos de o arranque para motor de indução trifásica, onde a aplicação de cada método depende da potência de motor e sua aplicação. Os mais destacados são: Arranque directo, estrela-triângulo, com autotransformador, a *Soft starter*, a inversor de frequência e arranque reostática (Franchi, 2008).

2.3.1. Arranque reostático do motor de rotor bobinado

Este tipo de motor fornece ao sistema a qual ele é empregado uma das principais características exigidas do motor no instante da partida, um torque elevado. Através da adição de reóstatos de partida podemos reduzir a corrente de partida e até mesmo trabalhar a variação de velocidade deste motor.

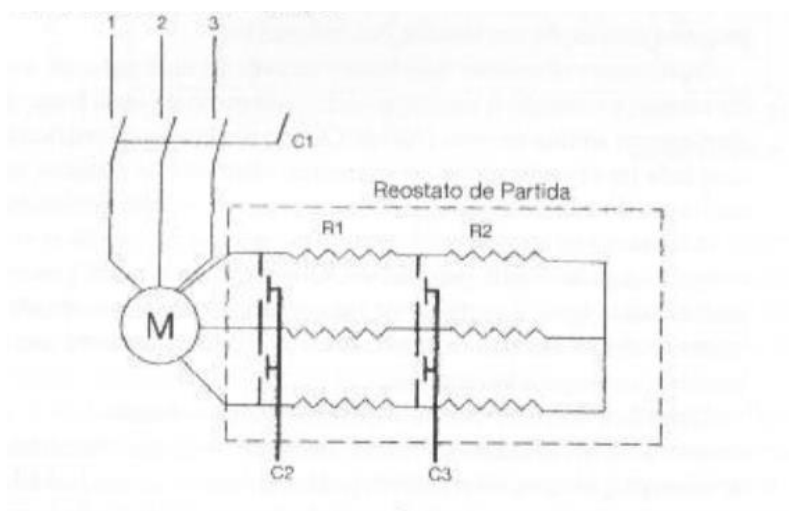


Figura 11: Partida do motor de rotor bobinado.

Fonte: FILHO, João Mamede

2.3.2. Arranque com reóstato líquido

Mediante o catálogo da NHP (2022) explica que princípio de funcionamento do arranque com reóstato líquido (*liquid starter*) baseia-se na diferença de resistividade entre o electrólito líquido e o seu vapor contido numa câmara de eléctrodo. A passagem da corrente inicial do rotor causa a vaporização parcial imediata do electrólito, ajustando instantaneamente a resistência e o torque de arranque ao valor óptimo. Durante a aceleração, a troca térmica que ocorre diminui a resistência, e um contactor temporizado, então, faz um curto-circuito à resistência residual baixa. A diminuição progressiva da resistência proporciona uma aceleração suave e contínua, de modo que o motor atinge a sua velocidade máxima no menor tempo possível, sem a presença de *stress* mecânico.

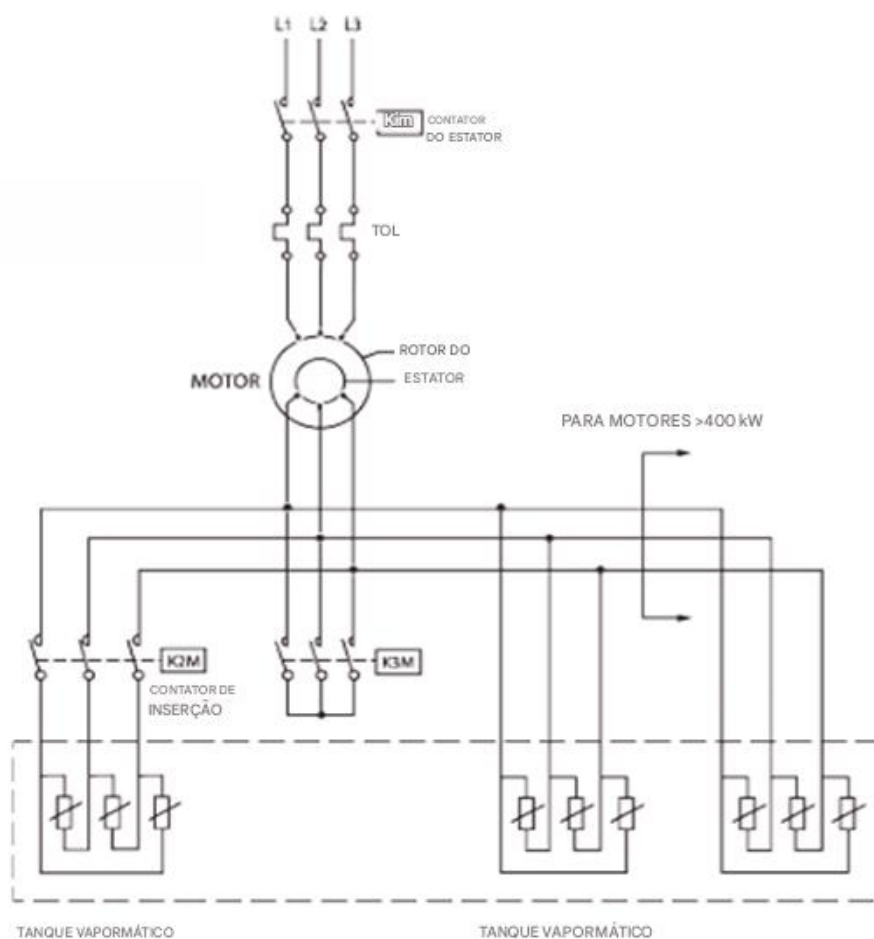


Figura 12: Arranque com reóstato líquido.

Fonte: Catálogo de NHP (2022)

2.4. Dispositivos de protecção e comando

Para um bom funcionamento e longa vida dos equipamentos (máquinas) deve ter-se em conta os dispositivos de protecção e de comando. Os aparelhos de comando são destinados a modificar o regime de funcionamento de uma instalação ou de um aparelho de utilização e aparelho de protecção aquele destinado a impedir ou limitar os efeitos perigosos ou prejudiciais da energia eléctrica a que possam estar sujeitas pessoas, equipamentos ou instalações, artigos 32 e 33 do (Decreto-Lei n.º 740/74, 1974). Em média tensão, esses dispositivos incluem seccionadores fusível, disjuntores, contactores, relés, botoeiras, RTD, interruptor fim do curso, etc.

2.4.1. Disjuntor a vácuo

Segundo Bolotinha (2018, p.1), os disjuntores são dispositivos essenciais para corte, manobra e protecção no sistema eléctrico. São amplamente utilizados nas subestações (SE) de transporte e distribuição de energia em tensões muito altas, altas e médias, bem como nos postos de transformação MT/BT. O principal objectivo do disjuntor é interromper a corrente eléctrica, tanto a de serviço (de forma manual ou automática) quanto a corrente de curto-circuito, garantindo a segurança e a integridade do sistema. O mesmo frisa, “posto no vácuo não existem electrões e protões que permitam a condução da corrente eléctrica, mas o arco formado quando se interrompe essa corrente vaporiza os contactos metálicos do aparelho de corte, dando origem a uma nuvem de partículas metálicas onde se encontram electrões e protões.”

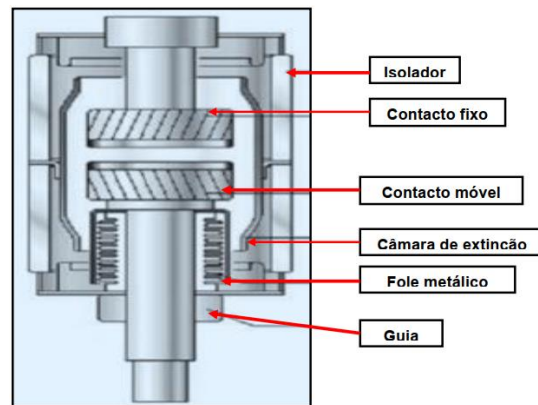


Figura 13: Câmara de corte de um disjuntor a vácuo.

Fonte: Bolotinha (2018, p.7)

2.4.2. Relé de Protecção de Motor

De acordo com Areva (2010), os relés de protecção *MiCOM P22x* foi projectada para aplicações de protecção de motores. Um conjunto completo de funções de protecção é realizado com base na medição de corrente, tensão e temperatura. Além dessas funções básicas, o relé executa uma grande quantidade de outras funções que permitem proteger e operar o motor de forma mais eficaz. A confiabilidade do sistema é ainda mais aprimorada por meio de verificações da tensão do barramento antes da partida, durante a desaceleração, supervisão da continuidade da fiação do circuito de disparo e protecção contra falhas no disjuntor.



Figura 14: Relé de protecção MiCOM P225.

Fonte: Areva (2010)

Além disso, a protecção contra cargas de alta inércia e protecção contra retrocesso garantem que o rotor pare antes que o motor possa ser reiniciado. Para motores cujas fontes de corrente apresentam um grau considerável de distorção, o relé fornece uma imagem térmica verdadeira baseada em valor RMS (valor eficaz), permitindo uma protecção eficiente contra fenómenos de sobrecarga devido à presença de componentes harmónicos.

2.5. Sistema de controlo automático

Sistema de controlo é uma estrutura composta por partes interligadas que actuam em conjunto para formar um todo funcional, cuja finalidade é regular ou modificar o comportamento de um processo ou dispositivo. Ele opera com base em princípios de controle, ou seja, aplica acções sobre o sistema de forma planejada e contínua, de modo a conduzir as variáveis de interesse para um estado desejado previamente especificado. Esses sistemas podem ser encontrados em diversos domínios, como engenharia, biologia e economia, e geralmente utilizam sensores e actuadores para monitorar o estado do sistema e realizar os ajustes necessários para alcançar os objectivos estabelecidos [1].

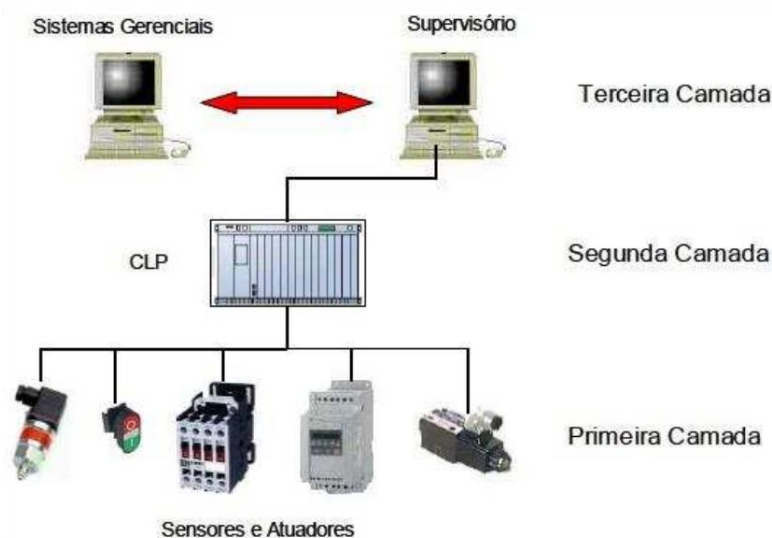


Figura 15: Arquitectura de rede simplificada para um sistema automatizado [1].

A *Figura 16* mostra os níveis hierárquicos de um processo de automação industrial, representado pela conhecida Pirâmide de Automação, onde a cada nível está associado um formato de comunicação de dados que pode diferir daquele

adoptado para a comunicação entre níveis. Na base da pirâmide aparece o Controlador Lógico Programável, responsável por accionar as máquinas, motores e outros processos produtivos. No topo da pirâmide, destaca-se a informatização ligada ao sector corporativo da empresa.



Figura 16: Divisão hierárquica de um processo de automação industrial [1].

2.5.1. Relé inteligente *SIMOCODE PRO V*

É um sistema de modular e inteligente de gerenciamento de motores eléctricos desenvolvido pela fabricante *Siemens*. Projectado para motores de velocidade constante, ele oferece funções abrangentes de protecção, monitoramento e controlo, sendo amplamente utilizado em aplicações industriais que demandam alta confiabilidade e disponibilidade operacional (Siemens, 2018).

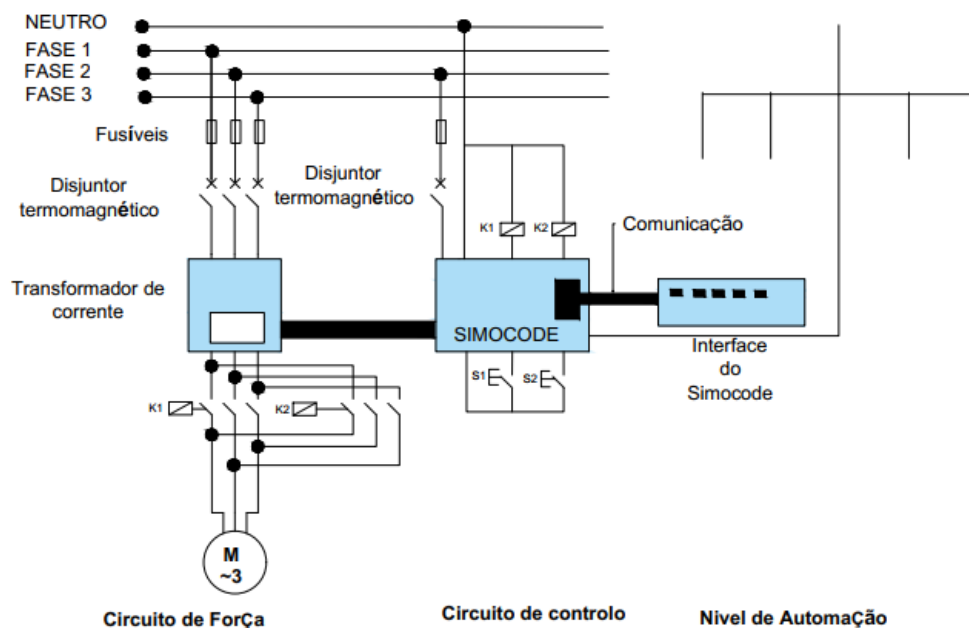


Figura 17: Esquema simplificado do SIMOCODE pro V.

Fonte: Autoria (2025)

2.6. Controlador Lógico Programável

Controlador Lógico Programável (CLP) é um equipamento eletrônico usado em sistemas de automação industrial, capaz de monitorar entradas, processar dados de acordo com um programa previamente definido e comandar saídas.

Conforme Mendes (2021, p.7) afirma que os CLP's têm se tornado cada vez mais populares no ambiente industrial e tendem a permanecer como uma tecnologia predominante por um longo período, principalmente devido às inúmeras vantagens que proporcionam. Eficaz na redução de custos para controlar sistemas complexos por serem flexíveis e pode ser reaplicado para controlar outros sistemas de forma rápida e fácil, habilidades computacionais permitem um controle mais sofisticado, os recursos de solução de problemas tornam a programação mais fácil e reduzem o tempo de inatividade e componentes confiáveis tornam provável que operem por anos antes de falhar.

2.6.1. Controladores MicroLogix 1400

O Controlador Lógico Programável *MicroLogix 1400* tem a função de executar e automatizar tarefas de controle em sistemas industriais. Ele recebe sinais de sensores, processa essas informações conforme a lógica programada e envia comandos para actuadores, como motores, válvulas ou relés. Também permite monitorar o estado de máquinas e processos, realizar encravamentos de segurança, controlar tempos e sequências de operação, além de comunicar-se com sistemas para exibir dados em tempo real e registrar falhas.

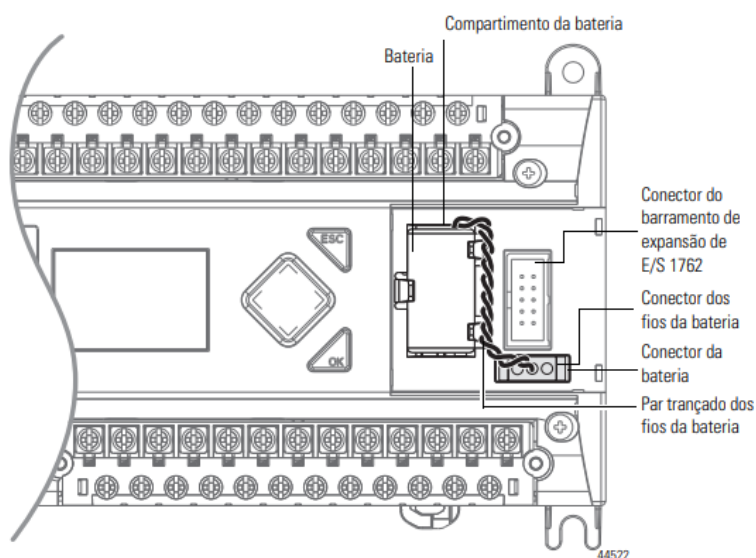


Figura 18: Controlador MicroLogix 1400.

Fonte: Rockwell Automation

2.6.2. Relé clic 02

O *CLIC-02* é um relé inteligente programável desenvolvido pela empresa *WEG*, voltado para a automação de sistemas e máquinas de pequeno porte. Com a nova versão de *firmware V3.x*, o relé recebeu uma atualização completa que amplia suas capacidades, oferecendo maior flexibilidade, eficiência e facilidade de uso. O equipamento é ideal para aplicações industriais e residenciais onde se busca uma solução compacta e de baixo custo para automação (WEG, 2021).

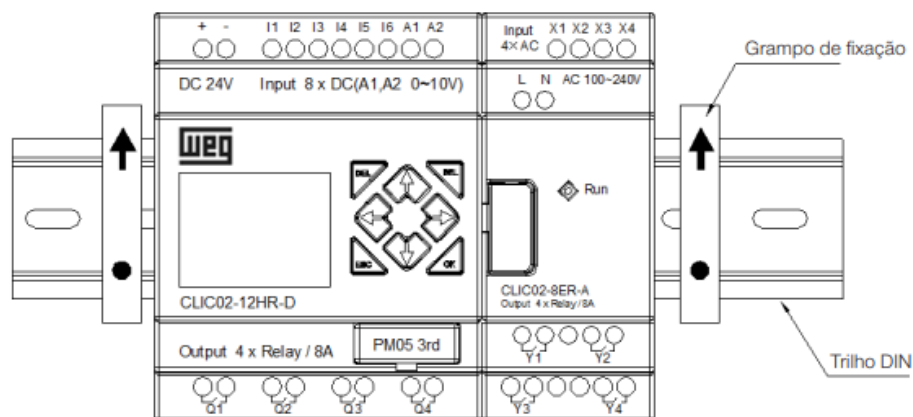


Figura 19: Micro controlador programável.

Fonte: WEG (2021)

2.6.3. Protocolos de comunicação em sistema automatizado

O protocolo de comunicação é um conjunto de regras definidas em que consta o formato no qual a mensagem deve ser transmitida entre os participantes da rede. A simbologia e os caracteres usados para questionar sobre certo evento ou responder a determinada questão e a velocidade com que essa informação flui de um lado a outro (Parede & Gomes, 2011). De acordo com os mesmos autores, divide os protocolos em cinco grupos nomeadamente: *Profibus*, *modbus*, *CAN*, *Devicentent*, *Hart*. O uso de cada protocolo depende de factores como o tipo de aplicação industrial, a necessidade de velocidade na transmissão de dados, o nível de confiabilidade exigido, o ambiente onde os dispositivos estão inseridos e a compatibilidade com os equipamentos utilizados no sistema de automação.

CAPÍTULO III: ANÁLISE DO SISTEMA ACTUAL

3.1.1. Equipamento de desfibração – *Shredder*

O desfibrador está localizado imediatamente após o corta-cana e é responsável por fragmentar a cana em pequenas fibras, facilitando o trabalho da moenda. Esta preparação permite uma extracção mais eficiente da sacarose.

O sistema é composto por dois motores *Metering Roll* (Rolo de dosagem), que regulam a quantidade de cana a ser processada, operando a baixa velocidade para garantir um fluxo constante. Um motor *Kicker* (ejector) encaminha a cana até ao desfibrador. Existem também dois motores responsáveis pela lubrificação automática dos rolamentos, assegurando a durabilidade do equipamento, além de sensores instalados na entrada monitorizam a quantidade de cana e ajustam automaticamente a velocidade da esteira C3, equilibrando o ritmo de alimentação.

O desfibrador é accionado por dois motores de indução trifásicos alimentado a média tensão, montados em lados opostos, que fornecem elevada potência e binário para romper a cana de forma eficiente. A combinação de todos estes elementos garante uma preparação uniforme, protege os equipamentos seguintes e melhora o desempenho da moenda e da extracção no processo industrial, (*vide em Anexo 6*).

3.2. Sistema actual de accionamento e controlo dos motores *Shredder*

3.2.1. Subsistema de accionamento e controlo

O accionamento do desfibrador é realizado através de dois motores de indução trifásica de rotor bobinado de 1800 kW de 6 polos, 125 A cada através de acoplamento mecânico, sendo alimentados com 11 kV de elevado binário/ alta velocidade e fabricado pela *TECO ELEC. & MACH.CO. LTD*, (consulte as especificações no Anexo A11).

O tipo accionamento dos motores é a resistência líquida ou *dual liquid start*, isto é, utiliza um tanque com uma capacidade de 300 L para cada motor, contidos neles o 20 L de óleo e 48 kg de electrólito para limitar a corrente de partida, (confira em anexo 7 e Anexo 8). Antes do motor entrar em funcionamento, é imperioso que todos os

motores² que garante a partida dos motores principais *Shredder* não estejam em sobrecarga e o óleo esteja devidamente aquecido para aumentar a resistência eléctrica do óleo.



Figura 20: Motor de media tensão.

Fonte: Foto, autoria (2025)

O controlo durante o funcionamento dos motores principais é realizado por dois relés da marca *Schneider Electric*, modelo *MICOM P225*, com a comunicação *modbus RTU* (confira a figura A26-10). Estes relés foram desenvolvidos especificamente para a protecção de motores e, no caso em estudo, são responsáveis pela monitorização da temperatura dos enrolamentos, níveis de vibração, temperatura dos rolamentos, sobrecarga, falhas de isolamento, entre outras condições anómalas. Sempre que uma falha é detectada, o sistema actua automaticamente, interrompendo a alimentação dos motores, de modo a evitar danos maiores ao equipamento e a garantir a segurança do processo.

² - Motor que move os eléctrodos, lubrificadores dos rolamentos, agitador do óleo e ventilador.

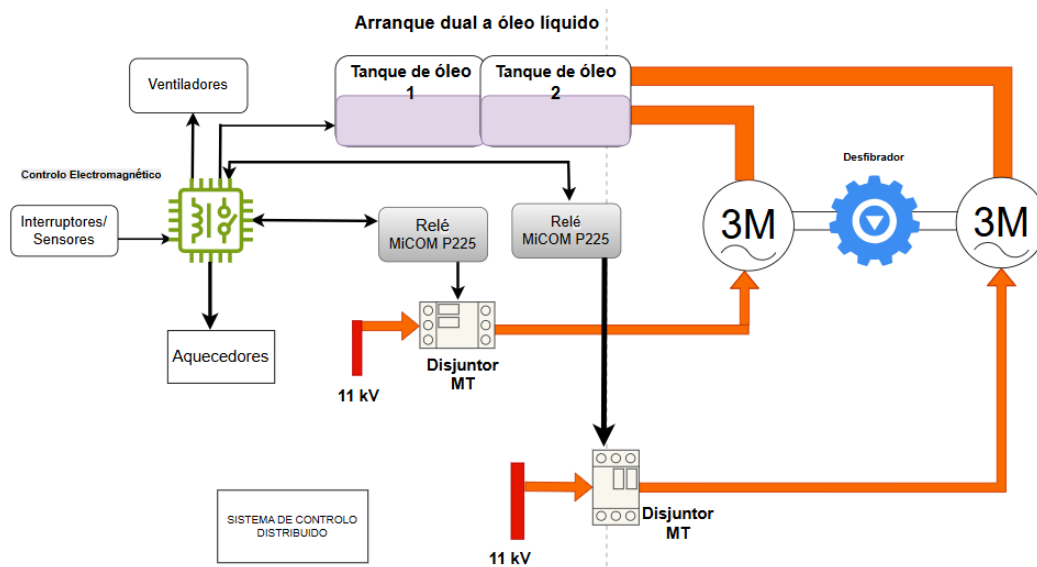


Figura 21: Funcionamento do actual sistema de accionamento e controlo dos motores *Shredder*.

Fonte: Autoria (2025)

3.2.2. Disjuntor de media tensão

O dispositivo de manobra empregue para alimentar a cada motor é um disjuntor a vácuo da marca *ALSTOM* fabricado na África do Sul, de 12 kV, uma corrente de 800 A e uma capacidade de corte até 25 kA. Além de operar como dispositivo de corte, este por sua vez, também executa a sua função principal de protecção contra sobrecarga e curto-circuito, (confira a figura A26-10).

3.1. Requisitos do sistema de arranque para os motores da shredder

3.1.1. Condições de partida dos motores

Para que o sistema de accionamento dos motores principais do *Shredder* entre em funcionamento, é necessário que uma série de condições de segurança e operacionais sejam verificadas previamente. Antes de iniciar o processo de arranque, todos os sistemas auxiliares responsáveis pela partida dos motores devem estar livres de sobrecarga, e o óleo presente nos tanques do sistema de resistência líquida deve estar devidamente aquecido por meio dos aquecedores integrados, garantindo a dissipação eficiente do calor durante o arranque.

O arranque é controlado por um sistema electromecânico que assegura a sequência correcta de partida. Se for detectada qualquer falha, como ausência de fase, activação de interruptores de fim de curso, temperatura fora dos limites ou falha em sensores, o processo de arranque é automaticamente bloqueado, impedindo a energização dos motores e garantindo a integridade do equipamento e a segurança da operação, confira o esquema de controlo no *Anexo 9* e *Anexo 10*.

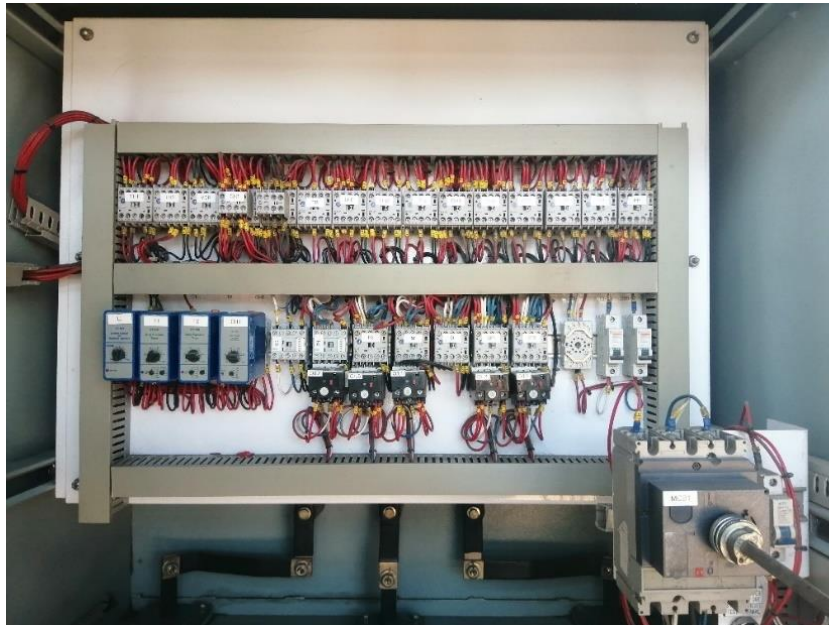


Figura 22: Painel de controlo de arranque dos motores Shredder.

Fonte: Foto, autoria (2025)

3.1.2. Critérios de controlo operacional

O sistema de monitorização deve garantir diagnóstico automático e preciso das falhas, superando a limitação actual de indicações genéricas que atrasam a manutenção. É fundamental permitir comunicação remota e acesso em tempo real aos dados, conforme a norma *IEC 61850*, eliminando a necessidade de deslocamento dos técnicos. A interface deve ser intuitiva, facilitando a identificação rápida da origem da avaria e o registo detalhado dos eventos. A arquitectura precisa ser modular, integrando sensores confiáveis e protocolos industriais modernos para assegurar resposta rápida e maior disponibilidade do processo produtivo.

CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

4.1. Proposta de soluções e justificativa da solução escolhida

4.1.1. Soluções proposta para o projecto

Para resolver o problema de accionamento electromagnético de forma a permitir o controlo remoto e sem a necessidade da locomoção dos operários para o local afim de identificar a origem da falha ou mesmo para navegação, são apresentadas três (3) possíveis soluções:

- I. Relé *Clic02* de modelo *CLW-02/20KR- 24 A_ WEG*;
- II. *Simocode Pro V* fabricado pela *Siemens*;
- III. PLC da *Allen- Bradley*, sendo este *ControlLogix-1766-L32BXBA*.

4.1.1.1. Especificação da solução óptima para o sistema

Com base nas soluções propostas e nos requisitos específicos do ambiente industrial, controle robusto, manutenção facilitada, capacidade de transmissão de informações em tempo real com sistema de controlo *Yokogawa*, a melhor solução é o *PLC Allen-Bradley MicroLogix 1400, modelo 1766-L32BXB*, portanto, esta é a que será usada neste projecto por satisfazer as demais condições, conforme mostra detalhadamente as tabelas 2 e tabela 3. Tanto o relé *clic02* assim como o *Simocode Pro V* são descartadas das soluções porque não satisfazem todos critérios e os fabricantes *WEG* e *SIEMENS* recomendam o uso desses controladores nos motores de baixa potência e em baixa tensão.

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Tabela 2: Comparação das soluções propostas.

Solução	Diagnóstico	Comunicação com Yokorawa	Expansão	Custo³ (MZN)	Veredito
Relé <i>Clic 02</i>	Limitado	Não	Limitado	32.823,00	Não viável
<i>SIMOCOD E pro C</i>	Avançado	Sim- via <i>Profibus</i>	Limitada	45.801,00	Viável, porém caro
<i>PLC 1766-L32BXB</i>	Avançado	Sim- via <i>Ethernet/IP</i>	Sim	20.601,00	Melhor escolha

Fonte: Autoria (2025)

Tabela 3: Critérios de avaliação da solução escolhida.

Critérios	Avaliação com o PLC MicroLogix 1400
Confiabilidade e robustez	Alta- projectado para aplicações industriais exigentes
Integração com Yokogawa	Sim – via <i>EtherNet/IP</i> , ambos suportados por Yokogawa
Diagnóstico e monitoramento remoto	Sim – via software e rede Ethernet
Manutenção	Boa – ampla documentação, peças disponíveis e suporte técnico
Expansão futura	Sim – suporta módulos de expansão e reconfiguração
Custo-benefício	Mais barato que as outras opções

Fonte: Autoria (2025)

³ A conversão dos preços dos dispositivos foi realizada no dia **24 de maio de 2025**, às **16h00** (horário local de Moçambique), utilizando a **taxa de câmbio de 1 US \$ = 63,83 MZN**.

Para eliminar a necessidade de deslocamento dos técnicos para a navegação local no relé *MICOM P225* e permitir o acesso remoto, será estabelecida a comunicação entre esse equipamento e o sistema de controlo distribuído. Para isso, será utilizado o conversor *MGate MB3270*, que fará a conversão do protocolo de comunicação de *Modbus RTU* para *Ethernet/IP* (confira no Anexo 16).

Essa conversão permitirá maior segurança na transmissão das informações, aumento na taxa de transferência de dados e eliminação de interferências electromagnéticas, resultando em uma maior confiabilidade nos resultados. Vale ressaltar que a configuração das portas do *MGate MB3270* é realizada por meio do *software MGate Manager* (vide o Anexo 17).

O diagrama de blocos da figura 24 mostra a configuração com aplicação da solução escolhida, desta forma possibilitará o controlo remoto e acesso a todas variáveis de entrada e saída do *liquid start*.

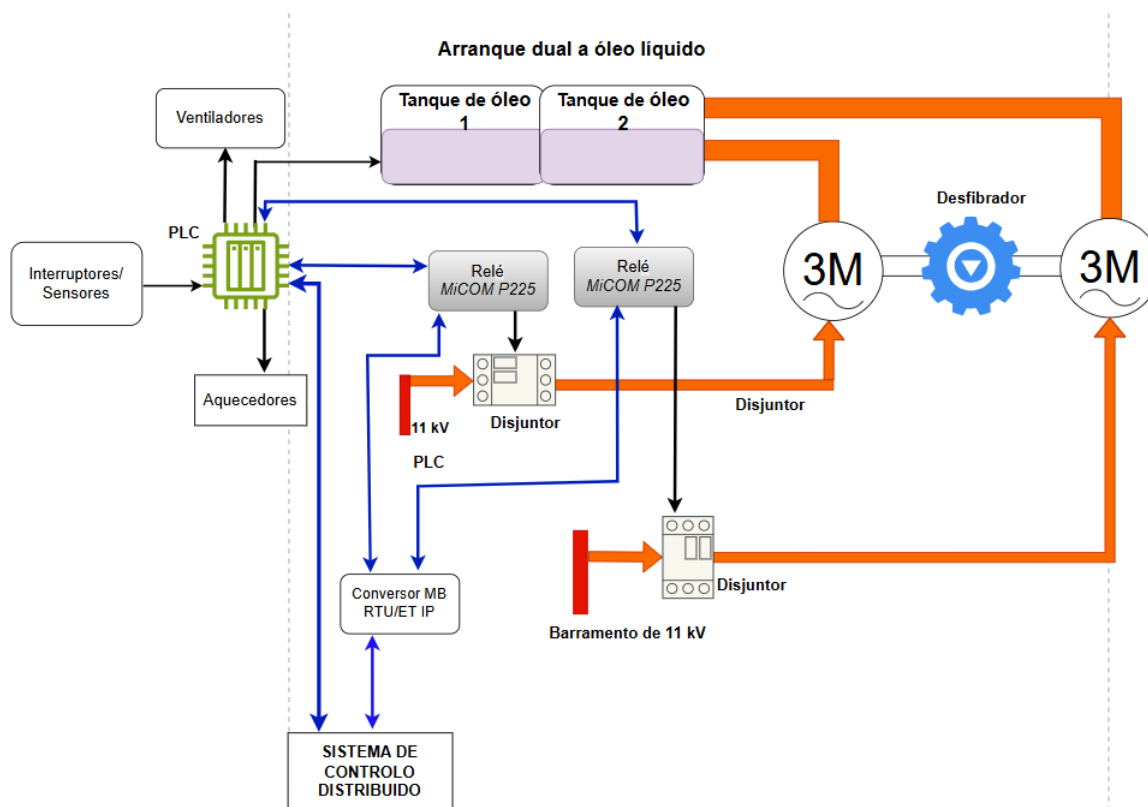


Figura 23: A configuração da solução proposta.

Fonte: Autoria (2025)

4.1. Simulação do sistema proposto

A simulação do sistema proposto, que consistiu na substituição do controle magnético convencional por um PLC da *Rockwell Automation*, foi realizada no ambiente *RSLogix Emulate 500*, em conjunto com o software *RSLogix 500*, confira nos anexos 1, 3 e 4. A simulação permitiu analisar o comportamento da lógica programada frente a diferentes condições operacionais e de falha, sem a necessidade de um PLC físico. Através dos testes como sobrecarga em cada motor, falta de fase entre outros, foi possível validar consistência e confiabilidade da lógica *Ladder* desenvolvida, bem como comprovar que a substituição do sistema electromecânico pelo controle via PLC proporciona maior flexibilidade, segurança operacional e monitoramento remoto.

4.1.1. Dimensionamento da secção de cabo e dispositivos de protecção

Para o painel do PLC:

Cálculo da secção pelo critério da intensidade máxima admissível

A corrente de serviço é calculada com base na corrente solicitada pelo ventilador (0,3 A) e pelo conversor AC/DC (2,05 A):

$$I_B = I_{Bp} + I_{BV} = 2,05 + 0,3 = 2,35 \text{ A} \quad (4.1)$$

Para o dimensionamento das secções e protecções se deverá obedecer as seguintes condições mediante a norma na *RTIEBT*:

$$I_B \leq I_N \leq I_2 \rightarrow 1^{\text{a}} \text{ Condição} \quad (4.2)$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z \rightarrow 2^{\text{a}} \text{ Condição} \quad (4.3)$$

$$I_z = 18,5 \text{ A}; I_N = 6 \text{ A}; I_2 = 7,8 \text{ A}$$

Sendo a corrente máxima admissível atualizada tendo em consideração os factores de agrupamento (k_1 – anexo 20) e temperatura ambiente de 35° C (k_2 - anexo 19) e o cabo a ser utilizado é de cobre com isolamento PVC, então tem-se:

$$I'_z = I_z * k_1 * k_2 \quad (4.4)$$

$$I'_z = 18,5 * 1 * 0,84 = 15,54 \text{ A}$$

$$2,35 \text{ A} \leq 6 \text{ A} \leq 7,8 \text{ A} \rightarrow 1^{\text{a}} \text{ condição verificada}$$

$$7,8 \text{ A} \leq 22,533 \text{ A} \rightarrow 2^{\text{a}} \text{ condição verificada}$$

Onde: I'_z - Corrente nominal do cabo corrigida; I_2 - Corrente de não funcionamento.

Dado que todas as condições foram verificadas, escolhe-se a secção do cabo alimentador de 2,5 mm² através do método de referência A (confira em anexo 21).

Verificação da secção escolhida pelo critério da queda de tensão

Cálculo da resistividade do cabo a 35° C:

$$\rho_{35^{\circ}\text{C}} = \rho_{20^{\circ}\text{C}} * [1 + \alpha (T_f - T_i)] \quad (4.5)$$

$$\rho_{35^{\circ}\text{C}} = 0,0178 * (1 + 0,004 * (35 - 20)) = 0,0189 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$\Delta U(\%) = \frac{\rho \cdot L \cdot I}{S \cdot U_s} = \frac{0,0189 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 100 \text{ m} * 2,35 \text{ A}}{2,5 \text{ mm}^2 * 230 \text{ V}} * 100\% = 0,772\%$$

0,772 % < 0,5 % → Não satisfaz a condição da queda de tensão.

Dado que a condição de queda não foi satisfeita, secção do cabo e alterada para 4mm², entretanto, segue com a nova verificação.

$$\Delta U(\%) = \frac{\rho \cdot L \cdot I}{S \cdot U_s} = \frac{0,0189 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 100 \text{ m} * 2,35 \text{ A}}{4 \text{ mm}^2 * 230 \text{ V}} * 100\% = 0,483\%$$

0,483 % < 0,5 % → Satisfaz a condição da queda de tensão.

Onde: ρ – Resistividade eléctrica de cobre; L - comprimento [m]; I - corrente eléctrica [A]; ΔU (%) – Queda de tensão percentual do cabo.

O fusível e disjuntor escolhido para protecção do equipamento do painel será de 10 A e 6 A, respectivamente.

Para o painel do conversor MGate M3270: A secção do cabo para alimentar o conversor Modbus RTU para Ethernet IP será cabo de cobre sendo este de PCV de 1,5 mm², um fusível de 10A e disjuntos de 6 A no qual os cálculos foram realizados mediante as expressões 4.2 a 4.5.

4.1.2. Especificações técnicas do material

Ventilador do painel

Para melhorar o desempenho do Controlador Lógico Programável e garantir a dissipação adequada do calor gerado pelos componentes internos, é necessário que o painel eléctrico possua um sistema de ventilação forçada. Isso evita o sobreaquecimento do PLC, da fonte de alimentação, aumentando a vida útil dos equipamentos.

Por conseguinte, será utilizado um ventilador axial da *Rockwell Automation*, modelo *MPL-980-FAN-X245*, com potência de 60 W e alimentação de 230 V CA. O equipamento possui filtro incorporado substituível e fornece fluxo de ar entre 55 e 130 m³/h, garantindo a dissipação do calor interno e protegendo os componentes do painel contra poeira e sobreaquecimento, confira no Anexo 22.

Fonte de alimentação do PLC: A fonte de alimentação utilizada será o modelo *Allen-Bradley 1606-XLE120E*, destinada a alimentar o *PLC MicroLogix 1400* (modelo *1766-L32BXBA*). A unidade fornece tensão de saída de 24 VDC, ajustável na faixa de 24 a 28 VDC, com corrente de saída de até 5,1 A e potência máxima de 144 W em ambientes com temperatura de até 45 °C (ou 120 W até 60 °C), vide no Anexo 23. Para os demais materiais, encontre as especificações técnicas na *Tabela 4*.

CAPÍTULO V: ANÁLISE DOS IMPACTOS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO

5.1. Estimativa dos impactos nas falhas dos motores *Shredder* no sistema de produção

As falhas nos motores de média tensão do *Shredder* têm causado impactos relevantes na operação da Açucareira de Xinavane. Em 20 de Novembro de 2024, uma falha súbita no motor do *Shredder* Norte levou a uma paralisação de 1 hora e 30 minutos, resultando na perda de 456,08 toneladas de cana não moída (Vide a equação 1.1). Essa interrupção afectou não só a preparação da cana, mas também a produção de vapor, energia e a refinaria, devido à dependência do fluxo contínuo de matéria-prima, conforme a mostra o Anexo 5.

Em relação aos principais prejuízos apontados pelos trabalhadores entrevistados foram seguintes: paragem de produção (89,7%), pagamento extra dos trabalhadores (71,43%), atraso na entrega do açúcar (64,29%), perda de matéria prima (35,71%) e danos nos outros equipamentos (7,14%) conforme ilustra a figura abaixo.

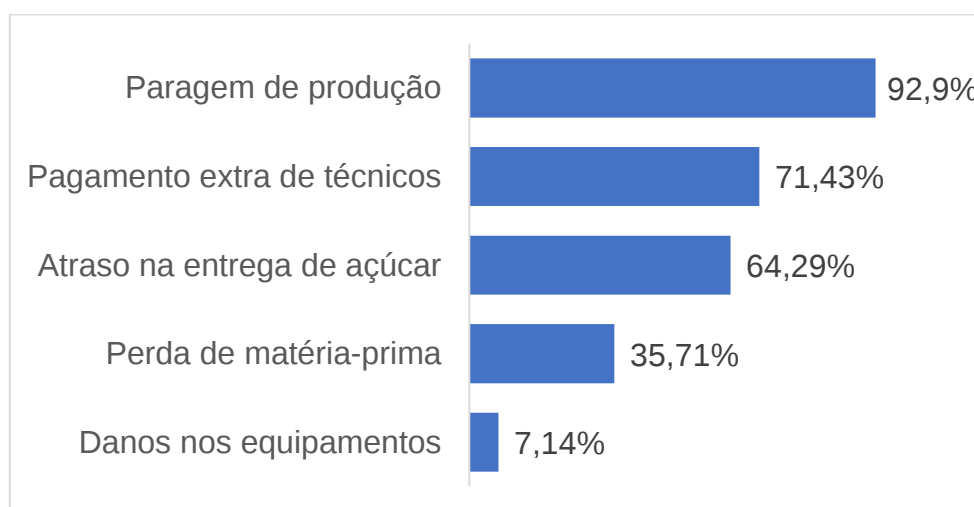


Figura 24: Análise dos prejuízos para empresa na falha do *Shredder*.

Fonte: Autoria (2025)

Além da perda produtiva, houve prejuízos económicos significativos. Empresas prestadoras de serviço, como *Unitrans*, *LMS*, *Mapofer*, *MoENERGY*, *VAMAGOR* e outras, continuaram a ser remuneradas mesmo sem executarem actividades durante o período de paralisação. O atraso na entrega de açúcar e os pagamentos adicionais

a técnicos internos para actuar em regime de urgência somam-se aos custos operacionais inesperados.

As consequências das falhas no motor principal são amplas, uma vez que afectam directamente três das cinco secções da planta fabril. A continuidade operacional da unidade é comprometida, reduzindo a eficiência global da campanha e, em casos mais severos, podendo comprometer a capacidade de cumprimento dos contractos de fornecimento.

CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Determinação do orçamento do projecto

Tabela 4: Especificação do material e respectivo preço.

Material	Especificação	Fabricante	Preço (USD \$)	Preço (MZN) ⁴	Qtd	Total (MZN)
Fonte de alimentação 24 VCC	Modelo1606-XLE120E	Allen-Bradley	407,25	26 023,28	1	26 023,28
PLC MicroLogix 1400	1766-L32BXBA	Allen-Bradley	327	20 895,30	1	20 895,30
Interruptor fim de curso	Telemecanique XCK-P2118P16	Telemecanique	35,55	2 271,65	4	9 086,58
Calha com ranhuras	PVC 40x60 mm, 2 metros	Schneider Electric	15	958,50	2	1 917,00
Bloco terminal	Kit com 10 unidades, 2,5mm ² , 24 A,100 V	Schneider Electric	1,92	122,69	5	613,44
Cintas plásticas	100 mm, pacote com 100 unidades	Schneider Electric	5	319,50	1	319,50
Etiquetas para identificação	Rolo com 100 etiquetas	Schneider Electric	10	639,00	1	639,00
Painel metálico IP54	600x800x200 mm	Schneider Electric	150	9 585,00	1	9 585,00
Canaletas de organização	Branca, PVC 100x40 mm, 2 metros	Schneider Electric	20	1 278,00	2	2 556,00
Conectores eléctricos	WAGO 221, pacote com 6 unidades	Electrotrasol	15	958,50	1	958,50
Cabo de alimentação (100 m)	Cabo preto, RV-U 3G 4 mm ² , 0,6/0,1 kV	Facildes	131	8 370,90	1	8 370,90
Cabo de comunicação	rolo de 100 m, Ethernet, Cat6 blindado	Schneider Electric	150	9 585,00	3	28 755,00
Cabo de conexão (10 m)	Cabo flexível 1,5 mm ²	Facildes	5	319,50	1	319,50
Calha DIN	Modelo H35D7, 50 cm, 10 pares	Schneider Electric	17,57	1 122,72	2	2 245,45
Disjuntor monofásico 6 A	Curva C, 6 kA	Schneider Electric	10	639,00	2	1 278,00
Botões	Vermelha e verde, XB5AA31	Schneider Electric	25	1 597,50	2	3 195,00
Sensor de temperatura	PT100, 4-20 mA	Schneider Electric	50	3 195,00	2	6 390,00
Medidor de nível	Ultra-sónico, 4-20 mA	Schneider Electric	200	12 780,00	1	12 780,00
Chave selectora	2 posições, 22 mm	ABB	53,14	3 395,65	2	6 791,29
Fusíveis	10 A, tipo NH	Schneider Electric	20	1 278,00	1	1 278,00
Relés de interface	DPDT, 24 V DC, 8 A PLUG-IN	Schneider Electric	5,03	321,42	6	1 928,50
Conversos CC para CC	75- 150 V -Entrada, 24 V saída, 1,5 A	TRACO POWER	13,99	893,96	1	893,96
Moxa MGate MB3270	De 2 portas, 24V, temp. operação 55° C	MOXA	817.57	54 695,43	1	54 695,43
IVA- 17%						34 257,50
Total			3 689,70			235 772,18

Fonte: Autoria (2025)

NOTA: não é necessária para este projecto incluir o custo da mão-de-obra, contactores e ventilador e no orçamento porque a empresa disponibilizará o material mencionado e os técnicos para implementação do projecto.

⁴ No dia **28 de maio de 2025**, às 01h29 (horário local de Moçambique), os preços dos materiais foram convertidos a uma taxa de câmbio de 1 dólar americano para **63,90 meticaís** moçambicanos.

6.1. Estudo de viabilidade técnica e económica do projecto

O presente projecto revela-se tecnicamente viável, uma vez que a solução proposta baseada na automação do sistema de accionamento e controlo dos motores de indução trifásicos responde eficazmente aos requisitos operacionais da fábrica, garantindo maior confiabilidade, diagnóstico rápido de falhas e integração com o sistema de controlo distribuído.

No ponto de vista económico, o projecto também se mostra viável. Embora o custo total de implementação seja de aproximadamente 235 772,18 MZN, esse valor é consideravelmente inferior aos prejuízos recorrentes causados pelas paragens não planeadas, como a perda de produção, pagamentos a empresas contratadas durante os períodos de inactividade e horas extras para técnicos. A automatização proposta reduz significativamente esses custos operacionais, justificando o investimento.

6.2. Plano de manutenção

A manutenção dos equipamentos do painel deve ser realizada semestralmente conforme a *Rockwell Automation* e obrigatoriamente seguir os passos descritos na tabela abaixo. E, as limpezas devem ser realizadas a cada duas semanas de acordo com o plano de manutenção da empresa devido a exposição da poeiras e bagaço.

Tabela 5: Plano de actividades de manutenção do PLC

Passos	Actividade	Tipo de acção
1	Planejamento e preparação	• Verificar manual de PLC da <i>Rockwell</i> do modelo 1766-L32BXBA e os esquemas em anexo; • Normas de segurança; • Assegurar todas ferramentas e; • <i>Software</i> da <i>RSLogix 500</i> ou equivalente.
2	Backup do programa	• Realizar o <i>download</i> do programa.
3	Inspecção visual e limpeza	• Verifique conexões; • Verificar o estado componentes do painel.
4	Verificação do software	• Erros e alarme; • Teste das entradas e saídas.
5	Actualização e modificação	• <i>Upload</i> do novo programa (opcional).
6	Relatório e documentação	• Relatório de manutenção; • Salvar a cópia do backup actualizado em caso do upload do novo programa; • Comunicar sobre quaisquer mudanças.

Fonte: Autoria (2025)

6.3. Plano de execução do projecto

No âmbito da implementação do projecto, as actividades poderão seguir o cronograma apresentado na tabela 6.

Tabela 6: Cronograma da implementação do projecto

Item	Actividade	Responsável	Tempo estimada
1	Planejamento final da implementação	Engenheiro de projecto	2 dias
2	Aquisição de material	Responsável de compra	1 mês
3	Montagem do esquema	Equipa técnica	2 semanas
4	Testes e ajustes finais	Equipa técnica	1 semana
5	Entrega e treinamento	Coordenador	1 semana
6	Apresentação do projecto	Equipa do projecto	1 dia
7	Acompanhamento pós-implantação	Coordenador	1 semana (Opcional)

Fonte: Autoria (2025)

6.4. Conclusões

A modernização do sistema de accionamento e controlo dos motores de indução trifásicos de média tensão na Açucareira de Xinavane revelou-se essencial para a melhoria do desempenho produtivo e da fiabilidade operacional da unidade fabril. O estudo identificou que o sistema anterior, baseado em tecnologias obsoletas e sem capacidade de integração com o sistema central de supervisão, estava associado a falhas recorrentes, atrasos na produção e elevados custos de manutenção.

A proposta de implementação de um sistema automatizado com base no *PLC Allen-Bradley MicroLogix 1400* demonstrou ser tecnicamente viável e economicamente vantajosa. A solução permite o diagnóstico remoto, acesso ao histórico de eventos e monitoramento em tempo real, reduzindo significativamente o tempo de resposta em situações de falha e minimizando a necessidade de intervenção manual.

Os resultados da simulação confirmaram que o novo sistema cumpre os requisitos operacionais da fábrica, assegurando uma operação mais estável e eficiente dos motores *shredder*, fundamentais para a preparação da cana-de-açúcar. Além disso, a análise económica apontou para um retorno compensador, sobretudo ao evitar prejuízos associados à interrupção da produção, atrasos nas entregas e custos com manutenção correctiva e pagamento extra a técnicos.

Portanto, a automatização proposta contribui directamente para o aumento da produtividade, redução de riscos operacionais e sustentabilidade das operações, posicionando a Açucareira de Xinavane num patamar mais competitivo e tecnologicamente alinhado com as exigências da indústria moderna.

6.5. Recomendações

Durante a análise realizada, identificaram-se aspectos importantes que levaram às seguintes recomendações para a empresa.

- Desenvolvimento de um sistema de supervisão para o accionamento electromagnético e para o relé, considerando que o escopo do projecto alcança níveis que envolvem automação e informática.
- Uso de mão-de-obra qualificada para a implementação do projecto, assegurando que todos os procedimentos sigam correctamente os esquemas de ligação fornecidos.
- Avaliação e substituição do sistema de partida existente (*liquid starter*) por soluções mais eficientes, como *soft starters* ou inversores de frequência (VSD), devido às elevadas perdas e à limitação no controle de torque e velocidade do sistema actual.

6.6. Referência bibliográfica

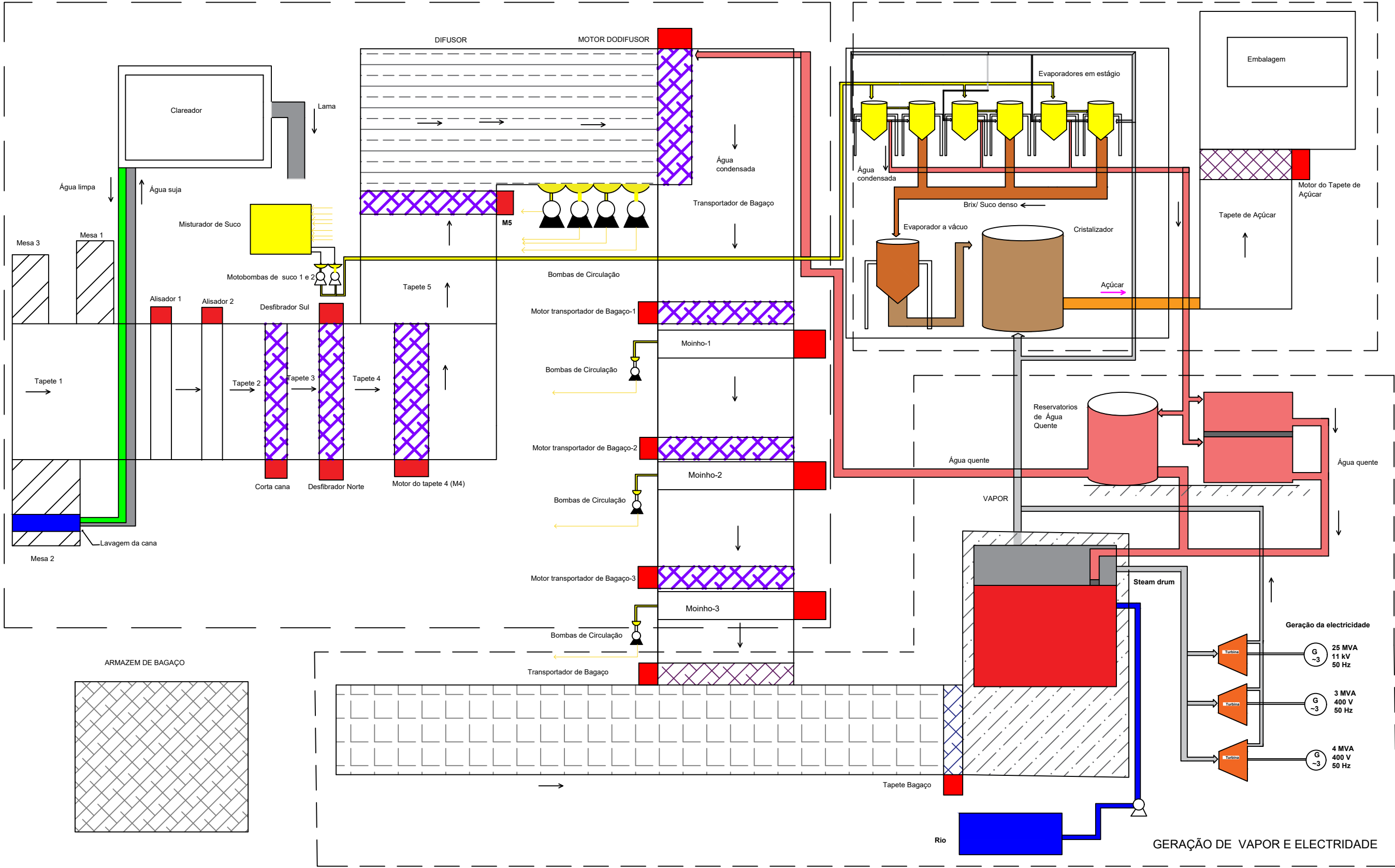
- [1]. *Fundamentos da Automação Industrial*, pp. 5, 17.
- [2]. APAMA. (2022). *Dinâmicas da Indústria Açucareira em Moçambique*. Maputo.
- [3]. AREVA. (s.d.). *MiCOM P220/P255 Motor protection relay*.
- [4]. BANCO DE MOÇAMBIQUE. (2022). *DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA INDÚSTRIA AÇUCAREIRA EM MOÇAMBIQUE: O CASO DA PROVÍNCIA DE SOFALA*.
- [5]. BOLOTINHA, M. (2018). *DISJUNTORES DE MUITO ALTA, ALTA E MÉDIA TENSÃO*.
- [6]. Catalogue, H. (2022). *Liquid resistance starters*.
- [7]. CHAMPMAN, S. J. (2013). *FUNDAMENTOS DE MÁQUINAS ELÉTRICAS* (5 ed.). Verônica de Abreu Amaral.
- [8]. COELHO JR, J. C. (2024). *O CONTRIBUTO DA INDÚSTRIA AÇUCAREIRA NO CRESCIMENTO ECONÓMICO DE MOÇAMBIQUE: 2012 A 2022*. Universidade Eduardo Mondlane- Faculdade de Economia.
- [9]. (s.d.). *Decreto 513/70. 1970. Promulga o Regulamento de Segurança de Elevadores*.
- [10]. DO VALE, R. A. (s.d.). *DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E MANOBRA DE MOTORES*. UFC – Universidade Federal do Ceará – Campus Russas.
- [11]. FAO. (07 de 05 de 2025). FAO. Obtido de <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- [12]. FILHO, M. J. (s.d.). *Instalações eléctricas industriais*. LTC.
- [13]. FRANCHI, C. M. (2008). *ACIONAMENTOS ELÉTRICOS* (1a ed.). Érica Ltda.
- [14]. IEC, 61850, Communication networks and systems for power utility automation. (2013).

- [15]. LIMA, R. B. (2012). PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO DE CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR APLICANDO. p. 23.
- [16]. MACHADO, S. S. (2012). *Tecnologia da Fabricação do Açúcar*.
- [17]. Maps, G. (12 de 05 de 2025). <https://www.google.com/maps/place/Xinavane/@-24.1411898,32.6339441,7.25>.
- [18]. MENDES, R. M. (2021). *Programação de CLPs Métodos e Técnicas* (Vol. 1). São Carlos: SCIENZA.
- [19]. MIC. (2022). *Informação sobre Açúcar*. Maputo.
- [20]. MOOR, B. S. (1994). *REVIEW OF CANE SHREDDING*. South Africa: South African Sugar Technologists' Association.
- [21]. PAREDE, I. M., & GOMES, L. E. (2011). *Eletrônica Automação industrial* (Vol. 6). Centro Paulo Souza.
- [22]. RICHARDSON, R. J. (1999). *Pesquisa social: métodos e técnicas*.
- [23]. ROCKWELL. (s.d.). Controladores Programáveis MicroLogix 1400.
- [24]. RTIETB. (2000). *Regras técnicas de instalações eléctricas de baixo tensão*.
- [25]. SIEMENS. (05 de 2018). Motor management and control devices SIMOCODE pro.
- [26]. WEG. (2021). User Manual Manual del Usuario Manual do Usuário.

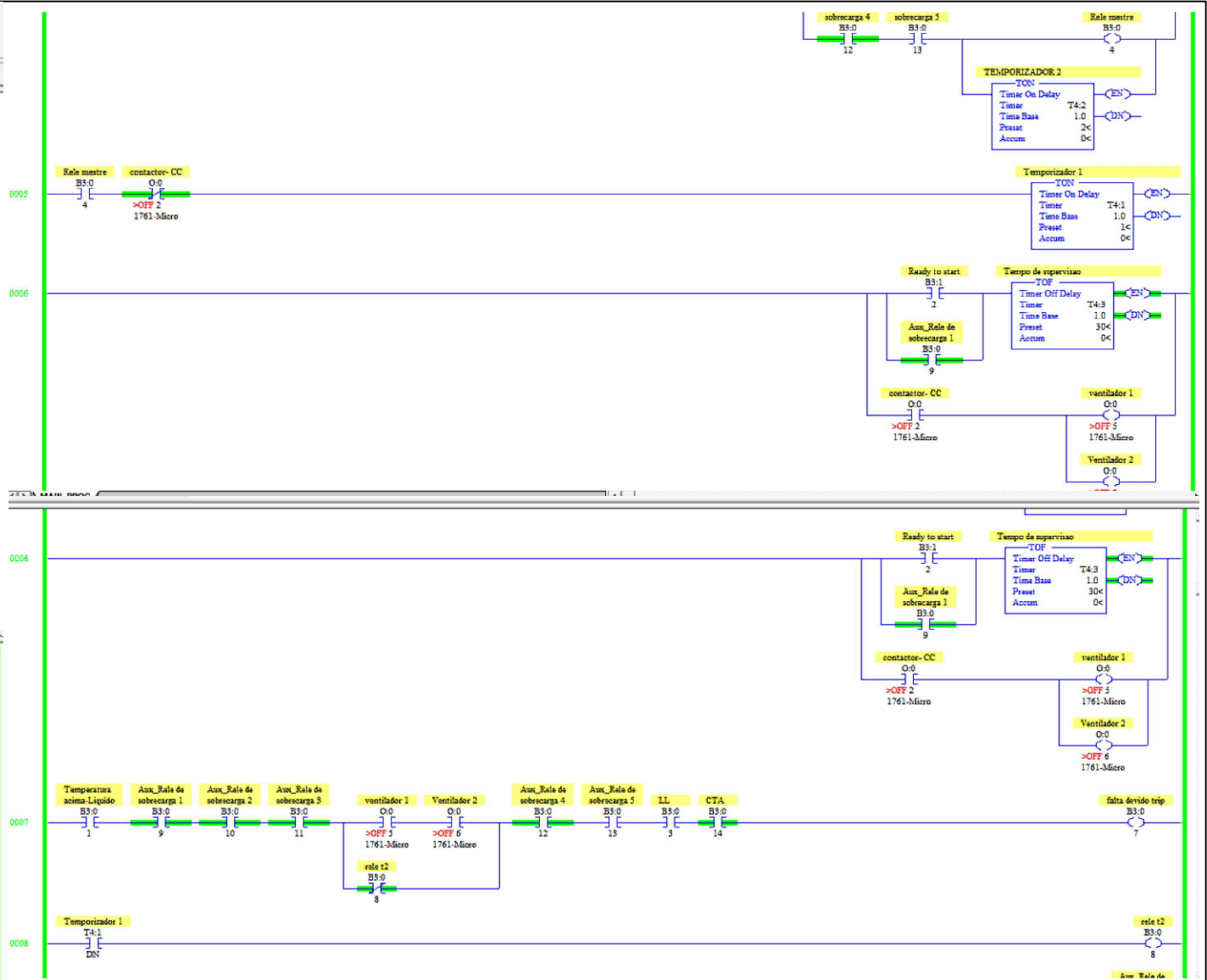
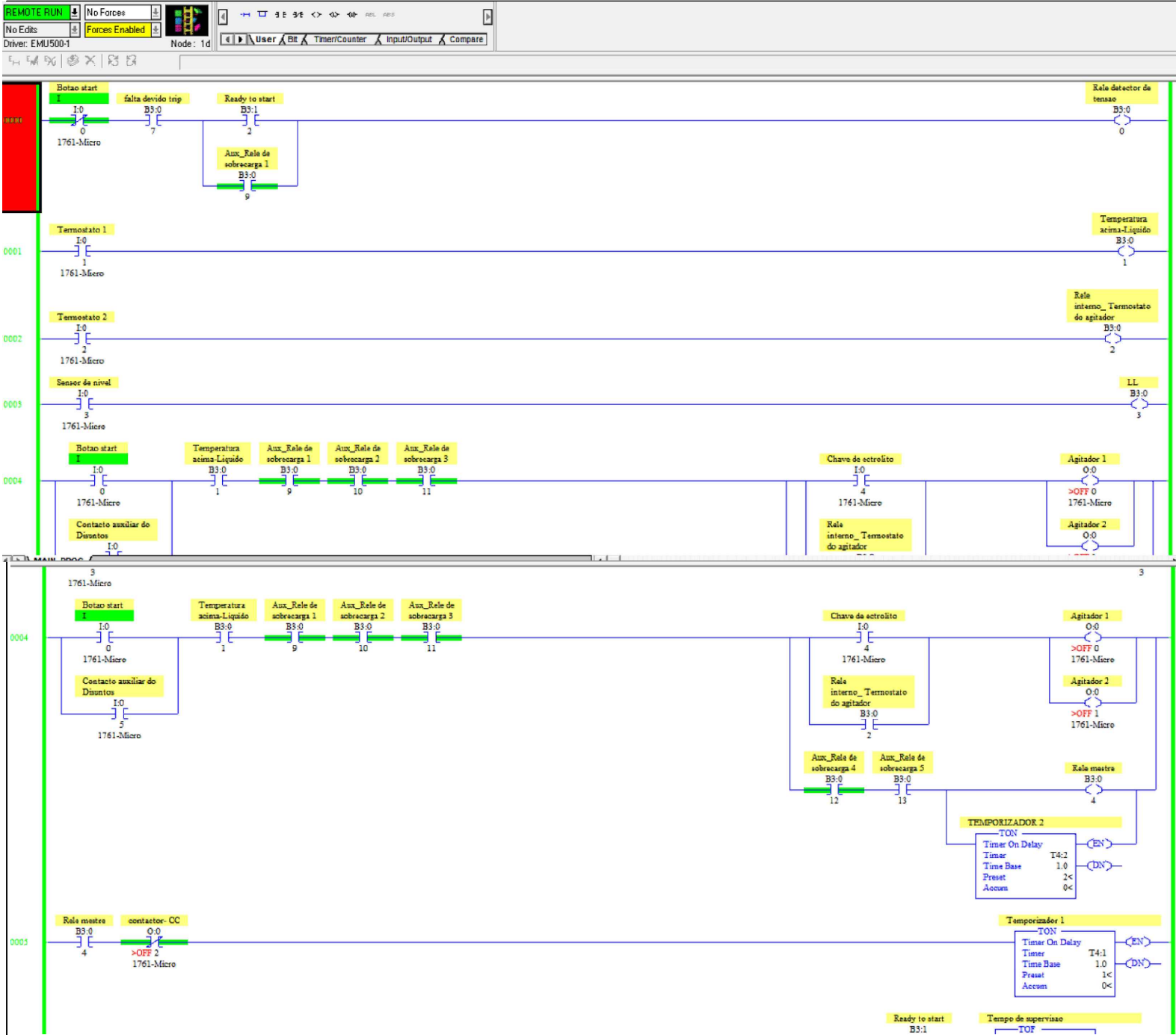
ANEXOS

PREPARAÇÃO DE CANA

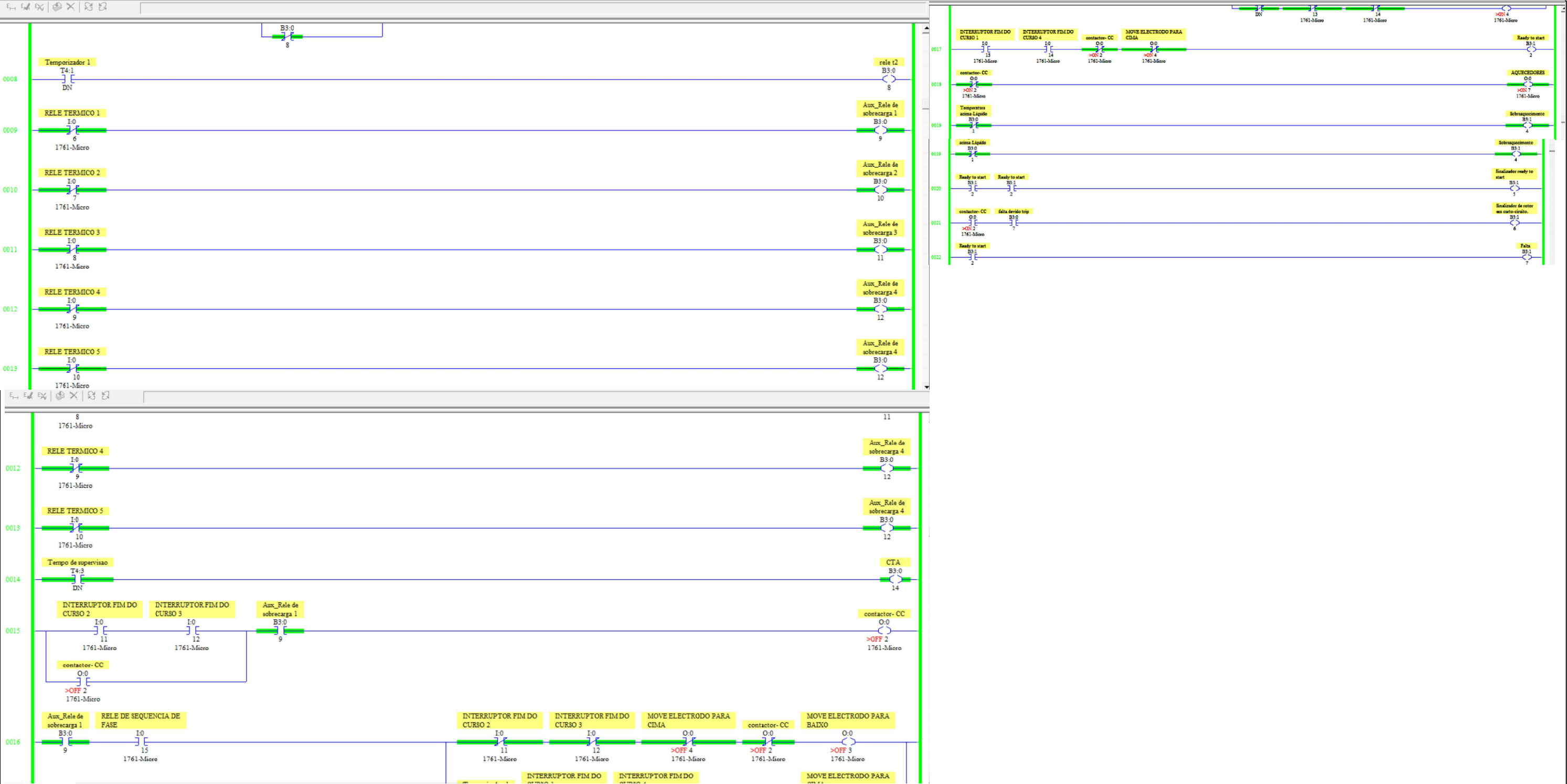
PRCESSO E REFINARIA



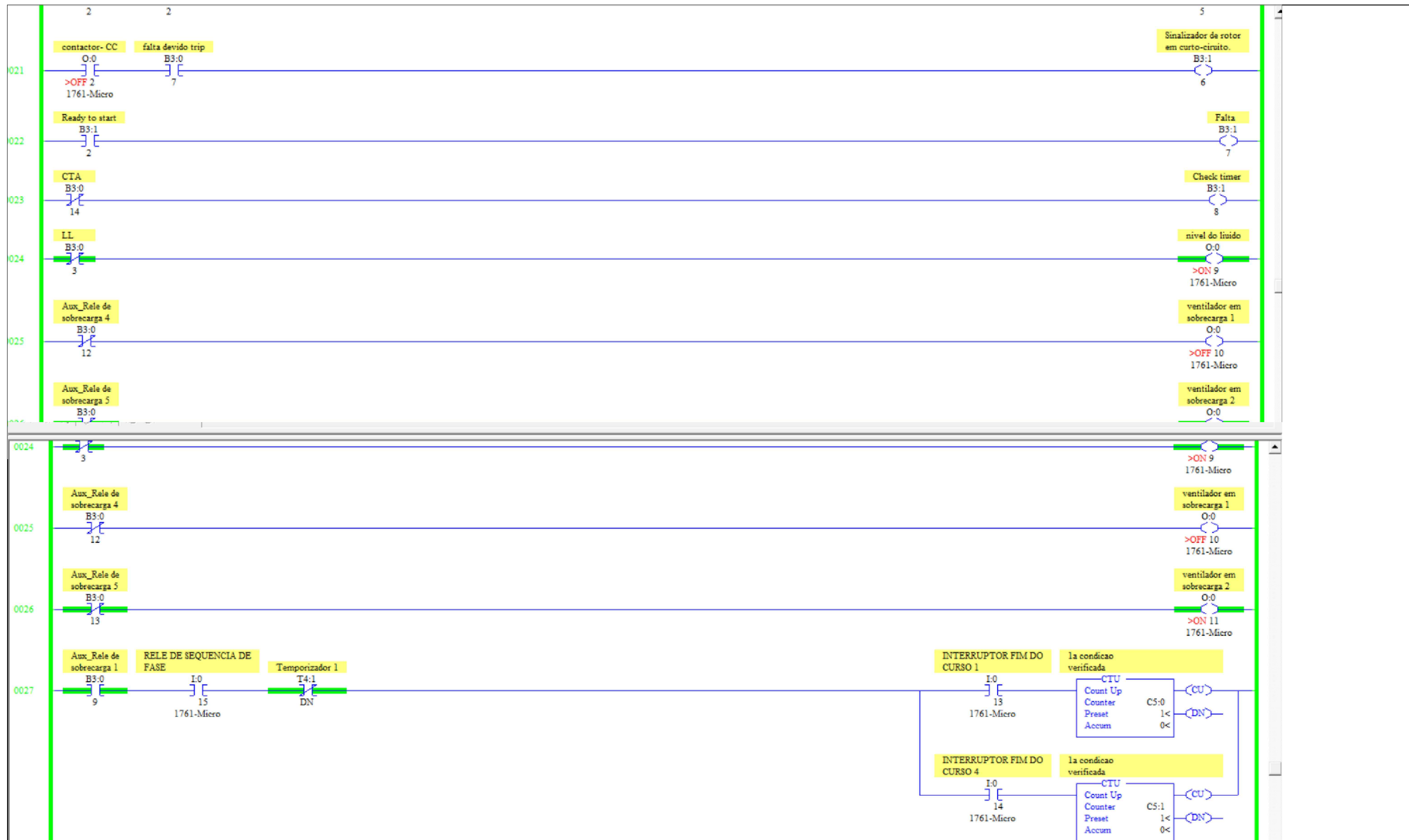
Desenhou	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional
Titos	14/05/2025	Beca	
Verificou	Data	Apelido	
Anacleto		Albino	
1:1	Anexo 1: Estrutura organizacional da Tongaat Hullet Açucareira de Xinavane, SA		A1.1



Desenhov	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional				
Titos	30/05/205	Beca					
Verificou	Data	Apelido					
Anacleto		Albino					
Ofélio		Simango					
Ivone		Mabasso					
1:1	Anexo 2: Simulação do sistem proposto. Fonte: Autoria (2025)		A2.2				



Desenhou	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional					
Titos	30/05/205	Beca						
Verificou	Data	Apelido						
Anacleto		Albino						
Ofélio		Simango						
Ivone		Mabasso						
1:1	Anexo 3: Simulação do sistema proposto. Fonte: Autoria (2025)		A3.3					



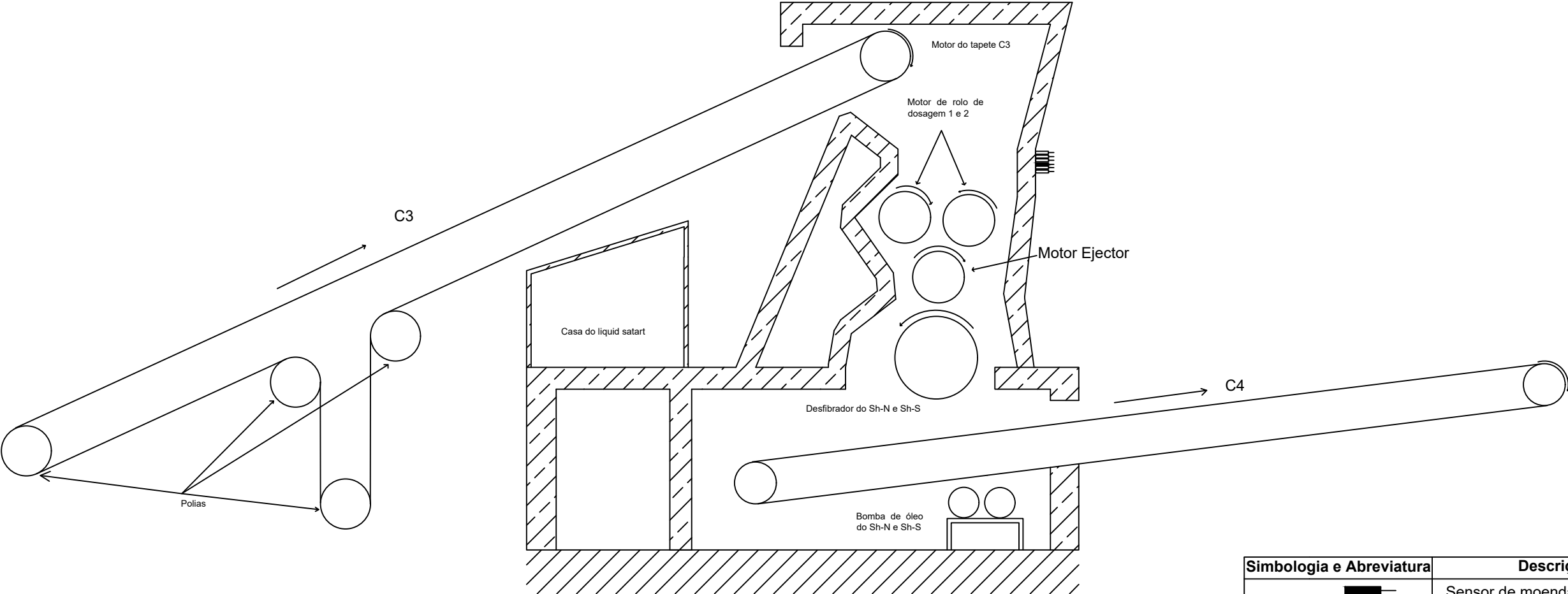
Desenhou	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional			
Titos	30/05/205	Beca				
Verificou	Data	Apelido				
Anacleto		Albino				
Ofélio		Simango				
Ivone		Mabasso				
1:1	Anexo 4: Simulação do sistema proposto. Fonte: Autoria (2025)					A4.4

Anexo 5: Produção de açúcar e da cana-de-açúcar anual na última década.

Tabela A5-5 Desempenho da Tongaat Hullet

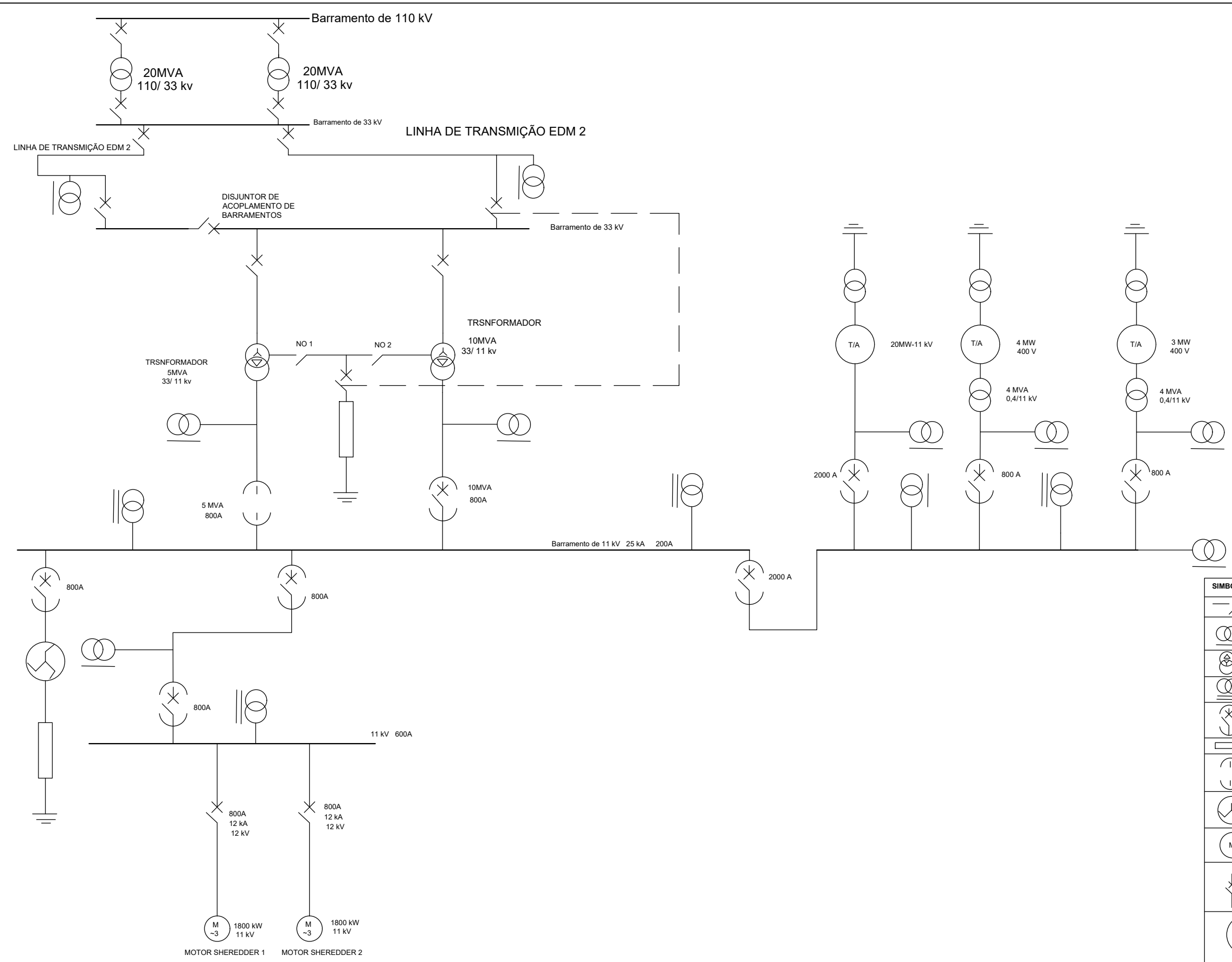
Nr	Ano	Produção açúcar (t)	Produção da cana-de-açúcar (t)	Campanha	
				Início	Fim
1	2024	167 807	1 454 670	19/04/2024	09/11/2024
2	2023	152 946	1 320 815	25/04/2023	05/11/2023
3	2022	162 139	1 432 357	14/04/2022	27/11/2022
4	2021	158 356	1 359 604	13/04/2021	31/10/2021
5	2020	165 772	1 459 729	06/05/2020	07/11/2020
6	2019	176 807	1 586 978	15/04/2019	25/11/2019
7	2018	178 256	1 578 000	17/04/2018	10/11/2018
8	2017	167 623	1 455 000	18/04/2017	31/10/2017
9	2016	148 456	1 304 101	28/05/2016	19/11/2016
10	2015	168 748	1 615 576	15/04/2015	22/11/2015
Média anual		164 691	1 456 683		

Fonte: Açucareira de Xinavane, SA, (2025)



Simbologia e Abreviatura	Descrição
	Sensor de moendas
C3	Esteira transportadora 3
C4	Esteira transportadora 4
Sh-N	Desfibrador do Norte
Sh-S	Desfibrador do Sul

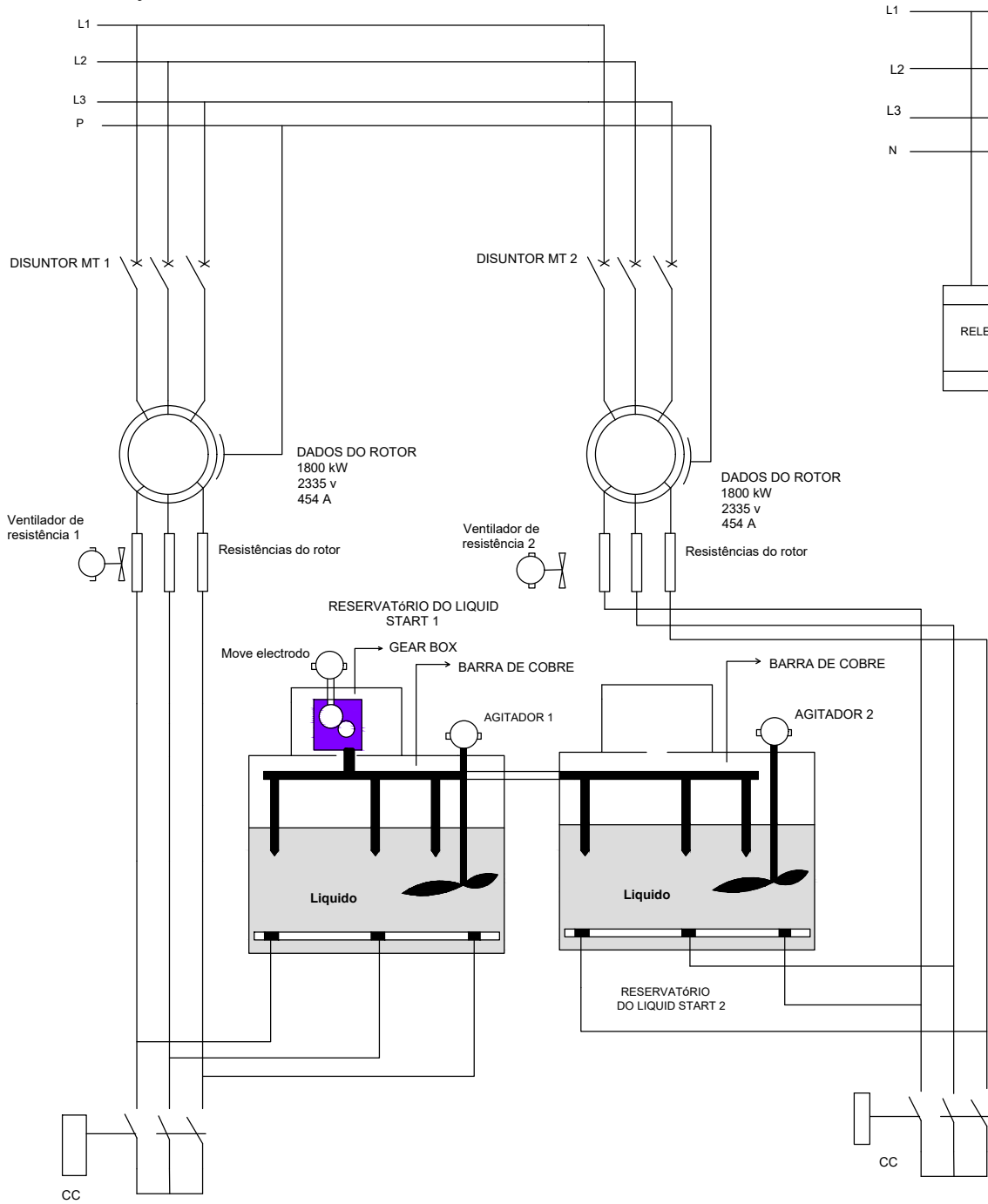
Desenhou	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional						
Titos	15/05/2025	Beca							
Verificou	Data	Apelido							
Anacleto		Albino							
1:1	Anexo 6 Composição da estrutura física de Desfibrador de cana		A 6.6						



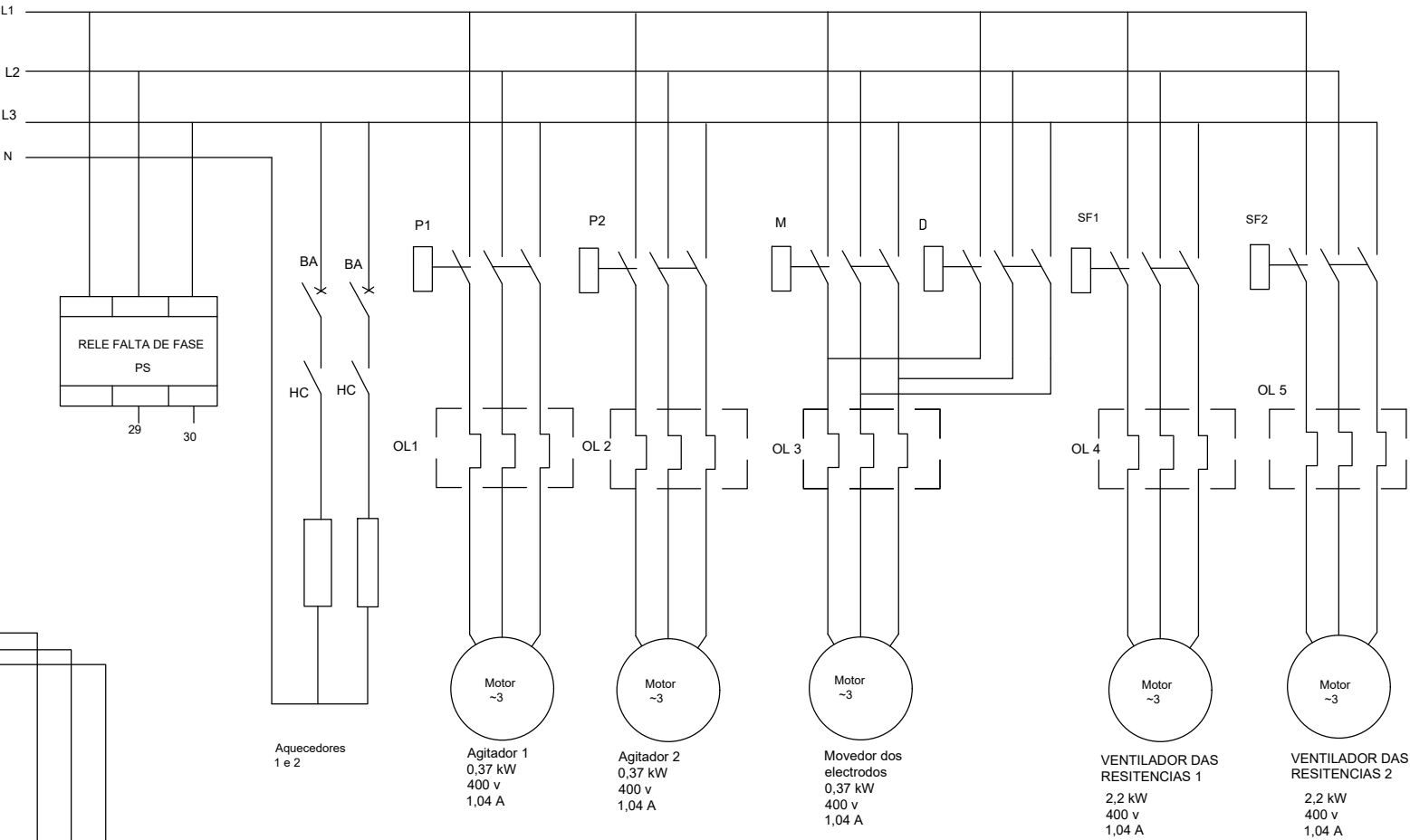
SIMBOLOGIA	DESIGNAÇÃO
	Interruptor
	Transformador de tensão
	Transformador de potência
	Transformador de fecho de tensão
	Disjuntor movível
	Impedância de aterramento
	Disjuntor removível
	Transformador de de aterramento
	Motor eléctrico
	Disjuntor termo-magnetico
	Turbina e alternador

Desenhou	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional			
Titos	11/05/205	Beca				
Verificou	Data	Apelido				
Anacleto		Albino				
1:1	Anexo 7: Esquema eléctrico do sistema de alimentação dos motores Shredder. Fonte: autor (2025)					A7.7

Alimentação a 11 kV



Alimentação a 400 V



Desenhou	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional			
Titos	22/05/205	Beca				
Verificou	Data	Apelido				
Anacleto		Albino				
Ofélio		Simango				
Ivone		Mabasso				
1:1	Apêndice 8: Esquema eléctrico de potência do motor Shredder. Fonte: Autoria (2025)		A 8.8			

Anexo 9: O sistema de arranque dos motores *Shredder*.



Figura A9.1-9: Configuração do dual liquid start.

Fonte: Foto, autoria (2025)



Figura A9.2-9: Temporizadores do actual sistema de controlo.

Fonte: Foto, autoria (2025)

Apêndice 10: Dispositivo de controlo e protecção dos motores *Shredder*.



Figura A10-10: Relé da MiCOM P225.

Fonte: Foto, Aatoria (2025)

Anexo 11: Especificações técnicas dos motores.

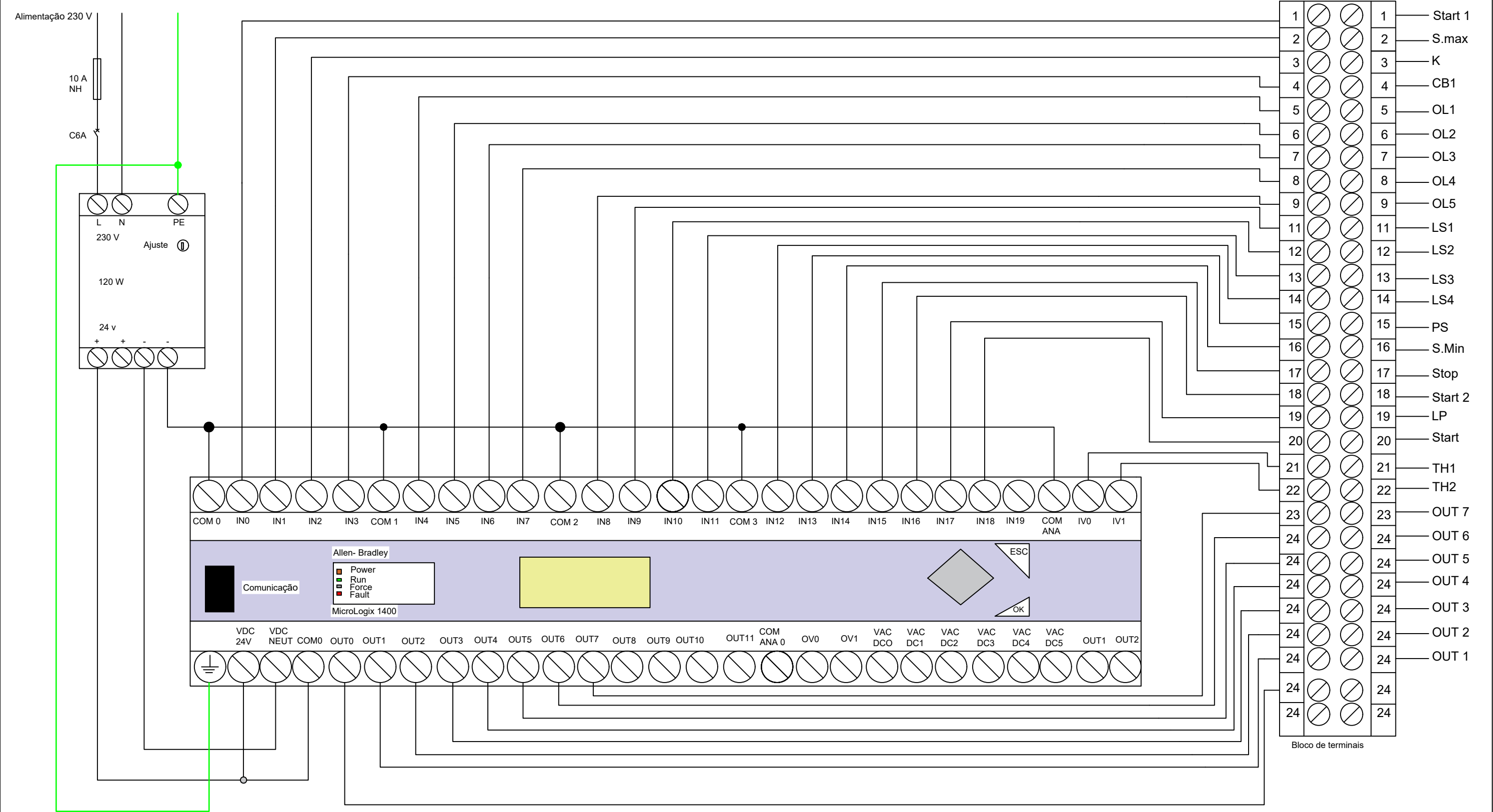
Tabela A11-11: Dados dos motores

ESPECIFICAÇÃO EPM E RELATÓRIO DE TESTE

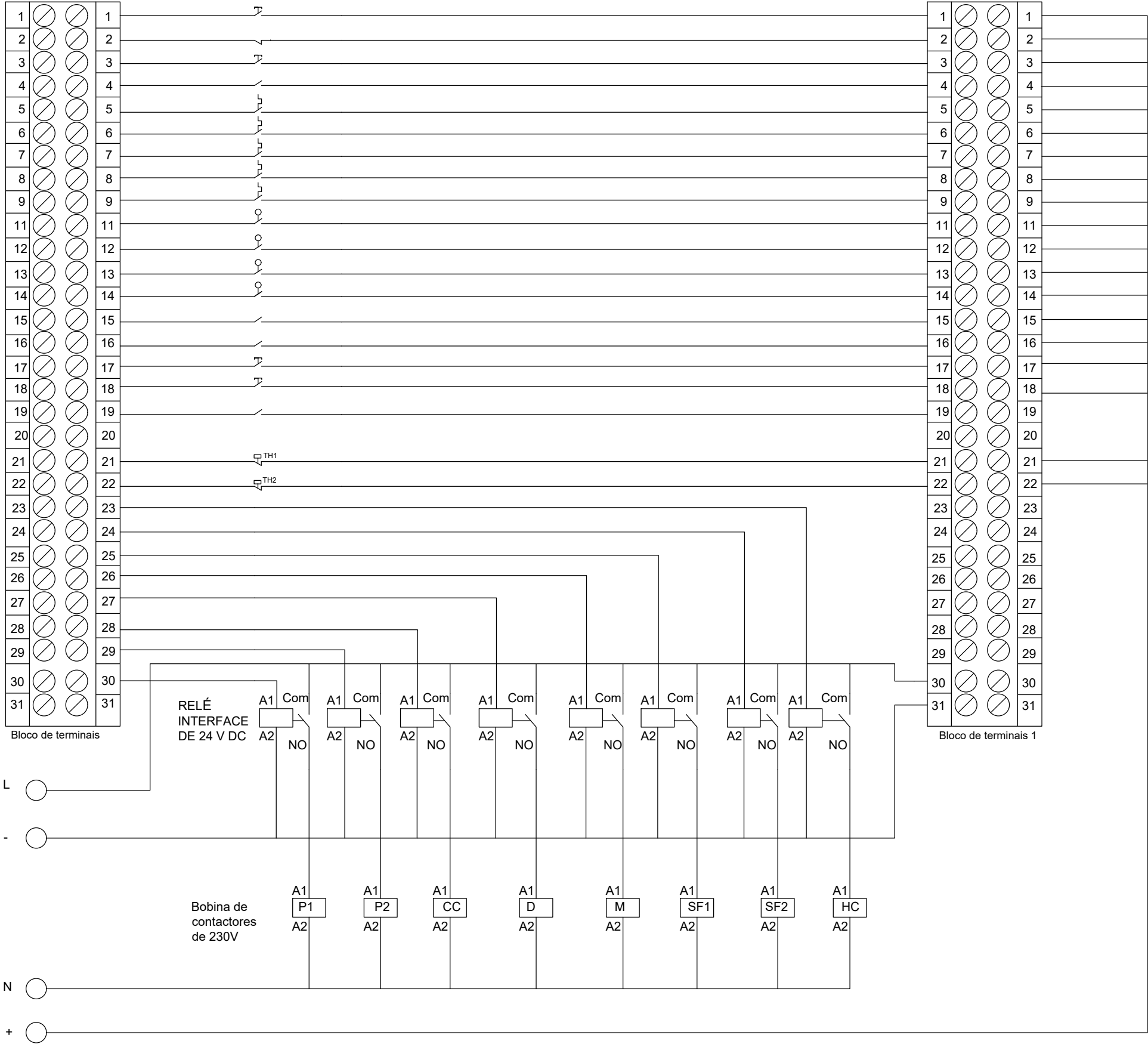
CLIENTE			ARMCOOL					
TRABALHO NÃO			VB 4421/2					
DESTINO			XINAVANE MOÇAMBIQUE					
TIPO DE EQUIPAMENTO			PARTIDA LÍQUIDA DUPLA EPM 3/1					
MOTOR kW			1800 (X2)					
VOLTS DO ROTOR			2335 (X2)					
AMPERADORES DE ROTOR			454 (X2)					
MÁQUINA ACIONADA			TRITURADOR					
CONJUNTO INICIAL PARA UM			20		SEGUNDA PARTIDA			
INÍCIO/HORA 2		INÍCIOS CONSECUTIVOS DO FRIO			6			
ALIMENTAÇÃO AUXILIAR 3PH			400 VOLTS					
MOTOR DE ACIONAMENTO POR ENGENHAGENS			0.37	KW	1.16	AMPS		
MOTOR AGITADOR 1 E 2			0.37	KW	1.16	AMP		
RELAÇÃO DA CAIXA DE ENGENHAGENS			1:7					
TENSÃO DE CONTROLE			220					
TRANSFORMADOR DE CONTROLE				QUE ANTIGO/SEC				
O/L 1	DEFINIDO EM	1,16A	O/L 2	DEFINIDO EM	1,16A	O/L 3	DEFINIDO EM	1,16A
SL 4	DEFINIDO EM	4,8 A	ÓLEO 5	DEFINIDO EM	4,8 A			
MT 1	DEFINIDO EM	60°C	TM2	DEFINIDO EM	40°C			
TIPO DE CONTATOR DE CURTO-CURTO (CC)				MICROELÉTRICA		N550 AMPERES		
TESTE FUNCIONAL COMPLETO				SIM				
CONEXÕES VERIFICADAS QUANTO À ESTANQUEIDADE				SIM				
CAPACIDADE DO TANQUE - POR TANQUE				3 000 LITROS				
ELETRÓLITO POR TANQUE				46 KG DE BÓRAX (X2)				
ÓLEO - POR TANQUE				20 LITROS ISO32 (X2)				
PESO SEM ELETRÓLITO				1900 kg				
PESO COM ELETRÓLITO				7950 kg				
TESTE DE ATÉ 4 kV ENTRE FASES E À TERRA NOS TERMINAIS DO ROTOR POR 1 MINUTO								
OBSERVAÇÕES:								

ENGENHEIRO DE TESTE	MARK ELMS	DATA	17 de março de 2009
CLIENTE		DATA	

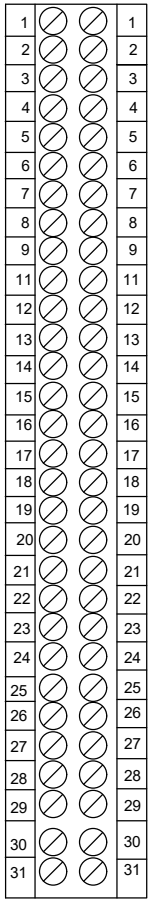
Fonte: Açucareira de Xinavane, SA, (2025)



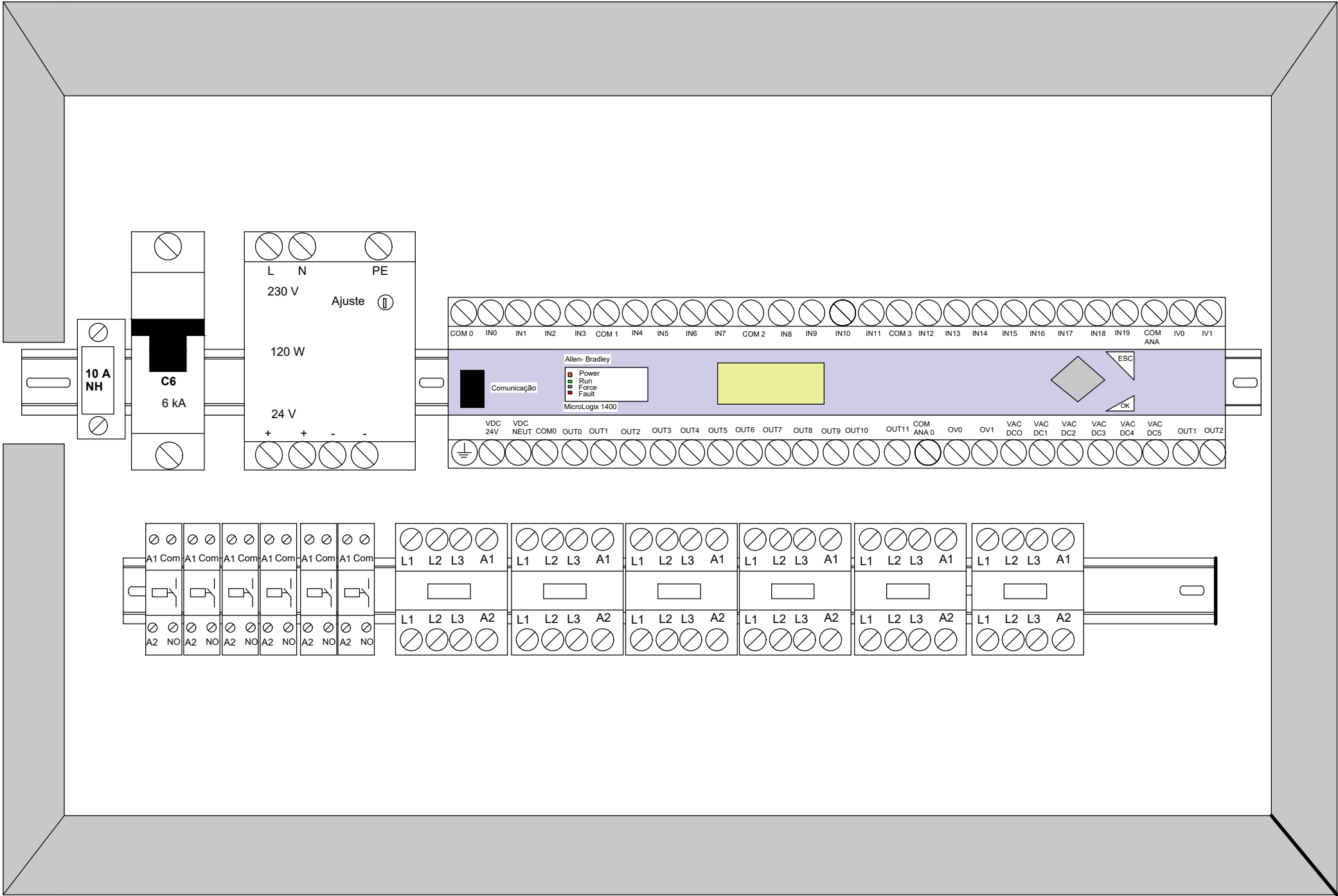
Desenhou	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional						
Titos	30/05/205	Beca							
Verificou	Data	Apelido							
Anacleto		Albino							
Ofélio		Simango							
Ivone		Mabasso							
1:1	Anexo 12: Esquema de ligaçã do autômato- parte1 Fonte: Aatoria (2025)		A12.12						



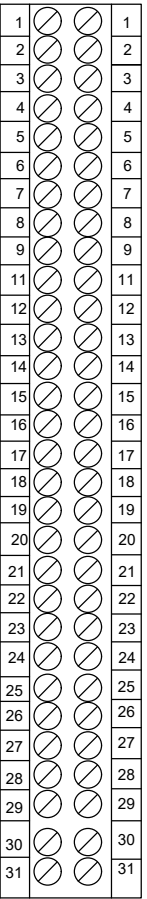
Desenhou	Data	Apelido	Relatório de Estágio Profissional
Titos	30/05/205	Beca	
Verificou	Data	Apelido	
Anacleto		Albino	
Ofélio		Simango	
Ivone		Mabasso	
1:100	Anexo 13: Esquema de ligaçã do autômato- parte2 Fonte: Aatoria (2025)		A13.13



BLOCO DE TERMINAIS 1

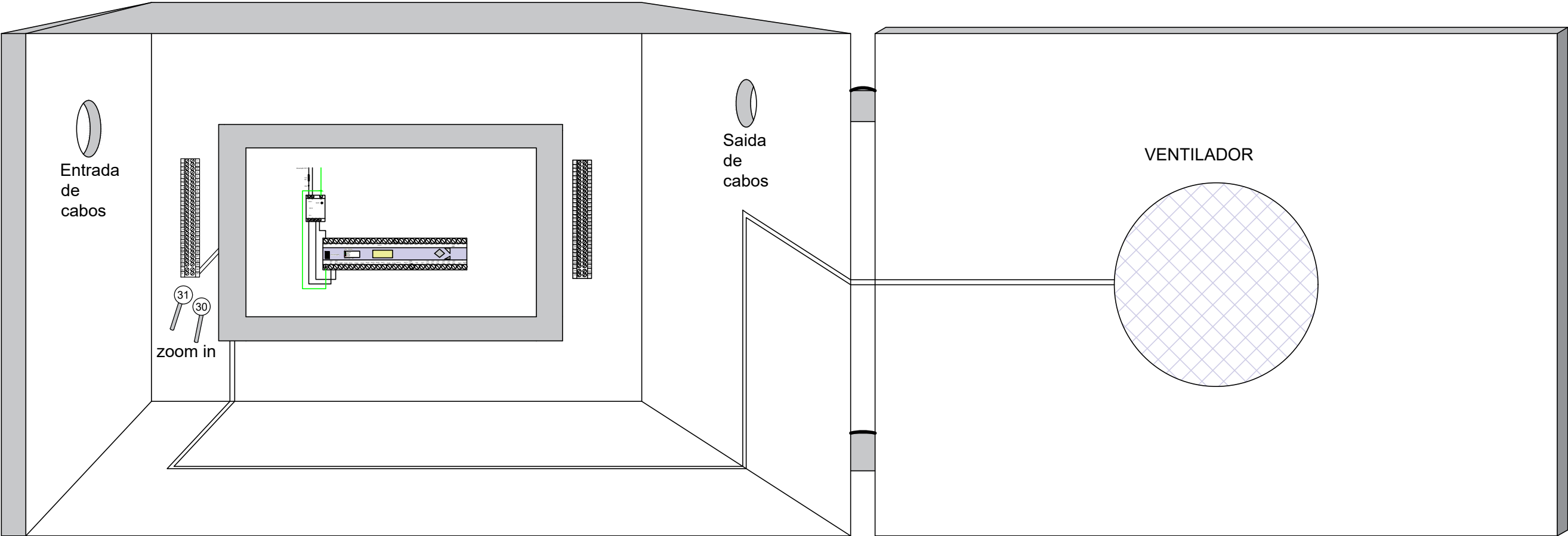


CALHA DIN

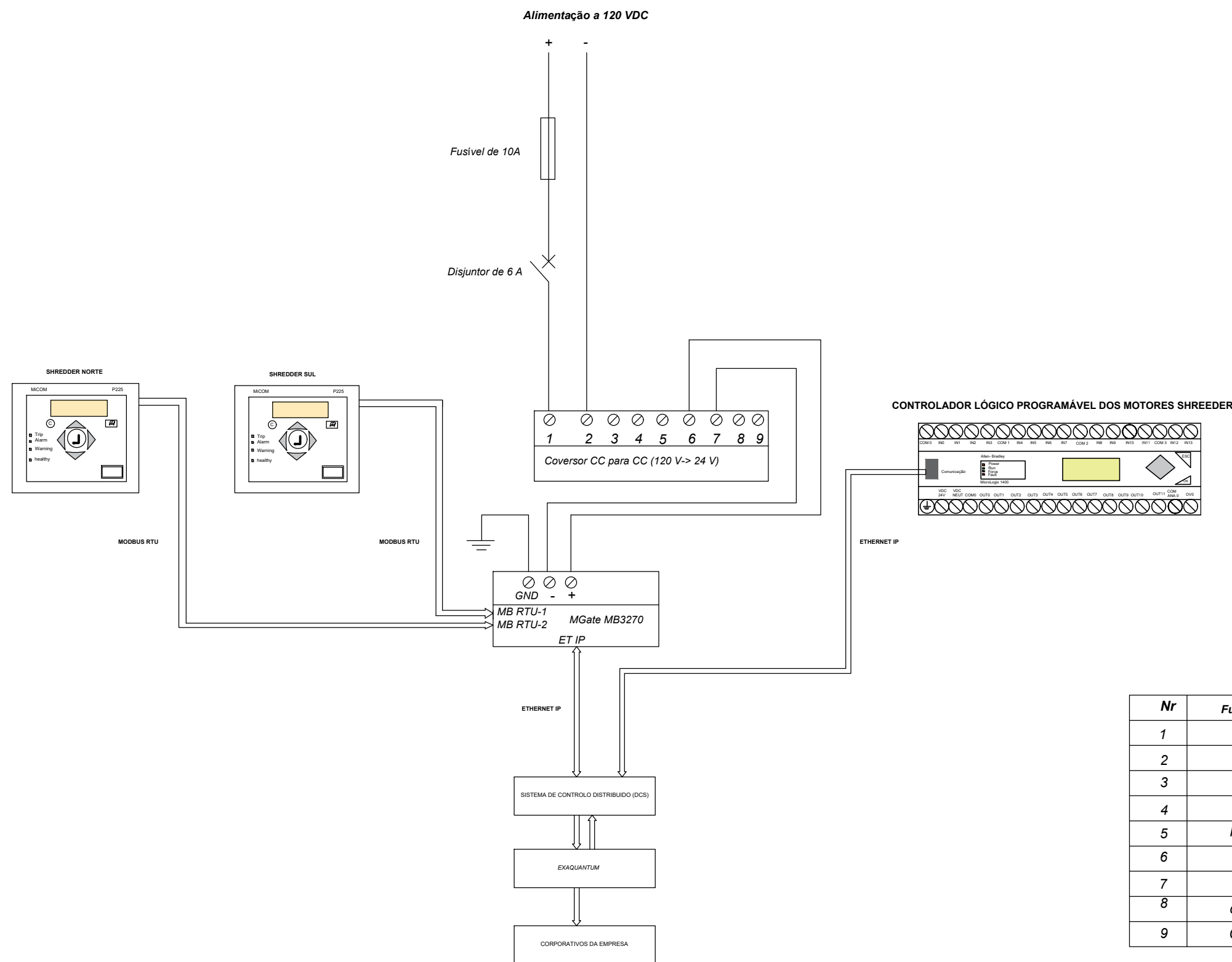


BLOCO DE TERMINAIS

Desenhou	Data	Apelido		Relatório de Estágio Profissional					
Titos	30/05/205	Beca							
Verificou	Data	Apelido							
Anacleto		Albino							
Ofélio		Simango							
Ivone		Mabasso							
1:1	Anexo 14: Organização dos despositivos no painel. Fonte: Autoria (2025)			A14.14					



Desenhou	Data	Apelido		Relatório de Estágio Profissional						
Titos	30/05/205	Beca								
Verificou	Data	Apelido								
Anacleto		Albino								
Ofélio		Simango								
Ivone		Mabasso								
1:1	Anexo 15: Layout do painel. Fonte: Autoria (2025)			A 15.15						



Nr	Função
1	+ -> Entrada
2	- -> Entrada
3	+ ->Entrada
4	- -> Entrada
5	Remoto
6	+ ->Saida
7	- -> Saida
8	corte 1
9	Corte 2

Desenhou	Data	Apelido		Relatório de Estágio Profissional
Titos	30/05/205	Beca		
Verificou	Data	Apelido		
Anacleto		Albino		
Ofélio		Simango		
Ivone		Mabasso		
1:100	Anexo 16: Configuração do sistema de transmissão de dados relé <i>MiCOM para DCS</i> . Fonte: Autoria (2025)			A 16.16

Anexo 17: Conversor *Modbus* para *Ethernet*

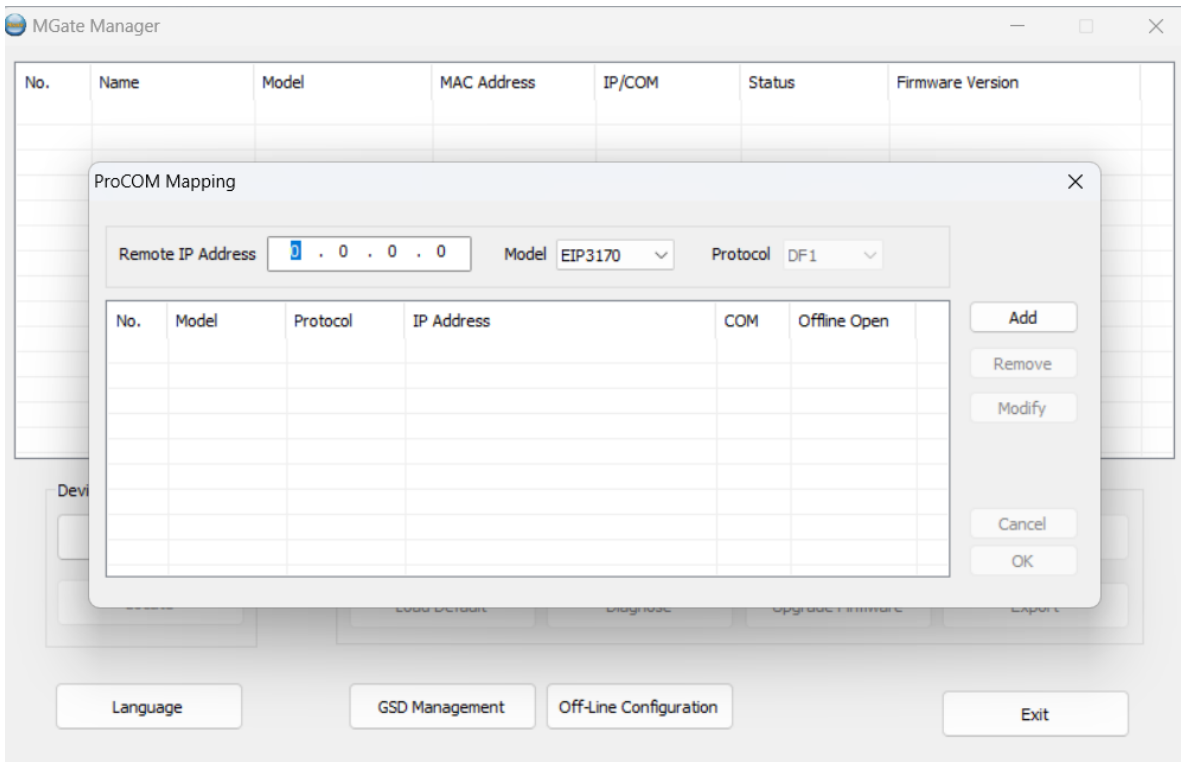


Figura A17-17: Configuracao do conversor Modbus para Ethernet.

Fonte: Adaptado do MGate manager (2025)

Anexo 18: QUADRO 52- D1

Tabela A18-18: Factores de correcção com a temperatura ambiente

(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: RTIEBT (2010)

Anexo 19: QUADRO 52-C30

Tabela A19-19: Factores de correcção para agrupamentos de condutores ou de cabos

Factores de correcção em função da temperatura do solo

(a aplicar aos valores das correntes indicadas no quadro 52-C30)

Temperatura do solo (°C)	Isolamento	
	PVC	XLPE/EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Fonte: RTIEBT (2010)

Anexo 20: QUADRO 52-E1

Tabela A20-20: Factores de correcção para agrupamento de cabos de diversos circuitos ou de vários cabos multicondutores instalados ao ar, lado a lado, em camada simples.

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 embebidos 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: RTIEBT (2010)

Anexo 21: Quadro 52-C3.

Tabela A21-21: Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência A2 e B2.

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

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

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Dois condutores carregados		Três condutores carregados	
Mét. ref.⇒	A2	B2	A2	B2
Coluna.⇒	2	3	4	5
<i>Condutores de cobre</i>				
1,5	14	16,5	13	15
2,5	18,5	23	17,5	20
4	25	30	23	27
6	32	38	29	34
10	43	52	39	46
16	57	69	52	62
25	75	90	68	80
35	92	111	83	99
50	110	133	99	118
70	139	168	125	149
95	167	291	150	179
120	192	232	172	206
150	219	-	196	-
185	248	-	223	-
240	291	-	261	-
300	334	-	298	-
<i>Condutores de alumínio</i>				
2,5	14,5	17,5	13,5	15,5
4	19,5	24	17,5	21
6	25	30	23	27
10	33	41	31	36
16	44	54	41	48
25	58	71	53	62
35	71	86	65	77
50	86	104	78	92
70	108	131	98	116
95	130	157	118	139
120	150	181	135	160
150	172	-	155	-
185	195	-	176	-
240	229	-	207	-
300	263	-	237	-

Fonte: RTIEBT (2010)

Anexo 22: Disjuntor sem regulação

Tabela A22-22: Correntes do disjuntor

Disjuntor sem regulação		
I_N	I_{nf}	I_f
[A]	[A]	[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: RTIEBT (2010)

Anexo 23: Especificações técnicas.

Tabela A23-23: Dados do ventilador

Especificações Técnicas - MPL-980-FAN-X245

Atributo	Valor
Tensão nominal (CA rms)	230 V CA
Corrente de funcionamento (CA rms)	0,3 A
Consumo de energia	60 W
Temperatura, operação	-30...60 °C (-22...140 °F)
Peso, aprox.	9,98 kg (22 lb)
Fixadores	Faixa de torque
Parafuso sextavado interno 5/16 - 18 (qtd. 1)	17,1...20,5 N•m (135...165 pol•lb)
8/32 #5, parafuso (qtd. 6)	2,1...2,6 N•m (18,9...23,1 pol•lb)
Dimensões (AxLxC)	291,6 x 298,4 x 367,5 mm (11,48 x 11,75 x 14,47 pol.)

Fonte: catálogo da *Rockwell*

Anexo 24: Especificações técnicas da fonte de alimentação

Tabela A24-24: Dados do catálogo

2. REFERÊNCIA RÁPIDA DE ESPECIFICAÇÕES

Tensão de saída	CC 24 V	
Faixa de ajuste	24 - 28 V 5	
Corrente de saída	- 4,3 A 6 -	ambiente <60 °C
	5,1 A 120	ambiente <45 °C
Potência de saída	W	ambiente <60 °C
	144W	ambiente <45 °C
Ondulação de saída	< 50mVpp	20Hz a 20MHz
Tensão de entrada	CA 100-120 / 200-240V	Seleção automática de entrada
Frequência de linha	50-60Hz	±6%
Corrente de entrada CA	típico. 2,05 / 1,23A	a 120 / 230Vac
Fator de potência	típico. 0,56 / 0,47	a 120 / 230Vac
Corrente de pico CA	típico. Pico 3A	
Entrada CC	não permitido	
Eficiência	típico. 89,4 / 90,2%	a 120 / 230Vac
Perdas	típico. 14,5 / 13,2W	a 120 / 230Vac
Faixa de temperatura	-25°C a +70°C	operacional
Desclassificação	3W/°C	+60 a +70°C
Tempo de espera	típico. 80 / 78ms	a 120 / 230Vac
Dimensões	32x124x117 mm	LxAxP

Fonte: Catálogo da Rockwell

Anexo 25: Especificações técnicas do controlador logico programável

Tabela A25-25: Dados do catálogo do PLC

MicroLogix	1766-L32BWA	1766-L32AWA	1766-L32BXB	1766-L32BWAA	1766-L32AWAA	1766-L32BXBA
# Injeção de Tensão	120/240 V CA		24 VCC	120/240 V CA		24 VCC
Memória	RAM não volátil com bateria					
Programa de Usuário de Dados do Usuário	10K/10K configurável					
Reserva Registro de Dados e Armazenamento de	128 K (sem receita) / até 64 K (após subtrair o registro de dados)					
Bateria de Reserva	Sim					
Módulo de Memória de Reserva	Sim					
Entradas Digitais	(12) 24 VCC Rápido (8) 24 VCC Normal	(20) 120 VCA	(12) 24 VCC Rápido (8) 24 VCC Normal	(12) 24 VCC Rápido (8) 24 VCC Normal	(20) 120 VCA	(12) 24 VCC Rápido (8) 24 VCC Normal
Saídas Digitais	(12) Relé	(12) Relé	(6) Relé (3) CC Rápido (3) CC Normal	(12) Relé	(12) Relé	(6) Relé (3) CC Rápido (3) CC Normal
Entradas/Saídas Analógicas	Nenhuma			(4) Entradas de Tensão / (2) Saídas de Tensão		
Portas Seriais	(1) RS232C/RS485, (1) RS232C**					
Protocolos Seriais	DF1 Full Duplex, DF1 Half Duplex Mestre/Escravo, Modem de Rádio DF1, DH-485, Modbus RTU Mestre/Escravo, ASCII, DNP 3 Escravo					
Portas Ethernet	(1) Porta EtherNet/IP 10/100					
Protocolos Ethernet	Mensagens EtherNet/IP, DNP3 sobre IP e Modbus TCP/IP					
de Ajuste	2 Digitais					
Entradas de Alta Velocidade	Até 6 canais a 100 kHz	N/D	Até 6 canais a 100 kHz	Até 6 canais a 100 kHz	N/D	Até 6 canais a 100 kHz
Relógio em Tempo Real	Sim, incorporado					
PID	Sim (limitado por loop e memória de pilha)					
PWM /PTO	N/D		PTO de 3 canais (100 kHz)/PWM (40 kHz)	N/D		PTO de 3 canais (100 kHz)/PWM (40 kHz)
LCD Embutido	Sim					
Matemática de Ponto Flutuante	Sim					
Edição Online	Sim					
Temperatura de Operação	-20 °C...+60 °C					
Temperatura de Armazenamento	-40 °C (ou -30 °C)...+85 °C					

Fonte: Catálogo da Rockwell

Anexo 26: Aplicação do questionário para a automatização do motor *shredder*

Questionário A26-26: Questionário do relatório de estágio



FACULDADE DE ENGENHARIA

QUESTIONÁRIO DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Secção A: Dados do requerente

1. Nome (opcional):
2. Função na empresa:
 - a) Operador;
 - b) Técnico de manutenção;
 - c) Engenheiro;
 - d) Supervisor;
 - e) Outro: _____.

Secção B: Questões

1. Quantas empresas prestam serviços de manutenção ou suporte técnico na Açucareira? E, quais são?
A. 1 B. 2 a 3 C. Mais de 3 D. Não sei E. Outro: _____
2. Quando foi a última vez que o motor principal do (desfibrador) apresentou falha?
A. Campanha 2021/2022 B. Campanha 2022/2023 C. Campanha 2023/2024 D. Campanha 2024/2025 E. Não sei
3. Quanto tempo levou-se para identificar e diagnosticar essa falha?
Resposta: _____
4. Quantos secções tem a empresa? E, quais são?
Resposta: _____
5. Quais sectores são directamente afectados quando o motor falha?
Resposta: _____
6. Quais prejuízos a empresa enfrentou com a falha do motor? (*assinale todas as opções que se aplicam*)
☐ Paragem da produção; ☐ Danos em outros equipamentos;
☐ Perda de matéria-prima (cana); ☐ Atraso na entrega de açúcar; ☐ Multas por atraso; ☐ Pagamento extra a técnicos internos; ☐ Outros: _____
7. Qual é a capacidade de produção de açúcar, quantidade de açúcar produzida e da cana moída nos últimos 10 anos?

R: _____ Assinatura

Titos Saul Beca

(Titos Saul Beca)

Anexo 27: Acta de encontro de dia 29/04/2025:

Tabela A27-27: Actas de encontro 1



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD03	Data:	17/02/2025
1. AGENDA:			
Correcção e análise do termo de atribuição do tema			
2. PRESENÇAS			
Supervisor	Msc. Anacleto Albino, Eng.º		
Estudante	Titos Saul Beca		
3. RESUMO DO ENCONTRO:			
No dia 29/04/2025 o estudante teve encontro com o supervisor para analisar e corrigir o TAT.			
4. RECOMENDAÇÕES:			
O supervisor Msc. Albino Anacleto deixou ficar os comentários para melhoria da introdução e formulação do problema.			
5. OBSERVAÇÕES			
No dia 28/04/2025 o estudante rectificou mediante as recomendações do supervisor.			
6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO		08/05/2025	

Anexo 27: Acta de encontro dia 08/05/2025

Tabela A27-28: Actas de encontro 2



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD03	Data:	17/02/2025
---------------------	-------------	-------	------------

1. AGENDA:

Análise da revisão da literatura do relatório de estágio

2. PRESENÇAS

Supervisor	MSC. Anacleto Albino, Eng.º
Estudante	Titos Saul Beca

3. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 06/05/2025 realizou-se análise da revisão de bibliográfica com o supervisor MSC. Albino Anacleto, Eng.º.

4. RECOMENDAÇÕES:

O supervisor MSC. Albino Anacleto deixou ficar os comentários para melhoria, isto é, o uso da norma APA, regulamento da faculdade, entre outros.

5. OBSERVAÇÕES

No dia 14/05/2025 o estudante realizou a melhoria da revisão de literatura e comunicou o supervisor.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	28/05/2025
------------------------------------	-------------------

Anexo 27: Acta de encontros de dia 28/05/2025

Tabela A27-29: Actas de encontro 3



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD03	Data:	17/02/2025
---------------------	-------------	-------	------------

1. AGENDA:

Análise dos resultados da pesquisa

2. PRESENÇAS

Supervisor	MSC. Anacleto Albino, Eng.º
Estudante	Titos Saul Beca

3. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 28/05/2025 o estudante teve encontro com o supervisor MSC. Albino Anacleto, Eng.º para análise e discussão dos resultados obtidos na pesquisa.

4. RECOMENDAÇÕES:

O supervisor Msc. Albino Anacleto deixou ficar as recomendações referente aos métodos estatísticos empregue na análise dos resultados

5. OBSERVAÇÕES

No dia 29/05/2025 o estudante realizou a melhoria das recomendações dada pelo supervisor.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	30/05/2025
------------------------------------	-------------------

Anexo 27: Acta de encontros de dia 30/05/2025

Tabela A27-30: Acta de encontro 4



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD03	Data:	17/02/2025
---------------------	-------------	-------	------------

1. AGENDA:

Análise dos esquemas e simulação do relatório de estágio

2. PRESENÇAS

Supervisor	MSC. Anacleto Albino, Eng.º
Estudante	Titos Saul Beca

3. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 30/05/2025 o estudante teve encontro com o supervisor MSC. Albino Anacleto, Eng.º para análise e discussão dos resultados na simulação e esquemas.

4. RECOMENDAÇÕES:

O supervisor Msc. Albino Anacleto deixou ficar os comentários das incongruências dos esquemas e outros aspectos.

5. OBSERVAÇÕES

No dia 01/05/2025 o estudante realizou a melhoria dos comentários do supervisor.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	04/06/2025
------------------------------------	-------------------

Anexo 28: Acta de encontros de dia 04/06/2025

Tabela A28-31: Acta de encontro 5



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD03
---------------------	-------------

Data:	17/02/2025
-------	------------

1. AGENDA:

Análise e correcções dos elementos pós-textuais.

2. PRESENÇAS

Supervisor	MSC. Anacleto Albino, Eng.º
Estudante	Titos Saul Beca

3. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 04/06/2025 o estudante teve encontro com o supervisor da instituição para discussão dos das conclusão e recomendações do trabalho.

4. RECOMENDAÇÕES:

O supervisor Msc. Albino Anacleto deixou ficar as observações e sugestões.

5. OBSERVAÇÕES

No dia 04/06/2025 o estudante realizou a melhoria dos comentários do supervisor.

Anexo 29: Relatório de progresso

Tabela A29.1-32: Relatório de progresso



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD03
---------------------	-------------

1. ACTIVIDADES PLANIFICADAS

ACTIVIDADE	Prazo previsto	
	Data	Hora
1. Entrega do termo de atribuição de tema	29/04/2025	17h30
2. Organização revisão da literatura	08/05/2025	14h00
3. Apresentação dos dados e análises dos dados	28/05/2025	14h00
4. Apresentação dos esquemas e simulação	30/06/2025	14h00
5. Apresentação dos elementos pós-textuais	04/06/2025	14h00

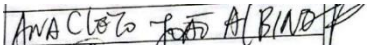
2. CONTROLO DAS ACTIVIDADES

ACT.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	29/04/2025	10	Aprovado após correção	
2	08/05/2025	25	Aprovado após correcção	
3	28/05/2025	25	Aprovado após correcção	
4	30/06/2025	20	Aprovado após correcção	
5	04/06/2025	20	Aprovado após correcção	

Anexo 29: Relatório de progresso

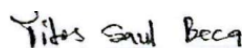
Tabela A29.2-33: Relatório de progresso

SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Msc. Anacleto Albino, Eng.º	
Co-supervisora		
Da Empresa		

Maputo, 10 de Junho de 2025

Assinatura



(Titos Saul Beca)

Anexo 30: F2 GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Tabela A30-34: F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Titos Saul Beca

Referência do tema: 2025ELEPD03 Data: 10/06/2025

Título do tema: Automatização do sistema de accionamento e controlo de motores de indução trifásico de média tensão na empresa Açucareira de Xinavane, SA.

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (Max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (Max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (Max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos Resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (Max:50)										

Total de pontos (Max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

Anexo 30: F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Tabela A30-35: Anexo 30: F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Titos Saul Beca

Referência do tema: 2025ELEPD03 Data: 10 /06/2025

Título do tema: Automatização do sistema de accionamento e controlo de motores de indução trifásico de média tensão na empresa Açucareira de Xinavane, SA.

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $= (N1 \cdot A + N2 \cdot B) / 100$

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

+

Anexo 31: Resposta do questionário

Resposta do questionário A31.1-36: Questionário respondido pelo técnico Same Mafukidze



FACULDADE DE ENGENHARIA

QUESTIONÁRIO DO RELATORIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Secção A: Dados do requerente

1. Nome (opcional): SAME MAFUKIDZE
2. Função na empresa:
 - a) Operador;
 - ☒ b) Técnico de manutenção;
 - c) Engenheiro;
 - d) Supervisor;
 - e) Outro: _____

Secção B: Questões

1. Quantas empresas prestam serviços de manutenção ou suporte técnico na Açucareira? E, quais são?
A. 1 B. 2 a 3 C. Mais de 3 D. Não sei E. Outro: _____
TECHNEL, TDD, Mathinussen and Couto, MoEnergy
2. Quando foi a última vez que o motor principal (Shredder¹) apresentou falha?
A. Campanha 2021/2022 B. Campanha 2022/2023 ☒ C. Campanha 2023/2024
D. Campanha 2024/2025 E. Não sei
3. Quanto tempo levou-se para identificar e diagnosticar essa falha?
R. 1 hora para identificar e aproximadamente 30min para resolver
4. Qual foi a causa da falha (se conhecida)?
5. R. bagaste dos contactos do limit switch e mau conexão dos RTHs
6. Quantos sectores tem a empresa? E, quais são?
R. 4 sectores: Agraria, Recursos Humanos, Fabril
Sectores - Front-end, Backend, SPQ e Refinaria

¹ Desfibrador

Anexo 31: Resposta do questionário

Resposta do questionário A31.2-37: Questionário respondido pelo técnico Same Mafukidze

7. Quais sectores são directamente afectados quando o motor falha?

R: Todos Sectores

8. Qual é o período médio da realização da campanha?

R: Abril até Novembro

9. Quais prejuízos a empresa enfrentou com a falha do motor? (assinale todas as opções que se aplicam)

☒ Paragem da produção; ☐ Danos em outros equipamentos; ☐ Perda de matéria-prima (cana); ☒ Atraso na entrega de açúcar; ☐ Multas por atraso;

☒ Pagamento extra a técnicos internos; ☐

☐ Outros: _____

10. O actual sistema de controlo e diagnóstico permite identificar rapidamente a causa da falha?

☐ SIM

☒ NÃO

11. Qual é a capacidade de produção de açúcar, quantidade de açúcar produzida e da cana moída nos últimos 10 anos?

R: _____

Assinatura



(Titos Saul Beca)

Anexo 32: Resposta do questionário

Resposta do questionário A32.1-38: Resposta do questionário do técnico Carlos Roque



FACULDADE DE ENGENHARIA

QUESTIONÁRIO DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Secção A: Dados do requerente

1. Nome (~~profissional~~): Carlos Roque Santo
2. Função na empresa:
a) Operador; b) Técnico de manutenção; c) Engenheiro;
(d) Supervisor; e) Outro: Supervisor

Secção B: Questões

1. Quantas empresas prestam serviços de manutenção ou suporte técnico na Açucareira? E, quais são?
A. 1 B. 2 a 3 C. Mais de 3 D. Não sei E. Outro: _____
Mapofor Service, LMS, VAFIMA, SEC, Mucabane
Marmoz, McEnergy
2. Quando foi a última vez que o motor principal (Shredder¹) apresentou falha?
A. Campanha 2021/2022 B. Campanha 2022/2023 C. Campanha 2023/2024
D. Campanha 2024/2025 E. Não sei
3. Quanto tempo levou-se para identificar e diagnosticar essa falha?
R: Para identificar a avaria levou-se 1:25min
4. Qual foi a causa da falha (se conhecida)?
5. R: Falha de limit switch e RTD Enrolamentos do motor
6. Quantos sectores tem a empresa? E, quais são?
R: 7, nomeadamente: Preparação de cana, Produção de açúcar, Produção de energia, Reparação, Eletrodomésticos e Mecânica

¹ Desfibrador

Anexo 32: Resposta do questionário

Resposta do questionário A32.2-38: Resposta do questionário do técnico Carlos Roque

7. Quais sectores são directamente afectados quando o motor falha?

R: Todos Sectores

8. Qual é o período médio da realização da campanha?

R: Abril até Novembro

9. Quais prejuízos a empresa enfrentou com a falha do motor? (assinale todas as opções que se aplicam)

☒ Paragem da produção; ☐ Danos em outros equipamentos; ☐ Perda de matéria-prima (cana); ☒ Atraso na entrega de açúcar; ☐ Multas por atraso;

☒ Pagamento extra a técnicos internos; ☐

☐ Outros: _____

10. O actual sistema de controlo e diagnóstico permite identificar rapidamente a causa da falha?

☐ SIM

☒ NÃO

11. Qual é a capacidade de produção de açúcar, quantidade de açúcar produzida e da cana moída nos últimos 10 anos?

R: _____

Assinatura



(Titos Saul Beca)

Anexo 33: Resposta do questionário

Resposta do questionário A33.1-40: Resposta do questionário do técnico Armando Tivane



FACULDADE DE ENGENHARIA

QUESTIONÁRIO DO RELATORIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Secção A: Dados do requerente

1. Nome (opcional): Armando Leonardo Tivane
2. Função na empresa:
a) Operador; b) Técnico de manutenção; c) Engenheiro;
d) Supervisor; e) Outro: "b"

Secção B: Questões

1. Quantas empresas prestam serviços de manutenção ou suporte técnico na Açucareira? E, quais são?
A. 1 B. 2 a 3 C. Mais de 3 D. Não sei E. Outro: _____
FIVA FIMA, ELEMECE, MULABAR, MAPOSSE
2. Quando foi a última vez que o motor principal (Shredder¹) apresentou falha?
A. Campanha 2021/2022 B. Campanha 2022/2023 C. Campanha 2023/2024
D. Campanha 2024/2025 E. Não sei
3. Quanto tempo levou-se para identificar e diagnosticar essa falha?
R. 2022/2023
4. Qual foi a causa da falha (se conhecida)?
5. R. As falhas que foram detetadas foi do tele na parte do control
6. Quantos sectores tem a empresa? E, quais são?
R. FRONT END, SPG, REFINARIA
BACK END

¹ Desfibrador

Anexo 33: Resposta do questionário

Resposta do questionário A33.2-40: Resposta do questionário do técnico Armando Tivane

7. Quais sectores são directamente afectados quando o motor falha?
R: Toda Fábrica ELECTRICIDADE, FABRICAÇÃO INSTRUMENTAÇÃO MECÂNICA, REFINARIA, BACK EN)
8. Qual é o período médio da realização da campanha?
R: 15 de Abril a Novembro
9. Quais prejuízos a empresa enfrentou com a falha do motor? (assinale todas as opções que se aplicam)
☒ Paragem da produção; ☒ Danos em outros equipamentos; ☒ Perda de matéria-prima (cana); ☒ Atraso na entrega de açúcar; ☐ Multas por atraso; ☒ Pagamento extra a técnicos internos; ☐ Outros:
10. O actual sistema de controlo e diagnóstico permite identificar rapidamente a causa da falha?
☐ SIM ☒ NÃO
11. Qual é a capacidade de produção de açúcar, quantidade de açúcar produzida e da cana moída nos últimos 10 anos?
R: 165.000 T de açúcar, 1.750.000 T de cana

Assinatura

(Titos Saul Beca)