

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA-A POLITÉCNICA

Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias

Engenharia Eléctrica

Dimensionamento de Drive Soft-Starter para o Sistema de Accionamento de Bomba de Injecção de Água no Processo Fabril: Caso de Estudo: (2021-2024) Açucareira de Marromeu, Província de Sofala

Rute Arcanjo Filipe

Quelimane

2025

Rute Arcanjo Filipe

Dimensionamento de Drive Soft-Starter para o Sistema de Accionamento de Bomba de Injecção de Água no Processo Fabril: Caso de Estudo: (2021-2024) Açucareira de Marromeu, Província de Sofala

Monografia apresentada ao Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias como requisito parcial para obtenção de Grau de Licenciatura em Engenharia Eléctrica

Tutor: Lic. Igor Chandemba

Quelimane

2025

Folha de aprovação

Parecer do Tutor

O trabalho da estudante Rute Arcanjo Filipe, do curso de engenharia eléctrica, com o tema Dimensionamento de Drive Soft-Starter para o Sistema de Accionamento de Bomba de Injeção de Agua no Processo Fabril: Caso de Estudo- Açucareira de Marromeu, Província de Sofala (2021-2024), foi elaborado com zelo, empenho e dedicação com o intuito de melhorar o Accionamento da Bomba de injeção de água no processo fabril. Por tanto, assim sendo sou do parecer que o trabalho seja submetido a consideração da Universidade Politécnica- Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias, pois seguiu todas as normas metodológicas da instituição, por isso atesto a sua defesa.

Quelimane, ao 05 de Outubro 2024

Tutor

(Licenciado) Igor Chandemba

Índice

Capítulo I	13
1.Introdução	13
Capítulo II.....	16
2. Revisão da Literatura.....	16
2.1. Marco Conceptual.....	16
2.1.1. Motores de Indução	16
2.1.2. Tipos de motores.....	17
2.1.3. Construção dos motores eléctricos	17
2.2. Desenvolvimento Circunstancial	19
2.2.1.1. Tipos de bombas	21
2.2.2. Principais métodos de partida de motores eléctricos	22
2.2.2.1. Partida directa	22
2.2.2.2. Estrela-triângulo.....	23
2.2.2.3. Softstarter.....	25
2.2.2.4.Princípio de funcionamento.....	26
2.2.2.5. Aplicações e Benefícios.....	27
2.2.2.6. Comparação com outros métodos de partida.....	27
2.2.2.7. Recursos de um <i>Soft-Starter</i>	28
2.2.2.8. Protecção do motor e economia de energia	29
2.3.1. Selecção do factor de multiplicação	30
2.3.2.Critérios de selecção da <i>soft starter</i>	30
2.5. Marco referencial.....	32
Capítulo III.....	33
3. Metodologia.....	33
3.1. Tipo de investigação	33
3.1.1. Tipo de pesquisa quanto a natureza	33
3.1.2 Tipo de pesquisa quanto a abordagem.....	33
3.1.3 Tipo de pesquisa quanto aos objectivos.....	33
3.1.4. Tipo de pesquisa quanto aos procedimentos de colecta de dados	34
3.2. Universo e amostra	34
3.2.1. Universo.....	34

3.2.2. Amostra.....	35
3.3. Instrumentos.....	35
3.4. Procedimentos técnicos e administrativos	36
Capítulo IV	37
4. Resultados	37
4.1 Caracterização do local de estudo (Companhia de Sena, Marromeu)	37
4.1.1. Sistema actual	38
4.2. Dimensionamento do fusível	41
4.3. Dimensionamento do disjuntor motor	41
4.4. Dimensionamento da <i>Soft-Starter</i>	42
4.5. Calculo da corrente da chave (<i>Soft-Starter</i>).....	42
4.6. Rampa de aceleração	42
4.7. Instalação e Conexão	43
4.8. Condições Ambientais Permitidas:.....	43
4.9. Estimativa orçamental.....	44
4.10. Visão geral dos aspectos económicos	44
4.11. Entrevista dirigida aos técnicos e especialistas da Açucareira de Marromeu (companhia de sena)	46
Capítulo V.....	51
5. Discussão	51
Capítulo VI	54
6. Conclusão.....	54
Referências Bibliográfica	56
Apêndice	58
Anexo.....	60

Resumo

O trabalho de pesquisa científica tem como tema Dimensionamento de Drive *Soft-starter* para Accionamento da Bomba de injeção de água no Processo fabril na Açucareira de Marromeu, Província de Sofala, levantou-se o seguinte problema: Como dimensionar um drive *soft-starter* que atenda às necessidades técnicas, económicas e operacionais do sistema de bombeamento de água na Açucareira de Marromeu (Companhia de Sena), garantindo eficiência e sustentabilidade no processo fabril? E tem como objetivos específicos: comparar o accionamento existente na Companhia de Sena as outras mais modernas existentes no Mundo e caracterizar o funcionamento de bomba de injeção de água da Açucareira de Marromeu (Companhia de Sena). Para o efeito são levantadas as seguintes questões de investigação: Que comparação pode ser feita entre o accionamento existente na Companhia de Sena com as outras mais modernas existentes no Mundo? Quais são as características técnicas da bomba de água e os requisitos de operação para definir os parâmetros adequados para o dimensionamento do drive *soft-starter*? De forma a alcançar os resultados deste trabalho, foi a metodologia empregue do ponto de vista de sua natureza trata-se de pesquisa aplicada, quanto a abordagem do problema usou-se a pesquisa qualitativa, quanto ao ponto de vista dos procedimentos técnicos foi definida a pesquisa bibliográfica e para conciliar na investigação da pesquisa no que concerne a colecta de dados de forma a ajudar na pesquisa foi definido como universo 20 técnicos de área de electricidade e como amostra 10 técnicos e operadores de processo control ROM incluindo o superintendente de electricidade. Com base nos resultados obtidos concluiu-se que o uso de uma *soft-starter* é adequado para o problema apresentado, atendendo as características do Sistema.

Palavras-chave: *Soft starter*, bomba, injeção, motor, trifásico.

Abstract

The scientific research focuses on the topic of *Soft-starter* Drive Sizing for the operation of the water injection pump in the industrial process of the Sena Sugar Estate, located in Marromeu, Sofala Province. The study addressed the following problem: how to size a soft-starter drive that meets the technical, economic, and operational requirements of the water pumping system at Sena Sugar Estate, ensuring efficiency and sustainability in the production process? The specific objectives included comparing the current pump operation system at Sena Sugar Estate with more modern alternatives worldwide, as well as characterizing the functioning of the water injection pump at the company. The research aimed to answer key questions such as: What comparison can be made between Sena Sugar Estate's pump operation system and modern technologies used worldwide? What are the technical characteristics of the water injection pump, and how can the appropriate parameters for sizing the *soft-starter* drive be determined? To achieve these results, the applied research adopted a qualitative approach, supported by bibliographic studies, technical procedures, and data collection. The study universe included 20 professionals from the electricity sector, with a sample of 10 technicians and process control operators, including the electricity superintendent. The findings concluded that the use of a *soft-starter* drive is suitable for the presented problem, meeting the system's specific characteristics.

Keywords: *Soft-starter*, pump, injection, motor, three-phase

Lista de Figuras

Figura 1: motor de indução.	16
Figura 2: rotor bobinado	18
Figura 3: Rotor Gaiola de esquilo	19
Figura 4: Bomba de água F 640 TRV	20
Figura 5: diagrama de força e comando, partida direta	22
Figura 6: Comportamento da corrente na partida direta,	23
Figura 7: Comportamento da corrente no método estrela-triângulo.	24
Figura 8: esquema de comando da partida estrela-triângulo.	24
Figura 9: <i>Softstarter</i> SSW06 WEG.	25
Figura 10: Diagrama simplificado	24
Figura 11: Comparativo entre métodos de partida	28
Figura 12: ilustração dos componentes da <i>soft-starter</i>	29
Figura 13: motor de Inducao trifásico.....	39
Figura 14: Bomba centrifuga	39
Figura 15: piscina	40
Figura 16: casa das bombas.	40
Figura 17: Disjuntor Motor.	41
Figura 18: contactores	41

Lista de Tabelas

Tabela 1: Factor de multiplicação para dimensionamento de softstarter	30
Tabela 2: Dados da chapa característica do motor em estudo	40
Tabela 3: Estimativa orçamental.....	45

Lista de Abreviaturas e Siglas

A	Unidade de corrente (Ampere)
CA/AC	Corrente alternada
CC/DC	Corrente continua
$\text{Cos}\varphi$	Fator de potencia
CV	Cavalo vapor
Hz	Hertz
Ic	Corrente de chave
Ifusível	Corrente de fusível
In	Corrente nominal
Ip / Ioc	Corrente de partida
K	Factor de sobredimensionamento
m	Massa
MIT	Motor de indução trifásico
n	Número de rotações
P	Potencia
RPM	Rotações por minuto
SCRs/tr	Tiristores
U	Unidade de tensão (volts)

Á memoria de Filipe Luís

Ismael Uzoé

Agradecimento

Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar forças e perseverança para alcançar essa conquista.

Agradeço, especialmente, ao meu tutor, Igor Chandemba, por sua orientação, paciência e contribuições fundamentais ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, por serem minha base, sempre me apoiando em cada etapa da minha vida acadêmica e pessoal, e acreditando no meu potencial.

A realização deste trabalho de conclusão de curso foi possível graças ao apoio e dedicação de várias pessoas, às quais expresso minha profunda gratidão.

Ao meu namorado Belson Alfaiate, que esteve ao meu lado compartilhando momentos de dificuldades e conquistas, tornando essa jornada mais leve e gratificante. E a todos os Docentes do curso, que contribuíram com conhecimento e inspiração para o meu crescimento acadêmico

Por fim, sou grata a todas pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. A cada um, meu sincero agradecimento.

"Há uma grande diferença entre a vontade do homem e a vontade Deus. O que Deus põe, o homem não dispõe "

(Paulina Chiziane)

Capítulo I

1.Introdução

A busca por melhorias na eficiência operacional e na sustentabilidade dos processos industriais tem se tornado uma prioridade nas últimas décadas, impulsionada pela necessidade de redução de custos, aumento da produtividade e cumprimento de regulamentações ambientais mais rigorosas. Nesse contexto, o sector açucareiro, que desempenha um papel vital na economia de muitos países, incluindo Moçambique, enfrenta desafios contínuos para otimizar seus processos produtivos e reduzir o consumo de energia. A integração de tecnologias avançadas de controle, como os *drives soft-starter*, surge como uma solução viável para o aprimoramento das operações industriais, particularmente no accionamento de motores eléctricos utilizados em bombas de injeção de água.

O dimensionamento adequado de sistemas de partida de motores eléctricos é crucial para garantir a confiabilidade e a eficiência dos processos industriais. As *soft-starters* são dispositivos que permitem o controle gradual da tensão aplicada ao motor durante a partida, reduzindo significativamente os picos de corrente e os impactos mecânicos, o que contribui para a preservação da integridade dos componentes eletromecânicos e para a diminuição dos custos de manutenção. No caso específico da Companhia Sena, a aplicação de *soft-starters* no sistema de injeção de água não só otimiza o uso de energia, mas também melhora a estabilidade operacional, minimizando o desgaste dos equipamentos e prolongando sua vida útil.

A relevância do estudo apresentado nesta monografia reside na aplicação direta dos conceitos de engenharia eléctrica para resolver problemas práticos enfrentados pela indústria. A implementação de um *drive soft-starter* adequado ao sistema de bombeamento de água pode resultar em benefícios consideráveis, tais como: redução do consumo de energia eléctrica, diminuição do tempo de parada dos equipamentos, aumento da segurança operacional e melhoria na qualidade do produto final. Esses factores são essenciais para a competitividade da fabrica em um mercado global cada vez mais exigente e focado na sustentabilidade.

O trabalho tem como problema o seguinte: Como dimensionar um *drive soft-starter* que atenda às necessidades técnicas, económicas e operacionais do sistema de bombeamento de água na Companhia de Sena, garantindo eficiência e sustentabilidade no processo fabril? Para

responder essa pergunta de partida, levantou-se os seguintes objectivos: No que tange ao objectivo geral, elaborou-se o seguinte: Dimensionar um drive *soft-starter* para o sistema de bombeamento de água na Companhia de Sena, em Marromeu, província de Sofala, de forma a otimizar a eficiência energética, a confiabilidade operacional e a sustentabilidade do processo fabril. E para operacionalizar este objectivo apresentam-se dois objectivos específicos: comparar o accionamento existente na Companhia de Sena as outras mais modernas existentes no Mundo; Caracterizar o funcionamento de bomba de injeção de água da Companhia de Sena .

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, segundo Gil (2008) sugere que esta pesquisa adopte questões de pesquisa. Para isso levantou-se duas questões de pesquisa: Que comparação pode ser feita entre o accionamento existente na Companhia de Sena com as outras mais modernas existentes no Mundo? Quais são as características técnicas da bomba de água e os requisitos de operação para definir os parâmetros adequados para o dimensionamento do drive *soft-starter*? O presente estudo justifica-se pela relevância técnica e prática do dimensionamento de *drives soft-starters* em sistemas industriais, com foco na bomba de injeção de água, um componente crítico em processos fabris. Esta pesquisa no âmbito académico vai contribuir da seguinte maneira: o avanço no conhecimento técnico a pesquisa vai contribuir para aprimoramento de conhecimentos técnicos em engenharia eléctrica e mecânica especificamente na aplicação de tecnologia de accionamento industrial. No que diz respeito a pesquisa aplicada, ela fornece uma base para estudos sobre eficiência energética, controle de motores e automação industrial em processos fabris. A contribuição no âmbito social: neste âmbito destaca-se a sustentabilidade, para este sector a utilização de *soft-starter* pode reduzir o impacto ambiental ao melhorar a eficiência energética, contribuindo para praticas industrias mais sustentáveis; A contribuição no âmbito económico: neste âmbito destaca-se a redução de custos operacionais, ou seja, o uso de Drive *soft-starter* minimiza o consumo de energia e reduz o desgaste mecânico dos equipamentos, diminuindo custos de manutenção e operação; Aumento da produtividade, neste aspecto a automação e controle eficiente do sistema de bombeamento garantem maior confiabilidade no processo fabril, aumentando a produção e a receita da empresa. Competitividade industrial: nesta componente a adopção de tecnologias modernas posiona a companhia Sena de Marromeu como uma referência no sector, aumentando sua competitividade no mercado. Em suma, este tema é relevante não apenas para o aprimoramento técnico e

operacional da companhia Sena de Marromeu , mas também para o desenvolvimento sustentável e econômico da região onde está inserida.

A estrutura deste trabalho está organizada da seguinte forma: no capítulo I fez-se a Introdução, problematização, justificativa, objectivo geral, objectivo específico e questões de partida, no capítulo II são apresentadas teorias relativa ao tema em análise e sua contextualização, no capítulo III são apresentados processos metódicos, no capítulo IV são apresentados os resultados obtidos, no capítulo V é apresentada a discussão, no capítulo VI são apresentadas as conclusões e recomendações e seguidamente a apresentação de referências bibliográficas usadas para a materialização do presente trabalho

Capítulo II

2. Revisão da Literatura

2.1. Marco Conceptual

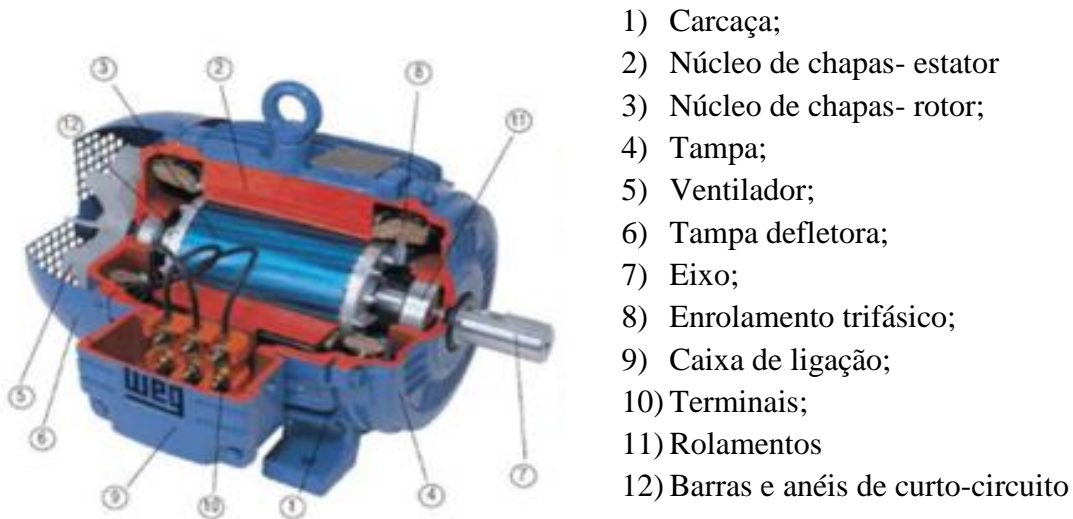
2.1.1. Motores de Indução

“O motor de indução trifásico é uma máquina eléctrica de corrente alternada, com o circuito eléctrico de uma parte ligado a um sistema de alimentação trifásico, e com o circuito eléctrico da outra parte submetido a fenómenos de indução magnética’. (Brito, 2007:10)

Respondendo por mais de 90% das cargas motoras instaladas nas indústrias, o motor de indução trifásico (MIT) é o mais utilizado de todas as máquinas rotativas que transformam energia eléctrica em mecânica. O seu elevado emprego se deve ao fato de possuir vantagens consideráveis em relação aos demais motores: maior robustez, baixo custo, facilidade na manutenção e simplicidade de controle (Falconi,1995 citado por Brito, 2007).

Na figura 1, pode ser visto um motor de indução.

Figura1: motor de indução.



Fonte: Santos (2016)

De acordo com Franchi (2008) o accionamento de máquinas e equipamentos mecânicos por motores eléctricos é um assunto de grande importância económica. Estima-se que o mercado mundial de motores eléctricos de todos os tipos seja da ordem de uma dezena de

bilhões de dólares por ano. No campo dos acionamentos industriais avalia-se que 70% a 80% de energia eléctrica consumida pelo conjunto de todas as indústrias seja transformada em energia mecânica por motores eléctricos.

Um dos momentos mais críticos é a partida de motores eléctricos, pós nesse momento, os motores solicitam uma corrente muito maior do que em serviço contínuo, devido a mudança de um estado de inércia do motor. A isso chamamos pico de corrente. No instante de partida, essa corrente costuma variar na faixa de seis a oito vezes a corrente nominal do motor. (Franchi, 2008)

2.1.2. Tipos de motores

Segundo Kardek (2015) “há um grande número de tipos de motores, mas podemos classificá-los em dois grandes grupos: corrente contínua e corrente alternada”.

a) Motor de corrente contínua

“Motores DC são comumente usados em aplicações que requerem alto torque em baixas velocidades e controle preciso de velocidade e direção. Eles são preferidos por sua capacidade de fornecer operação suave e ajustável, tornando-os ideais para cenários que exigem desempenho preciso e confiável.” (Chapman, 2011:22)

b) Motor de corrente alternada

Motores de corrente alternada (AC) são amplamente usados em aplicações industriais devido ao seu desempenho robusto e eficiência na conversão de energia eléctrica em energia mecânica. Eles estão disponíveis em vários tipos, incluindo motores síncronos e assíncronos (indução), cada um com características específicas adequadas a diferentes aplicações. (Hambley, 2013: 475)

2.1.3. Construção dos motores eléctricos

Segundo Santos (2016) O motor é constituído basicamente dos seguintes itens:

- Rotor: ligado ao eixo transmite a energia mecânica para a carga.

- Estator: contém as bobinas que geram os campos magnéticos do motor e o núcleo, conjunto de chapas metálicas que serve de estrutura de fixação das bobinas
- Ventilador: responsável por auxiliar a troca térmica do motor.
- Rolamentos: permitem que o eixo gire livremente com relação à carcaça, exibindo baixo atrito e pouco desgaste.

2.1.3.1. Rotor

O rotor é formado por pacote magnético cilíndrico, ranhurado, feito também de chapas de aço silício. É onde se desenvolve o torque. São usados dois tipos de construção.

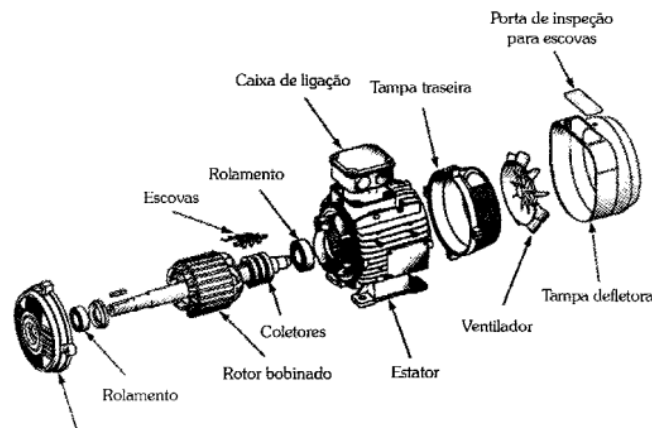
Os tipos são os que apresento abaixo:

a) Rotor bobinado

Neste caso o rotor possui ranhuras abertas que recebem os enrolamentos de armadura. Cada fase dos enrolamentos possui um dos terminais ligados a anéis montados no eixo

Para um sistema trifásico teremos:

Figura 2: rotor bobinado



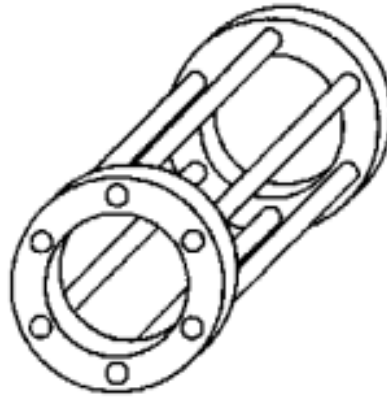
Fonte: Franchi (2008)

b) Rotor de Gaiola de Esquilo

As ranhuras são fechadas e nelas é injectado alumínio fundido, que, depois de resfriado, formarão barras condutoras no sentido axial. Estas barras têm seus terminais curto circuitados através de um anel, também fundido em alumínio.

Na figura 3, pode ser visto o rotor gaiola de esquilo.

Figura 3: Rotor Gaiola de esquilo



Fonte: Franchi (2008)

2.2. Desenvolvimento Circunstancial

2.2.1. Características técnicas do sistema de bombeamento de água

O sistema de bombeamento de água é essencial em diversos processos industriais, incluindo o abastecimento e a circulação de fluidos em plantas fabris. Ele é composto por componentes interligados, como motores eléctricos, bombas hidráulicas, válvulas e tubulações, que trabalham em conjunto para garantir a movimentação contínua e eficiente da água. Esses sistemas possuem características técnicas específicas que devem ser consideradas para garantir a adequação às demandas operacionais e a sustentabilidade das operações. Primeiramente, o motor eléctrico é o componente central do sistema, responsável por converter energia eléctrica em energia mecânica para o acionamento da bomba. A potência do motor deve ser dimensionada com base no volume e na pressão de água requerida, considerando fatores como perdas mecânicas e hidráulicas. Além disso, o tipo de motor (assíncrono ou síncrono) e o método de partida (partida directa, estrela-triângulo ou *soft-starter*) influenciam diretamente no desempenho e na eficiência do sistema (Mohan et al., 2017).

Na figura abaixo, pode ser visto um motor eléctrico acoplado a uma bomba.

Figura 4: Bomba de água F 640 TRV



Fonte: Empresa Flux, catalogo de produtos Flux

As bombas hidráulicas, por sua vez, são selecionadas de acordo com o tipo de fluido, vazão e altura manométrica necessária. No caso do bombeamento de água, as bombas centrífugas são amplamente utilizadas devido à sua eficiência e capacidade de operar em diferentes condições de carga. Essas bombas devem ser compatíveis com os requisitos do sistema, como a resistência à corrosão em ambientes industriais e a capacidade de lidar com variações na demanda (Kelemen & Brandstetter, 2018).

Outro aspecto técnico relevante é a rede de tubulações, que precisa ser projectada para minimizar perdas de carga e garantir o fluxo adequado. As dimensões, o material das tubulações e a presença de acessórios, como válvulas e filtros, impactam significativamente na eficiência do sistema. Válvulas de controle, por exemplo, ajudam a regular o fluxo e a pressão, enquanto filtros evitam o entupimento causado por partículas sólidas (Smith & Brown, 2019).

Por fim, o sistema de bombeamento deve ser projetado com foco na eficiência energética e na sustentabilidade. A implementação de soluções avançadas, como drives de partida suave e sistemas de monitoramento digital, permite otimizar o desempenho, prolongar a vida útil dos equipamentos e reduzir os custos operacionais. Em regiões remotas, como Marromeu, na província de Sofala, a confiabilidade desses sistemas é ainda mais crítica, uma vez que interrupções podem impactar significativamente a produção e a economia local (Mohan et al., 2017; IEA, 2020).

2.2.1.1. Tipos de bombas

1. Bomba centrífuga

- Fluido: Água, produtos químicos leves, solventes, combustíveis.
- Aplicação: Usada para movimentar líquidos de baixa viscosidade em processos como tratamento de água, refrigeração, sistemas de irrigação e transporte de produtos químicos.

2. Bomba de engrenagens

- Fluido: Óleos, combustíveis, lubrificantes.
- Aplicação: Comumente utilizada para fluidos viscosos como óleos e combustíveis em indústrias de petróleo, química e lubrificantes.

3. Bomba de diafragma

- Fluido: Produtos químicos corrosivos, lamas, líquidos com partículas suspensas.
- Aplicação: Usada na indústria química e de mineração, por sua capacidade de manusear fluidos corrosivos e abrasivos, além de fluidos de alta viscosidade.

4. Bomba de lóbulos

- Fluido: Produtos viscosos como mel, molhos, pastas.
- Aplicação: Indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética, pois preserva a integridade dos produtos sem danificar ou contaminar o fluido.

2.2.1.2. Requisitos de operação para definir os parâmetros adequados no dimensionamento do drive Soft-Starter

O dimensionamento de um drive *soft-starter* para motores eléctricos em sistemas industriais exige uma análise criteriosa dos requisitos operacionais, uma vez que esses dispositivos são responsáveis por garantir a eficiência e a segurança durante a partida do motor. O processo de dimensionamento deve considerar uma série de factores técnicos e operacionais

relacionados às características do sistema, às condições ambientais e às demandas específicas da aplicação.

2.2.2. Principais métodos de partida de motores eléctricos

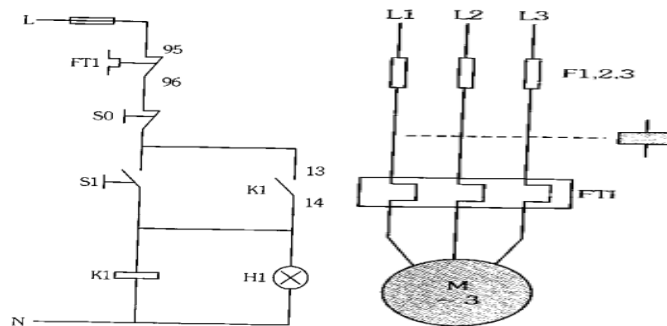
O accionamento de máquinas de indução trifásica é feito principalmente por métodos de partida directa e estrela-triângulo. No entanto, novas opções como chaves *softstarter* e inversores de frequência vêm surgindo no mercado com o avanço da tecnologia de componentes de estado sólido.

2.2.2.1. Partida directa

A partida directa é a forma mais simples de partir um motor eléctrico, na qual as três fases são ligadas directamente ao motor, ocorrendo um pico de corrente. Por imposição das concessionárias, só devem ser accionados motores abaixo de 5CV no ambiente comercial e rural e abaixo de 10CV no contexto industrial. Franchi (2008).

Segundo Moraes (2015) Ao acionar motores por partida directa, a corrente de pico pode ser de 6 a 8 vezes a corrente nominal do motor. Quedas de tensão e mau funcionamento de outros equipamentos conectados à rede são alguns dos problemas que podem surgir no sistema eléctrico de alimentação. Assim, as concessionárias aconselham o accionamento de máquinas por partida directa para motores de até 10CV.

Figura 5: diagrama de força e comando, partida directa

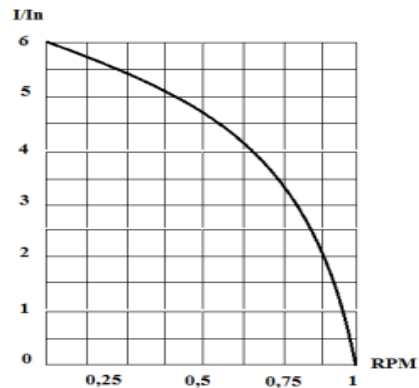


Fonte: Franchi (2008)

A ligação da rede eléctrica para o motor é feita de maneira directa passando apenas por meio de uma contatora chamada K1. Esse contator é responsável por ligar a rede de alimentação ao motor. O método de partida directa é normalmente utilizado em

máquinas que precisam de um elevado conjugado de partida. Abaixo podemos visualizar o comportamento da corrente de pico no momento da partida do motor. Podemos notar que a corrente de pico é de 6 vezes o valor da corrente nominal, e a medida que o motor vai ganhando velocidade, a corrente diminui até atingir seu valor de regime. Moras (2015)

Figura 6: Comportamento da corrente na partida direta,



Fonte: Franchi (2008)

2.2.2.2. Estrela-triângulo

A partida estrela-triângulo consiste na ligação do motor em configuração estrela, e depois de ter decorrido um certo tempo, que é programado no temporizador, o motor é automaticamente ligado em triângulo. O motor parte em estrela, isto é, com 58% da tensão nominal nas bobinas e depois é ligado com tensão nominal. Esse método de partida proporciona uma diminuição da corrente de partida em aproximadamente 33% de seu valor nominal. (Franchi, 2008).

Esse método de partida deve ser usado em aplicações onde o conjugado resistente da carga é menor ou igual ao conjugado do motor quando este é ligado em estrela. Entretanto, a partida estrela-triângulo é usada quase que exclusivamente para partida de máquinas a vazio, pois já que a corrente de partida é reduzida no momento da partida, o conjugado do motor também é reduzido na mesma proporção, perdendo assim parte de seu conjugado (Franchi, 2008).

Ao usar esse método de partida, o motor pode atingir sua velocidade nominal em segundos, semelhante à partida directa, desde que o conjugado do motor seja significativamente maior do que o conjugado resistente à carga. Usando o método de partida estrela-triângulo, podemos ver o comportamento da corrente de partida do motor na figura abaixo.

2.2.2.3. Softstarter

As chaves de partida *softstarter* são destinadas ao comando de motores de corrente contínua e corrente alternada assegurando a aceleração e desaceleração progressiva e permitindo uma adaptação de velocidade as condições de operação. (Franchi, 2008).

Na figura 9, pode ser visto *Softstarter* SSW06 WEG

Figura 9: Softstarter SSW06 WEG.



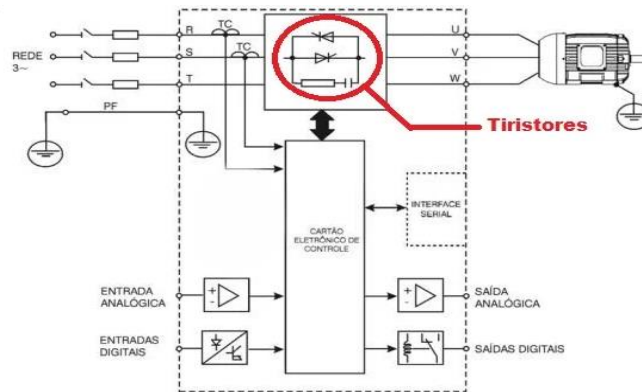
Fonte: Brito (2007)

2.2.2.3.1. Definição operacional de drive Soft-Starter

Para efeito deste trabalho, o conceito drive *soft-starter* é definido como um dispositivo electrónico projectado para controlar a partida de motores eléctricos de forma gradual, utilizando tecnologia baseada em tiristores para ajustar a tensão de alimentação durante o processo de aceleração. Essa abordagem reduz os picos de corrente e o torque de partida, minimizando impactos mecânicos nos sistemas acoplados e prolongando a vida útil do equipamento. Além disso, os soft-starters são amplamente utilizados em aplicações industriais, pois proporcionam maior eficiência operacional, redução de desgastes e economia de energia, contribuindo para a sustentabilidade e confiabilidade dos processos fabris.

Segundo Marco (2015) A alimentação do motor, quando é colocado em funcionamento, é feita por aumento progressivo da tensão, o que permite uma partida sem golpes e reduz o pico de corrente. Isto e obtido por intermédio de um conversor com tiristores em antiparalelo, montados de dois a dois em cada fase da rede.

Figura 10: Diagrama simplificado



. Fonte: Franchi, 2008

Segundo Frenchi (2008) A subida progressiva da tensão pode ser controlada pela rampa de aceleração ou dependente do valor da corrente de limitação a esses dois parâmetros. Assim, a *Soft starter* assegura:

- Controle das características de funcionamento, principalmente durante os períodos de partida e de parada;
- A protecção térmica do motor e controlador;
- A protecção mecânica da máquina movimentada por supressão dos golpes e redução da corrente de partida.

2.2.2.4.Princípio de funcionamento

O Funcionamento das *softstarter* está baseado na utilização de SCRs (tiristores), ou melhor, de uma ponte tiristorizada na configuração antiparalelo, que e comandada por uma placa eletrônica de controle, a fim de ajustar a tensão de saída, conforme programação feita pelo usuário. (Franchi, 2008).

A corrente de partida do motor diminui significativamente à medida que o motor acelera lentamente. Nesse caso, a corrente aumenta em conjunto com a tensão, ou seja, cresce em formato de rampa e diminui até atingir o valor de regime à medida que o motor aumenta de velocidade.

2.2.2.5. Aplicações e benefícios

Alguns benefícios relevantes das chaves softstarter são:

Um dos grandes benefícios da partida de motores por meio das chaves *softstarter*, é o Diagnósticos de falha com salvamento de tensão, corrente e estado da *soft starter* na actuação do erro, protecção eletrónica integral do motor, relé térmico eletrónico incorporado, função kickstart para partida de cargas com elevado atrito estático, bypass incorporado à soft-starter (10 a 820 A), entrada para PTC do motor, eliminação de choques mecânicos, redução acentuada dos esforços sobre os acoplamentos e dispositivos de transmissão (redutores, polias, engrenagens, correias, entre outros), aumento da vida útil do motor e equipamentos, facilidade de operação, programação e manutenção via interface homem-máquina, troca do sentido de giro, operação em ambientes de até 55 °C (com redução de corrente para modelos de 10 A a 820 A), (Weg, 2014: 2).

Aumenta significativamente a vida útil dos motores e, quando usado para acionar bombas, também aumenta a vida útil da tubulação hidráulica onde as bombas estão inseridas. Isso se deve ao facto de que ao accionar as bombas hidráulicas lentamente por meio de um *softstarter*, evita-se o fenómeno conhecido como golpe de aríete, que é um aumento abrupto da pressão na tubulação que é extremamente prejudicial ao circuito hidráulico. (Marco, 2015)

“Os *soft-starters* podem ser utilizados nas mais diversas aplicações, porém, três delas são clássicas: bombas; compressores; e ventiladores. Cabe lembrar, entretanto, que o *soft starter* não melhora o factor de potência e também gera harmónicos, como qualquer outro dispositivo de acionamento estático”. (Brito, 2007)

2.2.2.6. Comparação com outros métodos de partida

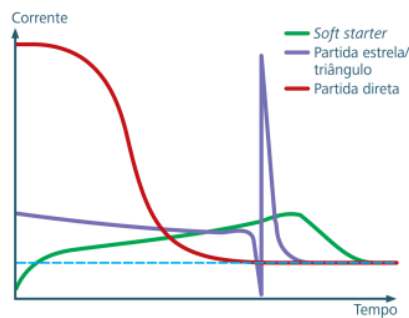
Segundo Brito (2007:5) A popularização da tecnologia e a crescente necessidade de sistemas confiáveis estão impulsionando o uso de *soft-starters*. Esse equipamento é usado em

compressores, ar-condicionados e refrigeração industrial, principalmente quando conectados a fontes de alimentação não confiáveis ou fracas.

Em vez de usar métodos como estrela-triângulo, chave compensadora ou partida directa, os *soft-starters* são usados principalmente para partidas de motores de indução CA (corrente alternada) tipo gaiola. É bom porque evita trancos no sistema, limita a corrente de partida, evita picos de corrente e inclui protecções e parada suave.

Na figura abaixo, pode ser visto o gráfico comparativo entre métodos de partida.

Figura 11: Comparativo entre métodos de partida.



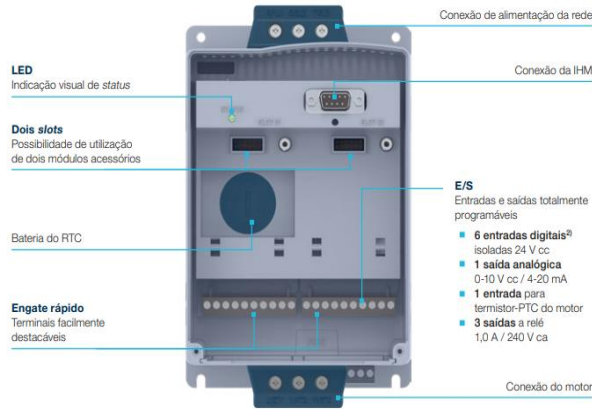
Fonte: Alan Kardek (2015)

Estas chaves contribuem para a redução dos esforços sobre acoplamentos e dispositivos de transmissão durante as partidas e para o aumento da vida útil do motor e equipamentos mecânicos da máquina acionada, devido à eliminação de choques mecânicos. Também contribui para a economia de energia, sendo muito utilizada em sistemas de refrigeração e em bombeamento. A aplicação de microprocessadores se expande vertiginosamente com o passar do tempo. Uma das causas da grande expansão do uso de microprocessadores é o seu custo reduzido. (Alan, 2015)

2.2.2.7. Recursos de um *Soft- Starter*

Os *soft-starters* existentes no mercado (fabricados pela WEG, SIEMENS e outras) são equipados com interfaces homem-máquina, ou painel de LEDs para informar o status do sistema.

Figura 12: ilustração dos componentes da *soft-starter*



Fonte: Brito (2007)

Quanto aos recursos que um *soft-starter* deve ter, os mais importantes são:

- protecção do motor;
- Circuitos de economia de energia.

2.2.2.8. Protecção do motor e economia de energia

Normalmente, esses equipamentos também possuem relés electrónicos de sobrecarga. Durante o tempo de operação (t_r), um relé electrónico de carga entra em operação quando necessário, o dispositivo pode ser configurado para dar protecção tanto para sobre correntes (I_{oc}) quanto para sub-correntes (I_{uc}). Quando possível, utilizar para partidas de motores chaves *soft-starter* que possibilitem o ajuste do torque do motor às necessidades torque da carga, de modo que a corrente absorvida será a mínima necessária para acelerar a carga. (Brito, 2007)

A maioria dos *soft-starters* modernos tem um circuito de economia de energia. Essa facilidade reduz a tensão aplicada para motores a vazio, diminuindo as perdas no entreferro, que são a maior parcela de perda nos motores com baixas cargas. Uma economia significativa pode ser experimentada para motores que operam com cargas de até 50% da potência do motor. Entretanto, essa função gera correntes harmónicas indesejáveis na rede, devido a abertura do ângulo de condução para diminuição da tensão. (Brito, 2007)

2.3. Marco Teorico

2.3.1. Selecção do factor de multiplicação

A tabela abaixo é usada para determinar o factor de multiplicação adequado ao dimensionar um *soft-starter* para diferentes tipos de máquinas e cargas. cujas características são apresentadas na tabela a seguir e podem ser encontradas no anexo I.

Tabela 1: Factor de multiplicação para dimensionamento de softstarter

Aplicação	Tipo de carga	Inercia	Factor de multiplicação
Bomba centrifuga	Baixa	Baixa	1.0
Compressores (Parafuso)	Baixa	Baixa	1.0
Compressores (Alternativos)	Media	Baixa	1.0
Ventiladores	Quadratico	Media / Alta	1.2 a 1.5
Misturadores	Media	Media	1.5 a 1.8
Moinhos	Media/ Alta	Media	1.8 a 2.0
Transportadores	Media /Alta	Alta	1.8 a 2.0

Fonte: WEG (2022)

2.3.2. Critérios de seleção da *soft starter*

Segeundo Weg (2022). A escolha da *soft starter* deve ser orientada pelos seguintes critérios:

- Capacidade de Corrente: A *soft starter* seleccionada deve suportar uma corrente nominal superior à do motor para garantir um funcionamento seguro.
- Compatibilidade de tensão: Como o motor opera a 400 V, a *soft starter* deve ser compatível com essa tensão de alimentação.
- Características adicionais: Também são considerados outros aspectos como:

1. Tempo de Rampa: A capacidade de ajuste do tempo de rampa de partida e parada é fundamental para controlar a aceleração e desaceleração do motor de forma suave, minimizando impactos mecânicos e eléctricos.

2. Proteções Integradas: A *soft starter* deve incluir proteções contra sobrecorrente, subtensão e falhas de fase para garantir a integridade do sistema.

2.4. Algoritmo de Calculo

2.4.1. Protecções contra sobre carga e curto-circuito

De acordo com a norma IEC 60947-4-2, o dimensionamento da *Soft-starter* deve considerar as protecções contra sobre carga e curto-circuito.

Para o cálculo da corrente de chave (*soft-starter*) usa-se a fórmula seguinte:

$$I_c = I_n \times \text{factor de multiplicação} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

I_c - corrente de chave

I_n -Corrente nominal

Enquanto que para o cálculo da corrente do fusível, usa-se a fórmula abaixo:

$$I_{\text{fusivel}} = K \times I_n \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

I_{fusivel} – corrente de fusível;

K - factor de sobredimensionamento;

Já para o cálculo da corrente do disjuntor usa-se a fórmula seguinte:

$$I = K \times I_n \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

I_n – corrente nominal;

K - factor de sobredimensionamento.

2.5. Marco referencial

2.5.1. Estudos Empíricos Internacionais

- Almeida, J. S., & Costa, R. M. (2017). *Análise da eficiência energética em sistemas de bombeamento: Estudo de caso em uma indústria de açúcar e álcool*. Este estudo de caso na indústria de açúcar e álcool no Brasil analisou a eficiência energética dos sistemas de bombeamento. A implementação de *soft-starters* resultou em uma redução de 20 por cento no consumo energético e melhorou a durabilidade dos equipamentos. Referência: Almeida, J. S., & Costa, R. M. (2017). Análise da eficiência energética em sistemas de bombeamento: Estudo de caso em uma indústria de açúcar e álcool. *Revista Brasileira de Energia*, 23(1), 45-58.
- Silva, F. R., & Pereira, L. A. (2019). *Efeito da utilização de soft-starters na eficiência energética e na redução de custos operacionais em indústrias de papel e celulose*. Este estudo examinou o efeito da utilização de drives *soft-starters* em uma indústria de papel e celulose no Brasil. Os resultados mostraram uma redução de 15 por cento nos custos operacionais e uma melhoria significativa na eficiência energética. Referência: Silva, F. R., & Pereira, L. A. (2019). Efeito da utilização de *soft-starters* na eficiência energética e na redução de custos operacionais em indústrias de papel e celulose. *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia e Tecnologia*, 7(1), 133-141.
- Kumar, A., & Kumar, P. (2018). *Analysis of energy efficiency in the manufacturing sector: A case study of a textile industry in India*. Este estudo investigou as práticas de eficiência energética em uma indústria têxtil na Índia, destacando a implementação de tecnologias como drives *soft-starters*. Os resultados mostraram uma redução de 25% no consumo de energia e uma melhoria significativa na eficiência operacional. Referência: Kumar, A., & Kumar, P. (2018). *Analysis of energy efficiency in the manufacturing sector: A case study of a textile industry in India*. *Energy Reports*, 4, 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2018.08.001>

Capítulo III

3. Metodologia

Na primeira fase do desenvolvimento da monografia, a pesquisadora fez o uso do método de observação directa do campo (fábrica) auxiliada por entrevistas aos técnicos, operadores de processs *control Rom* e superintendente de electricidade , para melhor compreender o processo de produção, as necessidades, os problemas, as causas, e até as possíveis soluções do tema em estudo.

A pesquisa de campo teve como objectivo a identificação de meios que facilitem a tradução do problema, a colecta de dados e análise de pontos de melhoria para o estudo de caso.

3.1. Tipo de investigação

3.1.1. Tipo de pesquisa quanto a natureza

Para esta monografia foi utilizada pesquisa aplicada. Gil (2010:26)” destaca que a pesquisa aplicada abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem”.

3.1.2 Tipo de pesquisa quanto a abordagem

Quanto a forma de abordagem, pode ser definida como de ordem qualitativa, pois esta examina evidências baseadas não só em dados verbais e visuais para entender um fenómeno em profundidade. Portanto, seus resultados surgem de dados empíricos, colectados de forma sistemática

3.1.3 Tipo de pesquisa quanto aos objectivos

Para esta monografia, foi utilizada a pesquisa exploratória;

Pesquisa exploratória enquadram-se na categoria dos estudos exploratórios todos aqueles que buscam descobrir ideias e intuições, na tentativa de adquirir maior familiaridade com o fenómeno pesquisado. Nem sempre há a necessidade de formulação de hipóteses nesses estudos. Eles possibilitam

aumentar o conhecimento do pesquisador sobre os factos, permitindo a formulação mais precisa de problemas, criar novas hipóteses e realizar novas pesquisas mais estruturadas. Nesta situação, o planeamento da pesquisa necessita ser flexível o bastante para permitir a análise dos vários aspectos relacionados com o fenómeno. (Sellitz et al. 1965:102)

3.1.4. Tipo de pesquisa quanto aos procedimentos de colecta de dados

Para colecta de dados foi feita a pesquisa bibliográfica, segundo vergara (2000:53), "a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos e é importante para o levantamento de informações básicas sobre os aspectos directa e indirectamente ligados à nossa temática".

A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no facto de fornecer ao investigador um instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma.

Usar-se o método de observação que segundo Marconi & Lakatos, (1996:90) "Como a maioria das técnicas de pesquisa, a observação sempre deve ser utilizada juntamente com outra técnica de pesquisa, pois, do ponto de vista científico, essa técnica possui vantagens e limitações que podem ser administradas com o uso concorrente de outras técnicas de pesquisa".

Seguindo também de uma entrevista que de acordo com Gil (1999:102), "a entrevista é uma das técnicas de colecta de dados mais utilizadas nas pesquisas sociais. Esta técnica de colecta de dados é bastante adequada para a obtenção de informações acerca do que as pessoas sabem, crêem, esperam e desejam, assim como suas razões para cada resposta".

3.2. Universo e amostra

3.2.1. Universo

De acordo com Marconi & Lakatos (2003:63) "o universo ou população da pesquisa é caracterizado pela definição da área ou população-alvo, descrevendo a quantidade de pessoas que actuam na pesquisa".

Para realização desta pesquisa foi considerado como universo 20 técnicos e especialistas da área.

3.2.2. Amostra

De acordo com vergara (2010) “amostra ou população amostral, é uma parte do universo escolhida segundo algum critério de representatividade”. Assim, a amostra objectiva extrair um subconjunto da população que é representativo nas principais áreas de interesse da pesquisa.

Para esta monografia foi considerada uma amostra de dez (10) pessoas compreendidas entre 18 a 60 anos de idade, ao seleccionar 10 pessoas, entre técnicos e especialistas como amostra da pesquisa, buscou-se representar uma variedade de perspectivas e experiências dentro do universo. Cada participante foi escolhido cuidadosamente com base em sua experiência e capacidade de contribuir significativamente para a pesquisa.

3.3. Instrumentos

No que a recolha de dados diz respeito, este processo consistiu em recolher de forma sistemática a informação desejada junto dos participantes, com a ajuda dos instrumentos de pesquisa escolhidos para este fim. Para isso foi usado o guia de entrevista como instrumento de pesquisa para obter dados primários, o que, na opinião de De Freitas e Prodanov (2013), é um instrumento que permite obter informações de um entrevistado sobre um determinado assunto ou problema em que o entrevistador segue um guião pré-estabelecido e tem a possibilidade de comparar grupos de respostas (De Freitas & Prodanov, 2013). O guião de entrevista estruturada provou ser um instrumento adequado para a recolha de dados na empresa, no total de dez (10) entrevistados.

Antes de empreender a recolha de dados, foram efectuadas certas diligências. Estas diligências comportaram-se na identificação de empresas, a aprovação da comissão de ética da pesquisa da empresa em questão, as decisões no que toca ao desenrolar da recolha da informação e, por fim, a avaliação dos potenciais problemas (Fortin, 2009). Para proceder-se à fase da recolha de dados foi solicitada autorização ao Conselho de Administração da empresa onde se realizou o presente estudo. Após a sua obtenção foi efectuado o contacto com os responsáveis da empresa.

Nesta pesquisa foram respeitados diversos princípios éticos. Foi tida em consideração a utilidade do estudo para a sociedade e a sua aceitação. Foram respeitados os direitos dos intervenientes, mantendo-os informados sobre todos os aspectos que englobam o estudo

(finalidades, natureza do estudo, voluntariedade para participar, confidencialidade). Os participantes foram de igual modo informados que poderiam desistir a qualquer momento do estudo, recusar responder a alguma questão que lhes causasse constrangimento de qualquer natureza, que a identidade, como já referido, não seria revelada e que no caso de desejarem seriam informados dos resultados obtidos, independentemente de deixarem ou não de participar no mesmo. Solicitou-se a assinatura de um consentimento livre e esclarecido.

3.4. Procedimentos técnicos e administrativos

Para a realização da pesquisa, primeiro fez-se uma credencial para que a autora da pesquisa pudesse trabalhar de forma a não trazer problemas posteriores.

Para colecta de dados efectou-se entrevista aos técnicos e especialistas, em um número de 10 pessoas compreendidas entre 18 a 60 anos de idade. Usou-se o método de observação directa e indirecta: consiste em vivenciar os factos na realidade, onde se fez a recolha a partir de contacto directo com os envolvidos no processo e com auxílio dos instrumentos ou técnicas apropriado (a)s.

Para o dimensionamento do *soft starter*, foi realizada uma revisão bibliográfica que consistiu em buscar informações a partir de materiais já publicados, constituído principalmente de livros, artigos periódicos, monografias, dissertações assim como material disponível na internet relacionados ao dimensionamento de *soft starter*.

Capítulo IV

4. Resultados

Neste capítulo foram discutidos os principais resultados desta pesquisa. Assim, tendo como base a revisão bibliográfica e os dados recolhidos através das entrevistas, procurou-se analisar e reflectir em torno da utilidade das demonstrações financeiras para os gestores: Estudo de caso (2021-2024) Açucareira de Marromeu (companhia de Sena).

4.1 Caracterização do local de estudo (Companhia de Sena, Marromeu)

A Companhia de Sena, localizada em Marromeu, Moçambique, é uma das maiores empresas agroindustriais do país, especializada na produção de açúcar. A região de Marromeu situa-se na província de Sofala, às margens do rio Zambeze, e possui uma rica história ligada à exploração de recursos naturais e actividades agrícolas.

i. **Localização geográfica:**

Marromeu está situada em uma região de planície, com solos férteis propícios para a agricultura, especialmente a produção de cana-de-açúcar. O rio Zambeze desempenha um papel crucial no abastecimento de água para a irrigação e no transporte.

ii. **Clima:**

Clima tropical húmido, com estação chuvosa bem definida entre novembro e abril, favorecendo o cultivo agrícola. Temperaturas médias anuais variam entre 24°C e 30°C.

iii. **Histórico e contexto econômico:**

A Companhia de Sena foi estabelecida no período colonial português, chamada Sena Sugar State Lda e, após a independência de Moçambique, passou por períodos de declínio e revitalização e mudou de nome para Companhia Sena. Actualmente, a empresa é uma das maiores empregadoras locais, impulsionando a economia da região.

iv. **Infraestrutura:**

A infraestrutura em Marromeu é limitada, mas inclui estradas e sistemas de transporte fluvial devido à proximidade com o rio Zambeze. A Companhia de Sena possui instalações industriais significativas, incluindo usinas de processamento de açúcar e sistemas de irrigação.

v. **Aspectos sociais:**

A população local é predominantemente rural, com a economia voltada para a agricultura e actividades relacionadas à indústria açucareira. Há desafios sociais relacionados ao acesso à saúde, educação e saneamento básico.

4.1.1. Sistema actual

A bomba em estudo é uma bomba centrífuga que está acoplada a um motor de indução trifásico com o rotor tipo gaiola de esquilo. Este sistema é responsável pelo processo de sucção da água na piscina que é utilizada nos condensadores dos cozedores a vácuo e essa água também vai para a estação de tratamento de água (ETA). Cujos detalhes técnicos são apresentados na tabela 2.

Figura 13: motor de indução trifásico



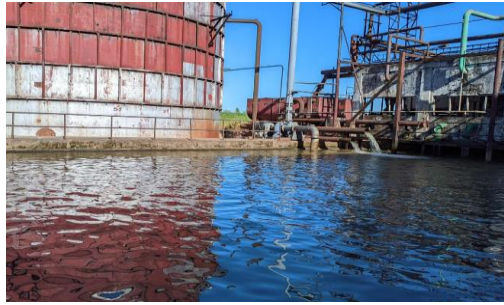
Fonte: Autora 2024

Figura 14: Bomba centrífuga



Fonte: Autora 2024

Figura 15: piscina



Fonte: Autora (2024)

Figura 16: casa das bombas.



Fonte: Autora (2024)

Tabela 2: Dados da chapa característica do motor em estudo

Descrição	Símbolo	Valor	Unidade
Potência	P	225	Quilowatts (kW)
Tensão nominal	V	400	Volts (V)
Frequência	Hz	50	Hertz (Hz)
Factor de potencia	$\text{Cos}\phi$	0.87	-
Corrente nominal	A	405	Ampère
Grau de protecção	I_p	55	-
Tipo de conexão	-	Delta	-
Velocidade de rotação	N	990	Rotações por minuto (rpm)
Massa	M	1930	Quilo Gramas (kg)

Fonte: Autora (2024)

- Descrição do quadro eléctrico actual (Y-D)

O sistema actual é composto por diversos componentes essenciais para controle, protecção e automação do sistema industrial, relacionado ao acionamento e monitoramento de motores eléctricos de alta potência.

Nas figuras abaixo, podem ser vistos alguns desses componentes.

Figura 17: Disjuntor Motor.



Fonte: Autora (2024)

Figura 18: contactores



Fonte: Autor (2024)

4.2. Dimensionamento do fusível

$$I_{\text{fusível}} = K \times I_n$$

Comentário 1: considerando que se fara uso de uma *soft-starter*, o factor de superdimensionamento pode ser mais baixo, na faixa de 1,25 a 1,5 vezes a corrente nominal.

Factor de Sobredimensionamento $K= 1.25$

$$I_f = I_L / \sqrt{3}$$

$$I_L = I_n$$

$$I_f = \frac{405}{\sqrt{3}} = 405 \times 0.58 = 234.9\text{A}$$

$$I_{\text{fusível}} = 234.94 \times 1.25 = 293,68 \text{ A}$$

Comentario 2: Na procura pelo equipamento com as características mais próximas, encontra-se o fusível da marca WEG, classe gG de efeito retardado tipo NH contacto Faca de 350A, possuem preenchimento com areia de quartzo impregnada, elemento fusível em prata pura e terminais/facas em cobre revestido com prata. Esta construção proporciona óptimo isolamento eléctrico, robustez mecânica, capacidade de resistência contra choques térmicos durante o desligamento do fusível e valores de i^2t reduzidos. Cujo as suas características tecnicas podem ser encontradas no anexo III.

4.3. Dimensionamento do disjuntor motor

Ao instalar uma *soft-starter*, é crucial substituir o disjuntor devido às variações nas correntes de partida e na protecção requerida pelo novo sistema. A *Soft starter* diminui os picos de corrente durante a partida, tornando o disjuntor original, projectado para lidar com os altos picos de corrente do método estrela-triângulo, inapropriado. O redimensionamento do disjuntor é necessário para proporcionar uma protecção apropriada contra sobrecargas e curtos-circuitos nas novas circunstâncias operacionais, que requerem um factor de superdimensionamento reduzido.

$$I = K \times I_n$$

$$I = 1.5 \times 405 = 607.5 \text{ A}$$

$$I = 607.5 \text{ A}$$

Na procura pelo equipamento com as características mais próximas, encontra-se o disjuntor motor P630 LSI 4P-4D 630A 40kAHNW631JR , cujo as suas características técnicas podem ser encontradas no anexo II.

4.4. Dimensionamento da *Soft-Starter*

Comentário 3: Para o dimensionamento de uma *soft starter* para o motor especificado, iniciou-se o processo colectando as informações técnicas disponíveis na placa de identificação do motor. Essas informações são cruciais para garantir que a *soft starter* escolhida seja adequada para as características operacionais do motor.

Dados:

$$P = 225 \text{ KW}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\text{Cos}\phi = 0.87$$

$$I_n = 405 \text{ A}$$

4.5. Cálculo da corrente da chave (*Soft-Starter*)

$$I_c = I_n \times \text{factor de multiplicação}$$

$$I_c = 405 \times 1.0 = 405 \text{ A}$$

Comentário 4: Com os parâmetros definidos, optou-se por considerar o modelo SSW900 de 480 A, a *Soft-Starter* SSW900-480 A é um produto de alta performance o qual permite o controle da partida de motores de indução trifásicos. Desta forma evitam-se choques mecânicos na carga e surtos de corrente na rede de alimentação. Uma das principais características deste produto é a grande robustez nas técnicas de detecção de erros e falhas na rede de alimentação e conexões. Cujas suas características técnicas podem ser encontradas no Anexo V

4.6. Rampa de aceleração

- Tempo de rampa: 10 segundos (ajustável)
- Tensão aplicada gradualmente ao longo de 10 segundos

Comentário 5: Com esse ajuste, o motor terá uma partida suave, evitando picos de corrente que possam sobrecarregar a rede eléctrica e os componentes da instalação.

4.7. Instalação e conexão

A localização da *Soft-Starter* SSW90-.480 A é factor determinante para a obtenção de um funcionamento correcto e assegurar a vida útil de seus componentes.

- Exposição directa a raios solares, chuva, humidade excessiva;
- Gases e líquidos explosivos ou corrosivos;
- Vibração excessiva, poeira ou partículas metálicas e/ou óleos suspensos no ar.

Comentário 6: A *soft-starter* será instalado no painel de MCC das bombas, observando protecção em relação a todos os pontos mencionados.

Seleção do cabo:

Comentário 7: Por motivos de contenção de custos farei uso do mesmo cabo usado actualmente na partida estrela-triângulo.

Características do cabo:

- Cabos de cobre com isolamento de PVC 70°C, temperatura ambiente de 40°C
- Secção: 240mm²
- Cabo de terra 120mm²

4.8. Condições ambientais permitidas:

- Temperatura: 0°C a 55°C - Condições nominais para os modelos de 10A a 820A; Redução da corrente em 2% para cada grau celsius superior ao especificado nas condições nominais;
- Humidade relativa do ar: 5% a 90% sem condensação;
- Altitude máxima: 1000m acima do nível do mar - condições nominais. De 1000m a 4000m acima do nível do mar - redução da corrente de 1% para cada 100m acima de 1000m. De 2000m a 4000m acima do nível do mar - redução de tensão de 1,1% para cada 100m acima de 2000m

Comentário 8: Os MCC em que serão instaladas a *soft-starter* são climatizadas a 18 °C.

4.9. Estimativa orçamental

Tabela 3: estimativa orçamental

Componente	Quantidade	Fornecedor	Preço unitário (Mt)	Preço Total (Mt)
Soft-starter	1	WEG	464.719,14	464.719,14
Fusível	3	WEG	2500,00	7.500,00
Disjuntor motor	1	Hager	12.000,00	12.000,00
Botão de ligar	1	Fornecedor local	350,00	350,00
Botão de Desligar	1	Fornecedor local	350,00	350,00
Material				484 919,14
Outros acessórios				96 983,83
Mão de obra				174 570,89
Total				756 473,86

Fonte: Autora (2024)

4.10. Visão geral dos aspectos económicos

1. Custos de implementação

- Componentes principais: Com base na tabela anterior, os componentes essenciais totalizam aproximadamente 484 919,14. Mt
- Outros acessórios: esses acessórios incluem elementos como cabos, conectores, suporte e parafusos, embora não sejam os principais, são essenciais para garantir a integridade, segurança e funcionamento adequado da instalação. Com base na tabela anterior, os componentes essenciais totalizam 96 983,83 Mt
- Instalação e mão de obra: Considerando a necessidade de profissionais especializados para a instalação e configuração do sistema, estima-se um custo adicional de 174 570,89 Mt
- Total de custos iniciais estimados: 756 473,86 Mt

2. Benefícios económicos

A instalação de uma *soft-starter* traz vários benefícios económicos que se traduzem em economias de médio e longo prazo:

- Redução de picos de corrente: Com a *soft-starter*, o motor não atinge picos de corrente excessivos na partida. Isso diminui o consumo de energia durante a partida, o que resulta em economias directas na factura de electricidade. A economia esperada pode chegar a 10-15% do consumo de energia durante o ciclo de operação.
- Menor custo de manutenção: A partida suave reduz o desgaste mecânico, estendendo a vida útil dos componentes mecânicos e eléctricos. Espera-se uma redução de 20-30% nos custos de manutenção, com menos necessidade de substituir peças como fusíveis e contactores.
- Aumento da vida útil do equipamento: Com a partida controlada, o motor e o sistema de bombeamento estão menos sujeitos a desgastes e falhas. Isso evita substituições de equipamentos caros, resultando em economias significativas ao longo dos anos.
- Maior estabilidade e redução de paradas não programadas: Com a protecção adicional fornecida pela *soft-starter*, o sistema é mais estável e menos sujeito a falhas, o que garante a continuidade das operações e evita interrupções. Paradas não programadas podem ser caras, custando milhares de meticais por hora dependendo da criticidade do sistema.

3. Constatações

A análise económica mostra que o investimento em uma *soft-starter* é vantajoso financeiramente, especialmente para sistemas industriais que operam com motores de alta potência, como o de uma bomba de injeção de água. Além dos benefícios económicos directos, há também ganhos operacionais, ambientais e de segurança que justificam o investimento e promovem uma operação mais sustentável e económica para o sistema.

4.11. Entrevista dirigida aos técnicos e especialistas da Açucareira de Marromeu (companhia de sena)

Na colheita de dados usou-se a entrevista, tendo deste modo colhido diferentes opiniões acerca do estudo em causa, nesta secção vamos abordar a respeito dos dados massivos colhidos no campo.

1. Qual é a sua avaliação sobre a eficiência do sistema actual de partida estrela-triângulo?

Técnico 1: respondeu dizendo “o sistema é funcional, mas os constantes desgastes dos contactores resultam em paradas frequentes”. Estes posicionamentos, encontram sustentação em Franchi (2008) reforça a ideia que , “os métodos de partida tradicionais frequentemente geram elevados picos de corrente, contribuindo para o desgaste acelerado dos componentes eléctricos e mecânicos”.

Para técnico 2 , sobre a mesma questão respondeu: “A eficiência é baixa devido ao alto consumo de energia e à necessidade de ajustes frequentes”. Estes posicionamentos, encontram sustentação em Brito (2007) afirma que “a falta de automação aumenta os custos operacionais e reduz a eficiência geral do sistema”.

Já para o técnico 3, sobre a mesma questão respondeu: “É inadequado para motores de alta potência, resultando em alto impacto mecânico”. Estes posicionamentos, encontram suporte em Morais (2015) destaca que “sistemas estrela-triângulo não são recomendados para motores de grande porte devido à limitação no controle de picos de corrente”.

O técnico 4 respondeu: “O sistema actual apresenta problemas de confiabilidade, especialmente durante a partida”. “A confiabilidade do sistema é comprometida pelos impactos mecânicos e eléctricos durante a partida” (Franchi, 2008).

Sobre a mesma questão o técnico 5, respondeu: ” Há um impacto significativo na estabilidade da rede eléctrica”. Esse posicionamento encontra suporte na seguinte citação: “Os métodos tradicionais geram oscilações de tensão, afetando a estabilidade do sistema” (Brito, 2007).

O técnico 6 respondeu: “É obsoleto e gera custos adicionais devido à baixa eficiência energética”. Este posicionamento, encontra sustentação em Marco (2015) reforça que “a

modernização para soft-starters aumenta a eficiência energética, eliminando os picos de corrente”.

Técnico 7: “O sistema funciona, mas exige intervenções regulares para manter a operação”.
Posicionamento do autor: “Manutenções frequentes são reflexo da falta de controle adequado nos métodos tradicionais” (Franchi, 2008).

Técnico 8: “Os problemas de desgaste são evidentes e comprometem a operação contínua”.

Posicionamento do autor: “O desgaste dos componentes é comum em sistemas que não controlam picos de corrente” (Morais, 2015).

Para a mesma pergunta o especialista 1 respondeu: “O sistema não atende aos padrões modernos de eficiência e confiabilidade”. Posicionamento do autor: “A transição para *soft-starters* é essencial para aumentar a confiabilidade e reduzir os custos operacionais” (Brito, 2007).

Já o especialista 2 respondeu: “É um sistema defasado que precisa ser substituído”.

Posicionamento do autor: “A integração de tecnologias modernas é uma solução viável para sistemas industriais” (Franchi, 2008).

2. Quais problemas operacionais você identificou durante o funcionamento da bomba de injeção de água?

Técnico 1: ” Os contadores falham com frequência devido ao desgaste excessivo”. Estes posicionamentos, encontram sustentação em Franchi (2008) destaca que “o desgaste acelerado dos contadores é comum em sistemas com altos picos de corrente”.

Técnico 2: “Sobreaquecimento nos terminais, exigindo monitoramento constante”. Estes posicionamentos, encontram sustentação em Marco (2015) afirma que “o superaquecimento é resultado da falta de controle adequado durante a partida”.

Técnico 3: “Vibração excessiva no motor e na bomba”. (Franchi, 2008) “A vibração é comum em sistemas de partida abrupta, comprometendo a integridade dos equipamentos”

Técnico 4: ” Oscilações de tensão frequentes causam instabilidade no sistema”. Estes posicionamentos, encontram sustentação em Brito (2007) menciona que “oscilações de tensão afetam a operação de sistemas industriais, aumentando o risco de falhas”.

Técnico 5: "Paradas não programadas devido a falhas no motor".

"Paradas não programadas são consequências directas de sistemas mal dimensionados e controlados" (Brito, 2007).

Técnico 6: "Excesso de ruído durante a operação, indicando problemas mecânicos". Estes posicionamentos, encontram sustentação em Marco (2015) reforça que "ruídos excessivos indicam impactos mecânicos que poderiam ser evitados com uma partida suave".

Técnico 7: "A bomba precisa de manutenção frequente para evitar falhas maiores".

"Manutenções frequentes refletem a ineficiência dos métodos de partida tradicionais" (Morais, 2015).

Técnico 8: "Alta temperatura nos componentes do sistema".

"O superaquecimento é um problema recorrente em sistemas com altos picos de corrente" (Marco, 2015).

Especialista 1: "A confiabilidade do sistema actual é baixa devido aos impactos mecânicos".

"A confiabilidade depende directamente da suavidade da partida e do controle de tensão" (Franchi, 2008).

Especialista 2: "As falhas frequentes afetam a produtividade do sistema".

"Falhas frequentes comprometem a eficiência operacional e aumentam os custos" (Brito, 2007).

3. Na sua opinião, como o uso de *soft-starters* poderia melhorar o desempenho e a eficiência do sistema?

Técnico 1: "Reduziria os impactos mecânicos, prolongando a vida útil dos equipamentos".

A *soft-starter* elimina choques mecânicos, aumentando a vida útil dos sistemas acoplados" (Brito, 2007).

Técnico 2: "Estabilizaria a tensão durante a partida, melhorando a confiabilidade".

Marco (2015) reforça que "o controle progressivo de tensão evita oscilações e estabiliza o sistema".

Técnico 3: “Diminuiria o consumo de energia eléctrica”.

“*Soft-starters* reduzem o consumo de energia em até 15% durante o ciclo operacional” (Weg, 2022).

Técnico 4: “Reduziria significativamente os custos com manutenção”.

“A redução de desgastes diminui as intervenções de manutenção em até 30%” (Franchi, 2008).

Sobre a mesma questão o especialista 1 e 2: “Suavizaria a operação, evitando falhas mecânicas e eléctricas”. Estes posicionamentos, encontram sustentação em Brito (2007) destaca que “a suavidade na partida é essencial para evitar falhas e melhorar a eficiência”.

4. Quais factores técnicos você considera mais importantes ao dimensionar um drive *soft-starter* para o sistema em estudo?

Técnico 1: “ Corrente nominal do motor”.

Técnico 2: “Compatibilidade com o sistema eléctrico existente”.

Técnico 3: “Ajustes de rampa de aceleração e desaceleração”.

Técnico 4: “Proteções integradas contra sobrecargas”.

Técnico 5: “Conexão com sistemas de automação”.

Técnico 6: “Condições ambientais do local de instalação”.

Técnico 7: “Robustez do equipamento para suportar falhas na rede”.

Técnico 8: “Redução de oscilações de corrente”.

Sobre a mesma questão o especialista 1: A corrente deve ser superior à nominal do motor. “O dimensionamento correto da *soft-starter* é crucial para evitar falhas operacionais” (Marco, 2015).

Especialista 2: “Garantir que o equipamento opere dentro das especificações ambientais”.

5. Você já teve experiência com sistemas de automação integrados (como CLPs) em combinação com *soft-starters*? Se sim, quais foram os desafios e benefícios?

Técnico 1: “Sim, permite maior controle, mas o treinamento inicial foi difícil”.

Técnico 2: “A integração com CLPs aumentou a eficiência do processo”.

Técnico 3: “Foi desafiador configurar os parâmetros, mas trouxe benefícios a longo prazo”.

Técnico 4: “Não tive experiências diretas”.

Técnico 5: “Sim, ajudou a evitar falhas operacionais”.

Técnico 6: “O sistema integrado melhorou o monitoramento em tempo real”.

Técnico 7: “Foi complicado no início, mas eliminou muitos problemas manuais”.

Técnico 8: “Sim, a automação aumentou a confiabilidade do sistema”.

. “A integração com CLPs facilita o monitoramento e o controle eficiente do sistema” (Franchi, 2008).

Capítulo V

5. Discussão

A análise dos dados coletados através do questionário permitiu verificar se os objectivos específicos estabelecidos na monografia foram alcançados. Esses objectivos incluem:

1. Comparar o accionamento existente na Companhia de Sena com outros mais modernos existentes no mundo.
2. Caracterizar o funcionamento da bomba de injeção de água da Companhia de Sena, eficiência do Sistema Actual e a Comparação com Outras Tecnologias

Os dados mostram que o sistema actual de partida estrela-triângulo apresenta uma série de limitações, como desgaste excessivo, alto consumo de energia, necessidade de manutenção frequente e baixa confiabilidade. Esses problemas foram amplamente relatados pelos técnicos e especialistas.

Os entrevistados também destacaram as vantagens do uso de *soft-starters*, como redução de impactos mecânicos, estabilidade na operação e maior eficiência energética. Essa comparação entre os métodos tradicionais e as tecnologias modernas é consistente com a revisão da literatura, onde Marco (2015) aponta que as *soft-starters* oferecem controle progressivo da tensão, reduzindo desgastes e custos.

Com base nisso, o primeiro objectivo específico foi alcançado, pois a pesquisa mostrou que o método actual é significativamente inferior às tecnologias mais modernas em termos de eficiência, confiabilidade e sustentabilidade.

Caracterização do Funcionamento da Bomba de Injeção de Água

As respostas dos técnicos e especialistas também forneceram uma caracterização detalhada do sistema de bombeamento actual. Foi identificado que:

- O motor de indução trifásico opera com alta corrente de partida (405 A), gerando picos que causam desgastes e superaquecimento.

- O sistema actual de partida estrela-triângulo não oferece controle adequado para minimizar os impactos mecânicos e eléctricos, prejudicando o desempenho da bomba e do sistema como um todo.
- A bomba é essencial para o processo fabril, sendo responsável por bombear água para os condensadores e para a estação de tratamento de água, confirmando sua importância no sistema produtivo.

Essas observações correspondem ao que foi destacado na monografia, onde Brito (2007) e Franchi (2008) enfatizam a necessidade de métodos de partida adequados para garantir o funcionamento eficiente de motores de alta potência.

Portanto, o segundo objectivo específico também foi alcançado, pois a pesquisa detalhou o funcionamento do sistema de bombeamento e destacou os problemas e desafios associados ao método actual de partida.

Benefícios Esperados com a Implementação da *Soft-Starter*

Os benefícios esperados da modernização incluem:

- 1.Redução de impactos mecânicos, prolongando a vida útil do motor e da bomba.
- 2.Economia de energia eléctrica, estimada em até 15% por ciclo operacional (Weg, 2022).
- 3.Menores custos de manutenção, com redução de até 30% nas intervenções corretivas (Franchi, 2008).
- 4.Estabilidade operacional, reduzindo oscilações de tensão e falhas mecânicas.

Esses pontos são alinhados com as expectativas dos técnicos e especialistas entrevistados, mostrando que a implementação de *soft-starters* atende às necessidades identificadas no estudo.

A análise dos dados confirma que os objetivos específicos da pesquisa foram plenamente alcançados. A comparação entre o método actual e tecnologias mais modernas evidenciou a necessidade de modernização do sistema, e a caracterização do funcionamento da bomba destacou os desafios operacionais enfrentados actualmente.

A implementação de uma *soft-starter* se apresenta como uma solução robusta para superar essas limitações, alinhando-se às demandas de eficiência, confiabilidade e sustentabilidade do processo fabril. Além disso, o uso de tecnologias modernas, como a integração com sistemas de automação, reforça o potencial de melhoria contínua e inovação no sistema produtivo da Companhia de Sena.

Capítulo VI

6. Conclusão

O presente trabalho abordou o problema: Como dimensionar um drive *soft-starter* que atenda às necessidades técnicas, económicas e operacionais do sistema de bombeamento de água na Companhia de Sena, garantindo eficiência e sustentabilidade no processo fabril? Com base nos resultados conclui-se que para dimensionar um drive *soft-starter* deve-se ter em conta, a corrente nominal do motor, compatibilidade com o sistema eléctrico existente, ajustes de rampa de aceleração e desaceleração, proteções integradas contra sobrecargas, conexão com sistemas de automação, condições ambientais do local de instalação, robustez do equipamento para suportar falhas na rede e redução de oscilações de corrente.

Os resultados evidenciaram que o sistema actual de partida estrela-triângulo é funcional, mas ineficiente e inadequado para motores de grande porte. Foram destacados problemas como desgastes excessivos, oscilações de tensão e alta frequência de manutenção. A análise também apontou que a implementação de uma *soft-starter* pode trazer benefícios como estabilidade operacional, redução de custos e aumento da vida útil dos equipamentos.

A análise dos resultados à luz da literatura confirmou que o uso de *soft-starters* atende às demandas operacionais da Companhia de Sena. Além disso, mostrou-se uma solução tecnicamente viável e economicamente vantajosa, alinhada às melhores práticas de eficiência e sustentabilidade.

Os objectivos foram alcançados visto que foi possível comparar o acionamento existente com tecnologias modernas e caracterizar o funcionamento da bomba de injeção de água.

As questões de pesquisa foram respondidas de forma satisfatória.

Sugere-se a companhia de sena o seguinte:

1. Substituição do sistema actual:

sugere-se a implementação do sistema de *soft-starter* conforme o dimensionamento apresentado neste trabalho, para garantir partidas suaves, maior eficiência energética e redução dos custos de manutenção.

2.Plano de manutenção preventiva:

É fundamental implantar um plano de monitoramento contínuo das condições do motor, incluindo vibrações, temperatura e consumo de energia, a fim de evitar falhas inesperadas e maximizar a vida útil dos equipamentos.

3.Treinamento técnico:

Oferecer capacitação aos técnicos e operadores da Companhia de Sena para garantir o correto manuseio, monitoramento e manutenção do sistema de *soft-starter*.

4.Avaliação contínua:

Após a implementação do sistema, recomenda-se realizar avaliações periódicas de desempenho para medir os benefícios obtidos e identificar possíveis melhorias.

5.Investimento em automação:

Futuramente, a integração do sistema de *soft-starter* com Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e outras soluções de automação pode otimizar ainda mais o desempenho do processo fabril.

Com isso, conclui-se que todos os objetivos planejados foram alcançados e que o estudo apresentou uma solução sólida para os desafios enfrentados pela Companhia de Sena, contribuindo não apenas para o avanço tecnológico, mas também para a sustentabilidade econômica e ambiental da empresa.

Referências Bibliográfica

Alan Kardek (2015) *Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos*

Allan R. Hambley "Engenharia Elétrica: Princípios e Aplicações"

Brito (2007) *soft-starter*. Brasil

Chapman (2011) *Electric Machinery Fundamentals*

Falco, Reinaldo. *Apresentação dos cálculos para seleção de bomba para sistema*

Fortin, M.F (2009). *Fundamentos e etapas do processo de investigação*.

Franchi, M. (2008) *Acionamentos Elétricos*. Editora Erica, 4ª edição.

Gil, A.C. (2002). *Como elaborar projecto de pesquisa* (4ª Ed.). São Paulo.

IEC 60947-4-2. (2017) *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-2: Contactors and motor-starters – AC semiconductor motor controllers and starters*. International Electrotechnical Commission.

IEEE 399. (1997). *IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis (Brown Book)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Kelemen, A., & Brandstetter, P. (2018). *Soft starter technologies and industrial applications*. Springer.

Manual do usuario SSW-06 WEG (2015)

Marco (2015) *artigo Soft-starter*

Marconi, M. A; Lakatos, E. V.(2004). *Metodologia científica*. São Paulo: Editora Atlas.

Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2017). *Power electronics: Converters, applications, and design* (4th ed.). Wiley.

Morais, E. (2015) *Partida direta de motores trifásicos*. Acesso em 10 de outubro de 2024
motores de indução utilizando o atpdraw

Pio, Empaimonda (2003). *Mecânica das Bombas*. RJ. Rio de Janeiro: Interciência 2ªed.

Prodanov, c.c & Freitas, E.C. (2013). *Metodologia do trabalho científico*.

SANTOS, A. M. (2016) *Estudo da influência da tensão na partida e operação dos motores*

Smith, J., & Brown, R. (2019). *Industrial energy management and efficiency*. Springer

Vergara, (2010) *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 12. ed. São Paulo: Atlas.

Vergara, Sylvia Constant. (2010) *Projectos e relatórios de pesquisa em administração*. 12. ed. São Paulo: Atlas.

Vieira, (1989) *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas.

WEG (2022)-*dica-tecnica-soft-starters-50085124-pt*. Acesso em 11 agosto de 2024

WEG, S. A. (2016). *Motores elétricos: guia de especificação*. WEG, Jaraguá do Sul-SC,

WEG-fusiveis-ar-e-gl-gg-50009817-catalogo-portugues-br-dc-p

Apêndice

Apêndice A

Guião de entrevista

Sou estudante finalista do curso de Engenharia Eléctrica na Universidade Politécnica Apolitecnica, Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias de Quelimane, Pretendo Fazer uma pesquisa científica sobre o accionamento da bomba de injeccção de agua no processo fabril, como trabalho de culminação de curso, na qual conto com vossa contribuição para o alcance dos objectivos da pesquisa.

1. Qual é a sua avaliação sobre a eficiência do sistema actual de partida estrela-triângulo?

2. Quais problemas operacionais você identificou durante o funcionamento da bomba de injeccção de água?

3. Na sua opinião, como o uso *de soft-starters* poderia melhorar o desempenho e a eficiência do sistema?

4. Quais factores técnicos você considera mais importantes ao dimensionar um drive *soft-starter* para o sistema em estudo?

5. Você já teve experiência com sistemas de automação integrados (como CLPs) em combinação com *soft-starters*? Se sim, quais foram os desafios e benefícios?

Anexo

Anexo I: Dicas técnicas



Regras Práticas de Dimensionamento

Aplicação		Carga	Inércia	Fator de multiplicação ²⁾	Soft-starter sugerida ²⁾
Bomba centrífuga	Bomba secundária (chiller)	Leve	Baixa	1,0	SSW05 - SSW08 ³⁾
	Bombeamento predial (cisternas)	Leve	Baixa	1,0	SSW05 - SSW08 ³⁾
	Bomba elevação ou distribuição	Leve	Baixa	1,0	SSW07 ³⁾ - SSW900
	Grandes colunas d'água ou adutoras	Leve	Baixa	1,0	SSW900
	Sistema aberto	Leve	Baixa	1,0	SSW900
Bomba a pistão		Pesada	Média	1,0	SSW07 ³⁾ - SSW900
Dosadora de líquido	Bomba helicoidal	Leve	Baixa	1,0	SSW08
Compressores (parafuso)	Partida com alívio	Leve	Baixa	1,0	SSW05 - SSW08 ³⁾
Compressor (alternativo)	Partida sem alívio	Moderada	Média	1,0	SSW07 ³⁾ - SSW900
Misturadores		Moderada	Média	1,2 - 1,5	SSW07 ³⁾ - SSW900
Ventiladores		Moderada/pesada	Média/alta	1,2 (<25 cv)	SSW07 ³⁾
				1,5 (>25 cv)	SSW07 ³⁾ - SSW900
Exaustor		Pesada	Média	1,5 - 1,8	SSW07 ³⁾ - SSW900
Moinhos		Pesada	Média	1,5 - 1,8	SSW07 ³⁾ - SSW900
Transportadores		Pesada	Alta	1,5 - 1,8	SSW07 ³⁾ - SSW900
Centrifugas		Pesada	Muito alta	1,5 - 1,8	SSW07 ³⁾ - SSW900
Prensa	Volante de inércia	Pesada	Muito alta	1,8 - 2,0	SSW900



SSW05



SSW08



SSW07



SSW900

Fonte: WEG (2022)

Anexo II: Disjuntor motor



Ficha de dados do produto
HMW631JR

:hager

Disjuntor P630 LSI 4P-4D 630A 50kA

Características técnicas

Intensidade de corrente

HMW631JR

Corrente nominal	630 A
Capacidade nominal máxima de interrupção de curto-circuito Icu inferior a 230 V AC IEC60947-2	85 kA
Capacidade nominal máxima de interrupção de curto-circuito Icu inferior a 240 V AC IEC60947-2	85 kA
Capacidade nominal máxima de interrupção de curto-circuito Icu inferior a 400 V AC IEC60947-2	50 kA
Capacidade nominal máxima de interrupção de curto-circuito Icu inferior a 415 V AC IEC60947-2	50 kA
Capacidade de rutura em 1 polo para AC 230 V IEC60947-2	10 kA
Capacidade de rutura em 1 polo para AC 400 V IEC60947-2	10 kA
Capacidade nominal máxima de interrupção de curto-circuito Icu inferior a 690 V AC IEC60947-2	12 kA

Tipo de órgão de comando	Botão
Tipo de construção do dispositivo	Fixo incorporado
Posição neutra	Esquerda

Disparo

Tempo de resposta ao abrir	10 ms
----------------------------	-------

Frequência

Frequência	50 - 60 Hz
------------	------------

Instalação / montagem

Binário de aperto nominal	18 - 18 Nm
Posição de montagem/ligação	Frente

Tensão

Tensão nominal de resistência a impulsos Uimp	8000 V
Tensão nominal de isolamento Ui	800 V
Tensão nominal de funcionamento Ue	220 - 690 V

Condições de utilização

Temperatura de funcionamento	-25 - 70 °C
Grau de poluição de acordo com IEC60664/IEC60947-2	3

Ligações

Tipo de conector/ficha	Terminal
------------------------	----------

Cabo

Material do cabo	Cobre, Alumínio
------------------	-----------------

Dimensões

Altura	260 mm
Largura	185 mm
Profundidade	150 mm

Comandos e sinalizadores

Fonte: ficha de dados do produto HNW631JR

Anexo III: Seleção do fusível



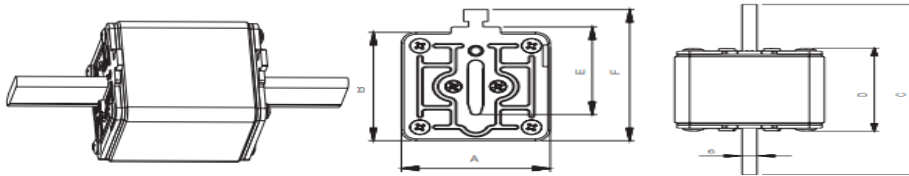
1 - Tipo	Código
NH	FNH

2 - Tamanho	Código
000	000
00	00
1	1
2	2
3	3
2x3	23

3 - Forma construtiva / Tipo de conexão	Código
Blade contact (contato faca)	
Flush End métrico (terminal com rosca métrica)	FEM
Flush End métrico 2x3 (barra em apenas um lado)	FEA

4 - Corrente			
Valor	Código	Valor	Código
4 A	4	350 A	350
6 A	6	355 A	355
10 A	10	400 A	400
16 A	16	425 A	425
20 A	20	450 A	450
25 A	25	500 A	500
35 A	35	550 A	550
40 A	40	630 A	630
50 A	50	700 A	700
63 A	63	710 A	710
80 A	80	800 A	800
100 A	100	900 A	900
125 A	125	1.000 A	1000
160 A	160	1.100 A	1100
200 A	200	1.250 A	1250
224 A	224	1.400 A	1400
250 A	250	1.600 A	1600
315 A	315	1.800 A	1800
		2.000 A	2000

Anexo IV. Dimensões do fusível



Classe	Tamanho	Faixa de corrente (A)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Massa (kg)
gL/gG	000	4 a 80	20,5	40	78,5	54	35	51	0,12
	00	4 a 160	29,5	46	78,5	54	35	60	0,17
	1	50 a 250	48	52,5	135	73	40	63	0,50
	2	125 a 250	48	52,5	150	73	48	71	0,60
		300 a 400	55	60	150	73	48	71	0,60
	3	315 a 400	55	60	150	73	60	83,5	0,87
425 a 630		71	71	150	73	60	83,5	0,87	

Fonte: Catalogo de fusíveis da weg

Anexo V: Especificações da série SSW-900:

www.weg.net 

Facilidade de uso

Porta USB

Facilidade para monitoração via PC ou atualização de firmware

Keypad destacável

Autonomia para instalação em porta do painel ou máquina

Acesso fácil aos terminais de controle: entradas e saídas digitais e analógicas



Conectividade Bluetooth®1)

RTC
Relógio de tempo real com registro de eventos com data e hora

IHM gráfica
Intuitiva, customizável, completa

Tamanho	Corrente nominal
A	0010 = 10 A
	0017 = 17 A
	0024 = 24 A
	0030 = 30 A
B	0045 = 45 A
	0061 = 61 A
	0085 = 85 A
	0105 = 105 A
C	0130 = 130 A
	0171 = 171 A
	0200 = 200 A
D	0255 = 255 A
	0312 = 312 A
	0365 = 365 A
E	0412 = 412 A
	0480 = 480 A
	0604 = 604 A
F	0670 = 670 A
	0820 = 820 A
G	0950 = 950 A
	1100 = 1.100 A
	1400 = 1.400 A

4 - Tensão do circuito de potência

T5	220 a 575 V
T6	380 a 690 V

5 - Tensão nominal de alimentação eletrônica

E2	110 - 240 V
E3	110 - 130 V ¹⁾
E4	220 - 240 V ¹⁾

Nota: 1) Somente para tamanhos D, E, F e G.

6 - Versões de hardware especial

Em branco	Placas eletrônicas com revestimento classe 3C2
EC	Placas eletrônicas com revestimento extra classe 3C3

7 - Versão de software especial

Em branco	Software padrão
Sx	Software especial

Fonte: Manual do usuário SSW90, WEG (2022)