

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
ENGENHARIA ELÉTRICA COM ÊNFASE EM CONTROLE E AUTOMAÇÃO

JESSICA CRISTINA DE PAULA

**MONITORAMENTO REMOTO DE FALHA E PRESSÃO EM UMA REDE DE  
COMPRESSORES DE UM TERMINAL LOGÍSTICO INDUSTRIAL**

UBERLÂNDIA

2019

JESSICA CRISTINA DE PAULA

**MONITORAMENTO REMOTO DE FALHA E PRESSÃO EM UMA REDE DE  
COMPRESSORES DE UM TERMINAL LOGÍSTICO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Engenharia Elétrica com Certificado de Estudos em Controle e Automação da Universidade Federal de Uberlândia - UFU - Campus Santa Mônica, como requisito para obtenção do título de Graduação em Engenharia Elétrica com Certificado de Estudos em Controle e Automação

Orientador: Prof. Dr. Márcio José da Cunha

UBERLÂNDIA

2019

De Paula, Jessica Cristina

Monitoramento remoto de falha e pressão em uma rede de compressores de um terminal logístico industrial/ Jessica Cristina de Paula – UBERLÂNDIA, 2019 – 49 p. : Il. (algumas color); 30cm

Orientador: Prof. Dr. Márcio José da Cunha

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Faculdade de Engenharia Elétrica .2019.

Incluí Biografia.

1. Monitoramento Remoto, 2. Compressor Parafuso. I Márcio José da Cunha. II. Universidade Federal de Uberlândia. III. Faculdade de Engenharia Elétrica. I Engenharia de Controle e Automação

JESSICA CRISTINA DE PAULA

**MONITORAMENTO REMOTO DE FALHA E PRESSÃO EM UMA REDE DE  
COMPRESSORES DE UM TERMINAL LOGÍSTICO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Engenharia Elétrica com Certificado de Estudos em Controle e Automação da Universidade Federal de Uberlândia - UFU - Campus Santa Mônica, como requisito para obtenção do título de Graduação em Engenharia Elétrica com Certificado de Estudos em Controle e Automação

Trabalho aprovado. **UBERLÂNDIA**, 03 de Julho de 2019:

---

**Prof. Dr. Márcio José da Cunha**

Orientador

---

**Prof. Dr. Renato Santos Carrijo**

Convidado 1

---

**Bela. Aline de Cássia Magalhães**

Convidado 2

UBERLÂNDIA

2019

A Deus que me deu força e coragem para concluir essa caminhada.

Dedico a minha mãe Simone e avó Ilma, que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que me ajudou a superar todas as dificuldades e está sempre ao meu lado, dedico todo meu agradecimento.

À minha amada mãe, que não mediu esforços e trabalhou duro em prol da realização dos meus sonhos. À minha querida Bazinha, que sempre me acolheu com amor e com sua sabedoria me ensinou valores que levarei comigo por toda vida.

A todos os professores do curso de Engenharia Elétrica que contribuíram para meu crescimento intelectual e pessoal. Em especial ao professor Márcio que me orientou com paciência e tornou possível a conclusão dessa monografia.

Enfim, agradeço a todos que passaram pela minha trajetória e tornaram possível essa conquista.

## RESUMO

Em uma indústria é essencial ter visibilidade do processo de produção em tempo real, para orientar a tomada de decisão, evitar perdas na produção e identificar possíveis riscos de segurança. E automação industrial permite que isso seja feito, de forma eficiente, por meio do monitoramento de ativos.

Este projeto trata da criação de uma interface para monitoramento de falha e pressão de uma rede de compressores, que gera o ar comprimido, utilizado em várias etapas da produção em um terminal logístico industrial, com operação rodoviária e ferroviária.

Identificar os desvios no processo de geração de ar comprimido no momento em que ocorrem permite que a intervenção seja feita pela manutenção em tempo hábil e evite paradas não programadas ou que uma falha se agrave e danifique o equipamento. A leitura dos dados de falha e pressão dos compressores é feita pelo CLP, que se comunica, via Ethernet Industrial com um software SCADA, onde foi criado a interface de monitoramento para o usuário.

**Palavras chave:** Automação Industrial. Monitoramento. Compressores.CLP. SCADA.

## **ABSTRACT**

In an industry is essential to have visibility of the production process in real time, for guide decision making, avoid production losses and identify security risks. And industrial automation allows this to be done, efficiently, through assets monitoring.

This project deals with the creation of an interface for monitoring failure and pressure of a network of compressors, that generate compressed air, used in several stages of production in an industrial logistic terminal, with road and rail operation.

Identify the deviations in the process of generation compressed air, at the moment they occur, allows the intervention to be performed by the maintenance in time to avoid uncheduled stops or a failure that damages the equipement. The compressor failure and pressure data is read by the PLC, which communicates, by Industrial Ethernet, with a SCADA software where was created the monitoring interface for the user.

**Keywords:** Industrial Automation. Monitoring, Compressor. CLP. SCADA

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cálculo OEE .....	17
Figura 2 – Ilustração Central de Ar Comprimido.....	21
Figura 3 – Diagrama Tipos de Compressores .....	22
Figura 4 – Funcionamento Compressor de Parafuso.....	23
Figura 5 – Representação Elektronikon Graphic MK5.....	24
Figura 6 – Combox Atlas Copco.....	25
Figura 7 – Diagrama da arquitetura de hardware de um CLP.....	26
Figura 8 – Fluxograma do Ciclo de Varredura de um CLP.....	27
Figura 9 – Ilustração da Conversão de Sinais no CLP.....	28
Figura 10 – Elementos da Lógica Ladder.....	29
Figura 11 – Fluxo de Corrente Linguagem Ladder.....	29
Figura 12 – Exemplo de interface gráfica sistema SCADA.....	30
Figura 13 – Características Físicas da Rede Ethernet Industrial.....	32
Figura 14 – Representação Rede de Compressores Monitorada.....	33
Figura 14 – Saídas Digitais Módulo Eletrônico do Compressor.....	31
Figura 15 – Falhas dos compressores em 2018.....	34
Figura 16 – Fluxograma do Monitoramento.....	35
Figura 17 – Saídas Digitais do Módulo Eletrônico do Compressor .....	36
Figura 18 – Foto do Transmissor de Pressão.....	36
Figura 19 – Tabela Range Transmissor de Pressão .....	36
Figura 20 – Cartao Analógico no CLP .....	37
Figura 21 – Sinal Analógico em valores de corrente .....	37

Figura 22 - Tag Alarme dos Compressores.....	39
Figura 23 – Lógica Alarme do Compressor 01.....	39
Figura 24 – Lógica Alarme do Compressor 02.....	40
Figura 25 – Função Scale.....	40
Figura 26 – Lógica Pressão Alta.....	41
Figura 27 – Lógica Pressão Baixa.....	41
Figura 28 – IP Simatic Manager.....	42
Figura 29 – IP Wincc.....	42
Figura 30 – Tela do Alarme dos Compressores.....	43
Figura 31 – Histórico de Alarmes.....	43
Figura 32 – Alarme pressão baixa.....	44
Figura 33 – Alarme pressão alta.....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CLP	Controlador Lógico Programável
IP	Internet Protocol
LD	Ladder Diagram
OEE	Overall Equipment Effectivences
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
TCP	Transmission Control Protocol

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Justificativa.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>17</b>
<b>2. ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>19</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Compressor.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.1 Princípios de Funcionamento do Compressor de Parafuso.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.2 Fluxo de Ar.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.3 Fluxo de Óleo.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.4 Elektronikon Graphic.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Controlador Lógico Programável.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.1 Hardware de um CLP.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2.2 Princípios de funcionamento de um CLP.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2.3 Sinais Analógicos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Lógica LADDER.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4 Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados SCADA.....</b>	<b>30</b>
<b>3.5 Ethernet Industrial TCP/IP.....</b>	<b>31</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Escolha dos parâmetros para monitoramento.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Leitura das variáveis monitoradas pelo CLP.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 Programação do CLP.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.1 Criação das TAG's.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.2 Blocos de programação.....</b>	<b>39</b>
<b>4.4 Comunicação CLP e SCADA.....</b>	<b>42</b>

<b>4.5 Tela SCADA.....</b>	<b>43</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>45</b>
<b>6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Prudente (2015) a automação representa um dos principais motores da evolução tecnológica mundial. O autor ainda complementa que a pneumática integrada a eletrônica é uma das aplicações com maior investimento no ramo industrial.

O ar comprimido, gerado pelos compressores, é utilizado para realizar trabalho em diferentes níveis na planta industrial, em um terminal logístico multimodal. Desde a movimentação dos cilindros pneumáticos das correias transportadoras até a modulação das bifurcadas, essencial no carregamento ferroviário, além de ser utilizado em larga escala para limpeza do pátio industrial.

Daí a necessidade de monitorar um ativo que desempenha um papel estratégico para o negócio da empresa. Este projeto irá elucidar como monitorar remotamente falha e pressão de um compressor de parafuso GA55 da Atlas Copco, um assunto que levanta muitas dúvidas, devido à restrição de informações disponíveis no mercado.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Bosch (2008), o ar comprimido vem sendo aplicado como meio de racionalização do trabalho na indústria, e por isto ocupa cada vez mais espaço em aplicações industriais.

O ar comprimido é considerado a quarta fonte de energia mais utilizada no meio industrial, por ser altamente seguro, principalmente em ambientes sujeitos a risco incêndio e explosão. (PARKER,2012).

Nesse momento, intitulado como Quarta Revolução Industrial, as indústrias enxergam a automação como diferencial competitivo. No entanto, existe a barreira da necessidade de investimento financeiro e da escassez de informações. Assim como no caso do compressor utilizado nesse estudo, fabricado pela Atlas Copco, sobre o qual existe pouca informação técnica disponível.

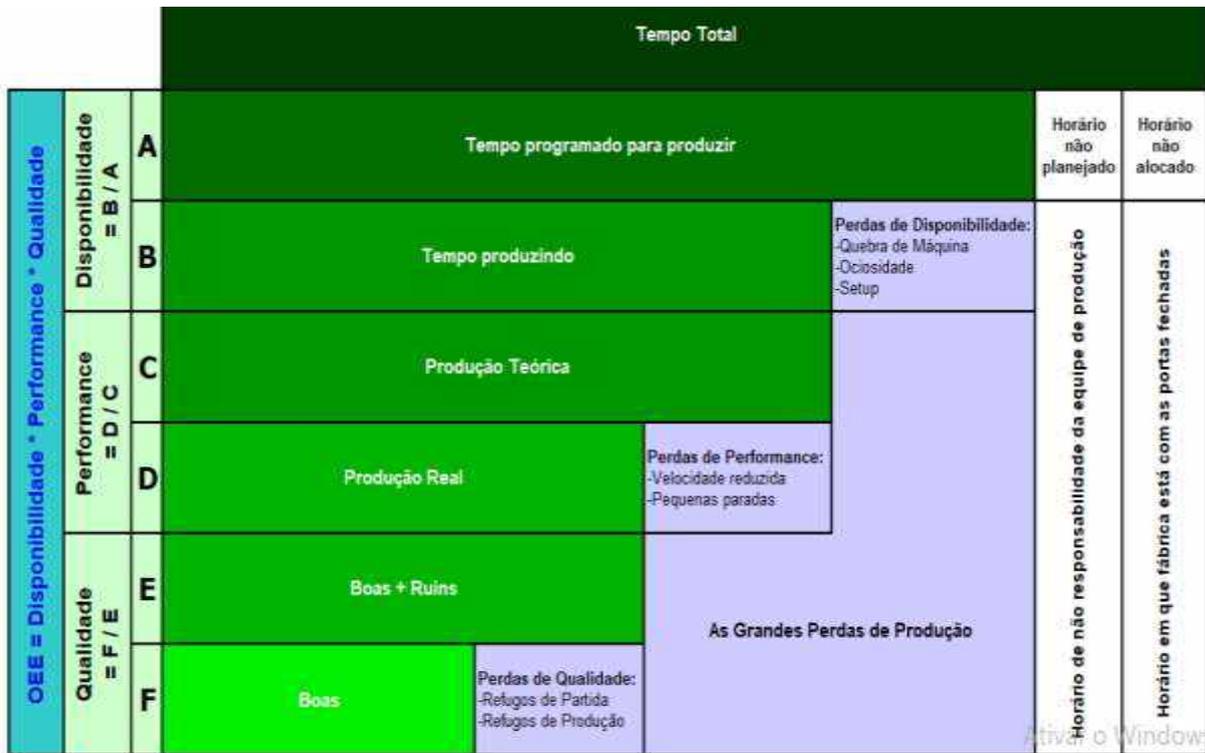
Este projeto foi desenvolvido durante o período trabalhado no terminal integrador de grãos em Araguari, Minas Gerais. E surgiu da necessidade de acessar informações da rede de compressores remotamente, pois ao longo do tempo a falha do equipamento era identificada somente após o reservatório de ar comprimido estar completamente vazio e assim promover impactos na produção.

A ideia principal é que indústrias possam monitorar a geração de ar comprimido sem precisar investir altos valores. Outro fator considerado no desenvolvimento desse trabalho foi o Indicador de Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), que é utilizado para medir a produtividade, eficiência da mão de obra, qualidade do serviço, dentro outros aspectos, primordiais no contexto empresarial.

Com as constantes falhas não identificadas do compressor e as variações excessivas de pressão, a confiabilidade e disponibilidade desse equipamento foi prejudicada, o que afetou o OEE da companhia.

A figura 1 ilustra as principais variáveis utilizadas no cálculo do OEE, que são Qualidade, Performance e Disponibilidade.

Figura 1 – Cálculo OEE



Fonte: <https://www.oe.com.br> (Acesso em: 2019)

## 1.2 OBJETIVOS

Segundo Barban (2012), uma transformação digital trata de modificar, por meio da tecnologia, a maneira como a empresa entrega valor para o cliente. E quando o processo de produção é otimizado, o usuário final do produto gerado em uma indústria também é beneficiado. Como no caso em questão, em que o produto é a operação logística, e para o cliente quanto mais ágil for o transporte menor a exposição do produto a riscos de contaminação, o que afeta diretamente a qualidade do produto recebido pelo usuário final.

A ideia principal desse estudo é fazer aquisição de dados de uma rede de compressores, e transforma-los em informações que serão apresentadas por meio de uma interface em um sistema supervisor. Será exibido na tela do operador, de forma

simples, alarmes de parada do equipamento, elevação ou queda anormal da pressão do ar comprimido gerado pelo compressor.

Assim será possível identificar a necessidade de manutenção preventivamente, evitar que a falha gere impacto na produção, detectar erros operacionais e evitar que o equipamento funcione de forma desordenada e tenha uma demanda excessiva de energia elétrica.

## 2 ESTADO DA ARTE

As grandes organizações industriais nascidas no século XXI, permitem destacar a importância do desenvolvimento tecnológico como diferencial competitivo no ambiente em que operam. (COE, 2017).

E a tecnologia contribuiu de forma efetiva para a crescente inserção da automação no ambiente industrial. Ainda, segundo Roggia (2016) um processo automatizado é um processo através do qual os mecanismos se auto monitoram, fazem medições e correções sem nenhuma interferência externa.

O controle e monitoramento remoto oferecem mecanismos para tornar a produção mais eficiente e isso tem despertado o interesse das empresas (RAMAMURTHY 2010). O monitoramento de ativos é uma forma da empresa acompanhar em tempo real o cenário da planta industrial, e assim identificar se os recursos estão sendo utilizados de forma otimizada, orientar tomada de decisão, reduzir o tempo de setup, além lançar estratégias para utilizar plenamente todos recursos de produção, que são principalmente máquina, material e mão de obra.

O monitoramento remoto pode ser implantado em diversos equipamentos. Edson Camillo (2017) realizou o monitoramento remoto de falhas de um inversor de frequência, o qual envia mensagens de texto para números cadastrados notificando a falha. Neste trabalho foi feita aquisição de dados utilizando CLP, além disso foi elaborada uma tela na IHM para acompanhar o funcionamento do inversor.

Segundo Rafael Pacco (2012) em seu projeto de uma rede de ar comprimido industrial para uma empresa alimentícia, o compressor é apontado como um equipamento muito utilizado na indústria como gerador de energia e alerta sobre a necessidade de visualizar constantemente o funcionamento desse equipamento para garantir que ele opere de forma otimizada.

É possível verificar, no trabalho de Silva (2017) o desenvolvimento de um sistema SCADA para monitorar, em tempo real, uma estação de tratamento de água purificada. Neste trabalho foi feita leitura dos condutivímetros, sensores analógicos com sinal de saída 4 a 20ma, instalados na estação de tratamento.

No entanto, fazer aquisição de dados de um equipamento envolve, muitas vezes a instalação de vários sensores, que deverão ser lidos pelo CLP. Foi o que Bonella e Sena (2015) fizeram para monitorar remotamente instalações de ar condicionado, onde foram utilizados diversos sensores para aquisição dos dados e posteriormente uma interface foi feita no InduSoft Web Studio para acompanhar o funcionamento dos ar condicionados..

Em Pereira (2015) foi feita a automação das principais etapas de uma indústria de produtos saneantes: pesagem, produção, análise e envase. Nesse processo o protocolo de comunicação utilizado para comunicação do CLP e do sistema supervisor foi Ethernet Industrial TCP/IP empregando a filosofia cliente/servidor.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta etapa irá apresentar os principais conceitos tratados nesta monografia. Nela será possível entender o funcionamento de um compressor de parafuso, em seguida será apresentado o conceito de Controlador Lógico Programável e suas particularidades, além do conceito de variável analógica.

Serão exploradas as funções de um sistema SCADA e ao final será apresentada a rede de comunicação utilizada.

#### 3.1 Compressor

Prudente (2015), em seu livro *Automação Industrial Pneumática*, define compressor como gerador de energia pneumática.

O ar comprimido armazena energia que é utilizada para realizar trabalho pelos atuadores que podem ser cilindros, pistões, ou um equipamento que possua um atuador alimentado por um compressor. Prudente (2015)

Uma central de geração de ar comprimido é constituída por uma área de compressão, rede de distribuição e pela carga pneumática. O ar comprimido na central vem do ambiente e é armazenado em vasos de pressão a partir dos quais ocorre a distribuição de ar para a rede.

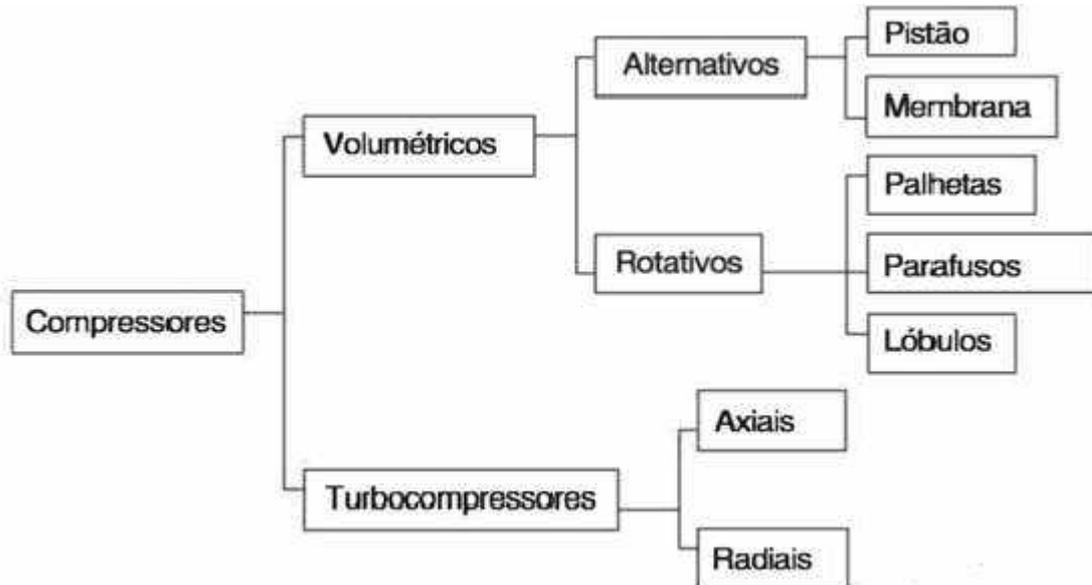
A figura abaixo mostra os principais componentes de uma central de compressão: (1) Filtro de aspiração; (2) Compressor; (3) Resfriador; (4) Reservatório (5) Purgador; (6) Secador; (7) Filtro de partículas; (8) (9) (10) Válvulas de registro



Fonte: Adaptada de Prudente (2015)

Os compressores são classificados de acordo com o tipo de funcionamento, a figura abaixo ilustra os tipos de compressores.

Figura 3 - Diagrama Tipos de compressores



Fonte: Adaptada Prudente (2015)

Na figura acima é possível observar que existem basicamente dois tipos de compressores: volumétricos e os turbo compressores.

Os compressores volumétricos, também chamados de compressores de deslocamento positivo, reduzem o volume do ar atmosférico que é aspirado pela unidade de compressão, esse tipo de compressor é utilizado em aplicações que exigem baixa vazão e pressão elevada. Já os turbo compressores fazem a aceleração do ar aspirado, o que resulta no aumento da pressão e logo após esse ar passa por uma tubulação de diâmetro reduzido. São utilizados para aplicações que precisam de grande vazão e valor reduzido de pressão.

Nesta pesquisa foi utilizado um compressor volumétrico de parafuso GA55 fabricado pela Atlas Copco.

### 3.1.1 Princípios de Funcionamento Compressor Parafuso

De acordo com Prudente (2015) o compressor do tipo parafuso possui alta confiabilidade e pode elevar a pressão até 13bar, além de possuir elevado valor de vazão.

Figura 4 - Funcionamento compressor parafuso GA55



Fonte: Adaptado de Manual Atlas Copco (2015)

### 3.1.2 Fluxo de ar

O funcionamento do compressor de parafuso começa com o movimento do parafuso no elemento de compressão (3) que provoca uma queda de pressão e faz com que o ar entre na unidade compressora pelo filtro de admissão (1) e pela válvula de entrada (2), onde também recebe a injeção de gotas de óleo. Nessa etapa o ar comprimido e o óleo vão para o reservatório do separador de ar/óleo (4) onde é centrifugado e o óleo fica no fundo do reservatório devido sua densidade. O ar comprimido sai do separador pela válvula de pressão mínima (5) e do arrefecedor de ar (6) para a

unidade de refrigeração de onde é levado para o reservatório de ar e posteriormente vai para a rede pela válvula solenoide.

### 3.1.3 Fluxo de óleo

Poucos segundos após a partida do compressor já existe no reservatório ar/óleo (4) uma pressão capaz de fazer o óleo circular. O ar comprimido presente no reservatório ar/óleo(4) quer se expandir e força a coluna de óleo depositada no fundo do reservatório a migrar para uma área de pressão mais baixa, o elemento de compressão(3) onde o óleo e misturado com o ar. Nos minutos iniciais o óleo ainda não está na temperatura ideal de funcionamento, é para isso que serve a válvula termostática(14) que controla a temperatura do óleo enviado para a unidade compressora, o óleo é filtrado antes de ser injetado no elemento de compressão.

### 3.1.4 Elektronikon Graphic MK5

O compressor utilizado nesse estudo possui um controlador eletrônico, o Elektronikon Graphic MK5. Esse módulo tem como função principal controlar e proteger o compressor, ele possui uma IHM e traz diversas informações, como: pressão, temperatura, horas de funcionamento do compressor, informa se o equipamento está em alívio ou carga e regula isso da seguinte forma: o compressor entra em alívio quando o reservatório de ar está cheio e a válvula solenoide de saída fecha, quando está em carga a válvula de saída abre, é o momento em que o ar comprimido é gerado. Além disso é possível configurar no Elektronikon a pressão em que o compressor entra em carga ou em alívio.

**Figura 5 – Representação Elektronikon Graphic MK5**



Fonte: Adaptada Manual Atlas Copco (2015)

No entanto, para se comunicar com o Elektronikon, e acessar todas as informações que esse controlador disponibiliza, é necessário ter um Gateway, chamado Combox, um equipamento fabricado pela Atlas Copco e permite que seja feita comunicação com o módulo eletrônico via rede Profinet e Modbus. Esse Gateway precisa ser configurado usando um software privado do fabricante.

**Figura 6 – Combox Atlas Copco**



Fonte: Adaptado de Atlas Copco(2010)

### **3.2 Controlador Lógico Programável**

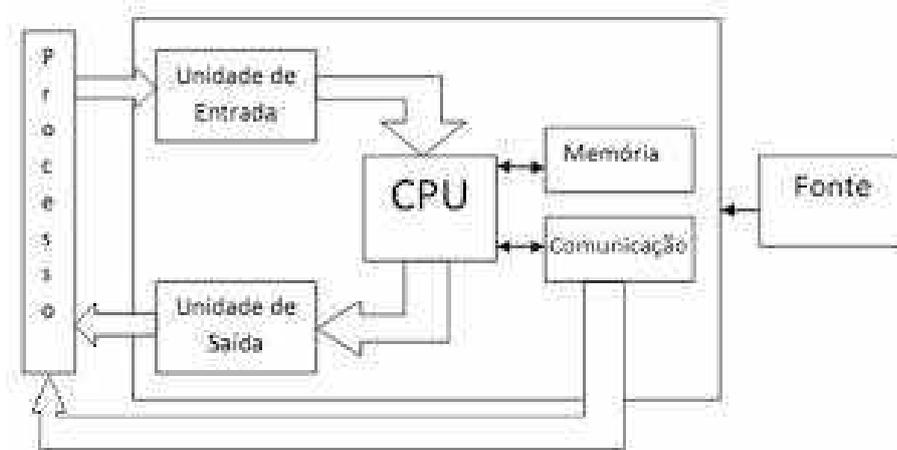
De acordo com Prudente (2013) o CLP é um equipamento que possui componentes eletrônicos e memória com dados e programas, capaz de realizar a leitura e execução de instruções. Ele ainda complementa que o CLP pode ser considerado um pequeno computador que realiza a função de um controlador, de utilização simples, projetado para utilização no ambiente industrial.

O CLP manipula suas saídas conforme o estado de suas entradas (SENAI,2004), que pode ser analógica ou digital. O que faz com que esse controlador possua diversas aplicações, dentre elas está o controle de máquinas industriais em geral, automação de estações de tratamento de efluentes, controle de elevadores, sistema de alarme e monitoramento remoto.

### 3.2.1 Hardware de um CLP

Segundo Fialho (2004) o hardware do CLP é constituído pela unidade de Entrada e Saída (I/O) onde os dados são recebidos e enviados respectivamente, Unidade Central de Processamento (CPU) onde ocorre processamento das informações, pela Memória que armazena o programa e os dados e pela Fonte de Alimentação, que fornece energia aos componentes eletrônicos.

**Figura 7 – Diagrama da arquitetura de hardware de um CLP**



Fonte: Adaptado de Bolton (2015)

### 3.2.2 Princípios de funcionamento de um CLP

De acordo com (ZANCAN,2011) o princípio de funcionamento de um CLP acontece em três etapas principais. A leitura das entradas, que podem ser sensores, transdutores que é transferida para a memória de dados, que são analisados pela unidade de processamento (CPU), onde o programa do usuário é executado e transferido para a interface de saída do CLP, conectado aos atuadores do processo controlado.

Figura 8 – Fluxograma do ciclo de varredura de um CLP



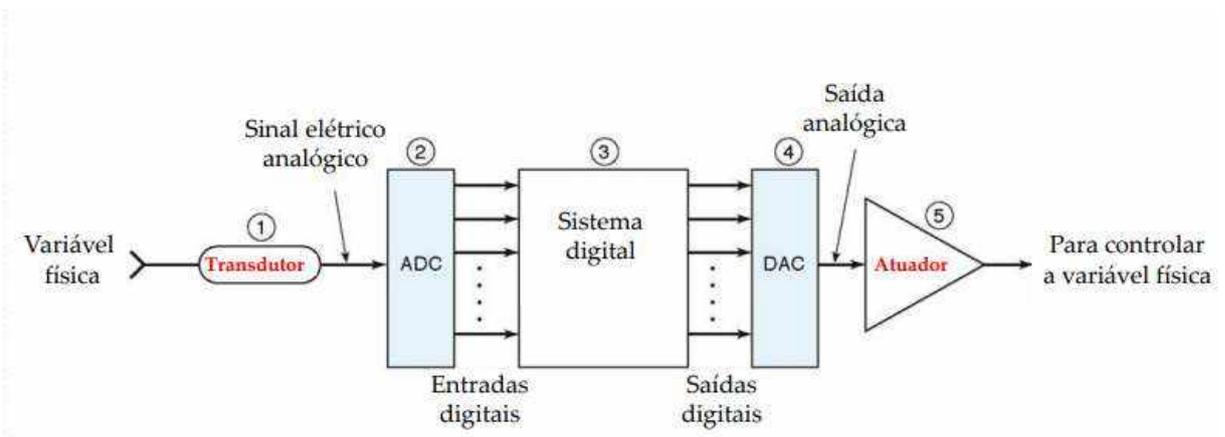
Fonte: Adaptado de Zancan (2011)

### 3.2.3 Sinais Analógicos

Em determinadas situações não basta saber se o equipamento, por exemplo, está ligado ou desligado, é necessário ter algumas informações como temperatura, vazão, pressão, que só podem ser descritas numericamente (LAMB, FRANK, 2015).

Os sinais das entradas analógicas podem ser de tensão e corrente, com uma faixa de valores, mais utilizada, respectivamente iguais a 0 a 10 Vcc e 4 a 20Ma (ZANCAN,2011). E o CLP faz a conversão do sinal analógico para binário, para que ele possa ser processado pela CPU.

**Figura 9 - Ilustração conversão de sinais no CLP**



Fonte: Adaptado de Ferrari (2011)

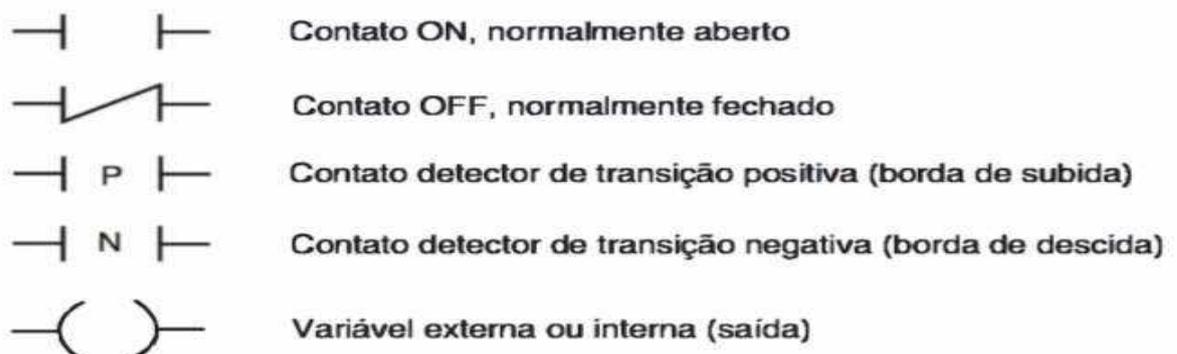
### 3.3 Lógica Ladder

Para que o hardware do CLP funcione, são necessários o software do sistema, escrito pelo fabricante do controlador, e o software feito pelo usuário (PRUDENTE, 2013).

A norma IEC 61131-3, resume todas as modalidades de programação do CLP. As linguagens de programação podem ser divididas em duas categorias, linguagem gráfica ou textual. O diagrama de programação Ladder é uma linguagem de programação gráfica.

Segundo Prudente (2013) a linguagem Ladder é a mais utilizada para programação do PLC. É composta basicamente por sinais gráficos de contatos e bobinas.

**Figura 10 – Elementos da Lógica Ladder**

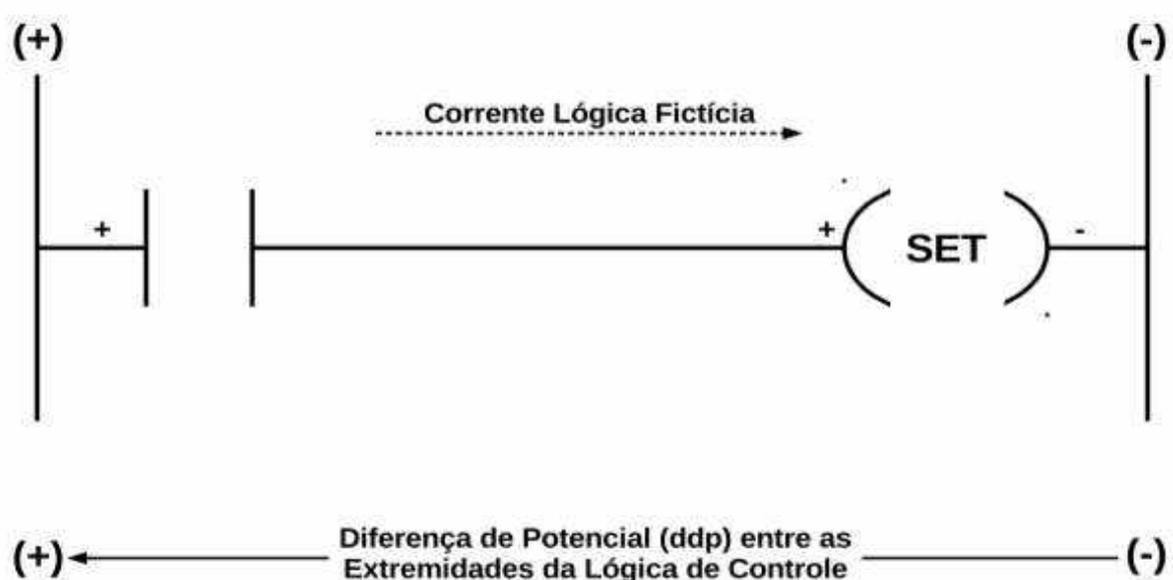


Fonte: Adaptado de Prudente (2013)

Os sinais gráficos são dispostos em linha horizontal no programa, e o acionamento ocorre sempre da esquerda para a direita.

Silvestre (2010) compara o Diagrama Ladder com um circuito elétrico, onde a corrente flui sempre do maior para o menor potencial, assim como ocorre na programação em ladder em que é processada sempre da esquerda para a direita e de cima para baixo.

Figura 11 – Fluxo de corrente linguagem ladder



Fonte: Adaptado de Silvestre (2010)

### 3.4 Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)

Os sistemas SCADA permitem supervisionar e controlar o processo de produção e a planta industrial, por meio da troca de informações entre uma unidade central e unidades remotas. (SILVA, 2017).

A função principal desempenhada por um sistema SCADA é converter os dados da planta em informações úteis para o usuário em tempo real, fazendo uso de uma interface intuitiva e amigável. Para isso o software de supervisão identifica as variáveis

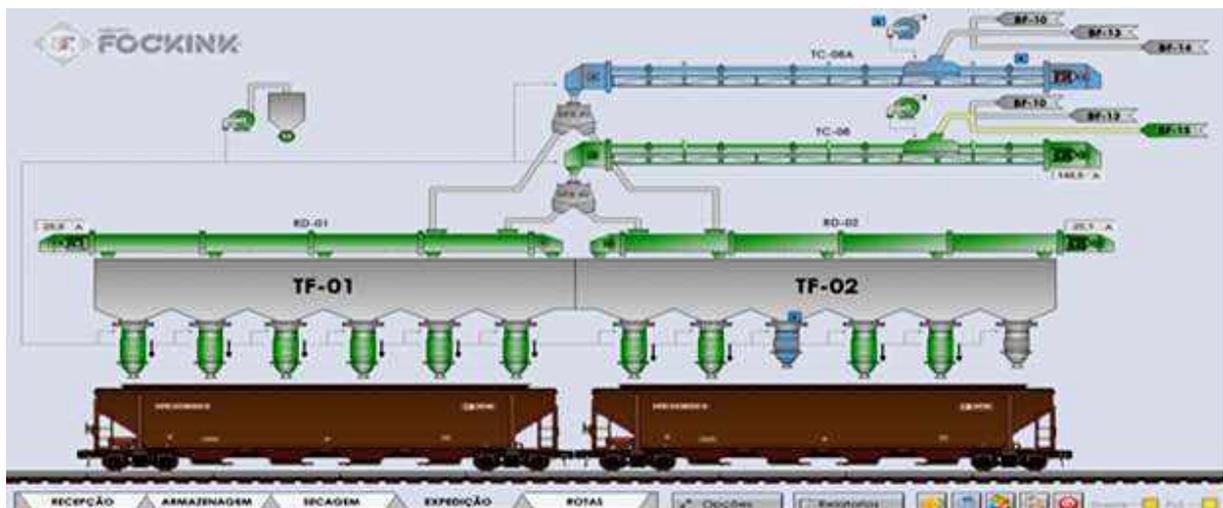
envolvidas no processo por meio de tag's, é por meio do valor da tag que os dados são apresentados ao usuário.

A informação pode ser apresentada como alarme, quando o valor da tag ultrapassa um valor pré estabelecido, ou utilizando uma representação gráfica de multimídia (COELHO,2010)

O sistema SCADA é a interface que o operador possui junto ao processo, capaz de informa-lo em tempo real as ocorrências durante a operação. Os sistemas de supervisão melhoram o controle e monitoramento do processo, pois fornecem as informações necessárias, para tornar a tomada de decisão mais precisa (COELHO,2010).

A figura 12 mostra um sistema SCADA utilizado para controlar e monitorar o carregamento de vagões em um terminal logístico multimodal.

**Figura 12 – Exemplo de interface gráfica de um sistema SCADA**



Fonte: CCT VLI (2019)

### 3.5 Rede de Comunicação Ethernet Industrial TCP/IP

A rede Ethernet se popularizou ao longo dos anos se constituindo a rede de melhor desempenho para uma grande quantidade de aplicações industriais (SEIXAS, 2003).

A popularização da rede Ethernet no meio industrial surgiu da necessidade de uma rede de comunicação que vá da planta industrial à gerencia. Os dados da produção e

máquinas podem ser acessados em toda rede da empresa, tornando os processos mais dinâmicos e eficientes.

A Ethernet é baseada no envio de pacotes, na detecção de simultaneidade (CSMA/CD). Ela define cabeamento e sinais elétricos para a camada física, o formato de pacotes e protocolos para a camada de controle de acesso ao meio (Media Access Control - MAC) do modelo OSI (COUTO, 2010).

O TCP/IP é um protocolo de comunicação desenvolvido pela U.S. Department of Defense Advanced Research Projects Agency. O TCP é um protocolo padrão descrito pela RFC 793. A utilização do número da porta permite ao protocolo de Transporte (tipicamente TCP) saber qual o tipo de conteúdo está dentro do pacote (por exemplo, saber que o dado que está sendo transportado é um e-mail), fazendo com que o lado que está recebendo o dado saiba para qual aplicação este dado vai.

A Ethernet industrial é mais robusta que a ethernet convencional e foi projetada para ser utilizada em fábricas. Essa rede faz uso de diversos meio físicos que podem ser par trançado blindado, cabo coaxial ou fibra óptica.

Na tabela abaixo é possível observar os diferentes tipos de configuração para o meio físico definido pelo parão IEEE802.3 para a rede Ethernet Industrial.

**Figura 13 – Características físicas da rede Ethernet Industrial**

Tipo de cabo	Velocidade da rede	Distância máxima sem repetidor	Número máximo de elementos
Par trançado blindado 10BASE-T	10Mbps	100 metros	1024
Par trançado blindado 100BASE-T	100Mbps	100 metros	1024
Par trançado blindado 1000BASE-T	1000Mbps	100 metros	1024
Fibra óptica 10BASE-FL	10Mbps	2000 metros	1024
Fibra óptica 100BASE-FL	100Mbps	2000 metros	1024

#### 4. METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo principal monitorar falha e pressão de um compressor parafuso, que gera ar comprimido, utilizado em várias etapas na operação de um terminal logístico industrial. E como consequência eliminar as perdas de performance na produção ocasionadas pela parada não identificada desse equipamento, além de permitir a identificação antecipada de riscos de segurança.

Para alcançar o objetivo proposto foi elaborada uma interface de supervisão utilizando os softwares Simatic Manager, onde foi feita a programação do CLP e do software SCADA Wincc, onde foram inseridos os alarmes de falha e pressão.

A planta escolhida para monitoramento possui dois compressores GA55 da Atlas Copco.

Na figura abaixo Representação da rede de compressores a ser monitorada:

**Figura 14 – Representação da Rede de Compressores monitorada**



Fonte: Adaptado Cenarcom (Acesso em 2019)

#### 4.1 Escolha dos parâmetros para monitoramento

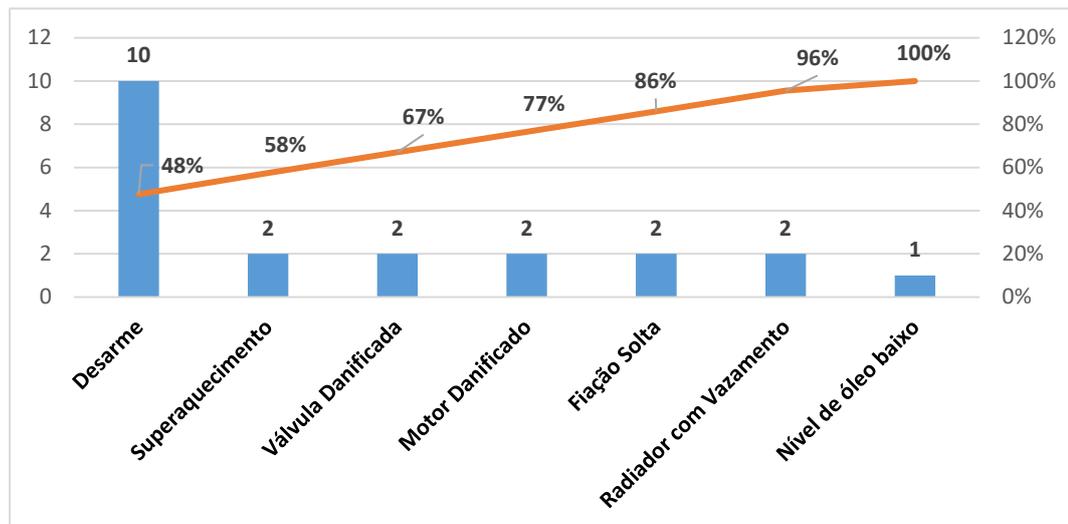
A escolha dos parâmetros monitorados foi feita com base no histórico de falha dos compressores, consultada no SAP, que é o sistema de gestão utilizado na empresa. Com isso, foi possível observar que é importante ter um alarme para quando o compressor desarma, pois essa foi a maior ocorrência no ano de 2018.

**Tabela 1 - Falhas do compressor em 2018**

Descrição	Início	Hora. Inicial	Fim	Hora final	Duraç.parada(h)
REARMAR COMP 02 C SUPERAQUECIMENTO	06/05/2018	16:41:00	06/05/2018	17:30:00	0,82
REARMAR COMP 02 C SUPERAQUECIMENTO	06/05/2018	14:36:00	06/05/2018	16:00:00	1,40
REARMAR COMPRESSOR CMP02	09/06/2018	17:41:30	09/06/2018	17:59:00	0,29
REPARAR MOTOR CMP06 LAVAÇÃO AVARIADO	01/07/2018	19:21:00	16/07/2018	21:00:00	361,65
REARMAR CMP-01 DESARMANDO	17/07/2018	19:31:00	17/07/2018	20:00:00	0,48
REARMAR CMP-01 DESARMANDO	20/07/2018	02:33:00	20/07/2018	02:51:00	0,30
REARMAR E LIMPEZA FILTRO DE AR CMP01 SUJO	24/07/2018	01:35:00	24/07/2018	02:00:00	0,42
TROCAR VALVULA ADMISSÃO CMP-02 AVARIADA	24/07/2018	13:30:00	24/07/2018	16:20:00	2,83
REARMAR COMPRESSOR COM TEMPERATUR ALTA	27/09/2018	17:12:00	27/09/2018	17:30:00	0,30
REARMAR COMPRESSOR DESARMADO	01/10/2018	21:35:00	01/10/2018	21:50:00	0,25
TROCAR FIAÇÃO COM AQUECIMENTO	01/10/2018	19:55:00	01/10/2018	20:25:00	0,50
REARMAR COMPRESSOR DESARMADO	01/10/2018	21:50:00	01/10/2018	22:00:00	0,17
VERIF. COMPRESSOR COM SUPERAQUECIMENTO	02/10/2018	04:01:00	02/10/2018	13:00:00	8,98
REPARAR FIAÇÃO COMPRESSOR C/ AQUECIMENT	01/10/2018	19:55:00	01/10/2018	20:25:00	0,50
AJUSTAR/REAPERTAR VISOR OLEO C VAZAMENTO	08/10/2018	17:31:00	08/10/2018	19:40:00	2,15
COMPLETAR NIVEL DE OLEO BAIXO	13/10/2018	18:05:00	13/10/2018	18:35:00	0,50
REARMAR E LIMPAR COMPRESSOR DESARMADO	18/10/2018	16:46:00	18/10/2018	17:30:00	0,73
TROCAR RADIADOR DO CP02 C/ VAZAMENTO	27/10/2018	02:40:00	31/10/2018	20:32:00	113,87
TROCAR RADIADOR DO CP02 VAZANDO ÓLEO	30/11/2018	22:30:00	06/12/2018	23:40:00	145,17
VERIF. COMPRESSOR COM SUPERAQUECIMENTO	13/12/2018	08:52:00	13/12/2018	09:48:00	0,93
SUBST ROLAM MOTOR CP04 C/ AQUECIMENTO	30/11/2018	17:00:00	11/12/2018	17:30:00	264,50

Fonte: SAP VLI (2019)

**Figura 15 - Quantidade de Falhas dos Compressores em 2018**



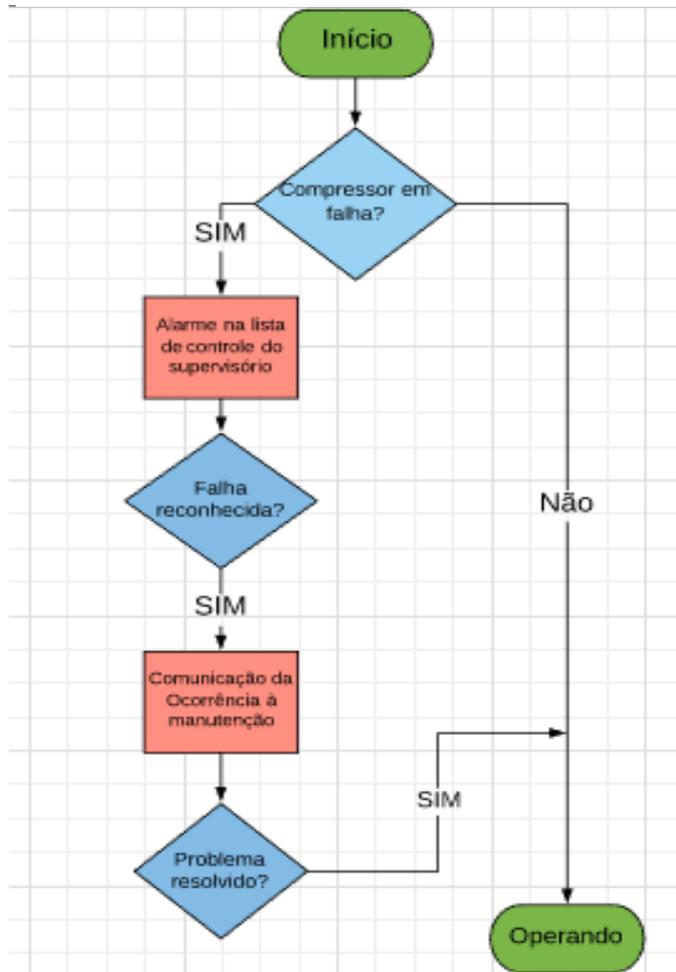
O gráfico acima mostra a quantidade de falhas emergenciais nos compressores, por categoria no período de 12 meses durante o ano de 2018. Totalizando 5h16 min de impacto no carregamento ferroviário, devido desarme do compressor.

Já a pressão foi considerada uma variável importante devido consumo de energia elétrica. E ao monitorar a pressão também é possível identificar quais possíveis problemas podem estar ocorrendo no compressor, pois a variação abrupta de pressão no sistema pode indicar vazamentos, filtro obstruído ou desgastado.

De acordo com o manual do ar comprimido da Atlas Copco (2015), a pressão na central de trabalho está intrinsecamente ligada ao consumo de energia, isso porque quanto maior a pressão maior a demanda imposta ao motor do compressor. Em média, cada 1 bar de aumento de pressão vai exigir uma demanda 7% maior do compressor. Atlas Copco (2015)

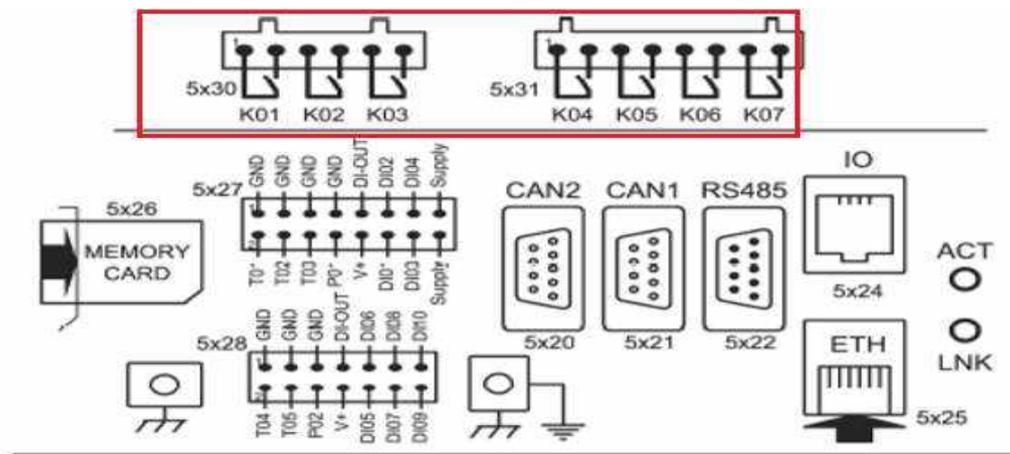
Lógica de funcionamento do monitoramento proposto:

Figura 16 - Fluxograma do Monitoramento



## 4.2 Leitura das variáveis monitoradas pelo CLP

Figura 17 - Saídas Digitais do Módulo Eletrônico Compressor



Para monitorar a falha do compressor foi feita a ligação da saída digital do módulo eletrônico do compressor, que está ilustrada na figura 17, com o CLP. Já para monitorar a pressão foi instalado um transmissor de pressão que lê a pressão na saída do compressor e possui uma saída de corrente de 4 a 20ma.

O transmissor de pressão utilizado foi EJA510E.

Figura 18 - Transmissor de Pressão



Fonte: Data Sheet Yokogawa(2017)

Figura 19 -Tabela Range Transmissor de Pressão

Measurement Span/Range	MPa	psi (/D1)	bar (/D3)	kg/cm <sup>2</sup> (/D4)
A	Span	10 to 200 kPa	1.45 to 29	0.1 to 2
	Range	-100 to 200 kPa	-14.5 to 29	-1 to 2
B	Span	0.1 to 2	14.5 to 290	1 to 20
	Range	-0.1 to 2	-14.5 to 290	-1 to 20
C	Span	0.5 to 10	72.5 to 1450	5 to 100
	Range	-0.1 to 10	-14.5 to 1450	-1 to 100
D	Span *	5 to 50	720 to 7200	50 to 500
	Range *	-0.1 to 50	-14.5 to 7200	-1 to 500

Fonte: Data Sheet Yokogawa(2017)

Configuração Hardware I/O Analógico Simatic Manager:

Figura 20 – Cartão Analógico no CLP

Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address	Comment
1							
2	CPU 312	6ES7 312-1AD10-0AB0	V2.0	2			
3							
4							
5							
6	AI4x0/4 to 20mA, Ex	6ES7 332-5RD00-0AB0				288..295	
7	AI4x0/4 to 20mA, Ex	6ES7 331-7RD00-0AB0			304..311		
8							
9							
10							
11							

Como pode ser visto na figura acima, foi necessário inserir cartão analógico no CLP. Para que fosse feita a conversão do sinal analógico do transmissor de pressão. A conversão A/D produz um número entre 0 a +27648 para um sinal de 0 a 20ma, no S7300. Nesse caso como o valor da corrente na saída do sensor é de 4 a 20ma a conversão ira de 5530 a 27648.

Além disso é possível observar a configuração do hardware os endereços de entrada e saída do cartão analógico, que posteriormente serão utilizados na programação.

Figura 21 – Sinal Analógico em valores de corrente (mA)

System		Current measuring range			
dec	hex	±20 mA	±10 mA	±3.2 mA	
32767	7FFF	23.70 mA	11.85 mA	3.79 mA	Overflow
32512	7F00				
32511	7EFF	23.52 mA	11.76 mA	3.76 mA	Overshoot range
27649	6C01				
27648	6C00	20 mA	10 mA	3.2 mA	
20736	5100	15 mA	7.5 mA	2.4 mA	
1	1	723.4 nA	361.7 nA	115.7 nA	
0	0	0 mA	0 mA	0 mA	Nominal range
-1	FFFF				
-20736	AF00	-15 mA	-7.5 mA	-2.4 mA	
-27648	9400	-20 mA	-10 mA	-3.2 mA	
-27649	93FF				Undershoot range
-32512	8100	-23.52 mA	-11.76 mA	-3.76 mA	
-32513	80FF				Underflow
-32768	8000	-23.70 mA	-11.85 mA	-3.79 mA	

Fonte: Senai(2003)

### 4.3 Programação do CLP

O CLP utilizado foi o S7300. E para programar o CLP foi utilizado o software SIMATIC MANAGER V13 com o módulo S7 da Siemens.

#### 4.3.1 Criação das TAG's

As Tag's são a nomenclatura dos endereços das variáveis físicas e de memória do sistema e podem ser do tipo Booleana, Byte, Word, Int, Real, String e Time.

Nomenclaturas utilizadas pela Siemens para as variáveis:

**I:** Variável Entrada Digital

**Q:** Variável Saída Digital

**M:** Variável Memória

**MW:** Memória de valor inteiro

**MD:** Memória de valor real

**AI:** Variável de entrada analógica

**AQ:** Variável de saída analógica

**C:** Contador

**T:** Timer

Em seguida temos o endereçamento das tag's. Cada endereço possui 8bit para alocação de memória. As tag's podem ser físicas ou de memória. Quando físicas, estas correspondem a variáveis fisicamente ligadas ao CLP, podendo ser de entrada ou saída, como no caso da tag I31.2 e I131.4, que é a tag física do clp onde está a conexão do CLP com o módulo eletrônico. Assim, o CLP faz a conexão fisicamente com a tag. As do tipo memórias são variáveis criadas dentro do CLP para simular um botão, nesse caso M2.6 e M2.7 ou qualquer tipo de variável desejada que não necessite de conexões físicas.

Figura 22 - Tag Alarme dos Compressores

Statu	Symbol	Address	Data type	Comment
40	OUT_COM_VEGO...	PQW 368	WORD	
41	OUT_COM_VEGO...	PQW 366	WORD	
42	OUT_COM_VEGO...	PQW 364	WORD	
43	OUT_COM_VV01	PQW 314	WORD	
44	OUT_COM_VV02	PQW 316	WORD	
45	OUT_SEC_COMBL	Q 107.7	BOOL	Bloqueio de descarga / Secador COMBL
46	Padrao_Sensores	UDT 2	UDT 2	"Padrão de sensores"
47	Padrao_Status_S...	UDT 3	UDT 3	"Padrão de dados de Status Softstarter"
48	Part_De_Simocod...	FB 151	FB 151	"Blocos de partida direta - Simocod"
49	Part_De_Softstar...	FB 157	FB 157	"Blocos de Partida Direta - Softstar"
50	Part_Rev_Simoc...	FB 153	FB 153	"Blocos de partida Reversível - Simocod"
51	Part_Rev_Termbas...	FB 155	FB 155	"Blocos de Partida Reversível - Termbas"
52	PB_CA-01	I 131.2	BOOL	Sinal de Pressão Baixa / CA-01
53	PB_CA-02	I 131.4	BOOL	Sinal de Pressão Baixa / CA-02
54	P2S	OB 34	OB 34	Cyclic Interrupt 4
55	POS-1_BF-01	Q 206.0	BOOL	Bifurcado / RP-01 > TC-01 / BF-01
56	POS-1_BF-02	Q 206.2	BOOL	Bifurcado / RP-02 > TC-01 / BF-02
57	POS-1_BF-03	Q 206.4	BOOL	Bifurcado / RP-03 > TC-01 / BF-03
58	POS-1_BF-04	Q 206.6	BOOL	Bifurcado / RP-04 > TC-01 / BF-04
59	POS-1_BF-05	Q 207.0	BOOL	Bifurcado / RP-05 > TC-01 / BF-05
60	POS-1_BF-06	Q 207.2	BOOL	Bifurcado / RP-06 > TC-01 / BF-06
61	POS-1_BF-07	Q 207.4	BOOL	Bifurcado / RP-07 > TC-01 / BF-07
62	POS-1_BF-08	Q 207.6	BOOL	Bifurcado / RP-08 > TC-01 / BF-08
63	POS-1_BF-09	Q 208.0	BOOL	Bifurcado / EL-01 > TC-05 / BF-09
64	POS-1_BF-10	Q 208.2	BOOL	Bifurcado / BF-09 > TC-08A / BF-10
65	POS-1_BF-11	Q 208.4	BOOL	Bifurcado / EL-02 > TC-06 / BF-11
66	POS-1_BF-12	Q 208.6	BOOL	Bifurcado / BF-11 > TC-03 / BF-12
67	POS-1_BF-13	Q 209.0	BOOL	Bifurcado / BF-12 > TC-08 / BF-13
68	POS-1_BF-14	Q 209.2	BOOL	Bifurcado / EL-03 > BF-15 / BF-14
69	POS-1_BF-15	Q 209.4	BOOL	Bifurcado / BF-14 > BF-16 / BF-15
70	POS-1_BF-16	Q 209.6	BOOL	Bifurcado / BF-15 > EL-02 / BF-16
71	POS-1_BF-17	Q 210.0	BOOL	Bifurcado / TC-04 > EL-01 / BF-17
72	POS-1_BF-18	Q 210.2	BOOL	Bifurcado / RD-04 > EL-04 / BF-18
73	POS-2_BF-01	Q 206.1	BOOL	Bifurcado / RP-01 > TC-02 / BF-01

Criação das Tag's do Alarme no CLP :

#### 4.3.2 Blocos de programação

Foi utilizada a linguagem Ladder, mencionada no capítulo 3 para realizar o monitoramento dos parâmetros escolhidos.

-Alarme de falha

Figura 23 – Lógica Alarme Compressor 01

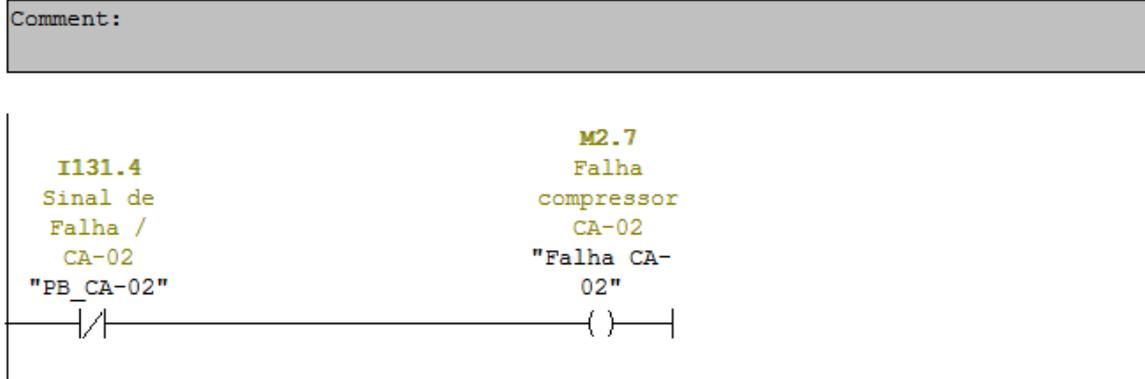
Network 133 : Falha compressor CA-01

Comment:



Figura 24- Lógica Alarme Compressor 02

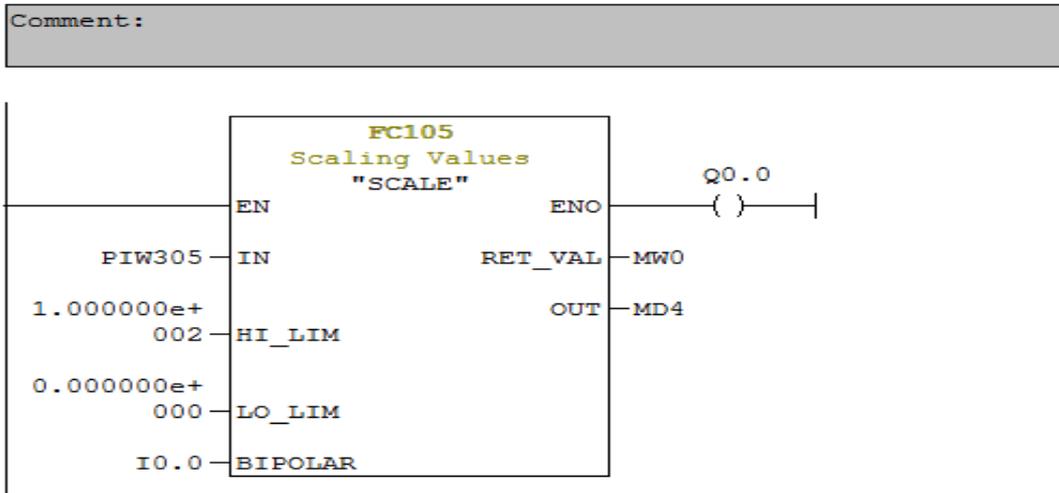
Network 132 : Falha compressor CA-02



Foi utilizado um contato I131.4 normalmente fechado (NF), assim que for energizado, ou seja quando o contato do compressor fechar indicando que houve o desarme, irá ativar o contato I31.4. A mesma lógica foi utilizada para o compressor CA01.

Figura 25 – Função Scale

Network 1: Pressão Compressor



A função Scale (FC105) foi usada para que o valor da pressão pudesse ser lido diretamente na unidade desejada. Pois o valor mostrado pelo CLP seria um inteiro entre 5530 e 27648.

Os parâmetros dessa função são:

IN: Entrada analógica a ser lida

HI\_LIM: Limite superior da entrada

LO\_LIM: Limite inferior da entrada

BIPOLAR: Troca de polaridade

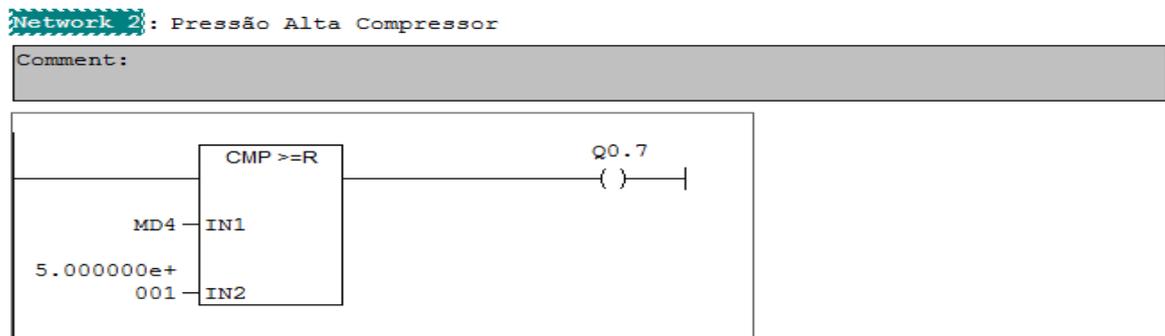
RET-VAL: Código de erro da conversão, caso houver

OUT: Saída, valor que desejado

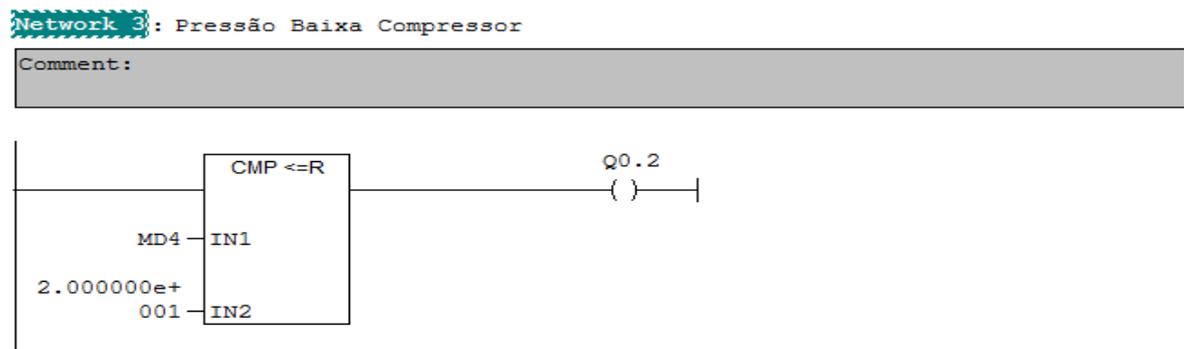
A função FC105 lê o valor inteiro para a entrada analógica armazenada no PIW305 (parâmetro IN). O estado de I0.0 (parâmetro BIPOLAR) determina se o valor da entrada é bipolar ou unipolar. Como o valor de I0.0 é zero, o FC105 processa a entrada analógica como um número unipolar (0 a 27648). O FC105 converte o valor inteiro em um número real, o FC105 dimensiona o número real para um valor entre 0,00 (parâmetro LO\_LIM) e 100 (parâmetro HI\_LIM). Se a função for executada sem erro, o FC105 define o RET\_VAL (MW100) com W# 16 # 0000 (hexadecimal).

Neste caso o valor da pressão estará entre 0 e 100%, correspondente a uma variação de 1 a 20bar.

**Figura 26 – Lógica pressão alta**



**Figura 27 – Lógica pressão baixa**



Para determinar se a pressão do compressor está acima ou a baixo do valor recomendado e gerar o alarme foram criados comparadores. Considerando que a pressão de trabalho do compressor é de 6 bar, e uma pressão considerada baixa seria de 4 bar e a pressão alta igual a 10 bar.

Tem-se um valor alto de pressão a para MD4 maior ou igual a 50 e um valor baixo de pressão para MD4 menor ou igual a 20.

#### 4.4 Comunicação CLP – SCADA

O software Simatic Manager possui um driver que permite que a comunicação entre o CLP S7300 da Siemens e o Wincc, software SCADA. Nesse caso a comunicação foi feita utilizando o protocolo Ethernet TCP/IP.

Figura 28 – IP Simatic Manager

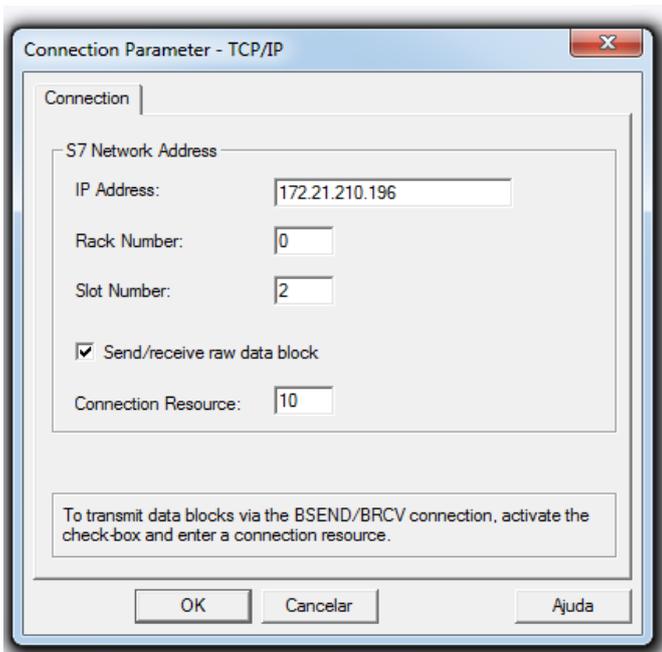
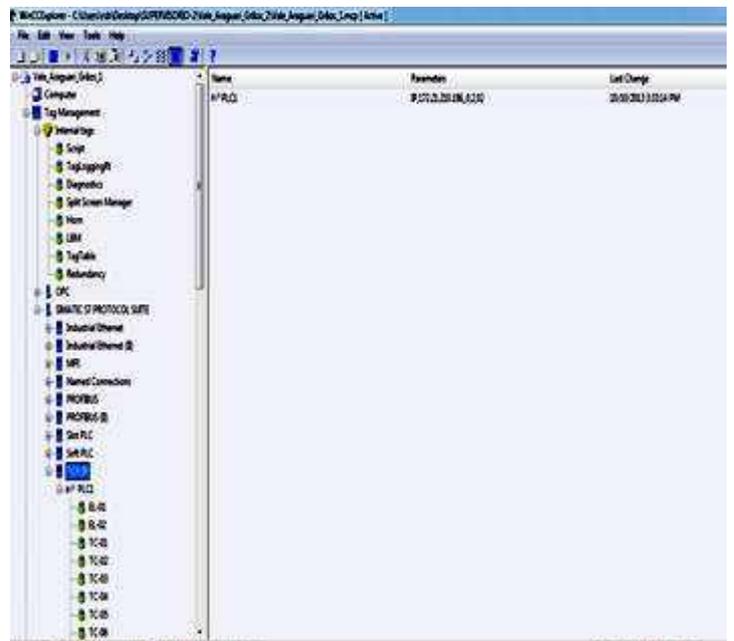


Figura 29 – IP Wincc



### 4.5 Tela SCADA

O Wincc possui a instrução “Program\_Alarm”, assim é possível monitorar um parâmetro e gerar um alarme sempre que ocorre uma mudança do sinal. Para isso as tag's foram associadas a mensagens de alarme.

A tela gerada pelo sistema pode ser observada na figura 30.

Figura 30 – Tela do Alarme de falha dos Compressores

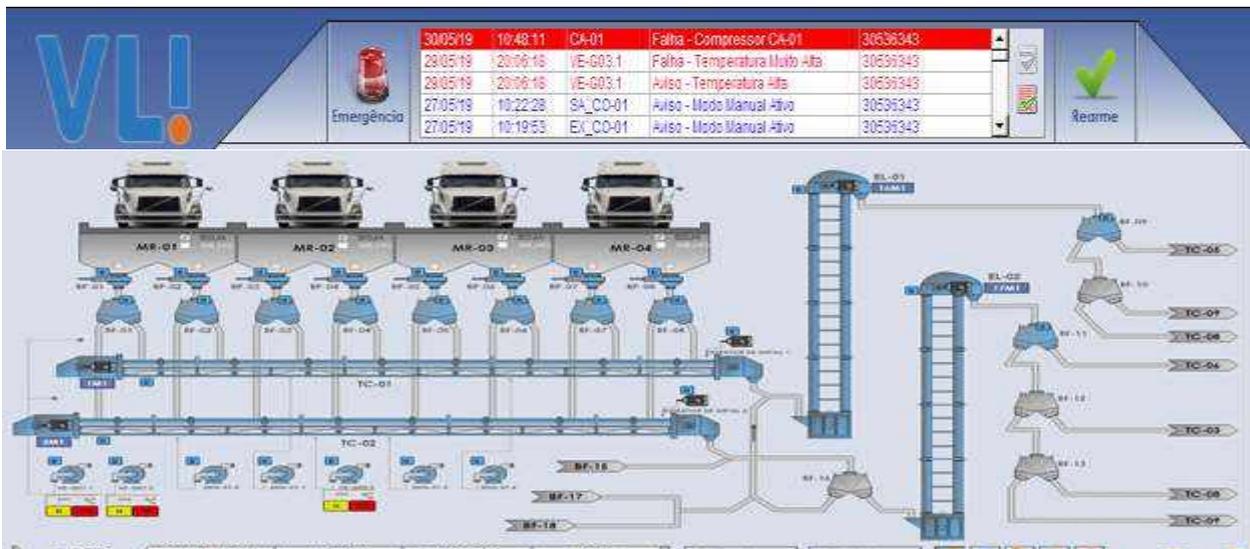


Figura 31 – Histórico de Alarmes

Nº	Data	Hora	Duração	Equipamento	Mensagem	Operador
1	30/05/19	10:48:11	00:00:00	CA-01	Falha - Compressor CA-01	30536343
2	30/05/19	10:45:05	00:05:42	CA-02	Falha - Compressor CA-02	30536343
3	30/05/19	10:47:38	00:05:14	CA-02	Falha - Compressor CA-02	30536343
4	30/05/19	10:47:38	167:23:35	CA-01	Falha - Compressor CA-01	30536343
5	30/05/19	10:42:23	00:00:00	CA-02	Falha - Compressor CA-02	30536343
6	30/05/19	09:19:07	00:00:00	RD-01	Aviso - Modo Manual Ativo	30536343
7	30/05/19	08:18:50	00:00:00	RD-01	Aviso - Modo Manual Ativo	30536343
8	30/05/19	02:44:19	00:03:50	EL-03	Aviso - Modo Manual Ativo	30536343
9	30/05/19	02:42:17	00:00:14	EL-03	Falha - Sensor Desalinhamento	30536343
10	30/05/19	02:40:12	00:00:00	EL-03	Falha - Sensor Desalinhamento	30536343
11	30/05/19	02:42:03	00:00:00	EL-03	Falha - Sensor Desalinhamento	30536343
12	30/05/19	02:41:30	00:00:43	EL-03	Falha - Sensor Desalinhamento	30536343
13	30/05/19	02:41:22	00:00:00	EL-03	Falha - Sensor Desalinhamento	30536343
14	30/05/19	02:41:16	00:00:00	EL-03	Falha - Sensor Desalinhamento	30536343
15	30/05/19	02:41:05	00:00:16	EL-03	Falha - Emergência Local	30536343
16	30/05/19	02:40:58	00:00:00	EL-03	Falha - Emergência Local	30536343
17	30/05/19	02:40:48	00:00:00	EL-03	Falha - Emergência Local	30536343
18	30/05/19	02:40:28	00:00:00	EL-03	Aviso - Modo Manual Ativo	30536343
19	30/05/19	02:37:52	00:06:01	TC-07	Aviso - Modo Manual Ativo	30536343
20	30/05/19	02:31:50	00:00:00	TC-07	Aviso - Modo Manual Ativo	30536343

Figura 33 – Alarme pressão alta

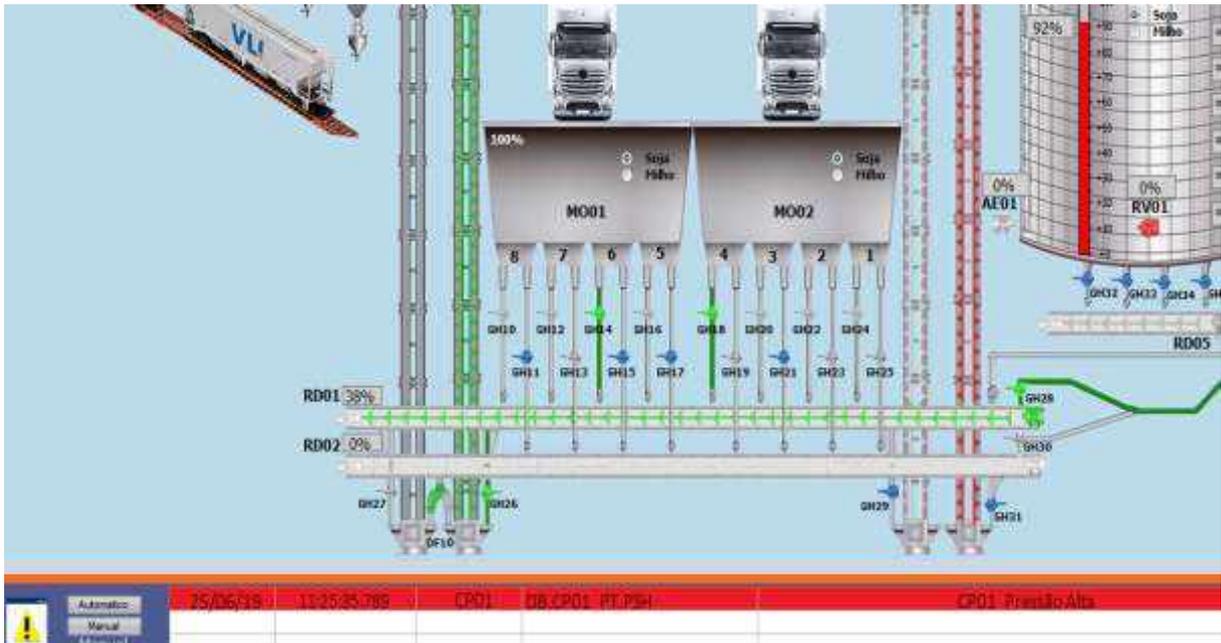
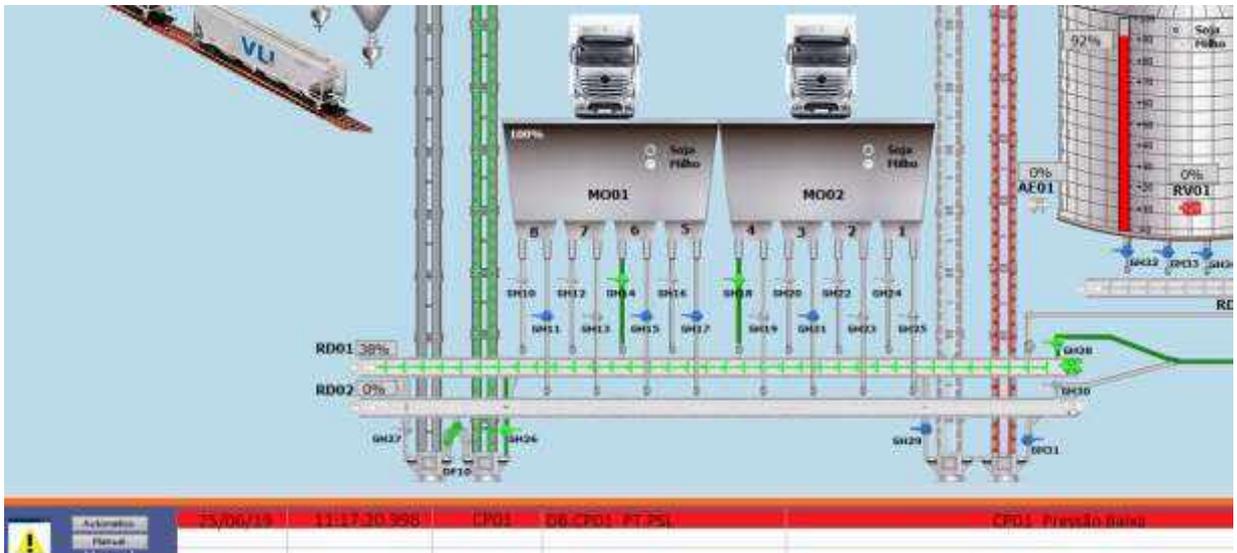


Figura 32 – Alarme pressão baixa



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a implantação do projeto foi possível observar que o objetivo foi alcançado. O tempo de manutenção dos compressores reduziu de forma significativa e não ocorreram paradas no carregamento por desarme desse equipamento, pois foi possível corrigir a falha antes do ar comprimido armazenado no reservatório acabar. No ano de 2018 foram 5h6min de impacto no carregamento, e de acordo com os dados fornecidos pelo SAP, no ano de 2019 até o mês de maio foram 3 ocorrências de desarme, sendo que nenhuma ocasionou parada no carregamento.

Além disso, ao monitorar constantemente as variações da pressão na tela do supervisor foi possível identificar vazamentos de ar comprimido na central de compressão e na linha. Esse indicativo foi dado pelas quedas instantâneas de pressão, mesmo quando as rotas de carregamento estavam paradas.

A viabilidade econômica também é um fator importante a ser considerado, pois essa melhoria foi feita utilizando recursos já disponíveis na empresa, logo não houve custos adicionais.

## 6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Esse estudo trouxe informações de como monitorar remotamente falha e pressão de um compressor de parafuso da Atlas Copco, sem gerar investimento financeiro. Além disso comprovou alguns dos benefícios de implantar o monitoramento de ativos na indústria.

É importante observar que o monitoramento foi desenvolvido de acordo com o que foi proposto. E os resultados a curto prazo observados foram bastante positivos, o mais significativo deles foi a redução do tempo de impacto na produção ocasionada pelo desarme dos compressores.

A sugestão para trabalhos futuros é monitorar outras variáveis importantes do compressor como horas de funcionamento, fazendo com que o equipamento gere uma notificação de manutenção. Ou mesmo, usar esse trabalho como base para monitorar outros equipamentos, tão importantes quanto o compressor para o processo produtivo do terminal logístico industrial em questão.

## REFERÊNCIAS

- ATLAS COPCO, **Manual de Instruções Compressor GA55**. São Paulo, p.28. 2015.
- BARBAN, Marília. **A Transformação Digital**. Brasília, 2012. Citado na página 17.
- BOLTON, W. **Programmable logic controllers**. [S.I.]: Newnes, 2015. Citado 2 vezes na página 26.
- BONELLA, Arthur Zanoli; SENA, Filipe; ARRUDA, Danilo Pereira. **Sistema de Monitoramento Remoto de Instalações de Ar Condicionado**, Universidade Federal do Espírito Santo, 2013. Citado na página 20.
- BOSCH. Dimensionamento do Sistema de Ar Comprimido. **Tecnologia de Ar Comprimido**. Campinas, 2008.p.5. Citado na página 16.
- CAMILLO, Edson. **Monitoramento Remoto de Falhas em Conversores de Frequência**. Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. Citado na página 19.
- CENARCOM. **Distribuidor Autorizado Atlas Copco**. 2016. Disponível em: <<http://www.cenarcom.com.br/>>. Acesso em: 16/05/2010. Citado na página 33.
- COE, Conseil d'orientation pour l'emploi, **Automatisation numérisation et emploi**, p.5-9, dez, 2017. Citado na página 19.
- COELHO, Marcelo. **Sistemas Supervisórios Modernos**. Instituto Federal de São Paulo, 2010. Citado na página:30.
- COUTO, Ronaldo. **A rede Ethernet Industrial** . Universidade São Francisco, 2010. Citado na página 31.
- FERRARI, Rafael. **Conversão A/D e D/A**, Universidade Estadual de Campinas, 2011. Citado na página 28.
- FIALHO, B. A. **Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. [S.I.]: Editora Erica, 2004. Citado nas página 26.
- LAMB, Frank, **Automação Industrial na Prática**, Porto Alegre, Editora Bookman, 2015. Citado na página 27.
- OEE. **“Como calcular o OEE”**. 2019. Disponível em: <<https://www.oeo.com.br/como-calculador-o-oeo/>>. Acesso em: 28/05/2019. Citado na página 17.

PACCO, Rafael. **Projeto de uma Rede de Ar Comprimido industrial**. Universidade Estadual Paulista, 2013. Citado na página 19.

PARKER, Hannifin Manufacturing. **Air Comprimé de haute qualité pour l'industrie agroalimentaire**. Dukesway, 2012.p.2. Citado na página 16.

PEREIRA, Danillo Arruda, **Projeto de um Sistema de Automação Industrial para uma Indústria de Produtos Saneantes**, Universidade de Brasília, 2015. Citado na página 20.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial PLC Programação e Instalação**, 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, .2013. Citado nas páginas: 25 e 28.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial Pneumática: Teoria e Aplicações**. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC.2015.p.177-182. Citado 5 vezes nas páginas 13,18,19,20 e 23.

Ramamurthy, B., Bhargavi, S., e ShashiKumar. **Development of a low-cost gsm sms-based humidity remote monitoring and control system for industrial applications**. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2010.Citado na página 19.

ROGGIA, Leandro. Automação Industrial. **Colégio Técnico Industrial de Santa Maria**, p.28-29,2016. Citado na página 19.

SEIXAS FILHO, **Industrial Ethernet**. 2003. Disponível em: <<http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas/PaginaSDA/Download/DownloadFiles/Ethernet.PPD>> Acesso em: 30/03/2019. Citado na página 31.

SENAI, **Controladores Lógicos Programáveis: Módulo Avançado**, 2004. Citado na página 25.

SILVA, Fabricio Roosevelt Melo da. **Implantação e Desenvolvimento de uma Rede de Automação Industrial e Sistema SCADA para Estação de Tratamento de Água Purificada**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017. Citado na página 19.

SILVA, Fabrício, **Implantação e Desenvolvimento de uma Rede de Automação Industrial e Sistema SCADA para Estação de Tratamento de Água Purificada**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017. Citado 2 vezes na página

SILVESTRE, R. P. **Implementação em ladder de sistemas de automação descritos por redes de petri interpretadas para controle.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. Citado na página 29.

YOCOGAWA. **General Specifications: Pressure Transmitter,**.16.ed, p.1.Tokyo.2016. Citado na página 36.

ZANCAN, Marcos Daniel, **Controladores Programáveis,** Universidade Federal de Santa Maria, 2010. Citado na página 26.