



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS – IFAM
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL



MELISSA KEROLIN MAURICIO DE MOURA

**SISTEMA DE INSPEÇÃO VISUAL PARA IDENTIFICAÇÃO DE CONTROLE
REMOTO EM LINHA DE MONTAGEM**

MANAUS – AM

2021

MELISSA KEROLIN MAURICIO DE MOURA

**SISTEMA DE INSPEÇÃO VISUAL PARA IDENTIFICAÇÃO DE CONTROLE
REMOTO EM LINHA DE MONTAGEM**

Monografia apresentada à banca examinadora do Campus Manaus Distrito Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Amazonas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em engenharia de controle e automação.

MANAUS - AM

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M929s Moura, Melissa Kerolin Mauricio de.

Sistema de inspeção visual para identificação de controle remoto em linha de montagem. / Melissa Kerolin Mauricio de Moura. – Manaus, 2021. 53 f. : il. Color.

TCC (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, 2021.

Orientador: Prof. Me. Ricardo Brandão Sampaio

1. Ar condicionado. 2. KPI. 3. Sistema de inspeção. 4. Sensor de visão. I. Sampaio, Ricardo Brandão (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

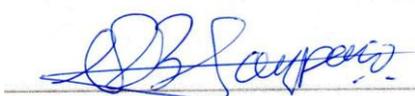
CDD 629.89

Elabora por Fc^a. Amélia Frota, registro n.858 (CRB11)

SISTEMA DE INSPEÇÃO VISUAL PARA IDENTIFICAÇÃO DE CONTROLE REMOTO EM LINHAS DE MONTAGEM

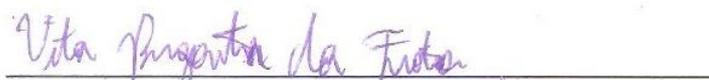
Monografia Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal do Amazonas como requisito final para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Manaus, 23 de Março de 2021.



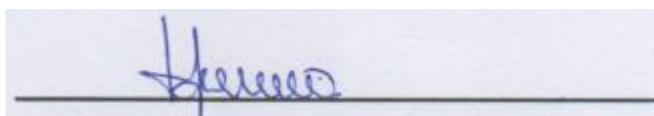
Prof. Me. Ricardo Brandão Sampaio

Professor Orientador



Prof. Dr. Vitor Bremgartner da Frota

Professor Avaliador



Prof. Me. Hillermann Ferreira Osmidio Lima.

Professor Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelos dons que me deu nesta existência que serviram na realização deste projeto.

Sou grato aos meus pais Wilhames e Gesiane por sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou.

Agradeço em especial a meu orientador, Ricardo Brandão por sempre estar presente para indicar a direção correta que o trabalho deveria tomar. Agradeço por ter sido um grande amigo durante este caminho, que me incentivou e ajudou a enfrentar todas as adversidades que tive.

RESUMO

Atualmente com a evolução exponencial das novas tecnologias de automação, grandes indústrias estão cada vez mais apostando na implementação de testes em suas linhas de montagem. Estes testes são capazes de garantir segurança, qualidade e confiabilidade dos produtos durante o processo de montagem e de seus produtos acabados. Alguns KPIs¹(indicadores de qualidade), são utilizados para avaliação desses produtos, como o LAP (Laboratório de análise de produto). Na empresa *Whirlpool*, durante o LAP foram identificados alguns produtos sem controle remoto dentro da embalagem. A mesma situação foi identificada por outro KPI, que indica as incidências de campo, ou seja, que ocorreram na casa do cliente, os clientes estavam recebendo produtos sem controle remoto. Devido a estas incidências, verificou-se a necessidade de implementar um teste para garantir que o controle remoto sempre fosse colocado e identificado dentro do EPS² antes do produto ser embalado. A solução encontrada foi a utilização de um sistema de visão instalado no posto de trabalho, intertravado com uma talha de movimentação do produto. Esta implementação garante que somente se o controle remoto for colocado no EPS e o status de teste for aprovado, a talha de movimentação será liberada e o produto colocado no EPS para ser embalado.

Palavras-Chave: Ar Condicionado. KPI. Sistema de Inspeção. Sensor de visão.

¹ *Key Performance Indicator*, significa Indicador-chave de desempenho.

² Poliestireno expandido, conhecido popularmente como isopor.

ABSTRACT

Currently, with the exponential evolution of new automation technologies, large industries are increasingly betting on the implementation of tests on their assembly lines. These tests are able to ensure safety, quality and reliability of the products during the assembly process and of its finished products. Some quality indicators, or KPIs, are used to evaluate these products, such as the Product Analysis Laboratory, or LAP. At the Whirlpool company, during the LAP, some products without remote control were identified inside the packaging. The same situation was identified by another KPI, which indicates the field incidents, that is, which occurred at the customer's home, customers were receiving products without remote control. Due to these issues, there was a need to implement a test to ensure that the remote control was always placed and identified inside the EPS before the product was packaged. The solution found was the use of a vision system installed at the workstation, interlocked with a product movement hoist. This implementation ensures that only if the remote control is placed in the EPS and the test status is approved, the movement hoist will be released and the product placed in the EPS to be packaged.

Key-words: Air conditioner. KPI. Inspection System. Vision sensor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de visão Keyence.	22
Figura 2 – Como realizar a inspeção.	24
Figura 3 – Status de teste visto no monitor.	25
Figura 4 – Instalação de cabeça sensora.	26
Figura 5 – Instalação de suporte mecânico.	26
Figura 6 – Instalação do painel elétrico no posto.	28
Figura 7 – Conexão de cabos para funcionamento do sistema de visão.	28
Figura 8 – Método de comunicação do sensor e sua polarização.	29
Figura 9 – Tela inicial de configuração do sensor.	30
Figura 10 – Tela da opção de disparo da imagem de inspeção	31
Figura 11 – Tela para ajuste automático de brilho.	31
Figura 12 – Telas para ajuste automático de foco.	32
Figura 13 – Tela para registro de imagem mestre.	32
Figura 14 – Tipos de ferramentas para julgo de alvo.	33
Figura 15 – Opção para configuração da Janela de Edição da ferramenta.	34
Figura 16 – Instrução de como realizar o ajuste fino do perfil.	35
Figura 17 – Ajuste de limite da taxa de correspondência.	36
Figura 18 – Escala de variação para o intervalo de rotação.	36

Figura 19 – Configuração da saída do sistema.	37
Figura 20 – Chave de acionamento da esteira	38
Figura 21 – Diagrama elétrico do intertravamento com a talha.	39
Figura 22 – Representação do posto P.210 feito no Sketchup.....	40
Figura 23 – Representação do EPS inferior feito no Sketchup.....	41
Figura 24 – Representação da vista superior do sistema.....	41
Figura 25 – Estatística do teste durante piloto realizado.	42
Figura 26 – Posicionador de EPS no <i>Sketchup</i>	43
Figura 27 – Estatística do teste verificada no segundo piloto realizado	43
Figura 28 – Estatística do período de inspeção na primeira etapa de teste.	44
Figura 29 – Estatística do período de inspeção na primeira etapa de teste	45
Figura 30 – Imagem salva pelo teste quando status NG.	46
Figura 31 – Fluxograma do teste.....	50
Figura 32 – Fluxograma do teste.....	51
Figura 33 – Especificações gerais do sensor IV-H2000MA.....	52
Figura 34 – Especificações gerais do monitor IV2-CP50.	53
Figura 35 – Especificações gerais do relé industrial utilizado.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do sensor de visão.....	23
Tabela 2 - Especificações do monitor.	24
Tabela 3 - Especificações do relé.....	27
Tabela 4 – <i>Spare parts</i> do painel elétrico.	27
Tabela 5 – Descrição das saídas.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP – *Programmable Logic Controller.*

CMOS - *Complementary Metal Oxide Semiconductor.*

EPS - *Expanded PolyStyrene.*

ETHERNET - Arquitetura de interconexão para redes locais baseada no envio de pacotes.

FPGA – *Field-programmable gate array.*

GSIR - *Global Service Incidente Rate*

INT – *INPUT*

IP - *Internet Protocol address.*

KPI - *Key Performance Indicator.*

LAP – Laboratório de análise de produto

NG - Indica status REPROVADO do teste de inspeção visual.

NPN – Junção Negativo-positivo-negativo. Sensores com lógica negativa.

OK - Indica status APROVADO no teste de inspeção visual.

OUT – *OUTPUT*, significa saída.

PNP – Junção positivo-negativo-positivo. Sensores com lógica positiva.

RAC – *Residential-air-conditioners.*

RAMP UP - Fase de início da produção de uma indústria

SMD – *Surface Mounted Device*

TAKT TIME - tempo em que se deve produzir uma peça ou produto

TRIGGER - Gatilho ou acionamento de um dispositivo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	BREVE HISTÓRICO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	17
2.2	TESTES DE PRODUTOS APLICADOS NA INDÚSTRIA.....	18
2.3	CONCEITOS BÁSICOS E TERMINOLOGIAS	19
2.3.1	Sensores industriais	19
2.3.2	Sensores de visão	19
2.3.3	Relé industrial	20
2.3.4	Indicadores de qualidade	20
3	METODOLOGIA	22
3.1	SENSOR DE VISÃO IV-H2000MA e Monitor IV2-CP50.....	22
3.1.1	Princípio de funcionamento	22
3.1.2	Especificações do sistema de visão	23
3.2	FUNCIONAMENTO DO TESTE	24
3.3	INFRAESTRUTURA PARA FUNCIONAMENTO	25
3.3.1	Instalação do suporte mecânico	25
3.3.2	Instalação do painel elétrico	26
3.4	CONFIGURANDO O SISTEMA DE VISÃO.....	28
3.4.1	Instalação do sensor e monitor	28

3.4.2	Configurando o sensor no sistema	29
3.5	CRIAÇÃO DA RECEITA DE TESTE	29
3.5.1	Otimização de Imagem.....	30
3.5.2	Registro de Imagem Mestre.....	32
3.5.3	Configuração de Ferramenta.....	33
3.5.4	Atribuições de Saída	37
3.6	INTERTRAVAMENTO DO SISTEMA: AUTOMAÇÃO DA TALHA	38
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	40
4.1	DADOS ANALISADOS NO PILOTO DO TESTE SEM INTERTRAVAMENTO.....	40
4.2	DADOS ANALISADOS NO PILOTO DO TESTE COM INTERTRAVAMENTO.....	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
6	REFERÊNCIAS	48
7	APÊNDICE	50
8	ANEXO	52

1 INTRODUÇÃO

O conceito de automação está amplamente ligado à indústria de montagem de eletrodomésticos. Um dos principais objetivos de se automatizar um processo é dar mais autonomia para equipamentos e máquinas, aumentando a qualidade de processos, a produtividade e diminuindo possíveis esforços físicos de colaboradores e custos de produção (SOUZA, 2019).

Alguns tipos de testes são comumente empregados para garantir que os produtos atendam requisitos de segurança, qualidade e confiabilidade, sem que a agilidade na hora da montagem e os planejamentos de produção sejam prejudicados. Também são amplamente utilizados quando se deseja garantir que o produto chegue à casa do cliente em perfeito estado de funcionamento e com todos os seus itens obrigatórios dentro das caixas de embalagem.

Durante o processo de auditoria de produtos na montagem do Ar Condicionado do tipo RAC³ para modelos eletrônicos (que contém controle remoto), foram identificados pelo SAC casos de produtos que chegaram na casa do cliente sem o controle remoto. Desta forma, como assegurar que durante o processo de produção do ar condicionado, o controle remoto será colocado no EPS⁴ e enviado para o cliente corretamente?

Algumas hipóteses foram levantadas para explicar essas ocorrências, primeiramente observou-se que o posto P.210 possui pouco espaço para que o operador possa executar a operação padrão dentro do *takt time* do posto e para que ele consiga cumprir a demanda, pode acabar não percebendo a ausência do controle remoto no EPS.

Outra hipótese levantada é que a posição do *marfinite* que continham os controles remotos estava numa posição fora do campo de visão do operador, em cima do *flow rack* que está atrás do posto, isso pode ocasionar o esquecimento do operador na hora de colocar o controle remoto dentro do EPS.

³ Pode ser traduzido por Ar Condicionado Residencial.

⁴ Poliestireno expandido.

Ao analisar as hipóteses que causaram o problema no posto P.210 na linha de montagem do RAC e identificar os *gaps* no processo produtivo, desenvolveu-se um conceito de um projeto para realização de um teste no posto P.210 que seja capaz de identificar o controle remoto dentro do EPS, impedindo que o operador envie o produto sem controle remoto para embalagem.

Este trabalho se baseou nas literaturas de Nelson Back, Longuinho da Costa Machado Leal e outros autores, e também traz uma base do manual do usuário disponibilizado pelo fabricante do sistema de visão utilizado. A metodologia de pesquisa explicativa onde visou-se registrar, analisar e interpretar o fenômeno descrito como problema e solucioná-lo utilizando um método experimental. Espera-se obter resultado satisfatório com a escolha deste tipo de sistema de visão, e com isso alcançar índices de peças faltantes aproximados a zero.

Este projeto tem como objetivo geral definir um processo de inspeção visual para identificação de controle remoto colocado dentro do EPS antes que o produto seja colocado sobre ele e enviado para o processo de embalagem.

Espera-se conseguir com este projeto realizar as seguintes ações:

- Utilizar um sistema de visão industrial Keyence que atendam as especificações do projeto.
- Formular documentação para entrega técnica do sistema de visão;
- Formular material para registro na instituição de ensino;

Esta monografia está dividida em cinco capítulos:

- Capítulo 1: Introdução
- Capítulo 2: Revisão da Literatura
- Capítulo 3: Metodologia
- Capítulo 4: Análise dos resultados
- Capítulo 5: Considerações Finais

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados alguns textos importantes para que se entenda o início da automação nas indústrias e os tipos de teste que podem ser aplicados nas linhas de montagem para melhoria de processos.

2.1 BREVE HISTÓRICO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Pode-se definir automação como a ação ou efeito de tornar automático. Sabe-se que o início da automação industrial se deu com a criação das primeiras máquinas a vapor. Contudo, o aumento da demanda impulsionou a busca por melhoria nos processos produtivos. A partir do século XIX a energia elétrica passou a ser amplamente utilizada nas indústrias e novos processos de produção foram criados. Apesar deste crescimento, os métodos de análises e qualidade de um produto ainda não estavam garantidos, pois todo o processo era bastante rudimentar. *Henry Ford* (1863-1947) idealizou os primeiros conceitos de linha de montagem (SILVEIRA, 2003).

No ano de 1837, *William Fothergill Cooke* (1802 -1879), *Charles Wheatstone* (1802 -1875) e *Edward Davy* (1806-1885) desenvolveram os primeiros relés. Os relés são dispositivos eletromecânicos formados por uma bobina e dois contatos móveis que se movimentam de acordo com o campo magnético produzido pela bobina. Estes dispositivos foram usados para programar máquinas através de instalação de painéis e cabines de controle com centenas destes dispositivos, o que exigia grande interconectividade, gerando também problemas estruturais como cabeamento e vida útil dos (SILVEIRA, 2013).

Devido a isso, em 1968 a empresa *BedFord Association*, em *BedFord* – USA, desenvolveu um dispositivo eletrônico para substituir os relés chamado de MODICON (*Modular Digital Controller*). Este foi o primeiro CLP⁵ inventado, tornando o sistema muito mais flexível, econômico e eficiente (SILVEIRA, 2013).

Nos dias atuais podemos contar com o auxílio do CLP. Sendo uma unidade de processamento que recebe as informações através de uma unidade de entrada de dados, processa de acordo com as especificações definidas no escopo da

⁵ Controlador Lógico Programável

programação e devolve os resultados através de uma unidade de saída. As unidades de entradas e saídas são conectadas a outros dispositivos como sensores e atuadores (relés, lâmpadas, solenoides, botoeiras etc.) (SILVEIRA, 2013).

2.2 TESTES DE PRODUTOS APLICADOS NA INDÚSTRIA

Existem vários tipos de sistemas de teste aplicados em diversas áreas da indústria. Durante o século XX, tem-se basicamente sistemas que utilizavam equipamentos de medição, terminais de operação como *andon*, *displays* e também atuadores como relés, botoeiras e outros. Devido à forma rudimentar dos testes, levava-se um tempo significativamente alto para a execução de cada um. Com a invenção do computador pessoal, iniciou-se a evolução dos testes de fábrica que passaram a utilizar interfaces mais sofisticadas que permitiram uma maior interação entre usuário e produto. Esses equipamentos conforme evoluíram melhoraram sua cobertura, possibilitando realizar o teste de soldabilidade em componentes complexos, como processadores, módulos FPGA⁶, entre outros (PIEREZAN, 2018).

Com a diminuição da utilização dos sistemas de teste por meio de máquinas *in-circuit*⁷, houve o surgimento de novas tecnologias. Um tipo de tecnologia apresentada ao final do século XX, foi o *Boundary scan*⁸. Esse tipo de teste foi aplicado para testar interconexões em placas de circuito impresso ou sub-blocos dentro de um circuito integrado (PIEREZAN, 2018).

Também houve uma evolução nos sistemas de verificação montadas utilizando processos que não realizavam intervenção na placa, como sistemas de teste por imagem e Raio X. Normalmente os testes por imagem são empregados no final da linha de montagem. Pode ser utilizado para verificação da montagem de placas. Nas máquinas de teste SMD⁹, é realizada uma análise comparativa da placa em teste com uma imagem (PIEREZAN, 2018).

⁶ Pode ser traduzido por Matriz de portas programáveis.

⁷ Tipo de teste realizado através de um gabarito e uma cama de pregos (conhecido como *Kit Fixture*), onde a placa é encaixada, e agulhas entram em contato com a placa em pontos bastante específicos, previamente definidos e projetados na placa eletrônica.

⁸ Tipo de teste para placas eletrônicas.

⁹ Significa *Surface Mounted Device*, que basicamente pode ser definido como a utilização da técnica de montagem em superfície.

Este princípio de funcionamento também é aplicado nos testes atuais de inspeção. Sensores de visão realizam a inspeção através da comparação entre um registro de imagem mestre e as imagens feitas em tempo real durante o processo, assim é possível identificar defeitos de montagem, falta de peças, entre outros.

2.3 CONCEITOS BÁSICOS E TERMINOLOGIAS

Será abordado nesse tópico alguns conceitos e terminologias básicas para melhor entendimento dos dispositivos a serem utilizados no projeto.

2.3.1 Sensores industriais

Os sensores são um dos principais dispositivos utilizados na automação de indústrias. Sensor é o termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, que pode ser luminosa, térmica, cinética etc., relacionando essas informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição etc.

2.3.2 Sensores de visão

Podemos definir um sistema de visão industrial como um conjunto de técnicas visuais, em sua maioria compostas por câmeras e *softwares*, usados para fazer coleta de dados através de registros de imagens. Os sistemas de visão podem ter várias funções: inspeção, orientação, medição e identificação de produtos (BAUMGARTEN, 2019).

Esses sistemas são ideais para garantir qualidade de produtos, controle de falhas e erros de fabricação. As informações coletadas dos sistemas de visão permitem uma agilidade maior nos processos, identificando com rapidez produtos defeituosos, peças faltantes etc. que gera resposta rápida da equipe. Os sensores usados em sistemas de visão identificam o produto a ser inspecionado na imagem registrada pela câmera, e procura as características específicas previamente no programa de configuração. (BAUMGARTEN, 2019).

2.3.3 Relé industrial

O relé é um dispositivo que funciona como uma chave. Quando sua bobina é energizada, dependendo do tipo de relé usando, um contato mecânico se fecha através de indução magnética, isso permite o acionamento de dispositivos como motores, lâmpadas, válvulas de forma segura. Existem muitos tipos de relés no mercado para atender as mais variadas especificações de projetos, relé de estado sólido, relé de tempo, relé térmico, relé auxiliar, relé de sobrecarga, entre outros. Neste projeto foi utilizado um relé industrial eletromagnético (MATTEDE, Henrique, 2020).

2.3.4 Indicadores de qualidade

Dois indicadores são especialmente importantes neste projeto. Eles foram os responsáveis por apontar a ausência do controle remoto dentro do EPS.

2.3.4.1 Laboratório de auditoria de produto – LAP

Laboratório de Auditoria de Produto (LAP), é o indicador de qualidade responsável por analisar os produtos do ponto de vista do consumidor. A cada hora do processo de produção na linha de montagem são retirados dos produtos acabados 2%. Esses produtos são escolhidos de forma aleatória.

Nos produtos coletados são realizados testes de usabilidade, performance e confiabilidade. Alguns produtos são avaliados internamente para atestar que o processo de montagem foi feito corretamente. O objetivo do LAP é observar possíveis anomalias que geram a insatisfação do consumidor. Os tipos de defeitos identificados pelo LAP são classificados da seguinte forma:

- Defeito Menor: defeitos que não reduzem a utilidade do produto. São considerados arranhões em pinturas, amassados etc.
- Defeito Maior: defeitos que podem resultar em falhas ou redução da utilidade do produto. São considerados ruídos incomuns etc.
- Defeito crítico: defeitos que podem produzir condições perigosas para o usuário. É considerado também o tipo de defeito que pode impedir a utilização ou desempenho do produto. Dentro deste defeito está a falta de controle remoto em modelos eletrônicos.

Durante a auditoria de produtos foram constatados três produtos sem controle remoto, isso configura um índice muito grande de falha, sendo considerado como defeito crítico.

2.3.4.2 GSIR

A sigla GSIR do inglês *Global Service Incidente Rate*, é a taxa global de incidência de serviço em campo, mensurado pela gestão de qualidade. É um método de previsão que possibilita a projeção do comportamento de um evento que é esperado acontecer por unidade produzida.

O indicador de qualidade GSIR é originado de gráficos de tendências, onde é a divisão entre número de ordens de serviços abertas pelos clientes no período de doze meses e o número de produtos produzidos no período de doze meses. Com isso foi constatado que no período de junho/2019 a novembro/2019 ocorreram doze ordens de serviço com peças faltantes, neste caso, sem o controle remoto dos modelos eletrônicos conforme equação 1.

Equação 1: Equação utilizada para cálculo do GSIR.

$$GSIR = \frac{\textit{soma das OS's 12M}}{\textit{soma dos produtos expedidos 12M}} * 100$$

Fonte: Própria autora (2020).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordadas as principais etapas para o desenvolvimento do projeto.

3.1 SENSOR DE VISÃO IV-H2000MA e Monitor IV2-CP50

A empresa *Keyence* é fornecedora de sensores, sistemas de medição, marcadores a *LASER*, microscópios e sistemas de visão. Dentre os sistemas ofertados pela *Keyence*, tem-se a série IV/IV-G que são sensores de visão. Estes tipos de sensores podem fazer detecções mais complicadas, como a detecção dos formatos das peças com uma chave fotoelétrica. Os sensores da série IV são pequenos e compactos, possibilitando que sejam instalados como novos sistemas, em sistemas existentes e espaços estreitos (Manual de operação KEYENCE, 2019).

3.1.1 Princípio de funcionamento

Para este projeto utilizou-se o sensor de visão IV-H2000MA e o monitor IV2-CP50, conforme ilustrado na Figura.

Figura 1 – Sistema de visão Keyence.



Fonte: Keyence (2017).

Quando o sistema é iniciado pela primeira vez e o sensor cadastrado, inicia-se o processo de configuração do sensor. Neste momento são inseridas as especificações de teste, ou seja, os requisitos necessários do que se quer testar e como testar. O sensor gera a imagem de um alvo ao receber a luz refletida da lâmpada embutida exposta para um alvo usando o sensor de imagem CMOS¹⁰ (Manual de operação KEYENCE, 2019).

¹⁰ Pode ser traduzido por metal-óxido-semicondutor complementar.

A primeira etapa desta configuração é a “Otimização de Imagem”, nesta opção, serão definidas as configurações de brilho, foco e disparador de imagem. Após a conclusão desta etapa, segue-se para a etapa de “Registro de Imagem Mestre”. Nesta opção é definida a imagem do item que se deseja testar. É através da imagem mestre que o sistema pode fazer as inspeções em tempo real e comparar com o que foi previamente cadastrado.

A terceira etapa é a “Configuração de Ferramentas”. Nesta etapa serão definidas todas as ferramentas para julgamento de um alvo, podendo ser ferramentas de área, perfil, contraste e ajuste de posição. É através dessas ferramentas que o sistema pode identificar se o que está sendo inspecionado condiz com a imagem mestre registrada na programação. A última etapa é “Atribuições de Saída”. É nesta ferramenta onde são determinados os tipos de saída do sistema, podendo ser *Status total*, *Status total NG*, Ferramentas, Lógicas ou desligada”. Para a configuração do teste deste projeto serão usadas as saídas *Status Total* e *Status Total NG*.

3.1.2 Especificações do sistema de visão

Os dados das Tabelas 1 foram informados para a primeira configuração do sistema antes de ser instalado no posto de operação. Algumas especificações técnicas do monitor são vistas na Tabela 2.

Tabela 1 - Especificações do sensor de visão.

Sensor de visão	
Modelo	IV-H2000MA
Polarização	NPN / PNP
Fonte de Luz	Infravermelho
Distância instalação	1700 mm a 2000 mm
Alimentação	24 VDC
Peso	270 g
Input	Possui 6 entradas (INT 1* acionamento externo, INT 2-6)
Output	Possui 4 saídas (OUT 1-4)

Fonte: Keyence (2017).

Tabela 2 - Especificações do monitor.

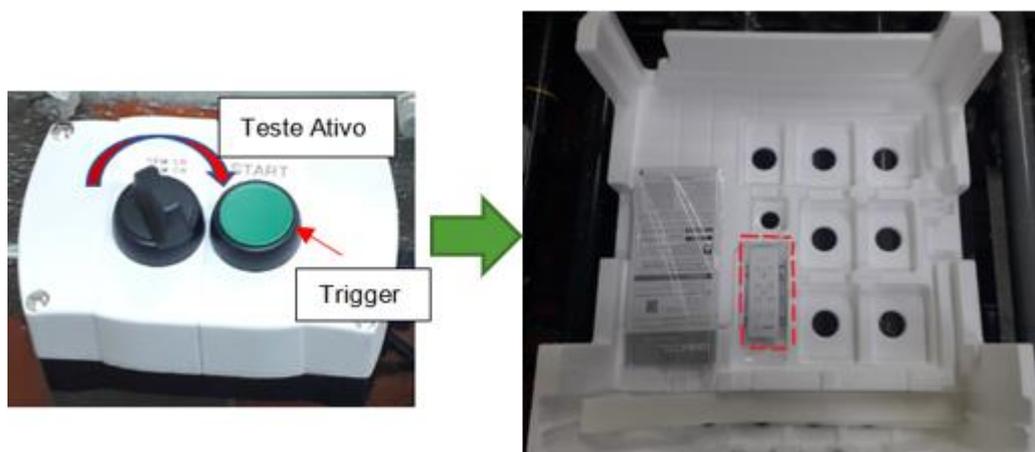
Sensor de visão	
Modelo	IV2-CP50
Cabo de comunicação	OP-87458- Padrão 100BASE-TX/10BASE-T Conector M12 4 pinos
Alimentação	DC24 V \pm 10% (incluindo ondulação) 0,3 A ou inferior
Peso	450 g

Fonte: Keyence (2017).

3.2 FUNCIONAMENTO DO TESTE

Para iniciar o teste, deve-se realizar o *setup* de produto através de uma chave seletora S1. Ao girar a chave seletora para a direita, o modelo eletrônico é selecionado e o teste será ativado. Neste momento a movimentação da talha localizada no posto é bloqueada e o sensor aguarda a realização da inspeção do controle remoto. O operador coloca o controle remoto dentro do EPS no local indicado pelo guia de operação, junto com outros acessórios do ar-condicionado conforme ilustrado na Figura 2. Após posicionar o controle remoto, o operador aciona o *trigger* do sensor através do botão B1.

Figura 2 – Como realizar a inspeção.



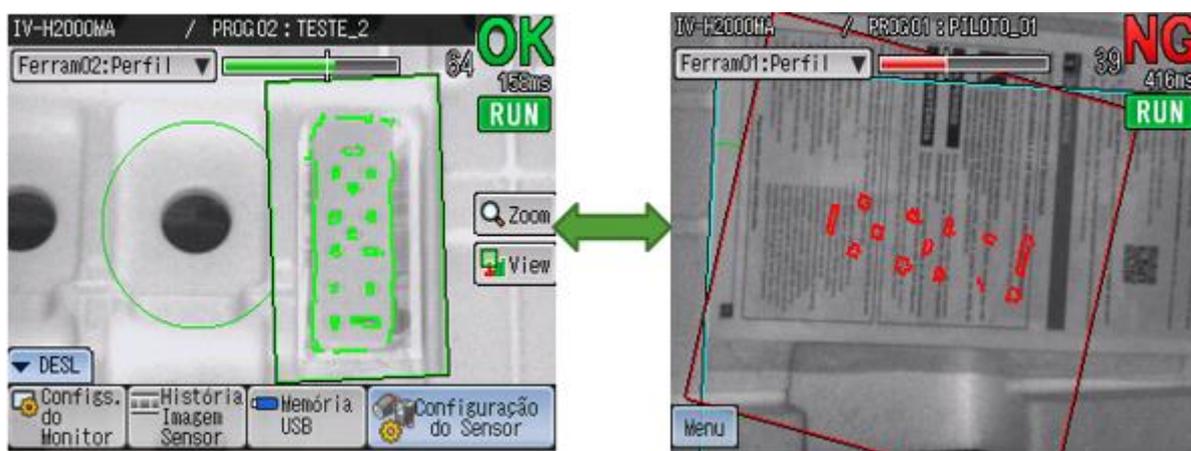
Fonte: Própria autora (2020).

O *trigger* gera um sinal de 24VDC, com isso a imagem é registrada e comparada com o registro de imagem mestre cadastrado previamente. A comparação da imagem registrada em tempo real e a imagem mestre é feita através das ferramentas de

juízo. Se o controle remoto for identificado corretamente pelo sensor, um sinal de 24VDC será enviado para o *Andon* e indicará o *status* aprovado (OK), com isso a talha é liberada e o operador pode posicionar o produto sobre o EPS.

Se o controle remoto não for identificado corretamente pelo sensor ou não for colocado dentro do EPS, um sinal 24VDC será enviado para o *Andon* e indicará o *status* reprovado (NG) conforme Figura 6. Com isso a talha permanece bloqueada até que o controle remoto seja posicionado corretamente ou colocado dentro do EPS e uma nova inspeção seja feita. Os status de teste estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3 – Status de teste visto no monitor.



Fonte: Própria autora (2020).

3.3 INFRAESTRUTURA PARA FUNCIONAMENTO

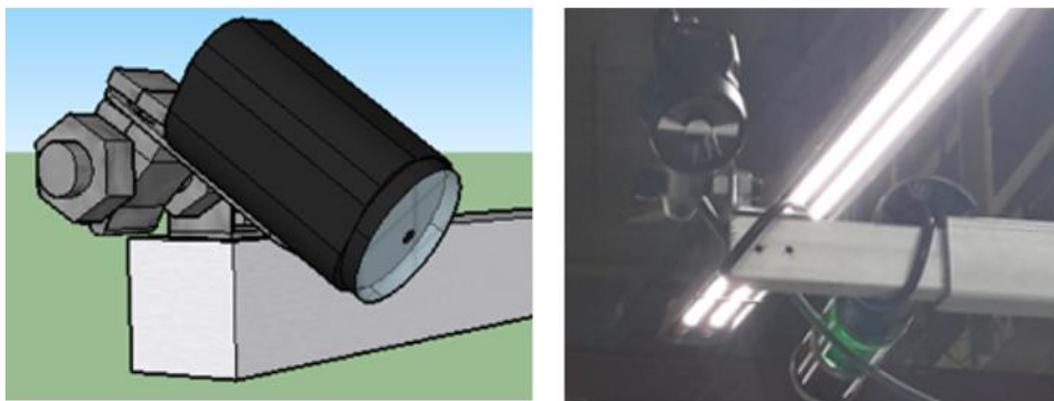
O sistema de visão não necessita de uma infraestrutura complexa para seu funcionamento. Serão necessários apenas a confecção de um suporte mecânico no posto p.210 e um painel elétrico para alimentação e conexões de entrada e saída do sensor.

3.3.1 Instalação do suporte mecânico

Para a definição da posição de instalação do sensor (vide as Figuras 4 e 5), foram consideradas as informações técnicas passadas pelo fabricante no momento da compra do sistema. De acordo com o relatório técnico apresentado pela *Keyence*, a recomendação de instalação da cabeça sensora deve ser de 1,90 m de altura, com angulação de 60°. Devido à falta de espaço no posto de montagem, a altura de

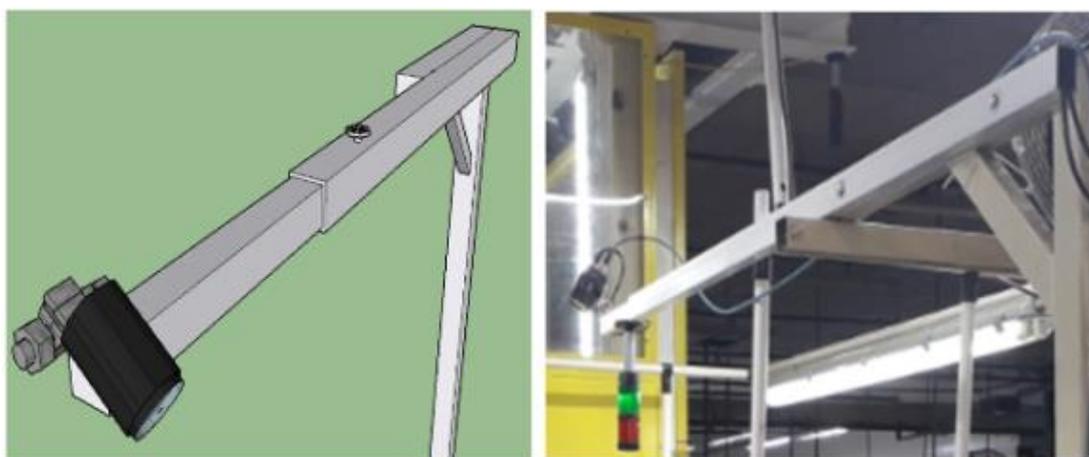
instalação foi de 1,72 m. A angulação da cabeça sensora foi de 55°. O suporte mecânico foi desenvolvido pela empresa *Kaizen* de acordo com as especificações solicitadas.

Figura 4 – Instalação de cabeça sensora.



Fonte: Própria autora (2020).

Figura 5 – Instalação de suporte mecânico.



Fonte: Própria autora (2020).

3.3.2 Instalação do painel elétrico

O painel foi desenvolvido pela empresa *Kaizen* obedecendo às especificações repassadas:

- O sistema deve ser acionado por uma fonte 24 VDC da marca *Rockwell*;
- Utilizar relé de contato duplo acionamento;
- Deve possuir botão de emergência e liga/desliga geral do quadro elétrico.

Além disso, uma chave seletora foi instalada próximo ao operador. Essa chave é a onde o operador faz a seleção de modelos mecânicos e eletrônicos, ou seja, teste ativado e teste desativado. O relé de duplo contato utilizado foi o RXM4AB2BD que possui quatro contatos eletromagnéticos.

Com a instalação desse tipo de relé, é possível utilizar as mesmas saídas para o intertravamento da talha. Algumas especificações técnicas podem ser vistas na Tabela 3.

Tabela 3 - Especificações do relé.

Relé de acionamento	
Modelo	RXM4AB2BD
Contatos	4 NA+4 NF
Tensão nominal	24 VDC
Corrente de trabalho	6 A
Grau de proteção	IP-40

Fonte: *Datasheet* (2017).

Além dos relés, outros componentes foram montados no painel para garantir o funcionamento do sistema, conforme Tabela 4:

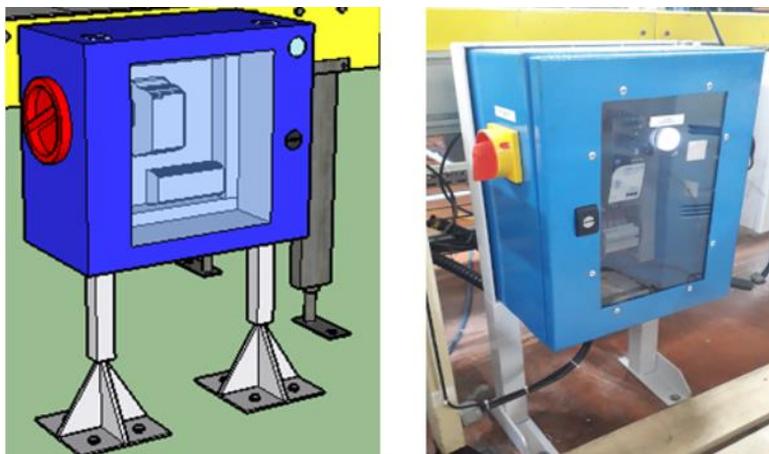
Tabela 4 – *Spare parts* do painel elétrico.

Componente	Modelo
Chave Seccionadora 25 A	SCHMERSAL - LB 225 B33 YR TOPO
Disjuntor Monopolar 2A	SCHNEIDER - EZ9F33102
Disjuntor bipolar 10 A	SIEMENS - 5SJ1110-7MB
Fonte 24 VDC 10 A	ROCKWELL - 1606XLB240E
ANDON VM/VD	ROCKWELL / 855EBPM10C + 24DN3 + 24DN4
Sinalizador 22 mm Branco	SCHNEIDER - XA2EVM1LC

Fonte: Própria autora (2020).

O painel elétrico montado na linha e sua representação no *Sketchup* está ilustrado conforme Figura 6.

Figura 6 – Instalação do painel elétrico no posto.



Fonte: Própria autora (2020).

3.4 CONFIGURANDO O SISTEMA DE VISÃO

Neste tópico foi apresentado a forma de instalação e inicialização da cabeça sensora no sistema com o monitor para primeira operação.

3.4.1 Instalação do sensor e monitor

Conectou-se os cabos de comunicação *Ethernet* (OP-87451) na cabeça sensora IV-H2000MA. O cabo *Ethernet* conecta-se diretamente com o monitor IV2-CP50. As conexões dos cabos podem ser feitas conforme Figura 7.

Figura 7 – Conexão de cabos para funcionamento do sistema de visão.



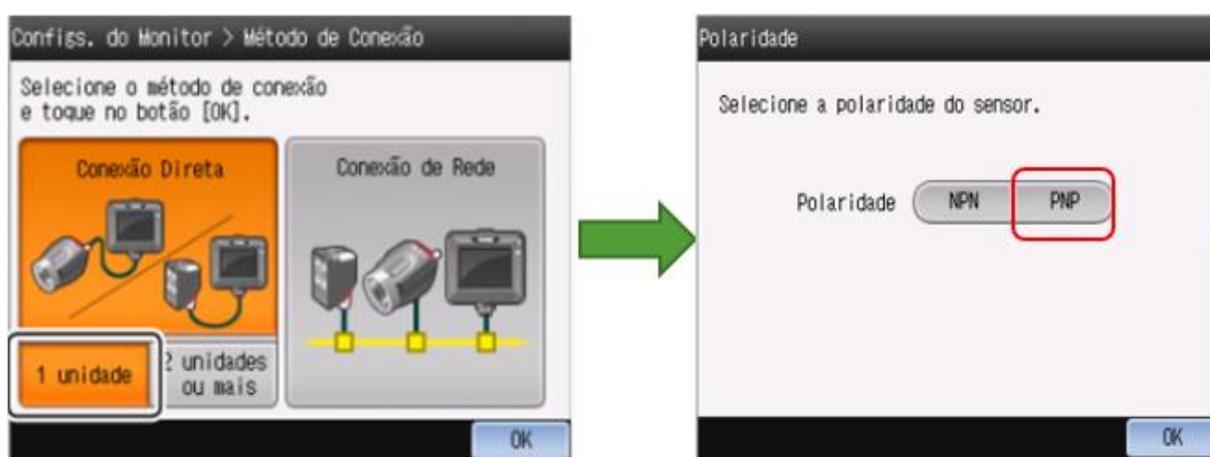
Fonte: Própria autora (2020).

Enroscar até que cabo esteja completamente fixado. Após cabo de comunicação *Ethernet* ser conectado, o sistema é ligado e pode ser configurado.

3.4.2 Configurando o sensor no sistema

Ao energizar o sistema, o *setup* pode ser feito através do monitor. Deve-se selecionar o método de conexão do sensor. Pode-se conectar por ligação direta com cabo *Ethernet* ou fazer a conexão entre cabeça sensora e monitor através de conexão de rede IP¹¹. Deve ser feita a escolha de polarização da cabeça sensora. Para se fazer a automação de intertravamento da talha, foi escolhida a opção PNP para polarização, assim ao receber um status aprovado ou reprovado, um sinal de 24 VDC é enviado para as saídas em forma de pulso. Na Figura 8 foi ilustrado a forma de conexão e a escolha da polarização.

Figura 8 – Método de comunicação do sensor e sua polarização.



Fonte: Própria autora (2020).

Após a configuração de polaridade, o sistema será iniciado e a janela para configuração do sensor para operação aparecerá.

3.5 CRIAÇÃO DA RECEITA DE TESTE

Ao se inicializar o sensor e configurar sua polaridade, será feito a programação para o modelo de teste, ou seja, serão cadastrados dentro de um programa de execução todos os parâmetros e especificações necessárias para que se possa

¹¹ Pode ser traduzido por Endereço de Protocolo da Internet. É um rótulo numérico atribuído a cada dispositivo conectado a uma rede de computadores que utiliza o Protocolo de Internet para comunicação

realizar o teste de inspeção de controle remoto. A Figura 9 ilustra a sequencia de passos para o inicio do cadastro de novas receitas.

Figura 9 – Tela inicial de configuração do sensor.



Fonte: Própria autora (2020).

3.5.1 Otimização de Imagem

A primeira opção a ser configurada é “*Otimização de Imagem*”. Nesta opção serão permitidas a configuração de:

- **Opções do disparador:** Pode-se definir a temporização para gerar imagem de um alvo dentro do campo de visualização o sensor. Pode gerar uma imagem contínua ou manual.
- **Ajuste de brilho automático:** Um alvo pode ser gerado com um brilho apropriado ao ajustar automaticamente a intensidade da luz e a velocidade do obturador de acordo com o formato e a condição da superfície (cor, brilho, material).
- **Ajuste de foco:** Pode-se ajustar para gerar a imagem claramente do formato de um alvo. O foco automático pode ajustar a posição de foco automaticamente.

A. Opções do Disparador

Foi configurado para disparador Externo, ou seja, as inspeções serão feitas de modo manual através de uma botoeira. Esta opção é chamada de *Trigger*, conforme ilustradas na Figura 10. O intervalo do disparador permaneceu com a configuração

vinda de fábrica, mas pode ser alterada para o tempo de resposta ser mais rápido ou mais lento de acordo com a necessidade do projeto.

Figura 10 – Tela da opção de disparo da imagem de inspeção



Fonte: Própria autora (2020).

B. Ajuste Automático de Brilho

A luminosidade capturada pela câmera se ajusta de acordo com o alvo. Pode-se perceber que a imagem capturada muda seu brilho para se ajustar ao alvo da inspeção. Vide Figura 11.

Figura 11 – Tela para ajuste automático de brilho.

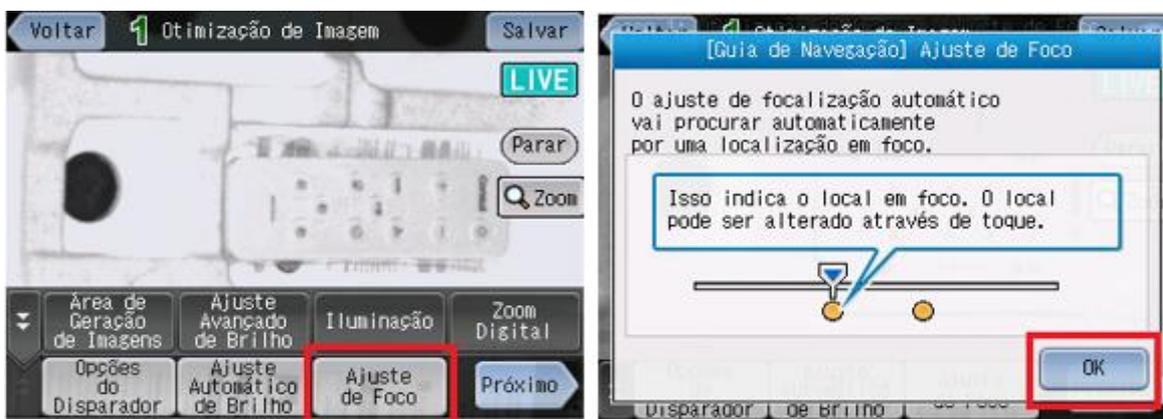


Fonte: Própria autora (2020).

C. Ajuste de Foco

Tem-se opção de ajustar o foco de forma automática ou manual de acordo com as especificações do projeto. Para este projeto, o ajuste de foco automático atendeu aos requisitos. Vide Figura 12.

Figura 12 – Telas para ajuste automático de foco.

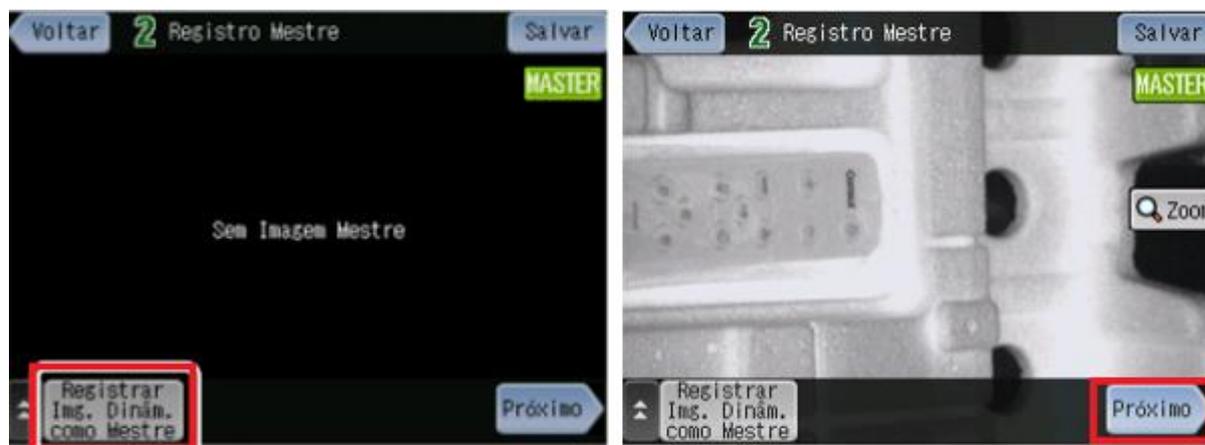


Fonte: Própria autora (2020).

3.5.2 Registro de Imagem Mestre

O *Registro Mestre* refere-se à captura de uma imagem que será usada como referência para o julgamento. Foi posicionado o controle remoto dentro do local especificado para ele no EPS. Após verificar que a posição do EPS estava adequada para o teste, a imagem mestre foi registrada conforme ilustração das Figuras 13.

Figura 13 – Tela para registro de imagem mestre



Fonte: Própria autora (2020).

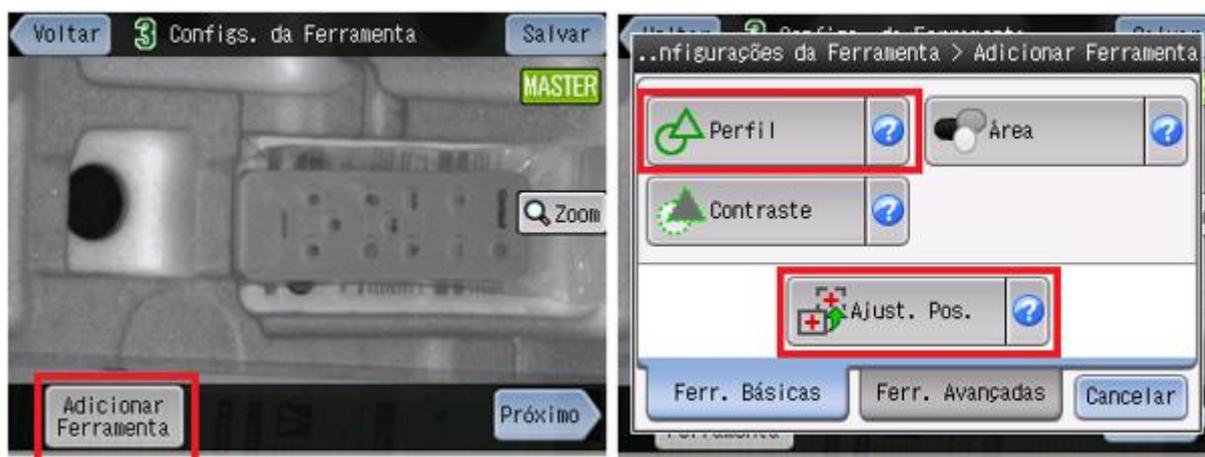
3.5.3 Configuração de Ferramenta

No item *Configuração de Ferramenta* pode-se configurar o método de julgamento para os alvos. Nesta opção serão permitidas as configurações:

- **Adicionar ferramenta:** Se nenhuma configuração foi definida previamente, apenas o botão “Adicionar Ferramenta” será exibido. Esta é a opção para escolha do tipo de ferramenta que será usada.
- **Ferramenta de edição:** Esta opção permite a configuração da ferramenta após ela ser criada.
- **Ferramenta de exclusão:** Exclui uma ferramenta.

Em *Adicionar Ferramenta* pode-se escolher entre várias opções. Neste projeto escolheram-se as ferramentas de perfil e ajuste de posição conforme ilustrado na Figura 14, para identificar o controle remoto e uma referência de posição no EPS pois foram as ferramentas que apresentaram um melhor desempenho no projeto.

Figura 14 – Tipos de ferramentas para julgo de alvo.



Fonte: Própria autora (2020).

Posicionou-se a ferramenta em cima do controle remoto para que os botões e contorno fossem identificados. Para ajustar as ferramentas, têm-se as seguintes opções:

- **Janela de edição:** Pode-se definir o tipo de janela como retângulo e círculo.

- **Ajuste fino do perfil:** Ao selecionar a opção de ajuste fino do perfil, pode-se melhorar a sensibilidade na identificação do perfil do controle remoto.
- **Ajuste de limite:** Refere-se à taxa de correspondência na identificação do alvo.

Têm-se também algumas funções especiais para edição de ferramentas:

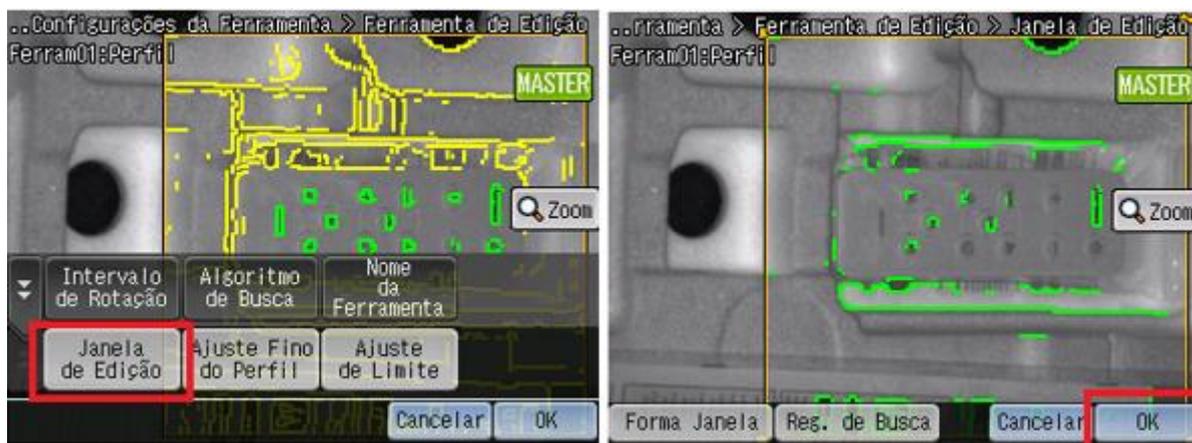
- **Intervalo de rotação:** Define um intervalo da direção de rotação para pesquisar um perfil do alvo.

3.5.3.1 Ferramenta de perfil

a. Janela de edição

Na opção *Janela de edição* pode-se selecionar o formato da ferramenta, sendo retângulo para peças retangulares ou círculo para peças que possuem formas mais arredondadas. Foi escolhida a forma retangular pois se ajusta melhor ao controle remoto. Na Figura 15 em “Forma Janela” é possível selecionar o formato.

Figura 15 – Opção para configuração da Janela de Edição da ferramenta.



Fonte: Própria autora (2020).

b. Ajuste fino do perfil

A ferramenta de edição *Ajuste fino de perfil* possibilita capturar o máximo de detalhes do alvo de julgamento. Ao aumentar a sensibilidade de identificação do perfil, é possível identificar com maior precisão os botões do controle remoto. Esta ferramenta

também permite que outros traços possam ser ignorados no momento da inspeção, assim será feita a análise apenas com os traços do alvo desejado conforme Figura 16.

Figura 16 – Instrução de como realizar o ajuste fino do perfil.



Fonte: Própria autora (2020).

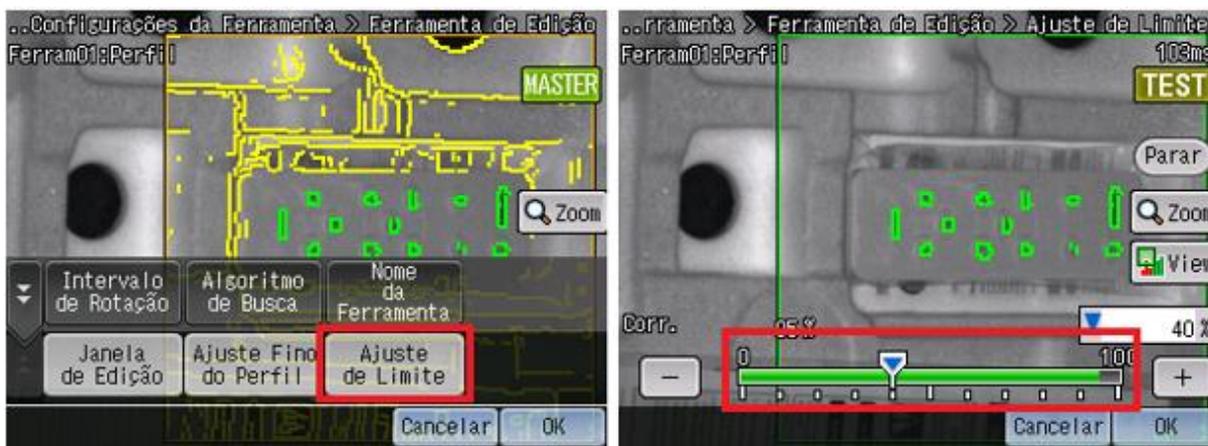
c. Ajuste de Limite

A opção *Ajuste de Limite* é referente à taxa de correspondência na identificação do alvo. Um alvo será identificado como OK se a taxa de correspondência for superior ao limite selecionado e será identificado como NG caso a taxa de correspondência for inferior ao limite selecionado.

A taxa de correspondência é medida em porcentagem, ou seja, em quantos porcentos o sistema foi capaz de identificar o alvo. Pode-se considerar uma taxa de correspondência de alta qualidade quando for superior a 90% e de baixa qualidade quando inferior a 40%.

Conforme Figura 17, foi selecionada um limite de 40% para a taxa de correspondência do alvo pois é suficiente para identificação correta do controle remoto e atende os requisitos do projeto. Na barra de ajustes, o limite pode ser alterado de acordo com o necessário.

Figura 17 – Ajuste de limite da taxa de correspondência.



Fonte: Própria autora (2020).

d. Intervalo de Rotação

O intervalo de rotação é a opção para pesquisa de um perfil do alvo e permite movimentações do alvo. O sistema julga como NG se o ângulo do alvo ultrapassar o intervalo de rotação selecionado e julga OK se o alvo estiver dentro do ângulo do intervalo de rotação selecionado.

O posto P.210 onde o sistema foi instalado exige que o intervalo de rotação seja o máximo de $\pm 180^\circ$ conforme Figura 18. Isso permite movimentações mais bruscas na hora de posicionar o EPS para o teste.

Figura 18 – Escala de variação para o intervalo de rotação.



Fonte: Própria autora (2020).

3.5.4 Atribuições de Saída

Ao ser feita uma inspeção, o sistema envia a resposta para as suas saídas. Nas configurações é possível configurar o tipo de resposta que o sistema envia para as saídas (Vide Figura 19) como por exemplo, pode-se atribuir os resultados da operação lógica de cada ferramenta de detecção da função de saída.

Para o projeto somente as saídas *Status total* e *Status total NG* foram selecionadas, essas saídas indicam quando um algo é detectado como OK ou NG, conforme descrito na Tabela 5.

Figura 19 – Configuração da saída do sistema.

Fonte: Própria autora (2020).

Tabela 5 – Descrição das saídas.

Intervalo de configuração	Descrição
DESL	Não emita. A função de saída estará constantemente em DESL.
Status Total	Quando o resultado do status total das ferramentas estiver OK, a função de saída do <i>status</i> será alternada para ON.
StatusTot.NG	Quando o resultado do <i>status</i> total tiver sido NG, a função de saída será alternada para ON.

Fonte: Keyence (2020).

Após todas essas configurações, o sistema está pronto para o uso. Os dados coletados para a automação da talha serão retirados das saídas *OUT1* e *OUT2*.

3.6 INTERTRAVAMENTO DO SISTEMA: AUTOMAÇÃO DA TALHA

O intertravamento da talha foi realizado de forma simples. A primeira solução levantada para isso foi a modificação no CLP que controla a talha. Para que essa automação fosse possível, seria necessário adquirir um novo módulo de expansão de I/O para o MICRO850 da talha. Entretanto por ser algo complexo, de alto custo e demonstrar alguns riscos à segurança do operador, devido ao processo de montagem ainda não está completamente padronizado, novas avaliações foram feitas a fim de se encontrar uma solução mais adequada.

O posto, local de instalação do sistema, é o posto de embalagem do produto. Após a realização de todo o teste, o produto é mandado para o elevador de carga por uma esteira controlada por sensores. A esteira é acionada pelo operador através de um botão a cada produto finalizado, conforme Figura 20.

Figura 20 – Chave de acionamento da esteira



Fonte: Própria autora (2020).

As alterações foram feitas através de comandos elétricos. Após a realização do teste e o resultado ser aprovado, o operador aciona o botão da esteira. O botão aciona um relé auxiliar que reseta o estado do sensor. Com o reset do sensor, a talha é bloqueada e aguarda uma nova inspeção para que seja liberada de acordo com o status.

Este reset do sistema a cada ciclo de teste permite uma segurança maior na execução e elimina o fator erro humano. Sem o *reset*, o sensor permanecia em nível

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este tópico abordará as análises feitas durante os pilotos executados no posto após a instalação do sistema de visão.

4.1 DADOS ANALISADOS NO PILOTO DO TESTE SEM INTERTRAVAMENTO

O objetivo do piloto é simular o mais próximo possível da realidade que se pretende implementar para que possam ser enxergadas as vulnerabilidades que as mudanças podem causar no processo produtivo do produto.

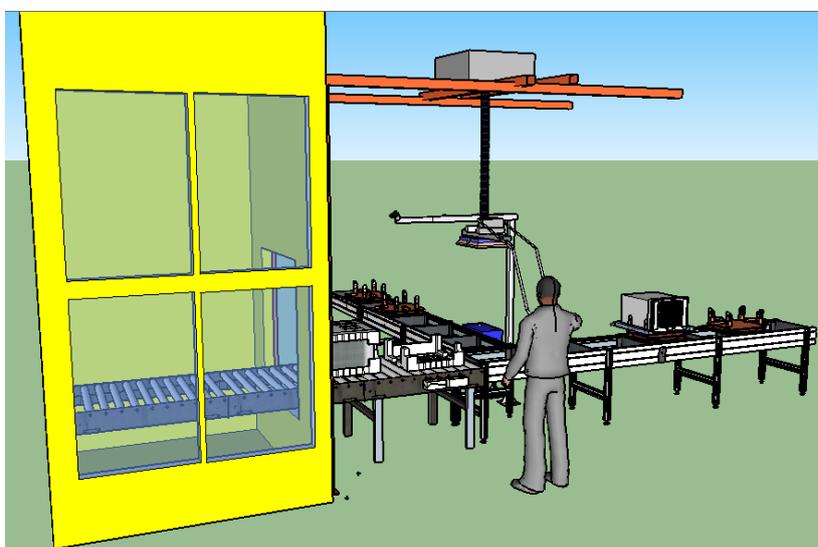
O primeiro piloto foi realizado após a instalação do sistema de visão sob as seguintes condições:

- *Ramp up* de linha de 1h para não gerar impactos de produção na linha
- Análise da quantidade de produtos aprovados x produtos reprovados.

Neste primeiro piloto foi necessário apenas para que pudesse ser atestada a funcionalidade do sistema sob as condições de operação do posto

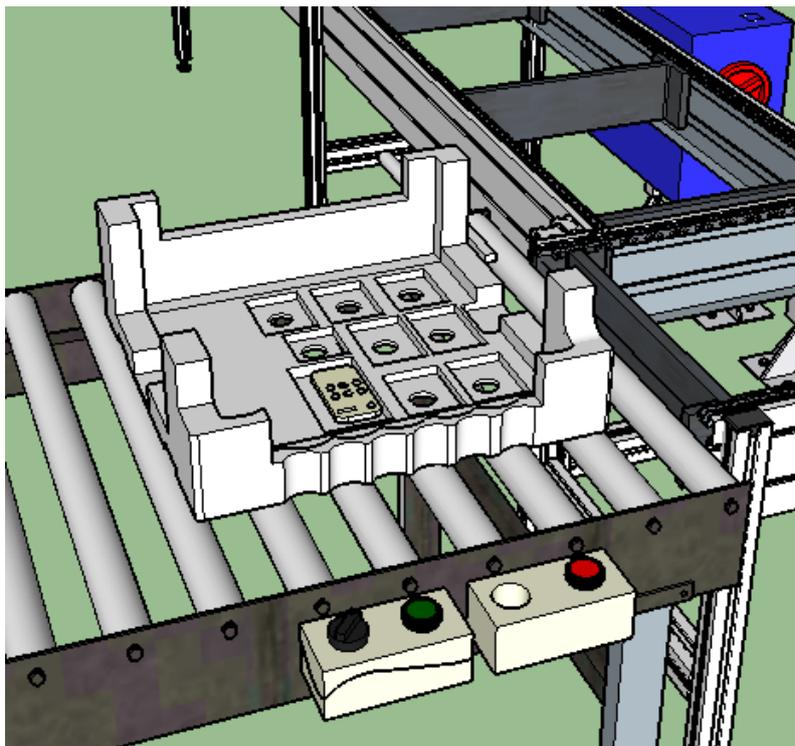
Devido às políticas de confidencialidade adotada pela empresa, a representação do posto de trabalho P.210 e do teste, foram feitas em *Sketchup* conforme pode ser visto nas Figuras 22, 23 e 24.

Figura 22 – Representação do posto P.210 feito no *Sketchup*.



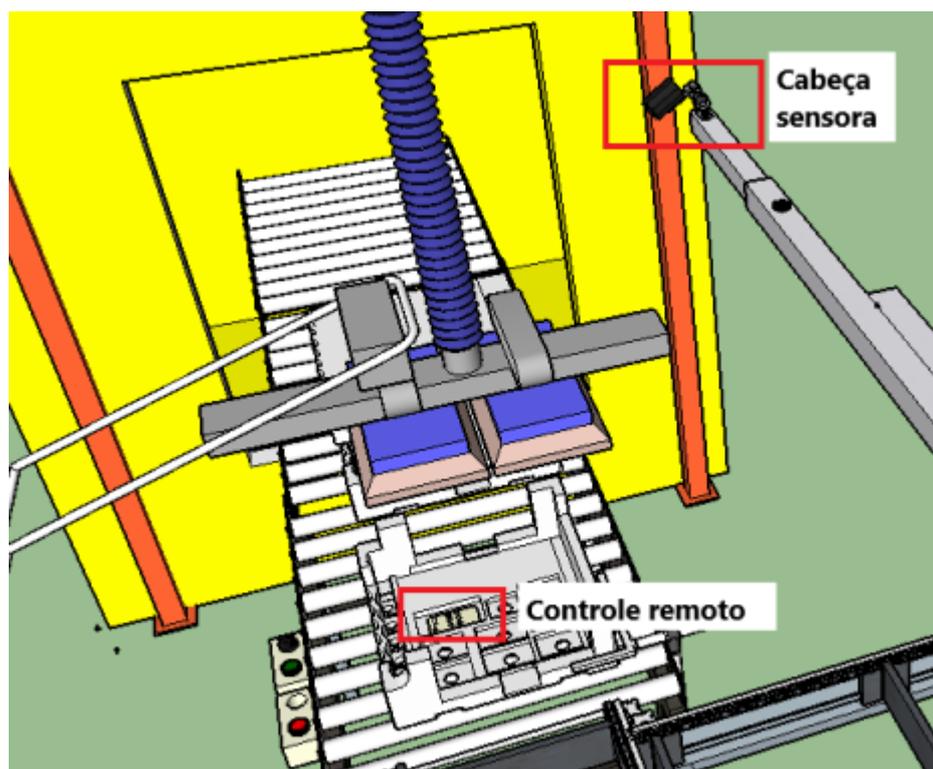
Fonte: Própria autora (2020).

Figura 23 – Representação do EPS inferior feito no *Sketchup*.



Fonte: Própria autora (2020).

Figura 24 – Representação da vista superior do sistema.



Fonte: Própria autora (2020).

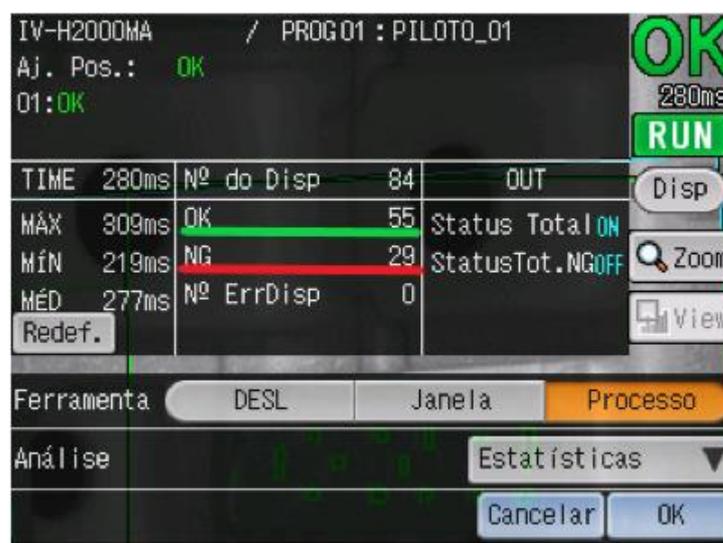
O acompanhamento foi feito in loco durante 01h com a presença de um auditor de qualidade interno.

Foi possível identificar que durante esse tempo o posto recebeu 55 produtos no total. Desses 55 produtos, o teste apontou que ocorreram 29 reprovações conforme Figura 25.

Sendo o número de disparos igual a 84, significa que este número de reprovações se refere especificamente ao mau posicionamento do EPS na esteira, pois segundo a operação padrão, o disparo ocorre somente após o operador colocar o controle remoto dentro do EPS, ou seja, o EPS estava sendo posicionado fora do alcance de visão do sensor.

O operador levou aproximadamente 3s a 5s para reposicionar o EPS e obter o *status* de teste aprovado

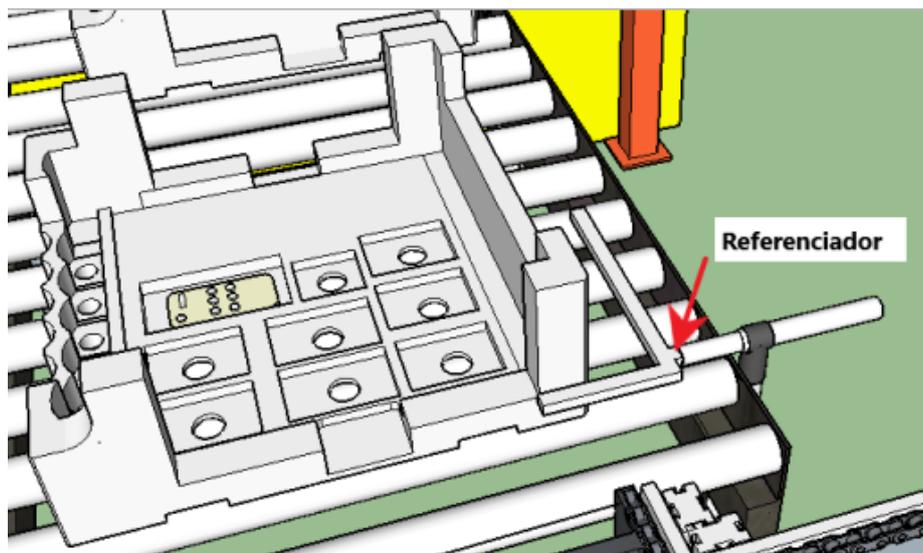
Figura 25 – Estatística do teste durante piloto realizado.



Fonte: Própria autora (2020).

O número de reprovações ser mais da metade do número de aprovações, indica um índice muito alto que futuramente pode causar perdas de produto e aumento do *takt time* do posto. Com essas informações, foi concluído que seriam necessários desenvolver uma peça que sirva de referência para o operador na hora de posicionar o EPS (Vide Figura 26). Isso garante que o operador sempre irá posicionar o EPS no mesmo lugar, e com isso elimina-se as reprovações por posição.

Figura 26 – Posicionador de EPS no Sketchup.



Fonte: Própria autora (2020).

Após instalar o referenciador na linha, os dados levantados foram favoráveis, diminuindo a zero as reprovações referentes ao posicionamento conforme Figura 27. O teste esteve ativo por aproximadamente 01h do turno obedecendo às mesmas condições do piloto anterior.

Figura 27 – Estatística do teste verificada no segundo piloto realizado



Fonte: Própria autora (2020).

4.2 DADOS ANALISADOS NO PILOTO DO TESTE COM INTERTRAVAMENTO

O segundo piloto teve como objetivo testar a funcionalidade do sistema de inspeção intertravado com a talha de movimentação do produto. As mesmas condições do primeiro piloto foram consideradas na execução do teste.

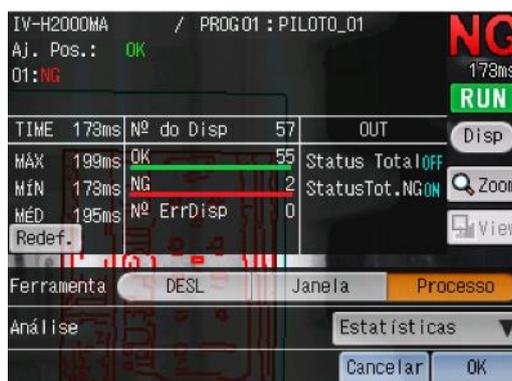
- *Ramp up* de linha de aproximadamente 2h para não gerar impactos de produção na linha
- Análise da quantidade de produtos aprovados x produtos reprovados.

Como já descrito anteriormente, ao receber um status OK ou NG, o sensor envia para suas saídas um sinal de 24VDC, e permanece em nível alto até que o *reset* do teste ocorra. Com isso, a talha recebe esta mesma informação através dos relés de contato duplo instalados no painel.

A talha está configurada para que o movimento de subida seja bloqueado enquanto o *status* do teste for NG, o operador pode descer a talha até o produto, mas não pode subir o produto para colocá-lo no EPS. O Modelo da talha é o ST-05 da fabricante *Stahl*. O teste ficou ativo por aproximadamente 2h na linha, a primeira etapa deste piloto foi para analisar o *takt time* do posto, se haveriam possíveis atrasos e também avaliar a adaptação do operador ao sistema.

Neste primeiro momento tivemos um resultado satisfatório, apenas dois produtos foram reprovados por conta do posicionamento do controle remoto (Vide Figura 28).

Figura 28 – Estatística do período de inspeção na primeira etapa de teste.

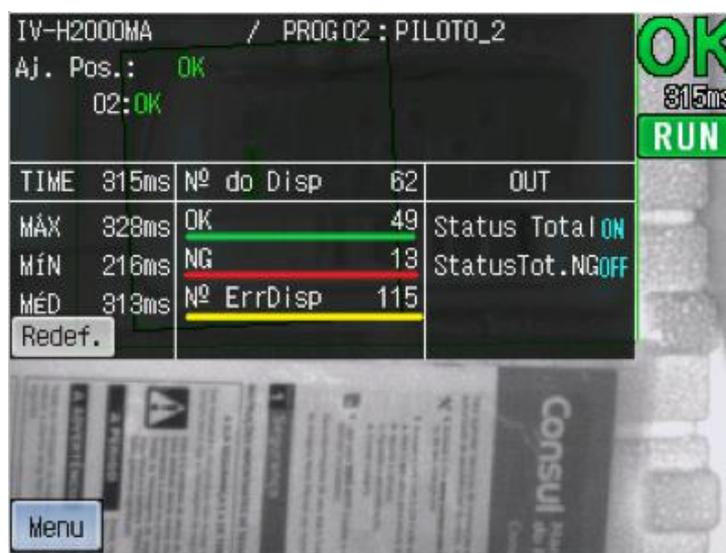


Fonte: Própria autora (2021).

No segundo momento do teste, foram realizadas algumas inspeções com *status* NG para que se pudesse avaliar o funcionamento da talha. Apesar do resultado satisfatório, notamos que o número de erros de disparos cresceu exponencialmente conforme o teste seguia sendo executado.

A linha amarela indica a quantidade de erro no disparo para inspeção. Isso não interfere no resultado do teste e nem o prejudica. Podem ocorrer quando tiver ocorrido um erro de sistema, erro da leitura da memória para a inicialização, erro de registro mestre externo, erro do disparador (quando as configurações do disparador estiverem habilitadas). Uma investigação foi feita durante o período de teste e nenhum erro no procedimento de teste ou no botão de disparo foi encontrado,

Figura 29 – Estatística do período de inspeção na primeira etapa de teste



Fonte: Própria autora (2021).

A contagem de 13 reprovações representa apenas dois produtos foram reprovados por conta do posicionamento do controle remoto. Os outros números de reprovações são referentes aos testes de acionamento da talha durante o status NG. Não foi detectado nenhum problema que poderia ocasionar acidentes com o operador durante o teste.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teste pode ser concluído com êxito. Após a implementação do sistema de inspeção visual na linha, concluímos que a solução encontrada foi bastante eficaz para atender a demanda que foi solicitada. Algumas perguntas foram levantadas para a efetivação do teste:

- a. O teste possui formas de garantir o *setup* correto e de fácil acesso ao operador?
- b. Há um delimitador para que o controle remoto esteja sempre dentro da área de inspeção?
- c. A iluminação do ambiente é adequada para que o sensor faça uma leitura precisa?
- d. A talha está corretamente intertravada com o teste conforme solicitado?

Conforme foi visto, todas essas perguntas foram respondidas corretamente, pois o sistema foi adequado para atender cada uma delas. Com este teste se pode fazer um acompanhamento mais detalhado do posto, coletando dados como histograma de OK e NG durante o período de teste.

O sistema é capaz de fornecer imagens das inspeções que tiveram *status* NG, assim é mais fácil identificar os motivos do teste ter dado negativo e aplicar novas melhorias futuramente. Note que a imagem da Figura 30 não apresenta nenhuma outra informação, apenas o registro do momento em que o teste resultou em *status* NG pela falta de controle remoto no EPS.

Figura 30 – Imagem salva pelo teste quando *status* NG.



Fonte: Própria autora (2021).

Como melhoria para este projeto, pudemos levantar a possibilidade do *Trigger* automático. Hoje o acionamento do sistema é feito manualmente pelo operador, o que eventualmente pode ser considerada uma vulnerabilidade. Pode ser utilizado sensores ultrassônicos de posição, que ao encostar o EPS no posicionador, o sensor mande um sinal para o sistema para que a inspeção seja realizada automaticamente.

Também pode ser utilizados microcomputadores como a *Raspberry* e câmeras de alta resolução. Com isso o projeto se torna mais barato e no campo industrial, pode-se conseguir uma redução de custo e gerar *saving* para a empresa.

6 REFERÊNCIAS

SOUZA, Gabriel; O que é automação industrial? Qual o seu impacto nas indústrias?, 2019. Disponível em: <<https://blog.acoplastbrasil.com.br/automacao-industrial/>>. Acesso em: 08 de setembro de 2020.

BACK, Nelson; LEAL, Longuinho da Costa Machado; Uma metodologia de planejamento de teste de produtos industriais; Depto. de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina, Rio de Janeiro - Vol. 2 - Nº1 - outubro 1991 - p.p.61, 69. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/prod/v2n1/v2n1a05.pdf>>. Acesso em: 09 de setembro de 2020.

SILEVIRA, Leonardo; LIMA, WELDSO N Q.; Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial, UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte PPgEE – Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica Campus Universitário - Lagoa Nova - Natal-RN, 2003. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43839581/Redes_Industriais_e_Automacao.pdf?1458265970=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUm_breve_historico_conceitual_da_Automac.pdf&Expires=1599658725&Signature=XCtiS~1u5LG7unb-vnqRji11VGW~L726pJ~9OfRNw4DBjabOMIzORXGTLph8VAbsh7UB0B6FTaLrS9ud5WFDnfcisKexkLI835fcMYA4IZUXkAfGpVu-SKdTff6TxsKKkQOVAY-hUzq~f59Lb7Lsyv31WO4PHzG93RD46gJT-FQm8JkYeo38o4APNniRX8avlNjPvmm2Fm~43RK658jp1d1GWPcyhAW~gn8x8kn83Mr m-rhfCY4UuOIPpsHJ~wyD8ETbm8t~6Tji9FbbzJeNHowOjWCHZMjBMgAS~jRqajsK1ke5ExFXpHN77NnCceBWF2u66-PTrVz45zqnZaoAfQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>. Acessado em: 10 de setembro de 2020.

ARRUDA, Sérgio; Linha de Produção: *A importância dos processos de inspeção e triagem de produtos* - Grupo Solution, 2018 Disponível em: <<https://gruposolutions.com.br/blog/linha-de-producao/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2020

MATTEDE, Henrique, 2020, O que é relé? Como funciona um relé? – Mundo da elétrica. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-como-funciona-um-rele/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2020

BAUMGARTEN, Gustavo; Sistemas de visão industriais: *descubra tudo o que eles podem fazer por você*; Pollux - Joinville, SC, 2019. Disponível em: <<https://www.pollux.com.br/blog/sistemas-de-visao-industriais-descubra-tudo-o-que-eles-podem-fazer-por-voce/>>. Acesso em 21 de setembro de 2020.

Sensores de visão serie IV - Manual do usuário; KEYENCE BRASIL, São Paulo, SP Outubro de 2019. Disponível em: <<https://www.keyence.com.br/downloads/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2020.

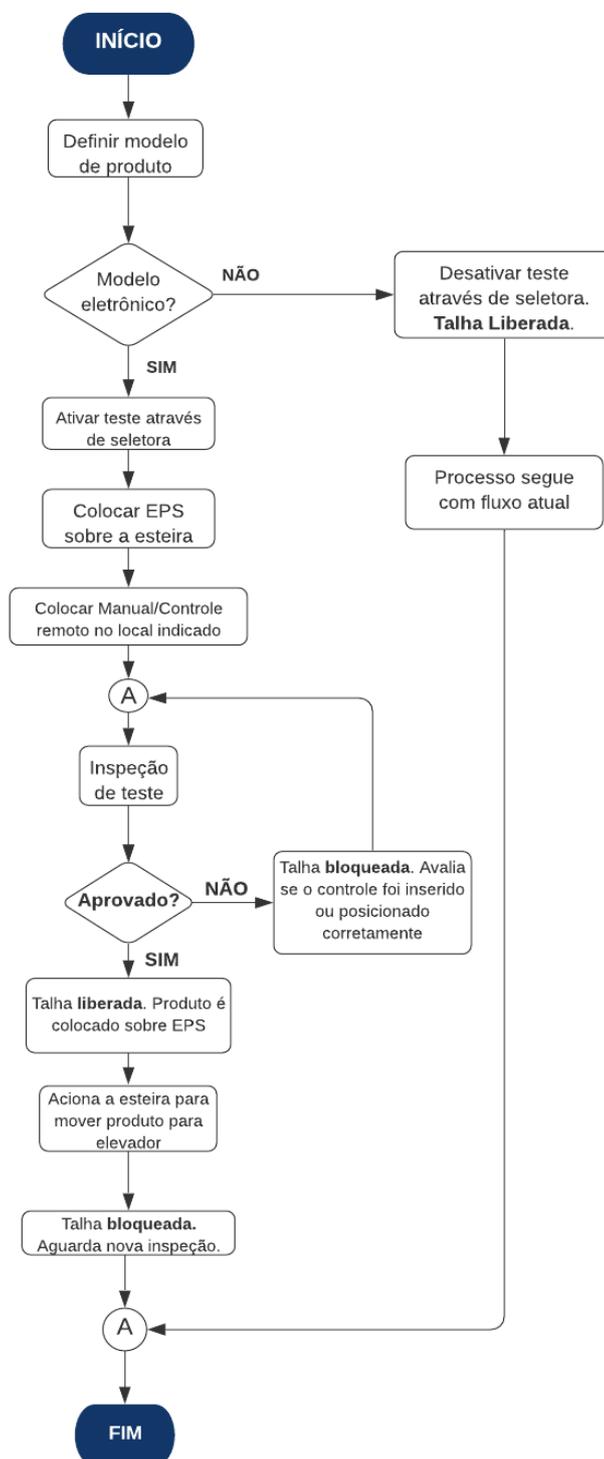
PIEREZAN, José Pedro;A evolução dos sistemas de teste na indústria - ALTUS, Tecnologia avançada e soluções completas para automação industrial. - 2018. Disponível em: <<https://www.altus.com.br/post/142/a-evolucao-dos-sistemas-de-teste-na-industria>>. Acesso em: 29 de outubro de 2020.

Product datasheet, Rele shneider RXM4AB2BD 24VCC 4REV.C/LED. Disponível em: https://br.mouser.com/datasheet/2/357/Zelio_Relay_RXM4AB2BD-1787624.pdf. Acesso em: 02 de dezembro de 2020.

7 APÊNDICE

A. FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DO TESTE

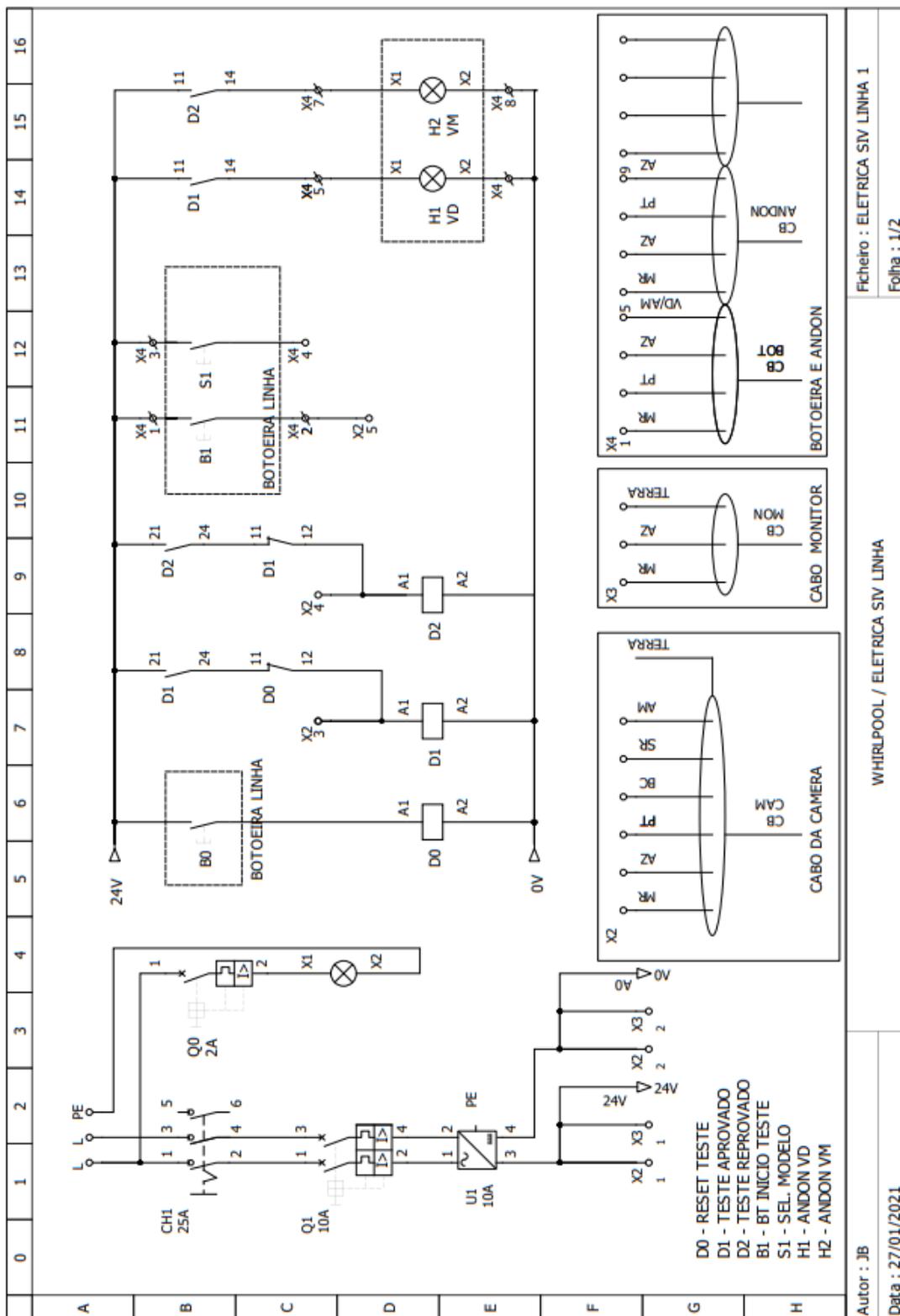
Figura 31 – Fluxograma do teste.



Fonte: Própria autora (2020).

B. DIAGRAMA ELÉTRICO DO PAINEL DE ACIONAMENTO DO SISTEMA COM INTERTRAVAMENTO

Figura 32 – Fluxograma do teste.



8 ANEXO

A. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR IV-H2000MA

Figura 33 – Especificações gerais do sensor IV-H2000MA.

Especificações				
Modelo	IV-H500CA	IV-H500MA	IV-H150MA	IV-H2000MA
Distância instalada	Distância padrão (50 a 500 mm)		Alcance curto (50 a 150 mm)	Alcance longo (300 a 2000 mm)
Visualizar	Distância instalada 50 mm: 25 (H) x 18 (V) mm		Distância instalada 50 mm: 12 (H) x 9 (V) mm	Distância instalada 300 mm: 45 (H) x 33 (V) mm
	Distância instalada 500 mm: 210 (H) x 157 (V) mm		Distância instalada 150 mm: 36 (H) x 27 (V) mm	Distância instalada 2000 mm: 300 (H) x 225 (V) mm
Sensor de imagem	CMOS colorido de 1/3 pol.		CMOS monocromático de 1/3 pol.	
Pixel	752 (H) x 480 (V)			
Ajuste de foco	Automático ¹			
Tempo de exposição	1/10 a 1/50.000	1/10 a 1/25.000	1/20 a 1/25.000	1/10 a 1/25.000
Luzes	Tipo de amplificador	LED branco	LED vermelho	LED infravermelho
	Método de iluminação	A Iluminação de pulso/Iluminação DC é alternável		
Ferramentas	Tipo	Resumo, Área cor ⁴ , Área ⁵ , Contraste, Largura, Diâmetro, Borda, Passo, Ajuste de Posição, Ajuste de posição de alta velocidade (Ajuste de 1 eixo/Ajuste de 2 eixos)		
	Número ²	Ferramentas de detecção: 16 ferramentas, ferramenta de ajuste da posição: 1 ferramenta		
Alterar configurações (programas)	32 programas			
Histórico de imagens ³	Números	100 imagens ⁴	300 imagens ⁵	
	Condição	Somente NG/Tudo é selecionável		
Informação de análise ⁶	OFF/Estatísticas/Histograma/Lista Correspondência é alternável			
	Estatísticas	: Tempo de processamento (valor mais recente, MÁX., MÍN., MÉD.), números de OK, números de NG, números de disparadores, erros de disparadores, lista de resultados de julgamento por ferramentas		
	Histograma	: Histograma, grau de correspondência (valor mais recente, MÁX, MÍN, MÉD), números de OK, números de NG		
Outras funções	Lista Correspondência: Avaliar resultados através das ferramentas, Listar avaliando a barra de ferramentas, Lista de resultados de avaliação por ferramentas com visualização em barras			
	HDR, HighGain, Filtros de cores ⁷ , Zoom digital, Correção de brilho, Correção de inclinação, Balanço de branco ⁷ , Esboço da máscara, Máscara, Função de histograma de cores ⁷ , Função de histograma monocromático ⁸ , Execução de teste, ToolAutoTune ¹⁵ , Monitor de entrada, Teste de saída, Configurações de segurança, Simulador ⁹ , Conexão direta (2 unidades ou mais), Função de lista de ocorrências NG do sensor, Espera de NG, Adicionar Informações de Sensor+Data, Dimensionamento			
Indicadores	PWR/ERR, OUT, TRIG, STATUS, LINK/ACT			
Entrada	A entrada sem tensão/entrada de tensão é alternável			
	Para entrada sem tensão : Tensão ON de 2V ou menor, corrente OFF de 0,1 mA ou menor, corrente ON de 2mA (curto-circuito) Para entrada de tensão : Classificação máxima de entrada 26,4V, tensão ON de 15V ou maior, corrente OFF de 0,2mA ou menor, corrente ON de 2mA (para 24V)			
Entradas	6 entradas (IN1 a IN6)			
Função	IN1: Acionador externo, IN2 a IN6: Habilitar ao atribuir as funções opcionais Funções atribuíveis: Alternância de programas, Apagar erro, Registro de imagem principal externo			
Saída	O NPN/PNP de saída do coletor aberto é alternável, N.O./N.C. é alternável			
	Para saída NPN do coletor aberto: Classificação máxima 26,4V 50mA, tensão restante 1,5V ou menor Para saída PNP do coletor aberto: Classificação máxima 26,4V 50mA, tensão restante 2V ou menor			
Saídas	4 saídas (OUT1 a OUT4)			
Função	Habilitar ao atribuir as funções opcionais Funções atribuíveis : Resultado total da avaliação, RUN, OCUPADO, Erro, Resultado do ajuste da posição, Resultado da avaliação de cada ferramenta, Resultado da operação lógica de cada ferramenta			
Ethernet ¹⁰	Padrão	100BASE-TX/10BASE-T		
	Conector	Conector M12 4 pinos		
Função de rede	FTP client, EtherNet/IP, PROFINET			
Classificação	Tensão de força	DC24V ± 10% (incluindo ondulação)		
	Corrente de consumo	0,6 A ou menos		
Resistência ambiental	Temperatura ambiente	0 a +50°C (sem congelamento)		
	Umidade relativa	35 a 85% de umidade relativa (sem condensação)		
	Vibração ¹¹	10 a 55 Hz, amplitude dupla de 1,5 mm, 2 horas cada para os eixos X, Y e Z		
	Resistência a choques ¹¹	500 m/s ² 6 direções diferentes em 3 momentos		
	Classificação do compartimento ¹²	IP67		
Material	Compartimento da unidade principal: Fundição em alumínio, Embalagem: NBR, Tampa dianteira: Acrílico, Adaptador: POM			
Peso	Cerca de 270 g			

Fonte: Keyence (2020).

B. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO MONITOR IV2-CP50

Figura 34 – Especificações gerais do monitor IV2-CP50.

Especificações		
Modelo	IV2-CP50	
Sensor compatível	Série IV2, Série IV	
Display	LCD colorido TFT de 5,7 pol. 640 x 480 ponto (VGA)	
Luz de fundo	Método	LED branco
	Duração	Cerca de 50.000 horas (25°C)
Painel de toque	Método	Resistência analógica
	Força de atuação	0,8 N ou menos
Indicadores	PWR, SENSOR	
Ethernet *1	Padrão	100BASE-TX/10BASE-T
	Conector	Conector M12 4 pinos
Idiomas *2	Japonês / Inglês / Alemão / Chinês (simplificado) / Chinês (tradicional) / Coreano / Italiano / Francês / Espanhol / Português / Tcheco / Húngaro / Polonês	
Memória expandida	Memória USB *3	
Classificação	Tensão de energia	DC24 V ± 10% (incluindo ondulação)
	Corrente de consumo	0,3 A ou inferior
Resistência ambiental	Temperatura ambiente	0 a +50 °C (não congelante)
	Umidade relativa *4	35 a 85% de umidade relativa (sem condensação)
	Vibração	10 a 55 Hz, amplitude dupla de 0,7 mm, 2 horas cada para os eixos X, Y e Z
	Resistência de impacto de queda	1,3 m sobre o concreto (2 vezes cada na direção arbitrária)
	Classificação do compartimento	IP40
Material	Compartimento da unidade principal : Policarbonato Conector de alimentação : bronze + revestimento Ni Conector Ethernet : Zinco + revestimento Ni, PA Tampa do conector USB : EPDM Suporte da caneta : Policarbonato Gancho para o adaptador : POM Tampa da lâmpada LED : Policarbonato Adaptador : Policarbonato Caneta : POM	
Peso	Painel de controle: Cerca de 450 g Instalação com o adaptador de parede e a caneta: Cerca de 485 g	

Fonte: Keyence (2020).

C. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO RELÉ MODELO

Figura 35 – Especificações gerais do relé industrial utilizado.

Range of product	Zelio Relay
Series name	Miniature
Product or component type	Plug-in relay
Device short name	RXM
Contacts type and composition	4 C/O
[Uc] control circuit voltage	24 V DC
[Ithe] conventional enclosed thermal current	6 A at -40...131 °F (-40...55 °C)
Status LED	With
Control type	Lockable test button
Utilisation coefficient	20 %
Shape of pin	Flat
[Ui] rated insulation voltage	250 V conforming to IEC 300 V conforming to UL 300 V conforming to CSA
[Uimp] rated impulse withstand voltage	2.5 kV 1.2/50 µs
Contacts material	AgNi
[Ie] rated operational current	3 A at 28 V DC (NC) conforming to IEC 3 A at 250 V AC (NC) conforming to IEC 6 A at 28 V DC (NO) conforming to IEC 6 A at 250 V AC (NO) conforming to IEC 6 A at 277 V AC conforming to UL 8 A at 30 V DC conforming to UL
Maximum switching voltage	250 V conforming to IEC
Resistive rated load	6 A at 250 V AC 6 A at 28 V DC
Maximum switching capacity	1500 VA/168 W
Minimum switching capacity	170 mW at 10 mA, 17 V
Operating rate	<= 18000 cycles/hour no-load <= 1200 cycles/hour under load
Mechanical durability	10000000 cycles
Electrical durability	100000 cycles resistive load
Average coil consumption in W	0.9 W
Drop-out voltage threshold	>= 0.1 Uc
Operate time	20 ms
Release time	20 ms
Average coil resistance	650 Ohm at 20 °C +/- 10 %
Rated operational voltage limits	19.2...26.4 V DC
Safety reliability data	B10d = 100000
Protection category	RT I
Test levels	Level A group mounting
Operating position	Any position
CAD overall height	82.8 mm
CAD overall depth	80.35 mm

Fonte: Datasheet relé (2020).