

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

LEANDRO KINDINGER DE OLIVEIRA

**INTEGRAÇÃO DAS MÁQUINAS DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO  
PARA MONITORAMENTO DO DESEMPENHO DO PROCESSO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2019

LEANDRO KINDINGER DE OLIVEIRA

## **INTEGRAÇÃO DAS MÁQUINAS DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO PARA MONITORAMENTO DO DESEMPENHO DO PROCESSO**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Profa. Dra. Simone Massulini Acosta

CURITIBA  
2019



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Departamento Acadêmico de Eletrônica  
Curso de Especialização em Automação Industrial



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### INTEGRAÇÃO DAS MÁQUINAS DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO PARA MONITORAMENTO DO DESEMPENHO DO PROCESSO

por

LEANDRO KINDINGER DE OLIVEIRA

Esta monografia foi apresentada em 04 de dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Profa. Dra. Simone Massulini Acosta  
Orientadora

---

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas  
Membro titular

---

Prof. M. Sc. Omero Francisco Bertol  
Membro titular

– O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

Aos meus pais, Edgar e Marlene, que apoiaram minhas ideias, me encorajaram nas tomadas de decisões e me guiaram num caminho cheio de amor e afeto.

Leandro Kindinger de Oliveira

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que torna a vida possível, pelas oportunidades, pela família que nos deu, pela saúde que temos e pela sabedoria que nos guia.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo, dedicação e pela contribuição na realização desse objetivo.

Aos familiares, por todo o suporte e incentivo nos momentos difíceis.

Aos amigos de vida acadêmica, pelo apoio mútuo, com os quais compartilhamos esse caminho difícil, mas muito compensador.

Aos professores que contribuíram com a minha formação acadêmica, que ensinaram valores e que formam todos os profissionais de que a nossa sociedade tanto precisa.

À prezada orientadora, Simone Massulini Acosta, pela dedicação, orientação e paciência dispensada durante toda a construção deste trabalho.

“É necessário fazer outras perguntas, ir atrás das indagações que produzem o novo saber, observar com outros olhares através da história pessoal e coletiva, evitando a empáfia daqueles e daquelas que supõem já estar de posse do conhecimento e da certeza”.

Mário Sérgio Cortella

## RESUMO

OLIVEIRA, Leandro Kindinger de. **Integração das máquinas de uma linha de produção para monitoramento do desempenho do processo**. 2019. 53 p. Monografia de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

A automação industrial segue continuamente em evolução e vem acompanhada da necessidade de comunicação entre dispositivos. As empresas investem em sistemas de informação para atingir a excelência operacional em relação à produtividade, eficiência e agilidade. Neste cenário, a Internet das Coisas está cada vez mais presente, aparecendo como ideia básica de interação entre uma variedade de objetos. Como consequência, destacam-se as oportunidades futuras de desenvolvimento econômico através da combinação da demanda popular com os avanços da tecnologia. Este trabalho apresenta o processo de integração de máquinas de uma linha de produção de embalagens de produtos em pó, cujo objetivo é fornecer os dados da produção a um banco de dados, conforme condições definidas pela empresa, para que um programa de gerenciamento e manufatura os processe e os disponibilize para monitoramento do desempenho do processo industrial via Internet. Com a linha integrada, a produção pode ser acompanhada em tempo real, em qualquer local com acesso à Internet, e diversas análises tornam-se possíveis pelos operadores e pela área de gestão da empresa.

**Palavras-chave:** Automação industrial. Integração. Gerenciamento da produção.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Leandro Kindinger de. **Integration of machines in a production line for industrial process performance monitoring**. 2019. 53 p. Monografia de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Industrial automation is continuously evolving and is accompanied by the need for communication between devices. Companies invest in information systems to achieve operational excellence in productivity, efficiency and agility. In this scenario, the Internet of Things is increasingly present as a basic idea of interaction among a variety of objects, which have addressing to achieve common goals. As a consequence, future economic development opportunities are highlighted by combining popular demand with advances in technology. This paper presents the process of machine integration carried out in a powder product packaging production line, whose the objective is to provide production data to a database, under conditions defined by the company, for management and manufacturing software to process and make them available for monitoring industrial process performance via the Internet. With the integrated line, production can be tracked in real time, anywhere with Internet access, and various analyzes are made possible by operators and the company's management area.

**Keywords:** Industrial Automation. Integration. Production management.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organização piramidal dos níveis de operações da fábrica .....	17
Figura 2 – Constituição básica de um CLP .....	19
Figura 3 – Ciclo de <i>Scan</i> .....	20
Figura 4 – Exemplo de um programa em linguagem <i>ladder</i> .....	21
Figura 5 – Planta da linha de embalagem de produto em pó com os pontos de rejeição e contagem de produtos por célula de trabalho .....	26
Figura 6 – Lista de falhas de uma máquina.....	30
Figura 7 – Estrutura de organização do projeto .....	31
Figura 8 – Estados operacionais do processo ou equipamento .....	32
Figura 9 – Chamada de rotina de concentração de dados no programa da máquina .....	34
Figura 10 – Parâmetros das células de trabalho a serem monitorados pelo CLP Concentrador.....	35
Figura 11 – Blocos de comunicação MSG e sua ativação coordenada .....	36
Figura 12 – Lógica com as condições da célula de trabalho em caso de falha de comunicação .....	37
Figura 13 – Configuração do bloco MSG para leitura de dados da máquina Envasadora .....	38
Figura 14 – Lógica de incremento das contagens totais de entrada e saída de produtos .....	39
Figura 15 – Lógica de reinicialização das contagens de produtos .....	40
Figura 16 – Estabelecimento de nova conexão via DataFEED OPC Suite .....	42
Figura 17 – Configurações de comunicação no DataFEED OPC Suite .....	42
Figura 18 – Configuração no DataFEED OPC Suite para conexão com dispositivos	43
Figura 19 – Configurações estendidas para conexões no DataFEED OPC Suite.....	44
Figura 20 – Tela de exibição de conexões no DataFEED OPC Suite .....	44
Figura 21 – Dados da produção presentes no programa de gerenciamento e manufatura .....	45
Figura 22 – Sinalização dos comentários e motivos de paradas de produção.....	46
Figura 23 – Monitoramento de uma célula de trabalho durante um turno de produção e em .....	47
Figura 24 – Monitoramento do desempenho por turnos de uma célula de trabalho..	47
Figura 25 – Justificativa de uma falha de operação numa célula de trabalho .....	48
Figura 26 – Visão geral dos estados de operação das células de trabalho .....	49

## LISTA DE SIGLAS

CCN	Rede Centrada em Conteúdo (do inglês <i>Content Centric Network</i> )
CLP	Controlador Lógico Programável
CIP	Protocolo Industrial comum (do inglês <i>Common Industrial Protocol</i> )
COM	Modelo de Objeto Componente (do inglês <i>Component Object Model</i> )
DCOM	Modelo de Objeto Distribuído (do inglês <i>Distributed Component Object Model</i> )
DCS	Sistema de controle distribuído (do inglês <i>Distributed Control System</i> )
ERP	Planejamento de Recursos Empresariais (do inglês <i>Enterprise Resource Planning</i> )
IHM	Interface Homem-Máquina
IIoT	Internet Industrial das Coisas (do inglês <i>Industrial Internet of Things</i> )
IoT	Internet das Coisas (do inglês <i>Internet of Things</i> )
LAN	Rede Local (do inglês <i>Local Area Network</i> )
MES	Sistemas de Execução de Manufatura (do inglês <i>Manufacturing Execution Systems</i> )
MRP	Planejamento de necessidades de material (do inglês <i>Material Requirements Planning</i> )
MRPII	Planejamento de Recursos de Manufatura (do inglês <i>Manufacturing Resources Planning</i> )
OPC	Vinculação e incorporação de objetos para controle de processos (do inglês <i>Object Linking and Embedding for Process Control</i> )
SCADA	Controle de Supervisão e Aquisição de Dados (do inglês <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> )

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 TEMA DE PESQUISA .....	12
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS .....	13
1.3 OBJETIVOS .....	13
1.3.1 Objetivo Geral .....	13
1.3.2 Objetivos Específicos .....	13
1.4 JUSTIFICATIVA .....	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL .....	16
2.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS .....	18
2.3 ARQUITETURA UNIFICADA OPC .....	21
2.4 INTERNET DAS COISAS .....	22
<b>3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b> .....	<b>25</b>
3.1 DESCRIÇÃO E PREMISSAS DO PROJETO .....	25
3.1.1 Linha de Embalagem de Produtos em Pó .....	25
3.1.2 Premissas .....	29
3.1.3 Estrutura do Projeto .....	30
3.2 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO NA LINHA DE PRODUÇÃO .....	33
3.2.1 Elaboração da Lógica de Programação das Máquinas .....	34
3.2.2 Elaboração da Lógica de Programação do CLP Concentrador .....	36
3.2.3 Disponibilização de Dados via OPC .....	41
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>45</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A competição entre empresas possui escala global e ocorre devido à busca pela diferenciação da concorrência, podendo ser por meio da melhoria ou agregação de valor ao produto, redução de custos ou especialização em algum segmento ou nicho de mercado. Com a finalidade de efetuar um planejamento estratégico e tático para a cadeia operacional da empresa, a visualização de toda cadeia de suprimentos tornou-se a tendência dos sistemas de informações gerenciais (PADILHA; MARINS, 2005).

Paralelamente, a automação industrial segue continuamente em evolução, centrada em tecnologias de informação, comunicação de dados e Internet e, também, implicando em esforços para integrar tecnologias inovadoras com as existentes. As exigências atuais ultrapassam a lógica de comando e grande parte da evolução da automação industrial é definida pela necessidade da comunicação entre dispositivos, sistemas de supervisão e aproveitamento da informação gerada no ambiente fabril pelas áreas de gestão e controle da produção (MACEDO, 2017).

As empresas investem em sistemas de informação para atingir a excelência operacional em relação à produtividade, eficiência e agilidade, desenvolver novos produtos e serviços, estreitar o relacionamento com o cliente e atendê-lo melhor, tornar a tomada de decisão mais rápida e precisa, promover vantagem competitiva e assegurar sobrevivência no mercado (LAUDON; LAUDON, 2010).

Devido ao interesse pela integração de sistema nas empresas, inicialmente surgiram os sistemas de Planejamento de Necessidades de Material (MRP, do inglês *Material Requirements Planning*) para facilitar o planejamento das necessidades de materiais, passando pelos sistemas de Planejamento de Recursos de Manufatura (MRPII, do inglês *Manufacturing Resources Planning*) para o planejamento dos recursos de manufatura ou produção, e chegando aos sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP, do inglês *Enterprise Resource Planning*) para integrar os departamentos da empresa a fim de possibilitar a automação e armazenamento das informações do negócio da empresa (PADILHA; MARINS, 2005).

A Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) surgiu do avanço de várias áreas e trata-se de uma extensão da Internet atual que proporciona a comunicação entre usuários e dispositivos por meio da conexão de objetos, que

possuem capacidade computacional e de comunicação, à Internet. As aplicações IoT tratam de questões de coleta, armazenamento, processamento e extração de conhecimento de dados provenientes dos objetos inteligentes (SANTOS, 2016).

A IoT é voltada para o mercado consumidor, como casas inteligentes, conectividade pessoal através de monitores cardíacos e entretenimento entre dispositivos conectados. Por outro lado, constituindo maior fidelidade e abrangência de dados, existe o termo Internet Industrial das Coisas (IIoT, do inglês *Industrial Internet of Things*) que tem a mesma ideia de IoT e está voltada para aplicações como produção de energia, fabricação, agricultura, equipamentos médicos, varejo, transporte, logística e aviação. Com a IIoT, sistemas industriais tornam-se sistemas de Internet industrial à medida que estão interligados e conectados à Internet, integrando-se com os sistemas empresariais a fim de aprimorar o fluxo e análise do processo de negócios (GILCHRIST, 2016).

Neste cenário, este trabalho apresenta a implantação de um sistema de automação dentro de uma indústria multinacional, cujo foco é o desenvolvimento de lógicas de programação em um controlador lógico programável (CLP) e a comunicação via Internet entre as máquinas que compõem uma linha de produção de embalagem de produto em pó e a leitura de determinados parâmetros do processo, conforme exigências da empresa. Com isso, os parâmetros são enviados via sistema de vinculação e incorporação de objetos para controle de processos (OPC, do inglês *Object linking and embedding for Process Control*) a um banco de dados para que possam ser processados por programas de gerenciamento e manufatura a fim de disponibilizar, em nuvem, os dados da linha.

## 1.1 TEMA DE PESQUISA

O presente trabalho tem por objetivo relatar o processo de integração de máquinas de uma linha de produção de embalagens de produto em pó, cujo intuito é fornecer os dados de produção a um banco de dados para processamento por programas de gerenciamento e disponibilizá-los via Internet aos funcionários e gestores, em tempo real e de maneira que se permita fácil leitura dos dados.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Com a presença da tecnologia de forma cada vez mais acentuada, praticamente todos os processos comerciais e empresariais estão sendo integrados por meio da Internet. Com isso, dados são gerados e coletados numa relação interativa, requerendo capacidades de processamento e memorização, numa disponibilidade integral e mínima latência (FACCIONI FILHO, 2016).

Dentro desse campo, o presente trabalho segue na abordagem de um exemplo dessa integração implantada na área industrial como uma forma de apresentar uma alternativa de aproximação entre os acontecimentos do ambiente fabril e qualquer outra localidade através da Internet.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Integrar as máquinas de uma linha de produção de embalagem de produto em pó, visando fornecer os dados de produção a um banco de dados para que sejam processados por programas de gerenciamento e manufatura e disponibilizados via Internet para monitoramento do desempenho do processo industrial.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os parâmetros que devem ser monitorados nas máquinas da linha de produção;
- Elaborar a lógica de programação das máquinas e do controlador lógico programável responsável por concentrar os dados de produção e disponibilizá-los ao servidor da empresa para processamento;
- Analisar os dados coletados das máquinas da linha de produção;
- Efetuar a leitura dos dados da linha de produção e disponibilizá-los no banco de dados.

- Acompanhar os registros de produção via programa de gerenciamento e manufatura.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Para que uma empresa se mantenha no mercado, independentemente do ciclo econômico, é fundamental que consiga reduzir custo. Isto é possível através do gerenciamento de seus processos de informação, de produção e de materiais (SOARES, 2015).

A gestão da cadeia de suprimentos é a principal área que pode se beneficiar da aplicação da IoT nos negócios da empresa, pois objetos como sensores podem capturar e fornecer informações que possibilitam adaptações e decisões em tempo real (FERREIRA; MARTINHO; DOMINGOS, 2010).

Atualmente, no processo da empresa foco deste trabalho, as contagens de produtos e de paradas de máquina de cada etapa da linha de produção são feitas pontualmente e seus registros são realizados de forma manual pelos operadores da linha. Além disso, os parâmetros intrínsecos à qualidade do produto como, por exemplo, a temperatura de envasamento, a velocidade e o tempo de mistura e as dosagens, são checados visualmente nas interfaces de cada máquina, exigindo do operador a disponibilidade para anotá-los durante intervalos específicos.

O projeto desenvolvido teve por finalidade integrar digitalmente a linha de produção existente em relação aos sistemas de qualidade, painéis e relatórios. Com isso, a empresa pretende acompanhar o desempenho da linha em tempo real e obter os indicadores do processo produtivo de forma integrada, disponibilizando-os em uma única página virtual e fazendo o levantamento das etapas do processo em que existem problemas.

A implantação do projeto permite gerar o registro automático dos parâmetros de operação das máquinas da linha e identificar os gargalos e principais falhas. Além disso, os relatórios de produção e de qualidade elaborados manualmente são substituídos por relatórios gerados de forma automática, periódica e integrada.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia de especialização está dividida em 5 (cinco) seções. Nesta primeira seção foi introduzido o assunto tema do trabalho e também foram

abordados a motivação e os objetivos geral e específicos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Já na segunda seção, Revisão bibliográfica, é feita uma pesquisa sobre temas abordados, como: automação industrial, controladores lógicos programáveis e Internet das coisas.

A seguir, na terceira seção, Desenvolvimento do projeto, abordam-se as premissas definidas pela indústria que solicitou a integração, a estrutura do projeto para atender os objetivos da disponibilização dos dados e a linha de embalagem com suas características e disposição das máquinas. Em seguida, são detalhadas as ideias e formas de elaboração das lógicas de programação dos controladores das máquinas e a configuração do programa responsável pela coleta de dados.

Na quarta seção, Apresentação e Análise dos Resultados, são descritos os resultados obtidos e feitas as devidas análises sobre a disponibilização dos dados de produção via Internet.

Por último, na quinta seção, Considerações finais, são retomadas as intenções da implantação do projeto e os seus objetivos, apontado como foram atingidos por meio do trabalho realizado.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, através de pesquisa bibliográfica, são apresentados conceitos sobre automação industrial e controladores lógicos programáveis e o panorama da conectividade dos elementos por meio da Internet.

### 2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação, termo originado na década de 1940, consiste em utilizar comandos lógicos programáveis e equipamentos mecanizados a fim de substituir as atividades manuais humanas que envolvem tomadas de decisão. Ao incorporar computadores e dispositivos de *hardware*, os controles se tornaram menores, mais flexíveis e passassem a ter menor custo de implantação e modificação. Seu uso permite remodelar diversos trabalhos humanos considerados monótonos, pesados ou perigosos, a fim de padronizar e reduzir custos. Entretanto, automatizar requer alto investimento e manutenção qualificada, sendo aplicável em processos repetitivos, consistentes e que envolvem grande volume de produtos (LAMB, 2015).

Segundo Groover (2011), um sistema automatizado é composto por três elementos: energia para concluir os processos e operar o sistema, um programa de instruções para direcionar os processos e um programa para executar as instruções.

A principal fonte de energia nos sistemas automatizados é a eletricidade, pois está amplamente disponível a um custo moderado, é bastante comum na infraestrutura industrial, pode ser armazenada em baterias de longa duração e ser prontamente convertida em formas alternativas de energia. As ações de processos seguem instruções definidas por um determinado ciclo de trabalho, estabelecido por uma ou mais etapas de trabalho, com o objetivo de manter determinados parâmetros em valores definidos. Por fim, o elemento de controle faz com que um processo execute as operações lógicas conforme as instruções do programa (GROOVER, 2011).

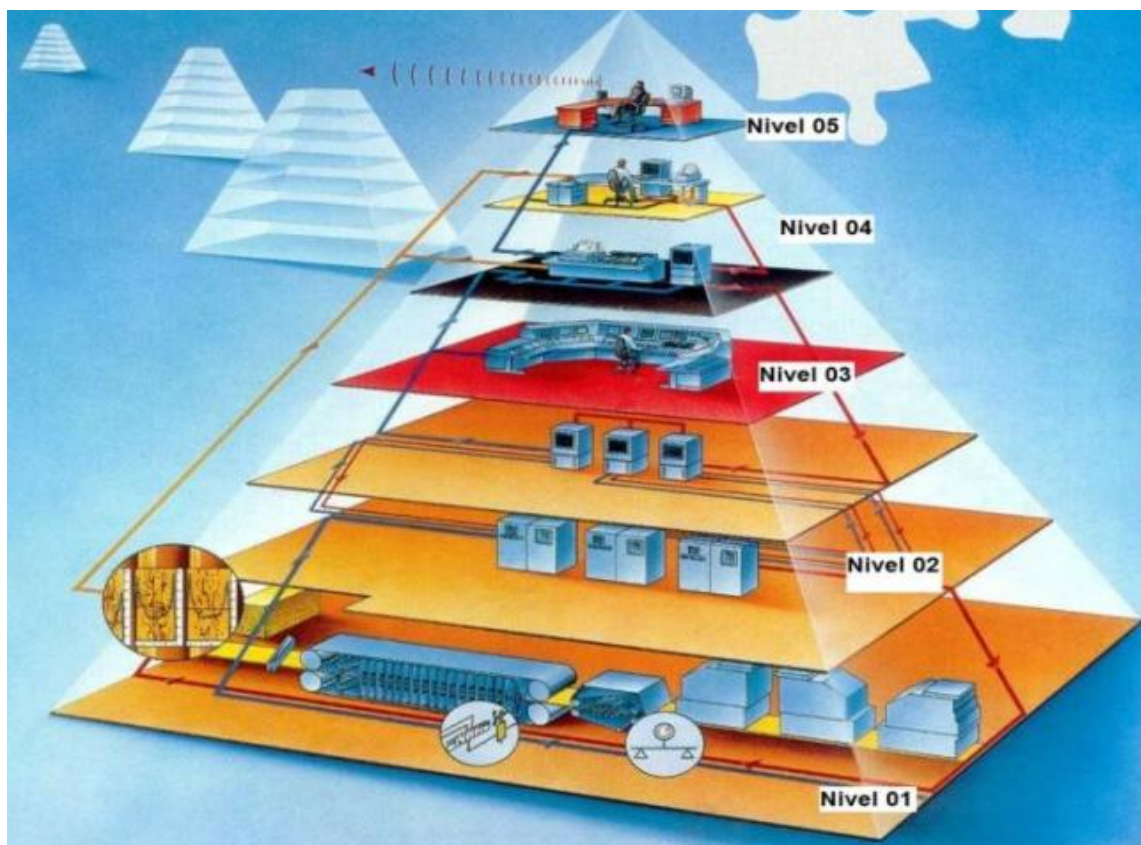
Para a comunicação entre dispositivos, o protocolo mais amplamente usado para redes locais é a Ethernet, que surgiu na década de 1970, e sua rede consiste num comutador Ethernet no qual vários computadores são conectados por meio de fios de cobre ou fibras ópticas, dependendo das velocidades de comunicação. A

Ethernet está enquadrada nas tecnologias de redes locais (LAN, do inglês *Local Area Network*), sendo uma das redes mais bem sucedidas dos últimos anos, caracterizada também como o padrão de rede mais utilizado para transmissão de dados em redes e ambientes corporativos (MARTINS, 2015). Atualmente, suas versões são conhecidas como Gigabit Ethernet e 10 Gigabit Ethernet, que transmitem dados a 1 Gbps e 10 Gbps, respectivamente (COMER, 2016).

A Ethernet/IP é um subconjunto da Ethernet e foi desenvolvida pela Rockwell Automation. É um protocolo de camada de aplicação e foi construído com base no Protocolo Industrial Comum (CIP, do inglês *Common Industrial Protocol*), tendo acesso contínuo aos elementos das redes ControlNet e DeviceNet. A Ethernet/IP geralmente é usada em controle de processo e aplicações de controle industrial, considera todos os dispositivos na rede como uma série de objetos e os tempos máximos de resposta podem ser configurados e gerenciados, tornando-se adequada para aplicações de controle (LAMB, 2015).

Segundo Goeking (2010), o conceito de sistemas automatizados pode ser aplicado a diferentes níveis de operações da fábrica, conforme Figura 1.

**Figura 1 – Organização piramidal dos níveis de operações da fábrica**



Fonte: Moraes e Castrucci (2000).

O nível 1 é a base da pirâmide, onde encontram-se as máquinas responsáveis diretamente pela produção e é composto principalmente pelos elementos periféricos (sensores, relés, conversores de frequência etc.).

No nível 2 ocorre o controle e a supervisão dos equipamentos do nível 1 e, também, a troca de informações do nível inferior com os superiores.

O nível 3 é composto pelos bancos de dados com informações de relatórios, estatísticas, qualidade da produção e as demais informações concentradas pelos sistemas supervisórios. Neste patamar, as informações obtidas dos níveis inferiores são repassadas para os níveis superiores.

O nível 4 é responsável pela logística, executa o planejamento e a programação da planta e determina as atividades a serem realizadas pelas camadas inferiores.

A camada superior, nível 5, é a administração que gerencia todo o sistema. Nesse nível, os computadores são redundantes, dotados de grande capacidade de memória e processamento, altamente seguros e confiáveis (GOEKING, 2010).

## 2.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

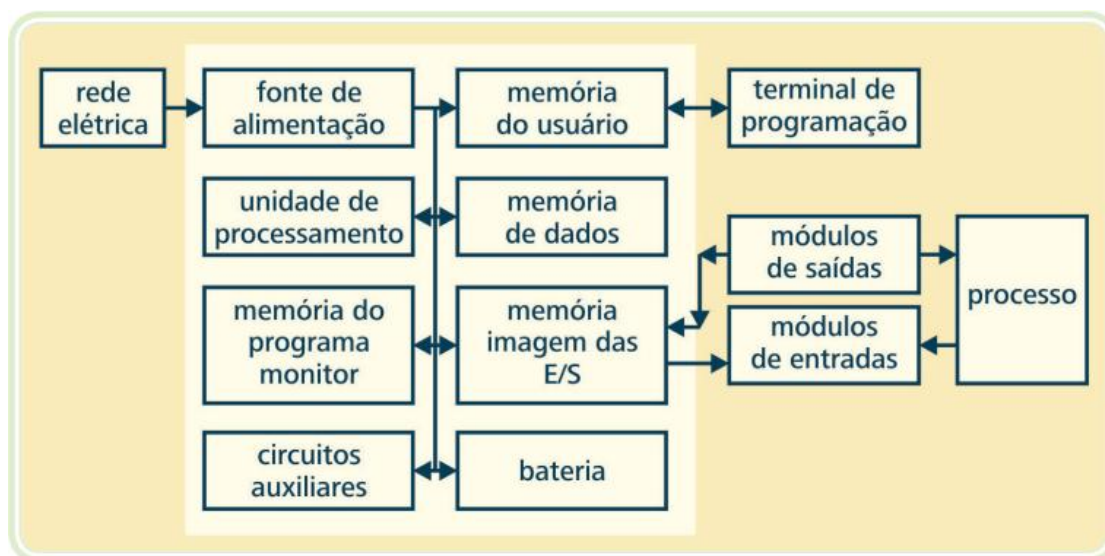
Sendo a tecnologia de controle de processos industriais mais utilizada atualmente, os controladores lógicos programáveis (CLPs) são um modelo de computador projetado para o ambiente industrial que permite a programação para executar funções de controle. É um equipamento de alta confiabilidade, fácil programação e instalação, controle de alta velocidade, compatibilidade e verificação de defeitos. Inicialmente, sua finalidade era substituir os relés lógicos no ambiente industrial, possibilitando a considerável redução de circuitos elétricos, mas suas variadas funções e capacidade de computação o incluíram em processos que envolvem cálculos, contagens, temporização, comparações e processamentos de sinais analógicos (PETRUZELLA, 2014).

De acordo com Zancan (2010), a constituição de um CLP é um microprocessador ou microcontrolador com um programa monitor, memória de programa, memória de dados, uma ou mais interfaces de entrada e saída e circuitos auxiliares.

Conforme ilustrado na Figura 2, as principais partes constituintes de um CLP são (ZANCAN, 2010):

- Unidade de processamento – responsável pela operação lógica dos circuitos;
- Memória do programa monitor – programa que gerencia todas as atividades do CLP e não pode ser alterado pelo usuário;
- Memória do usuário – memória que armazena o programa desenvolvido pelo usuário e que pode ser alterada;
- Memória de dados – armazena dados do programa do usuário;
- Memória imagem das entradas e saídas (E/S) – tabela elaborada conforme informações obtidas pelos estados das entradas e saídas, cujas informações são utilizadas durante o processamento do programa do usuário;
- Fonte de alimentação - converte a tensão da alimentação para a tensão de alimentação dos circuitos eletrônicos, bateria, entradas e saídas;
- Bateria – mantém a programação, parâmetros e alimentação do circuito do relógio em falta de energia.

**Figura 2 – Constituição básica de um CLP**



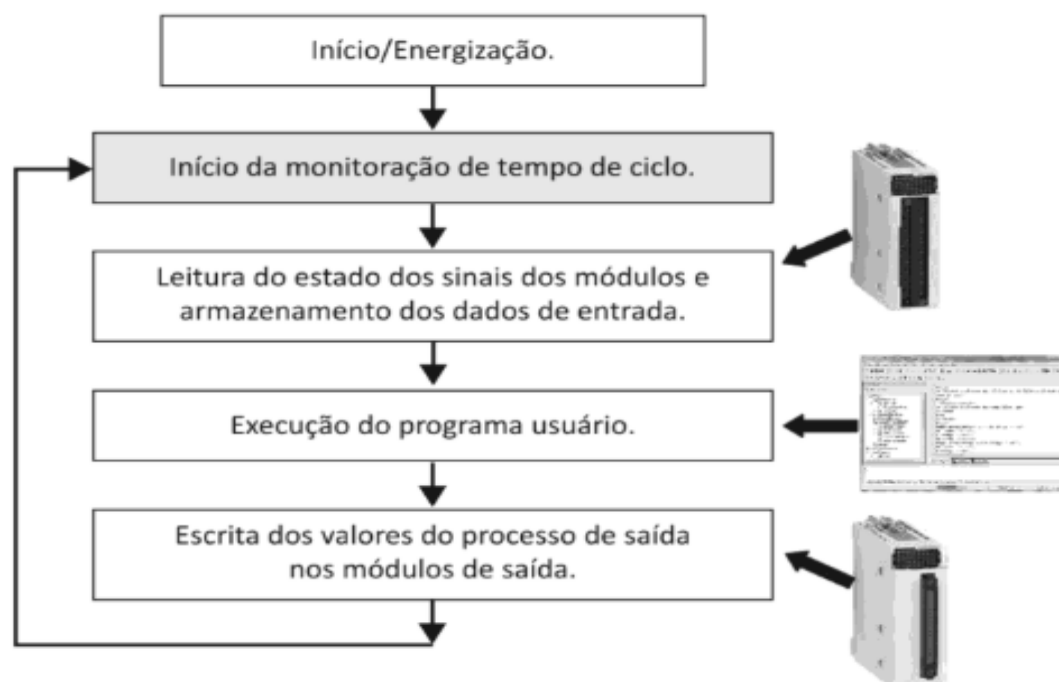
**Fonte: Zancan (2010).**

O CLP pode estar no modo programação ou execução. No primeiro modo, o equipamento encontra-se fora de operação e recebe novos programas ou alterações num programa já existente. No modo execução, o controlador executa o programa criado pelo usuário e seu funcionamento é baseado em ciclos de leitura (*scans*).

Conforme ilustrado na Figura 3, o CLP efetua a leitura dos dados de entrada durante a primeira etapa destes ciclos, cujos sinais provêm de dispositivos conectados fisicamente aos pinos de interface de entrada. Em seguida, o programa

de controle armazenado na memória é executado e, por fim, ocorre a atualização dos sinais da interface de saída, no qual os atuadores estão fisicamente conectados (FRANCHI; CAMARGO, 2008). Essa operação ocorre num intervalo de tempo denominado “tempo de ciclo” que depende do tamanho, complexidade e configuração do controle de execução, devendo ser compatível com o tempo máximo permitido para a operação (SILVA, 2016).

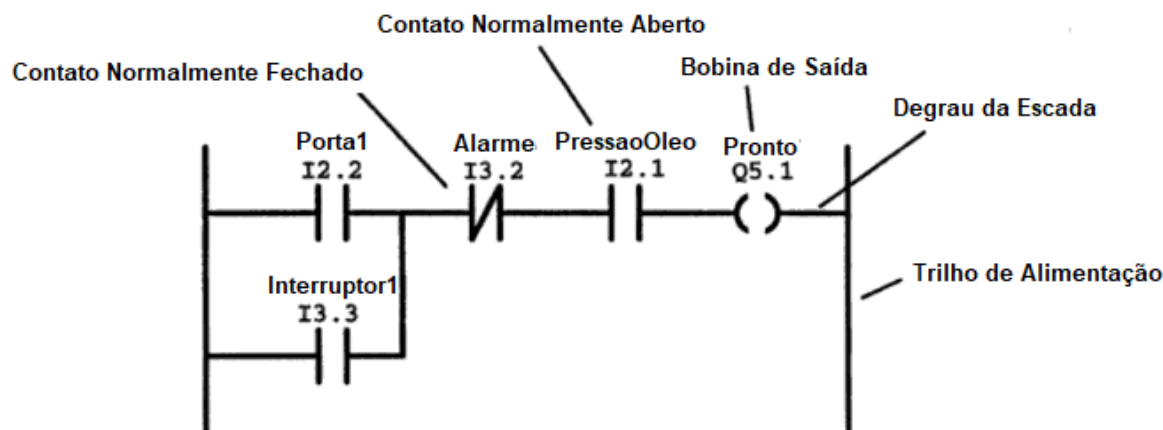
**Figura 3 – Ciclo de Scan**



**Fonte: Silva (2016).**

Baseada em princípios de comandos e contatos elétricos, a linguagem de programação *ladder* (“escada” em inglês) foi a primeira desenvolvida para os CLPs. Essa linguagem consiste numa representação gráfica e horizontal, na qual são associados elementos de contatos normalmente abertos ou fechados, de bobina, de temporização e de funções lógicas e matemáticas (GRACIANO, 2017). Isso permite organizar uma estrutura complexa em outras estruturas menores e mais simples por meio de caixas de funções ou blocos de funções (SILVEIRA *et al.*, 2011). A Figura 4 apresenta um exemplo de um programa em linguagem *ladder*.

Figura 4 – Exemplo de um programa em linguagem *ladder*



Fonte: Adaptado de Lewis (1998).

### 2.3 ARQUITETURA UNIFICADA OPC

Para a flexibilidade e integração de *softwares* e componentes, a padronização de interfaces é essencial. Para diferentes campos de aplicação, o OPC surgiu da necessidade de se ter uma interface de comunicação única entre um incontável número de redes, protocolos proprietários e interfaces usadas. Além disso, o OPC tem sido aceito entre usuários e desenvolvedores como uma interface padrão entre clientes e servidores e adotado pela maioria dos fabricantes de Interfaces Homem-Máquina (IHMs), sistemas de Controle de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA, do inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*), Sistemas de Controle Distribuído (DCS, do inglês *Distributed Control System*) e serviços de controle de Sistemas de Execução de Manufatura (MES, do inglês *Manufacturing Execution Systems*) e sistemas ERP. A padronização da comunicação entre os sistemas de supervisão e gerenciamento reduziu significativamente os custos de desenvolvimento e manutenção de sistemas (GONÇALVES, 2012).

Segundo Mahnke, Leitner e Damm (2009), o OPC usa uma arquitetura cliente-servidor para a troca de informações, no qual um Servidor OPC encapsula as informações de processo, disponibiliza-as na sua interface e um Cliente OPC é conectado no Servidor OPC, podendo acessar e consumir os dados oferecidos. Interfaces de OPC Clássicas são baseadas na tecnologia de Modelo de Objeto Componente (COM, do inglês *Component Object Model*) e de Modelo de Objeto

Distribuído (DCOM, do inglês *Distributed Component Object Model*) da Microsoft, que reduziu o tempo de desenvolvimento das especificações e produtos, mas também resultou na dependência do OPC em plataforma Windows e utilização de comunicação remota com o OPC. Suas principais interfaces são *OPC Data Access*, *OPC Alarm & Events*, *OPC Historical Data Access*.

A interface *OPC Data Access* possibilita a leitura, escrita e monitoramento das variáveis lidas de CLPs, IHMs e sistemas supervisórios. Nela, o usuário pode selecionar as variáveis que deseja monitorar e estabelece a comunicação com o servidor pelo objeto *Servidor OPC*, organizando-as em grupos e especificando um tempo cíclico de leitura para atualização dos dados (MAHNKE; LEITNER; DAMM, 2009).

A interface *OPC Alarm & Events* habilita a recepção de notificações de eventos e alarmes, no qual o Cliente OPC conecta-se ao servidor pela criação do objeto *OPC Event Server*, e posteriormente pelo *OPC Event Subscription*, usado para receber as mensagens de evento.

O *OPC Historical Data Access* fornece o acesso aos dados armazenados. O usuário pode acessá-los definindo uma base de dados, o momento ou um intervalo de tempo em que foram lidos. Para isso, o Cliente OPC conecta-se ao servidor *Historical Data Access* pela criação do objeto *OPC Historical Data Access Server* e navega pelos endereços através do *OPC Historical Data Access Browser* (MAHNKE; LEITNER; DAMM, 2009).

## 2.4 INTERNET DAS COISAS

A ideia básica da Internet das Coisas (IoT) consiste na interação de uma variedade de objetos, que possuem endereçamento exclusivo, para atingir objetivos comuns. O impacto sobre o cotidiano e comportamento dos usuários é a força principal da IoT e estará muito presente no espaço do trabalho e doméstico, destacando-se as oportunidades futuras de desenvolvimento econômico a partir da combinação da demanda popular com os avanços da tecnologia. Entretanto, a propagação da IoT pode trazer mais riscos à segurança da informação do que a Internet tem feito (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Segundo Faccioni Filho (2016), não existe ainda uma definição estabelecida para a IoT e para os elementos que a compõe, mas seu impacto chega ao campo

dos negócios devido a diversas oportunidades e modelos de negócios que precisam ser criados, inclusive no campo social e individual. Na IoT, componentes situados nos mais diversos ambientes são integrados por um conjunto de *softwares*, que passam por sistemas operacionais, protocolos de comunicação, aplicações, interfaces, bancos de dados e sistemas em nuvem. Para um objeto pertencente à IoT, um conjunto de funcionalidades pode ser usado como ponto de partida para se chegar à definição de Internet das Coisas, as quais se distribuem nos conjuntos “características”, “relações” e “interface”.

No conjunto das “características”, estão inseridas as seguintes funcionalidades (FACCIONI FILHO, 2016):

- Processamento - capacidade de processamento computacional atribuída ao objeto, tornando-o capaz de agir e responder às requisições da IoT e às suas aplicações;
- Endereçamento - capacidade do objeto de ser encontrado na IoT por meio do roteamento;
- Identificação - identidade única de cada objeto da rede IoT;
- Localização - atributo relacionado ao local físico em que o objeto se encontra.

No conjunto das “relações”, estão inseridas as seguintes funcionalidades (FACCIONI FILHO, 2016):

- Comunicação - capacidade do objeto de receber e/ou enviar mensagens para outros objetos na IoT;
- Cooperação - capacidade do objeto de agir em comum com outros objetos da IoT, a fim de executar atividades ou aplicações conjuntas;
- Sensoriamento - capacidade do objeto de captar dados do ambiente ou de outros objetos;
- Atuação - capacidade do objeto de agir sobre o ambiente, operando e modificando a condição de um determinado meio.

O conjunto da “interface” corresponde à interação do objeto com o usuário para que este possa visualizar, modificar e configurar as condições do objeto (FACCIONI FILHO, 2016).



Segundo Gartner (2015), a IoT está situada no chamado “pico das expectativas infladas” no Ciclo de Expectativas para Tecnologias Emergentes. Contudo, as dificuldades para investir em IoT são muitas, indo desde a falta de um sistema favorável (dispositivos e equipamentos adequados) até ameaças de invasão de *hackers*. Os principais problemas, segundo Nes (2015), são os excessos de regulamentações, que inibem as importações e desenvolvimento de equipamentos, carga tributária, nível de segurança dos dados de dispositivos conectados, custo de operação com roubos ou depredações de infraestrutura e os sindicatos e associações, que limitam a adoção de tecnologias com receio dos postos de trabalho serem substituídos.

Para Zabadal e Castro (2017), conforme novas aplicações da IoT surgem, maiores são os desafios de conectar os objetos à Internet de forma a manter a segurança e privacidade dos dados. Além disso, as limitações dos elementos em relação às capacidades energéticas, de hardware e de comunicação instigam uma busca de prover o endereçamento a todos os dispositivos, manter o melhor tráfego de dados e reduzir seu uso de recursos. Nesta situação, existe a necessidade de adaptar os protocolos de comunicação existentes e priorizar a segurança dos dados.

Um dos protocolos mais importantes é o IP, cuja versão mais utilizada é a 4 e possibilita aproximadamente 4 bilhões de endereços baseados em 32 bits. Com o objetivo de solucionar o problema de esgotamento de endereços da versão 4, o IPv6 surgiu visando o crescimento contínuo da rede e possibilita mais de  $3,4 \times 10^{38}$  endereços únicos. Porém, os dois protocolos apresentam incompatibilidades e a migração para a nova versão é complexa e requer custo elevado.

A segurança e confiança de dados deve começar nos dispositivos de IoT até os aplicativos, com estruturas defensivas e mentalidade no âmbito da segurança da informação. Com as medidas aplicadas corretamente, a confiança pode ser assegurada por toda a solução da IoT (ZABADAL; CASTRO, 2017).

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo são descritas as premissas do projeto definidas pela indústria que solicitou a integração das máquinas da linha de produção, sua estruturação para o acesso aos dados e a apresentação do panorama geral da linha de produção de embalagens de produto em pó.

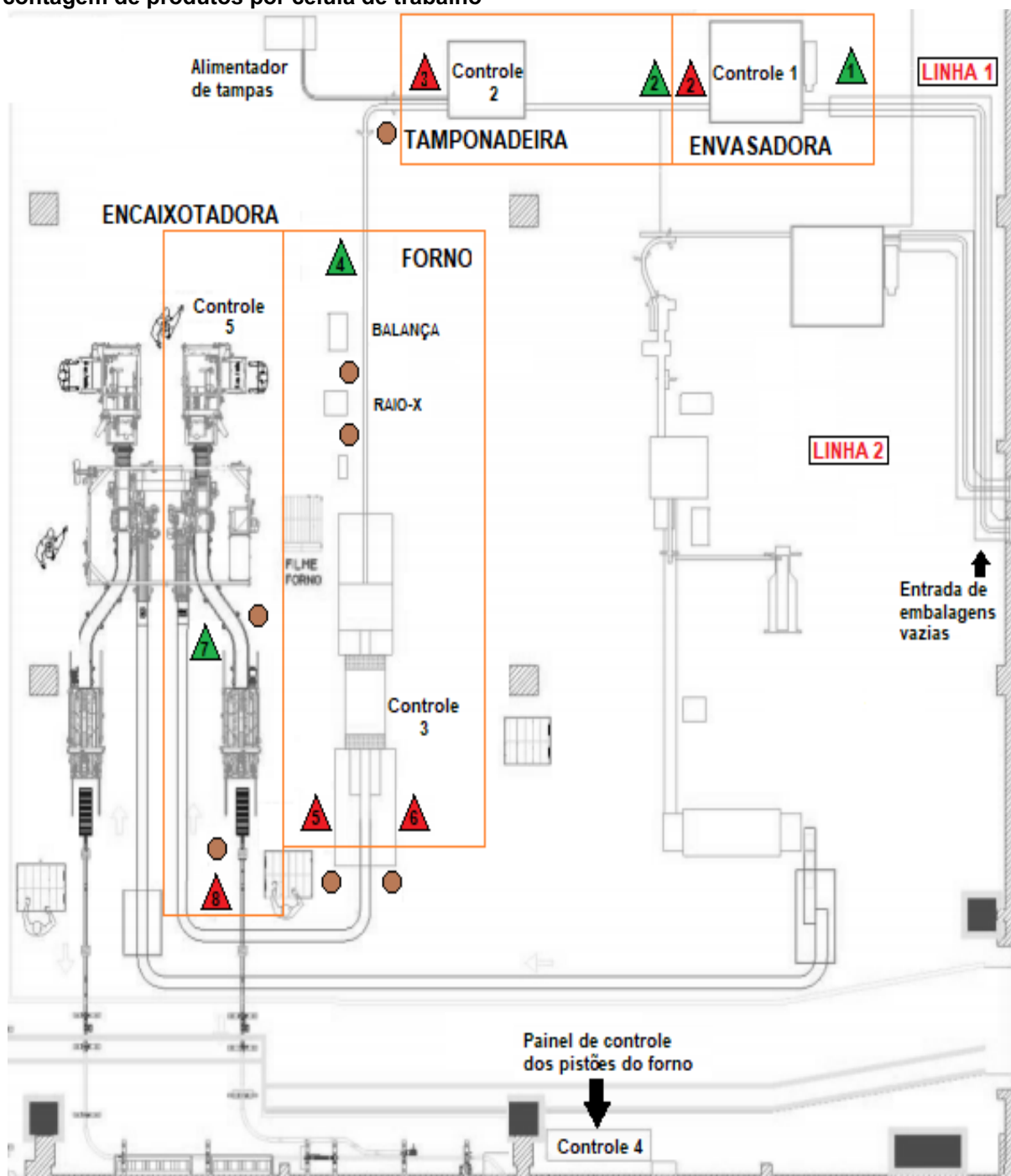
#### 3.1 DESCRIÇÃO E PREMISSAS DO PROJETO

O presente projeto possui a finalidade de proporcionar uma visão em tempo real do desempenho da linha de produção da fábrica, integrando os principais indicadores do processo de fabricação em uma exibição clara da linha de produção em execução e possibilitando a verificação de onde estão ocorrendo problemas na linha. Além disso, o projeto visa aprimorar e capacitar operadores e treinadores da linha de produção para impulsionar a eficiência da cadeia de suprimentos e a comparação de resultados através da visibilidade do desempenho da linha em tempo real, melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos que responde ao cliente com uma fabricação robusta e confiável em seu núcleo e, por fim, garantir produtividade sustentada e gerenciamento eficaz de custos através da eliminação de resíduos e melhoria da eficiência.

##### 3.1.1 Linha de Embalagem de Produtos em Pó

A Figura 5 ilustra a disposição das máquinas na Linha 1 de embalagem de produto em pó, a qual está dividida em quatro estações de trabalho: Envasadora, Tamponadeira, Forno e Encaixotadora. Cada estação é composta por um elemento na entrada, para efetuar a contagem de produtos que entram, e outro elemento na saída, para contabilizar os produtos que saem em bom estado da máquina. Durante o percurso realizado pelas embalagens, existem pontos de rejeito para embalagens danificadas ou que não atendem às especificações de qualidade, tais como peso, deformações e presença de corpos estranhos.

Figura 5 – Planta da linha de embalagem de produto em pó com os pontos de rejeição e contagem de produtos por célula de trabalho



Legenda:

- ▲ – Local de contagem de produtos na entrada da estação de trabalho;
- ▲ – Local de contagem de produtos na saída da estação de trabalho;
- – Local de rejeição de produtos danificados ou que não atendem às especificações.

Fonte: Autoria própria.

Na Envasadora, potes vazios entram pela esteira de alimentação, onde são despejadas quantidades específicas do produto em pó contido num reservatório

localizado acima da máquina. A contagem da produção é realizada por meio de sensores indutivos (pontos 1 e 2) que verificam a presença de potes.






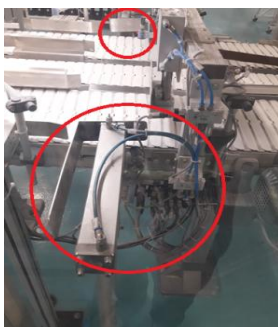

Após o processo de envase, os potes seguem por uma esteira até a Tamponadeira, cuja máquina rosqueia uma tampa em cada pote e os encaminha para a estação seguinte. Neste ponto, enquanto a máquina possui um sensor indutivo próprio para a contagem de produtos de saída (ponto 3), a contagem de produtos de entrada foi configurada para ocorrer pelo mesmo sensor de saída da Envasadora (ponto 2).

Ao sair da Tamponadeira, os potes já tampados percorrem a esteira e passam por uma máquina de checagem de peso e outra de verificação de presença de corpos metálicos. Se as condições forem satisfeitas, as embalagens seguem para o Forno, que as organiza em grupos com doze unidades, envolve-as num plástico termo retrátil, empacota-as firmemente em fardos ao passar por uma área de elevada temperatura e as encaminha para uma esteira vinculada a um sistema de visão. Se o sistema de visão sinalizar que o produto está em boas condições, ele segue para o encaixotamento e, caso contrário, ele é rejeitado. A contagem de produtos de entrada e de saída ocorre a partir de um sensor indutivo instalado antes da checagem de peso (ponto 4) e pelos movimentos de dois pistões pneumáticos (pontos 5 e 6), localizados ao final da célula de trabalho e responsáveis por direcionar os fardos aprovados pelo sistema de visão. Este controle de rejeição não é feito pelo CLP do forno, mas por outro CLP situado num painel externo à máquina (ponto de controle 4).

Ao chegarem à Encaixotadora, os fardos acumulam-se na esteira e aguardam serem pegos por um robô que os organiza em caixas com seis unidades, sendo este movimento responsável pela contagem de entrada de produtos (ponto 7). Após os fardos serem organizadas na caixa, esta é selada e um sensor indutivo instalado ao lado da esteira de saída (ponto 8) contabiliza as caixas encaminhadas à área de paletização.

O Quadro 1 contém as descrições de cada ponto de contagem em cada célula de trabalho.

Quadro 1 - Pontos de contagem de produtos por célula de trabalho

Célula de trabalho	Descrição do dispositivo de contagem de produtos na entrada	Descrição do dispositivo de contagem de produtos na saída	Imagem do dispositivo de contagem de produtos na entrada	Imagem do dispositivo de contagem de produtos na saída
<b>Envasadora</b>	Sensor responsável pela contagem de potes que entram na máquina.	Sensor responsável pela contagem de potes cheios que saem da máquina.		
<b>Tamponadeira</b>	Mesmo sensor de contagem de saída da envasadora.	Sensor responsável pela contagem de potes tampados que saem da máquina.		
<b>Forno</b>	Sensor instalado na esteira e antes da checagem de peso.	Contagem realizada a partir do movimento do empurrador de fardos para envia-los à encaixotadora.		
<b>Encaixotadora</b>	Contagem realizada a partir da confirmação de que o robô pegou os fardos.	Sensor instalado na esteira para monitorar as caixas encaminhadas à paletização.	Sem imagem	

Fonte: Autoria própria.

### 3.1.2 Premissas

A solução fornecida baseia-se no padrão de sistema e serviços da Rockwell Automation, na programação dos controladores lógicos programáveis das máquinas e na configuração de suas variáveis no servidor OPC. Para tanto, a rede Ethernet é o padrão de comunicação adotado.

A linha de produção está dividida nas chamadas “células de trabalho” e, com isso, uma ou mais máquinas podem compor tal estrutura. Para determinar se um equipamento pode ser considerado uma célula de trabalho, ele deve ser capaz de fornecer, via rede, as seguintes informações consolidadas:

- Estados de operação, que podem ser: “Operando – Produto Produzido/Tempo de Operação”, “Esperando – Tempo em Atraso de Linha (Processo Anterior)”, “Bloqueado – Tempo em Atraso de Linha (Processo Posterior)” e “Parada Operador ou Falha do Equipamento”;
- Contagem de produtos na entrada e na saída;
- Velocidade de operação (unidades de produtos bons que saem da máquina no intervalo de um minuto);
- Falhas;
- Parâmetros da máquina monitorados pelo setor de qualidade da empresa

Cada uma das máquinas da linha de embalagem possui uma lista de falhas de processo e operação, conforme mostrado na Figura 6. Na ocorrência de alguma delas, a mensagem da respectiva falha aparece na IHM para o operador e essa sinalização é proveniente de memórias específicas ativadas no controlador da máquina.

A linha de produção também possui parâmetros que são monitorados pelo setor de qualidade, como velocidades de rotação das roscas 1 e 2 da Envasadora e temperaturas de selagem e do túnel da célula de trabalho Forno. Esses valores são vinculados a variáveis analógicas do programa do controlador da máquina.

As informações fornecidas pelas células de trabalho são lidas por um controlador lógico programável, denominado no projeto como “CLP Concentrador”. Este equipamento é o responsável por iniciar a comunicação com os controladores das máquinas e concentrar os dados lidos em variáveis vinculadas ao banco de dados da empresa.

**Figura 6 – Lista de falhas de uma máquina**

	Trigger	Trigger value	Message
7	{{CLP}Alarme_7}	1	Falha 7: Chave de bloqueio do TP3 desligada. Acao recomendada: Ligar chave de bloqueio.
8	{{CLP}Alarme_8}	1	Falha 8: Chave de bloqueio do TP4 desligada. Acao recomendada: Ligar chave de bloqueio.
9	{{CLP}Alarme_9}	1	Falha 9: Chave de bloqueio do TC3 desligada. Acao recomendada: Ligar chave de bloqueio.
10	{{CLP}Alarme_10}	1	Falha 10: Disjuntor 22Q1 desligado. Acao recomendada: Verifique se corrente esta dimensionada corretamente.
11	{{CLP}Alarme_11}	1	Falha 11: Disjuntor 23Q1 desligado. Acao recomendada: Verifique se corrente esta dimensionada corretamente.
12	{{CLP}Alarme_12}	1	Falha 12: Disjuntor 26Q1 desligado. Acao recomendada: Verifique se corrente esta dimensionada corretamente.
13	{{CLP}Alarme_13}	1	Falha 13: Disjuntor 27Q1 desligado. Acao recomendada: Verifique se corrente esta dimensionada corretamente.
14	{{CLP}Alarme_14}	1	Falha 14: Disjuntor 20Q1 desligado. Acao recomendada: Verifique se corrente esta dimensionada corretamente.
15	{{CLP}Alarme_15}	1	Falha 15: Disjuntor 21Q1 desligado. Acao recomendada: Verifique se corrente esta dimensionada corretamente.
16	{{CLP}Alarme_16}	1	Falha 16: Disjuntor 24Q1 desligado. Acao recomendada: Verifique se corrente esta dimensionada corretamente.
17	{{CLP}Alarme_17}	1	Falha 17: Disjuntor 25Q1 desligado. Acao recomendada: Verifique se corrente esta dimensionada corretamente.
18	{{CLP}Alarme_18}	1	Falha 18: Emergencia porta 1 ativada. Acao recomendada: Verifique as botoeiras de emergencia da porta 1.
19	{{CLP}Alarme_19}	1	Falha 19: Emergencia porta 2 ativada. Acao recomendada: Verifique as botoeiras de emergencia da porta 2.
20	{{CLP}Alarme_20}	1	Falha 20: Emergencia porta 3 ativada. Acao recomendada: Verifique as botoeiras de emergencia da porta 3.
21	{{CLP}Alarme_21}	1	Falha 21: Emergencia celula ativada. Acao recomendada: Verifique as botoeiras de emergencia da celula.
22	{{CLP}Alarme_22}	1	Falha 22: Emergencia IHM ativada. Acao recomendada: Verifique as botoeiras de emergencia da IHM.
23	{{CLP}Alarme_23}	1	Falha 23: Emergencia do robo R.250 ativada. Acao recomendada: Verifique as botoeiras de emergencia do robo.
24	{{CLP}Alarme_24}	1	Falha 24: Emergencia do robo R.100 ativada. Acao recomendada: Verifique as botoeiras de emergencia do robo.
25	{{CLP}Alarme_25}	1	Falha 25: Chave de bloqueio do TC3 desligada. Acao recomendada: Ligar chave de bloqueio.
26	{{CLP}Alarme_26}	1	reserva
27	{{CLP}Alarme_27}	1	reserva
28	{{CLP}Alarme_28}	1	reserva
29	{{CLP}Alarme_29}	1	reserva
30	{{CLP}Alarme_30}	1	Falha 30: Motor do TC1 nao ligou. Acao recomendada: Verifique ligacao eletrica.
31	{{CLP}Alarme_31}	1	Falha 31: Motor do TC2 nao ligou. Acao recomendada: Verifique ligacao eletrica.
32	{{CLP}Alarme_32}	1	Falha 32: Motor do TC3 nao ligou. Acao recomendada: Verifique ligacao eletrica.

**Fonte: Autoria própria.**

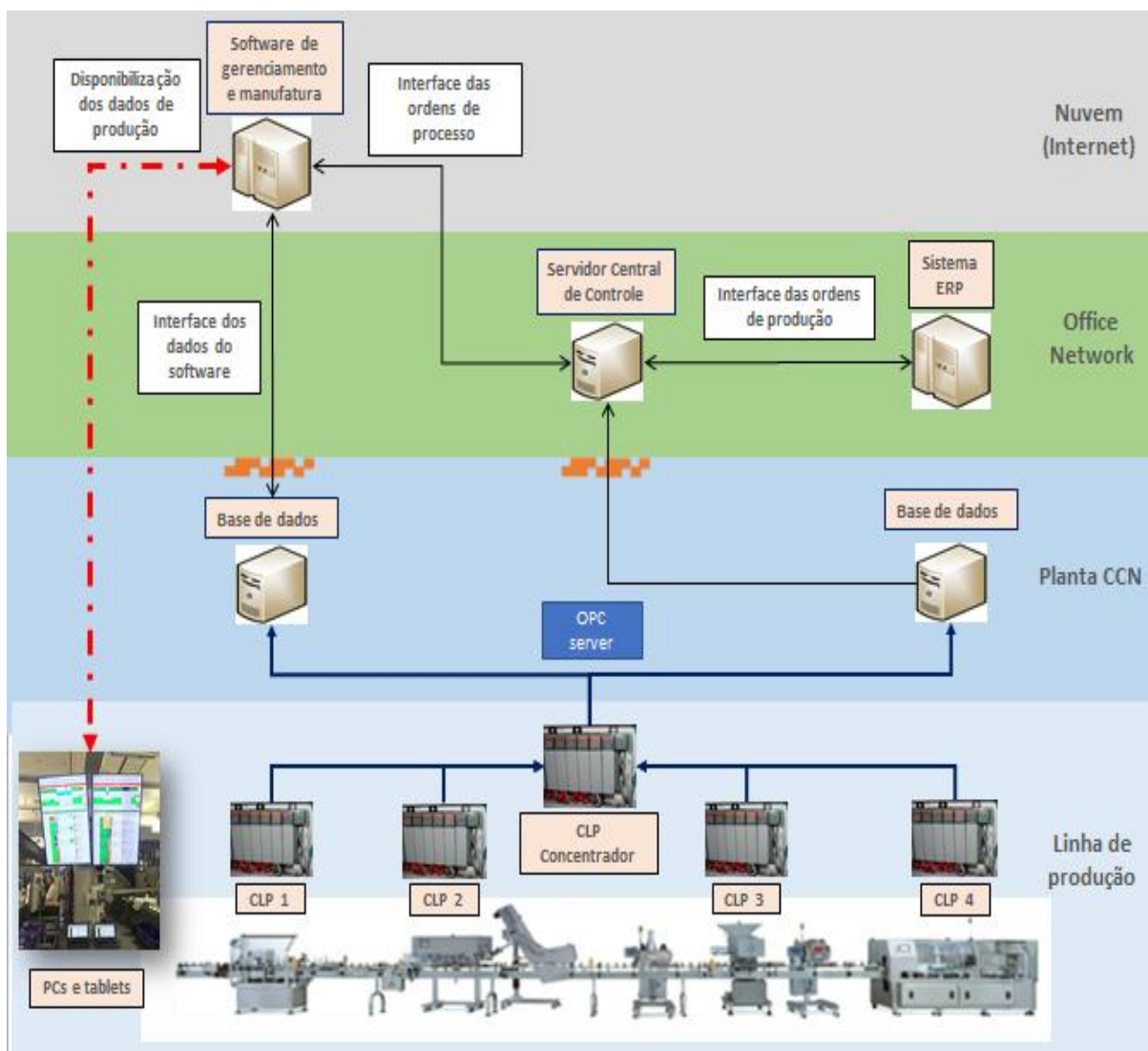
### 3.1.3 Estrutura do Projeto

Conforme ilustrado na Figura 7, a linha de produção é composta por máquinas com seus respectivos controladores lógicos programáveis que se comunicam via rede Ethernet com o CLP Concentrador.

O segmento da Rede Centrada em Conteúdo (CCN, do inglês *Content Centric Network*) contém os servidores com a licença do programa de gerenciamento e manufatura (responsável disponibilizar os dados via Internet) e, também, a comunicação com o Servidor Central de Controle. O programa instalado e responsável pela conexão e leitura de dados é o DataFEED OPC Suite.

A área *Office Network* contempla o Servidor Central de Controle e o sistema ERP da planta, onde ocorrem trocas de dados referentes às ordens de produção, confirmações de pedido, materiais e outras informações relacionadas à fábrica. Nesse nível, uma ordem de produção é definida no sistema ERP para a correta leitura dos parâmetros da linha de produção e, também, são pré-estabelecidos no Servidor Central de Controle os dados de capacidade, horários, fatores de conversão e velocidades de produção de cada máquina. Essas informações permitem que o programa de gerenciamento e manufatura disponibilize via Internet os indicadores de produção e de perdas.

Figura 7 – Estrutura de organização do projeto



Fonte: Autoria própria.

A camada superior refere-se à Internet, que disponibiliza na nuvem as informações interpretadas pelo programa de gerenciamento e manufatura e podem ser acessadas mediante senha, por qualquer computador, principalmente pela própria linha de produção e pela área de gestão da planta.

Todos os processos da linha de produção e equipamentos de embalagem são especificados por uma barra colorida para indicar o estado operacional do processo ou equipamento, conforme mostrado na Figura 8.

O estado “Operando – Produto Produzido/Tempo de Operação” indica que a máquina está processando ativamente produtos ou materiais, não apresenta falhas e executa todo o processo dentro do intervalo especificado.



**Figura 8 – Estados operacionais do processo ou equipamento**



**Fonte: Autoria própria.**

A máquina ativa o estado “Esperando – Tempo em Atraso de Linha (Processo Anterior)” quando está ligada, sem falhas e aguarda a entrada de produtos. No instante que um produto entra ou sai da máquina, o estado “espera” é comutado para “operação”.

O estado “Bloqueado – Tempo em Atraso de Linha (Processo Posterior)” é ativado quando uma máquina se encontra fora de operação, isenta de falhas, não possui produtos em sua entrada e o processo posterior também está parado, gerando, dessa forma, um acúmulo de produtos entre as duas células de trabalho.

O estado de “Parada Operador ou Falha do Equipamento” é ativado quando a linha está em operação e a máquina encontra-se em estado estacionário por ação do operador ou quando houver falhas.

As “Pequenas paradas – Paradas abaixo de 10min” são registradas nas mesmas situações de “parada pelo operador” ou “falha de equipamento”, desde que a produção retorne num intervalo de no máximo dez minutos.

Todos os estados são mutuamente exclusivos, ou seja, somente um deverá estar ativo, sendo exibidos apenas os estados finais da máquina após a conclusão de todas as transições de estado. Por simplicidade, ele não mostra os estados transitórios, como iniciar, parar, suspender, redefinir etc.

A última indicação da Figura 8 refere-se à quantidade de rejeitos da célula de trabalho, cujo valor é calculado a partir da diferença entre a contagem de produtos

que entram e que saem em bom estado da máquina e em comparação à capacidade de produção.

A contagem de produtos da máquina é dividida em “entrada” e “saída” de produtos e ocorrem através de sensores indutivos, acionamento de pistões, leituras de posição ou qualquer outro meio que indique a presença de produtos para dar continuidade ao processo. A informação de velocidade atual de operação a ser fornecida pela máquina refere-se à quantidade de produtos bons que saem na máquina por minuto.

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO NA LINHA DE PRODUÇÃO

A automação da linha de embalagem de produtos em pó é composta por equipamentos e programas do fabricante Rockwell Automation e cada célula de trabalho possui controladores lógicos programáveis de diferentes modelos, requerendo variadas plataformas de programação. O Quadro 2 apresenta as informações dos controladores e seus respectivos endereços IP para efetuar a comunicação em rede Ethernet entre os equipamentos.

**Quadro 2 - Características dos CLPs das células de trabalho**

<b>Célula de trabalho</b>	<b>Modelo do CLP</b>	<b>Endereço IP</b>	<b>Software de programação</b>
<b>CLP Concentrador</b>	1756-L75 ControlLogix 5575 Controller	172.16.70.100 172.16.70.101	RSLogix 5000
<b>Envasadora</b>	1761-L61 ControlLogix 5561 Controller	172.16.70.40	RSLogix 5000
<b>Tamponadeira</b>	1747-L553	172.16.70.45	RSLogix 500
<b>Forno</b>	1768-L43 CompactLogix 5343 Controller	172.16.70.60	RSLogix 5000
	1769-L33ER Compact Logix 5370 Controller	172.16.70.72	Logix Designer
<b>Encaixotadora</b>	1769-L33ERMS Compact Guarlogix 5370 Safety Controller	172.16.70.81	Logix Designer

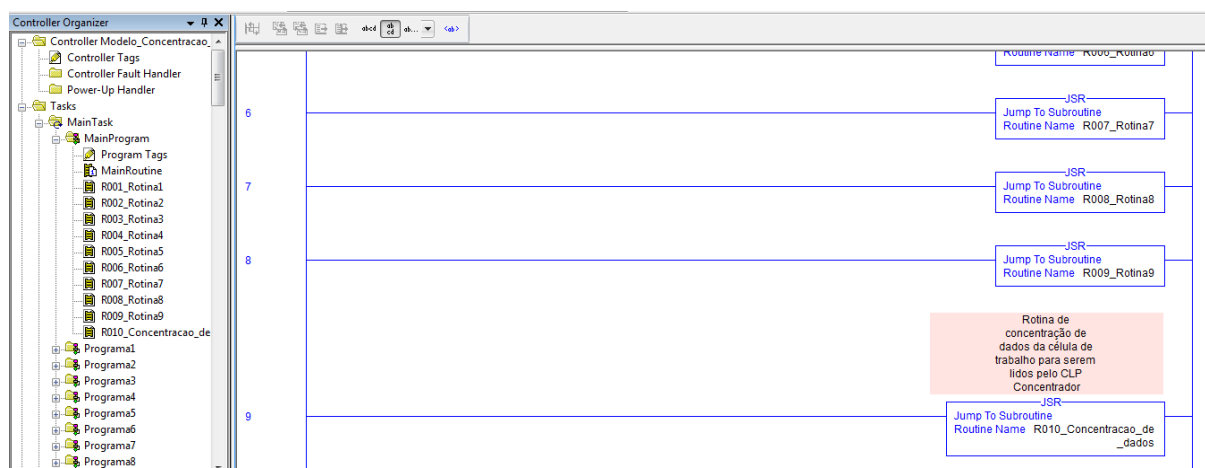
Fonte: Autoria própria.

### 3.2.1 Elaboração da Lógica de Programação das Máquinas

A fim de estabelecer um padrão, foi desenvolvido um modelo genérico para a concentração dos dados do projeto nas máquinas e, depois, adaptado de acordo com os nomes das memórias de cada programa.

Para tanto, foi elaborada uma rotina de tarefas denominada R0XX\_Concentracao\_de\_dados, cuja lógica de programação armazena os parâmetros determinados pelo projeto de integração em memórias específicas e possibilita sua leitura pelo CLP Concentrador, que está conectado na rede Ethernet. A Figura 9 apresenta a chamada dessa rotina no programa principal do CLP da máquina para que a lógica do modelo desenvolvido seja executada.

**Figura 9 – Chamada de rotina de concentração de dados no programa da máquina**



**Fonte: Autoria própria.**

A Figura 10 apresenta, na coluna “Name”, as variáveis do projeto que contém os dados de falhas, estado de operação, contagem e parâmetros de qualidade das células de trabalho a serem monitorados pelo CLP Concentrador, cujos valores encontram-se na coluna “Value”, os tipos de variáveis na coluna “Data type” e a descrição na coluna “Description”. Como os parâmetros de qualidade da linha são valores analógicos, o tipo de dados utilizado foi o “REAL”, pois refere-se à valores analógicos no modo de ponto flutuante. As demais variáveis do projeto a serem lidas são valores inteiros e puderam ser atribuídas às variáveis do tipo duplo inteiro (DINT), cujos limites variam entre -2.147.483.648 a +2.147.483.647 (ROCKWELL, 2009).

**Figura 10 – Parâmetros das células de trabalho a serem monitorados pelo CLP Concentrador**

Name	Value	Style	Data Type	Description
Concentracao_dados_Falhas	{...}	Decimal	DINT[10]	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[0]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[1]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[2]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[3]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[4]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[5]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[6]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[7]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[8]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Falhas[9]	0	Decimal	DINT	Falhas
Concentracao_dados_Status	{...}	UDT_Concetracao_Dados		Parâmetros de operação
Concentracao_dados_Status.State	3	Decimal	DINT	Estado de operação 1 - Em operação 2 - Em falha 3 - Ociosa 4 - Bloqueada 5 - Parada
Concentracao_dados_Status.TotalCount	1752597	Decimal	DINT	Contagem de entrada de produtos na célula de trabalho
Concentracao_dados_Status.GoodCount	1728355	Decimal	DINT	Contagem de saída de produtos da célula de trabalho
Concentracao_dados_Status.CurrentSpeed	0	Decimal	DINT	Velocidade de operação [m/min]
Concentracao_dados_Qualidade	{...}	Float	REAL[50]	Parâmetros a serem monitorados pelo setor de qualidade
Concentracao_dados_Qualidade[0]	701.0	Float	REAL	Ajuste de velocidade de rotação do enchedor 1
Concentracao_dados_Qualidade[1]	701.0	Float	REAL	Ajuste de velocidade de rotação do enchedor 2
Concentracao_dados_Qualidade[2]	0.0	Float	REAL	Parâmetros a serem monitorados pelo setor de qualidade
Concentracao_dados_Qualidade[3]	0.0	Float	REAL	Parâmetros a serem monitorados pelo setor de qualidade
Concentracao_dados_Qualidade[4]	0.0	Float	REAL	Parâmetros a serem monitorados pelo setor de qualidade
Concentracao_dados_Qualidade[5]	0.0	Float	REAL	Parâmetros a serem monitorados pelo setor de qualidade
Concentracao_dados_Qualidade[6]	0.0	Float	REAL	Parâmetros a serem monitorados pelo setor de qualidade
Concentracao_dados_Qualidade[7]	0.0	Float	REAL	Parâmetros a serem monitorados pelo setor de qualidade

**Fonte: Autoria própria.**

A lógica da rotina R0XX\_Concetracao\_de\_dados inicia-se com a cópia das falhas e dos parâmetros do setor de qualidade, já presentes no programa da máquina, para as variáveis do projeto.

Em seguida, existe a lógica para a contagem de produtos de entrada e de saída de produtos da célula de trabalho, que consiste na quantidade de produtos detectados pelos elementos indicados no Quadro 1. O reinício da contagem de produtos ocorre com a troca de turno ou quando o limite de 2.000.000.000 é atingido.

A velocidade de operação é uma variável já presente na lógica da máquina e seu valor é monitorado quando esta se encontra no estado “em operação”. Caso contrário, o programa possui uma lógica muda o valor de velocidade lido para 0.

Para os estados de operação, a máquina encontra-se no estado “em operação (1)” durante períodos transitórios ou quando todas as condições de segurança estiverem satisfeitas, sem falhas e quando houver indicação de passagem de produtos na entrada ou saída da célula de trabalho. Na presença de alguma falha, o estado “em falha (2)” é ativado no momento que a máquina sair do estado “em operação (1)”, de forma a sinalizar que ela efetivamente parou seu funcionamento. O estado “ociosa (3)” é ativado quando todas as condições de operação necessárias forem satisfeitas, não houver acúmulo de produtos na saída e a taxa de entrada e saída de produtos for menor que o tempo mínimo especificado. O estado “bloqueada (4)” é ativado caso as mesmas condições do estado “ociosa (3)” forem satisfeitas, com exceção da condição de acúmulo de produtos na saída

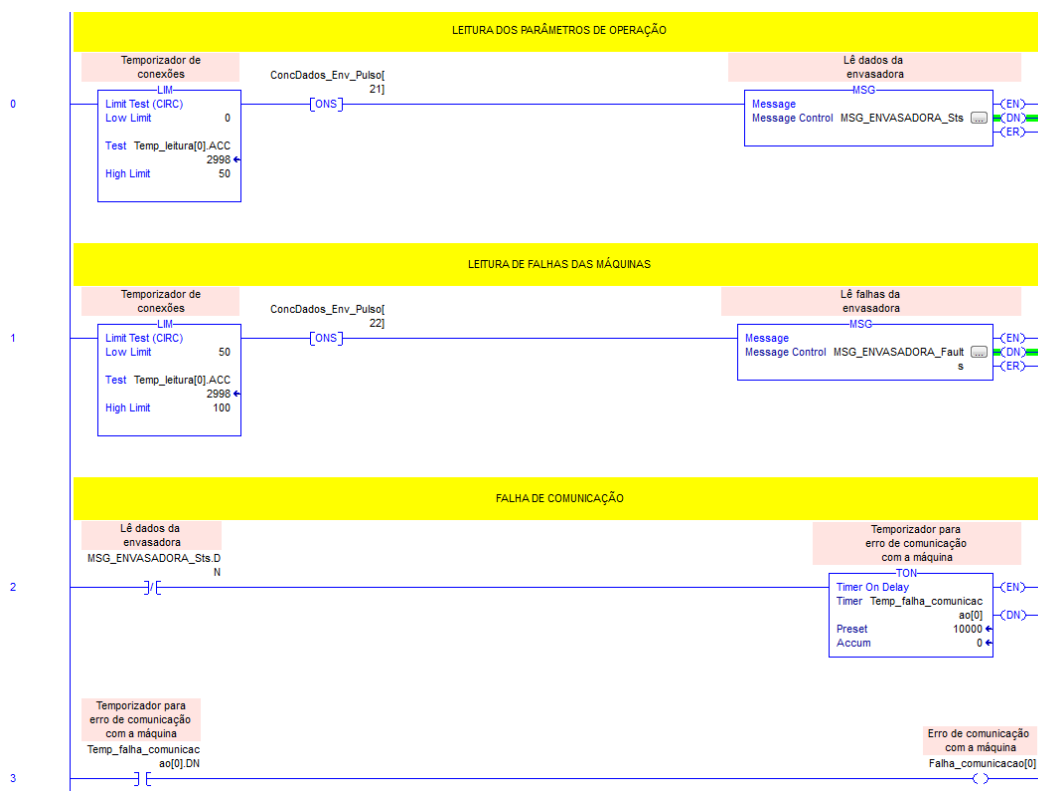
que ocorre quando o sensor de presença de produto na saída se mantém enviando sinal de nível alto durante um tempo mínimo. Por fim, se nenhum desses estados estiver acionado, a máquina encontra-se “parada (5)”.

### 3.2.2 Elaboração da Lógica de Programação do CLP Concentrador

A comunicação para a integração da linha de embalagem de produtos em pó é estabelecida primeiramente pelo CLP Concentrador. A Figura 11 apresenta os blocos de comunicação “Message (MSG)”, instrução que lê ou grava assincronamente um bloco de dados em outro módulo em uma rede (ROCKWELL, 2018).

A fim de gerenciar o início das conexões com cada célula de trabalho, um temporizador foi utilizado em seu programa junto à instrução do bloco “Limite (LIM)”, que testa se o valor da variável de tempo está dentro da faixa de limite baixo (*Low Limit*) e limite alto (*High Limit*), como indicado na Figura 11. O temporizador recomeça a incrementar a cada 3.000 milissegundos e a comunicação inicia quando o valor desse tempo se encontra nos limites do bloco LIM.

**Figura 11 – Blocos de comunicação MSG e sua ativação coordenada**

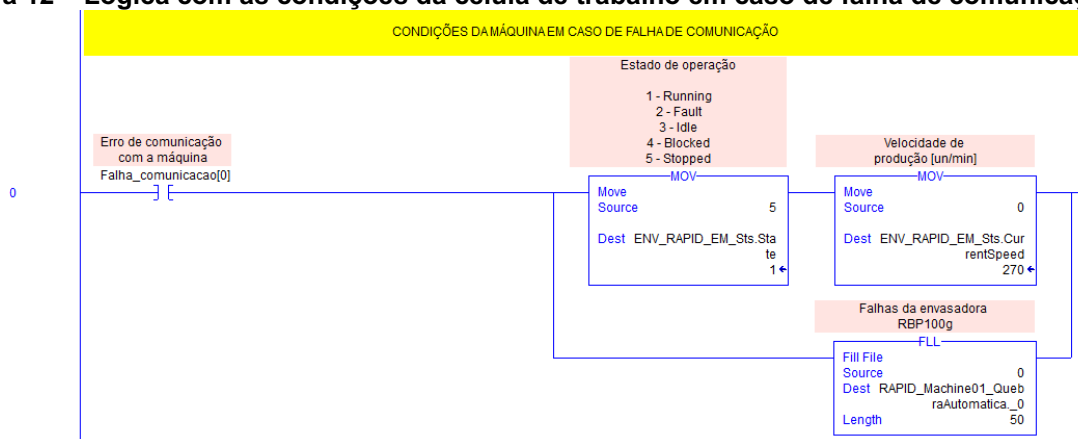


Fonte: Autoria própria.

Baseada na utilização do bloco “*Message (MSG)*”, a configuração de conexão deve estar de acordo com as características do equipamento do qual a leitura de dados é realizada. Quando o último pacote da mensagem é transferido com sucesso, o bit “.DN”, mostrado na Figura 11, é comutado do valor falso para verdadeiro.

De acordo com a lógica apresentada na Figura 12, se a comunicação não for finalizada num intervalo de 10.000 milissegundos, ocorre falha de comunicação e um estado de erro é ativado, forçando o estado de operação da célula de trabalho para “parada (5)” e zerando os valores lidos referentes à velocidade, falhas e parâmetros de qualidade da respectiva célula de trabalho.

**Figura 12 – Lógica com as condições da célula de trabalho em caso de falha de comunicação**



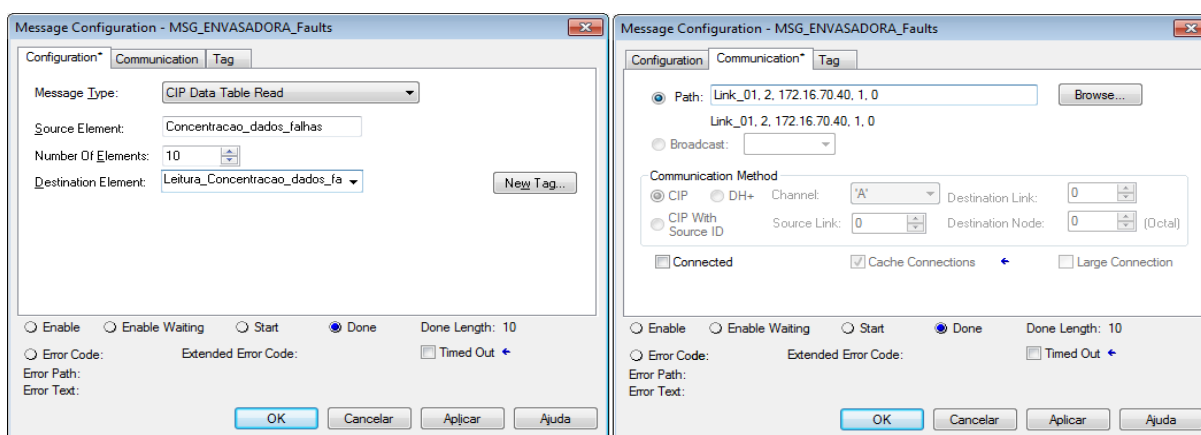
Fonte: Autoria própria.

As janelas de configuração do bloco MSG no CLP Concentrador para a leitura de dados da máquina Envasadora são apresentadas na Figura 13, sendo que o mesmo procedimento foi aplicado às demais células de trabalho.

Na aba “*Configuration*” da Figura 13, o primeiro passo consiste em definir o tipo de mensagem (*Message Type*) para a leitura dos dados, selecionando a opção “*CIP Data Table Read*”, caso o CLP a ser monitorado pertencer à linha Logix 5000 (que utiliza o *software* de programação RSLogix 5000 ou Logix Designer), ou “*SLC Typed Read*”, para os controladores da linha SLC 500 (que utiliza o *software* de programação RSLogix 500), de acordo com o Quadro 2. Em seguida, a variável a ser lida do dispositivo de origem é inserida no campo “*Source Element*” e, o número de elementos, em “*Number of Elements*”. O campo “*Destination Element*” refere-se à variável do CLP Concentrador na qual são armazenadas as informações de leitura.

Na aba “*Communication*” da Figura 13, o campo “*Path*” descreve o caminho que a mensagem segue para chegar ao destino. A configuração do endereçamento dos equipamentos para comunicação via bloco MSG possui o caminho estabelecido no formato “Link\_01, 2, 172.16.70.40, 1, 0”, onde o nome “Link\_01” refere-se ao “*backplane*” (nome dado ao módulo de comunicação local), o número 2 indica que a comunicação é do tipo Ethernet/IP, o endereço 172.16.70.40 é o endereço IP do dispositivo de destino (CLP da máquina Envasadora), o número 1 indica a posição do módulo de comunicação no bastidor do dispositivo de destino e, por último, o número 0 indica a posição da unidade de controle.

**Figura 13 – Configuração do bloco MSG para leitura de dados da máquina Envasadora**

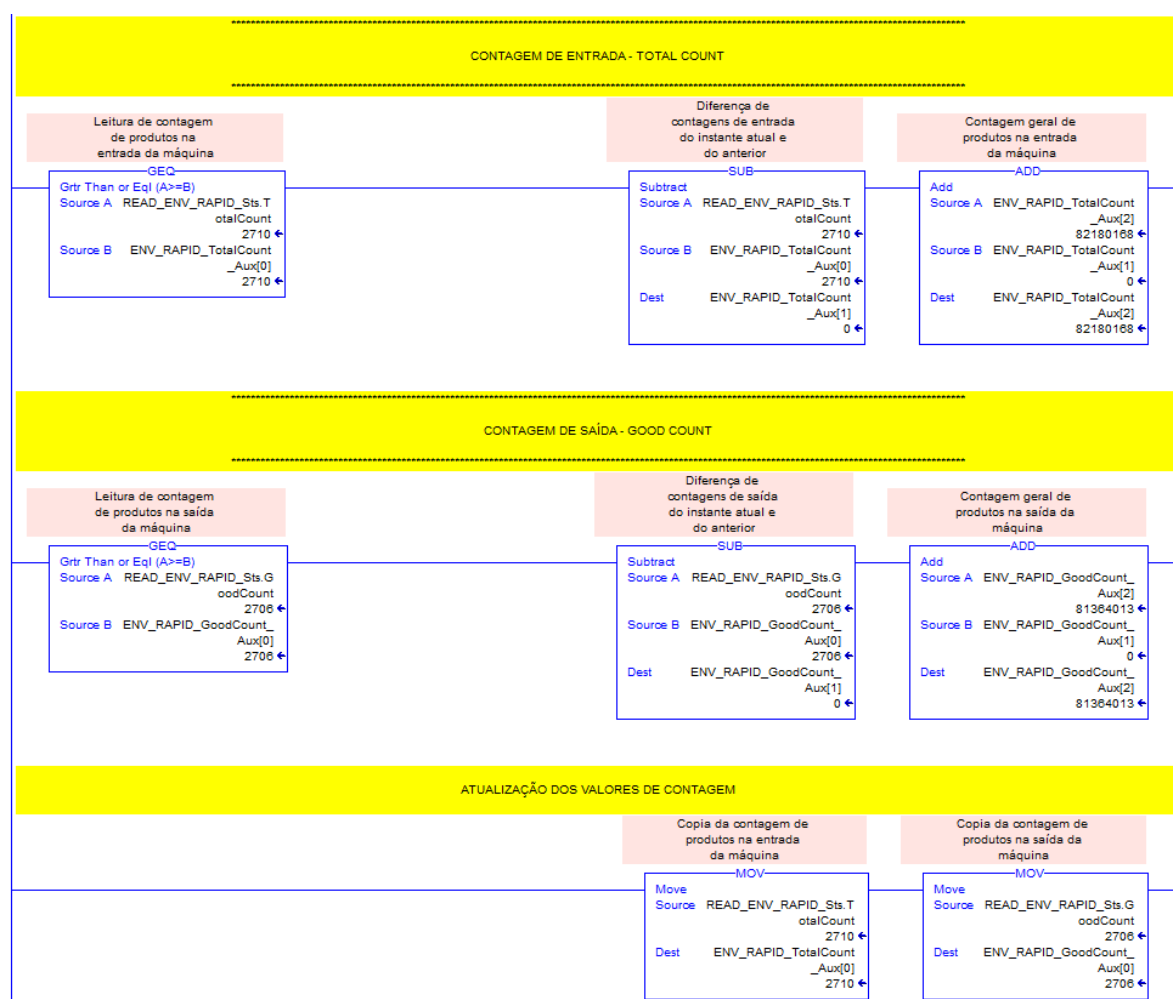


**Fonte: Autoria própria.**

Com todas as comunicações já estabelecidas para os controladores das máquinas, a próxima etapa consiste na elaboração da lógica para armazenar corretamente os valores lidos.

Durante a implantação do projeto, notou-se que, quando uma máquina era religada ou havia trocas de turnos, as lógicas do programa local reiniciavam os indicadores individuais de produção. Portanto, ao invés de copiar os dados das máquinas diretamente para o banco de dados, uma lógica independente para contagens de produtos foi elaborada, baseando-se no ciclo de escaneamento do programa, a fim de evitar uma interferência na amostragem total da produção. Assim, a cada ciclo, a diferença do novo valor de leitura em relação ao do ciclo de *scan* anterior é incrementada ao valor total. A Figura 14 mostra a lógica de incremento das contagens totais de entrada e de saída de produtos no programa do CLP Concentrador.

**Figura 14 – Lógica de incremento das contagens totais de entrada e saída de produtos**



Fonte: Autoria própria.

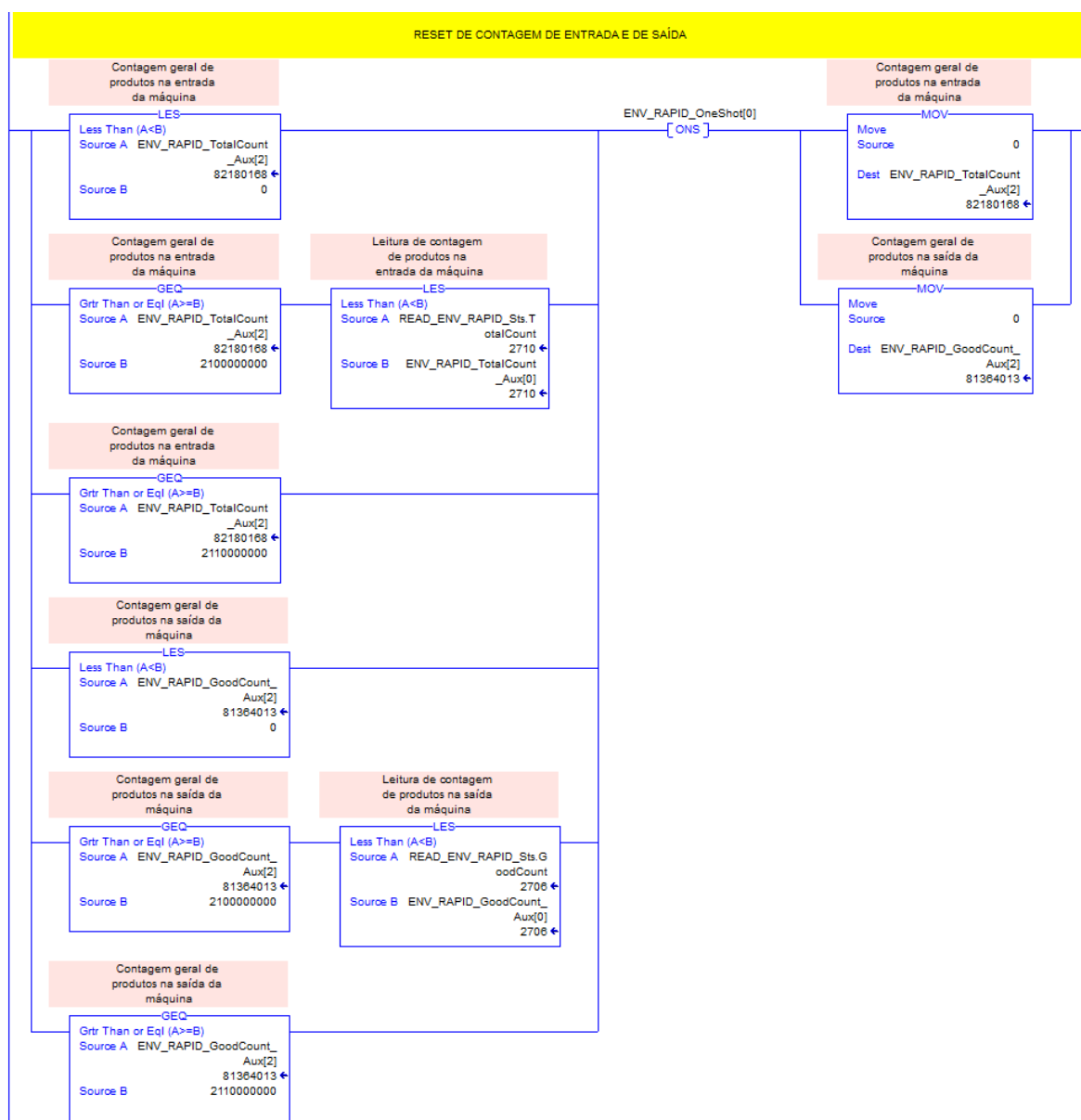
Antes que a variável atinja seu limite de 2.147.483.647, uma reinicialização planejada foi configurada para que ocorra no momento em que o valor lido pelo CLP Concentrador for menor que do ciclo de *scan* anterior e a contagem total de entrada ou de saída de produtos já tiver acumulado mais que 2.000.000.000 ou quando ultrapassar 2.100.000.000. Dessa forma, a reinicialização no CLP Concentrador ocorrerá em menores frequências e quase no mesmo instante que a da máquina, conforme mostrado na Figura 15.

Pelo fato de cada célula de trabalho ter suas contagens de produtos de produtos em pontos diferentes do processo e, em algumas vezes, estarem localizados em locais mais distantes da máquina principal, ocorrem interferências dos operadores. Por exemplo, uma embalagem pode passar por um processo de inspeção visual de qualidade e ser retirada momentaneamente da linha de produção, acarretando numa eventual mudança de estado de operação da máquina. Quando esta embalagem for



reposta, não houver sinalização de falhas e sua posição for detectada, o sinal recebido pelo controlador da máquina ativará o estado “em operação” e, somente dessa forma, os valores de contagem podem são atualizados no programa, evitando que a máquina os incremente em estado “fora de operação”.

**Figura 15 – Lógica de reinicialização das contagens de produtos**



Fonte: Autoria própria.

Seguindo este mesmo princípio, o estado de “ociosidade” é ativado somente quando não houver passagem de produtos, tanto na saída quanto na entrada, durante o intervalo estabelecido. Em relação ao estado de bloqueio, tanto a máquina em observação quanto a máquina à jusante devem estar fora de operação.

### 3.2.3 Disponibilização de Dados via OPC

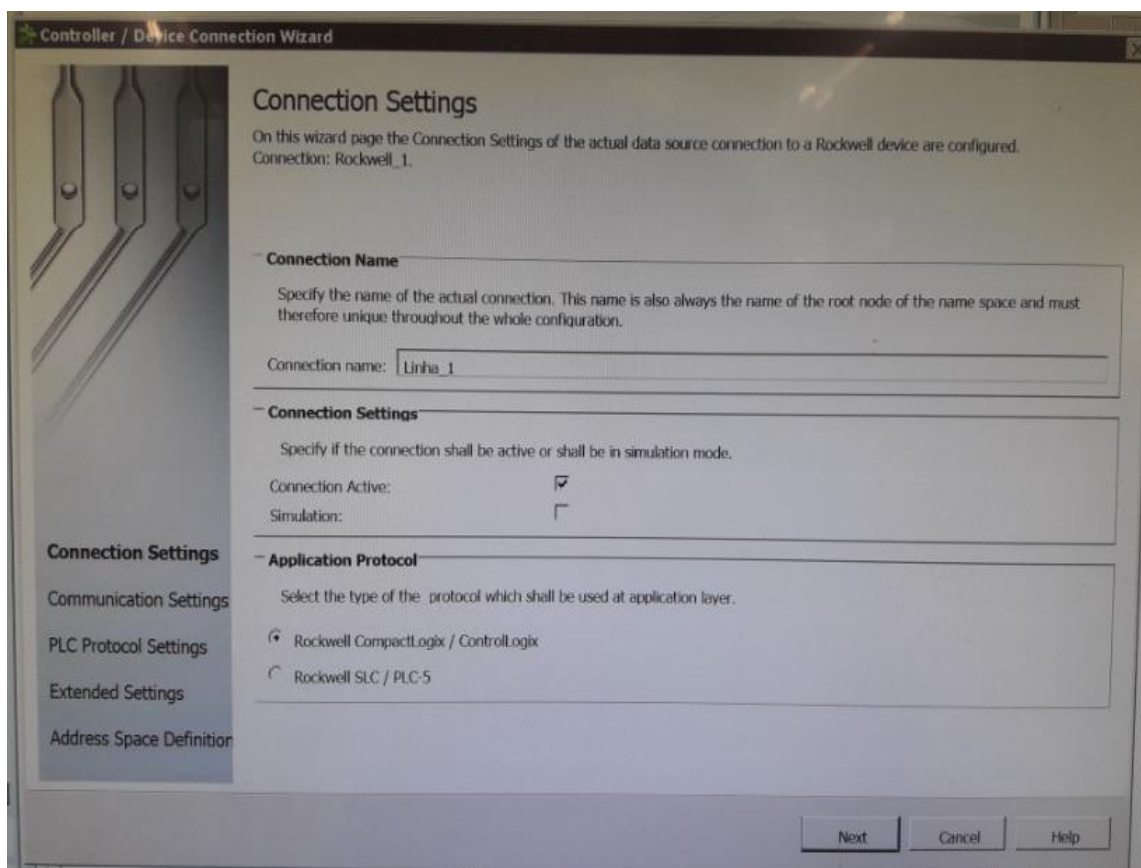
Para se conseguir a conectividade em nuvem e possibilitar o acesso aos CLPs da Rockwell Automation, o programa DataFEED OPC Suite foi incorporado ao sistema. Esse programa também suporta o armazenamento de dados da produção em um arquivo, em um banco de dados de Linguagem de Consulta Estruturada (SQL, do inglês “*Structured Query Language*”) ou no MongoDB e CouchDB (ALLEE, 2015).

O SQL é uma linguagem para interagir com bancos de dados relacionais e ela permite, dentre outras ações similares, realizar funções como inserir, recuperar, atualizar e excluir dados em um banco de dados (PRESCOT, 2015). MongoDB é um *software* de banco de dados orientado a documentos, com informações no formato texto Notação de Objeto JavaScript, cuja ideia é representar toda informação necessária sem a restrição de bancos relacionais (BOAGLIO, 2015). A base de dados Apache CouchDB é uma linguagem de programação em código aberto, utilizada para aplicações concorrentes e distribuídas, que suporta vários tipos de esquemas de replicação e resolução de conflitos e é formada por uma coleção independente de documentos em formato texto Notação de Objeto JavaScript (SOUSA; PEREIRA, 2015).

A Figura 16 apresenta a tela *Connection Settings* do programa DataFEED OPC Suite para estabelecimento de uma nova conexão, onde o nome “Linha\_1” foi atribuído ao campo “*Connection Name*” e o sinalizador de conexão ativa em “*Connection Active*” foi habilitado. Como o CLP concentrador pertence à linha ControlLogix, o tipo de protocolo foi selecionado para tal equipamento.

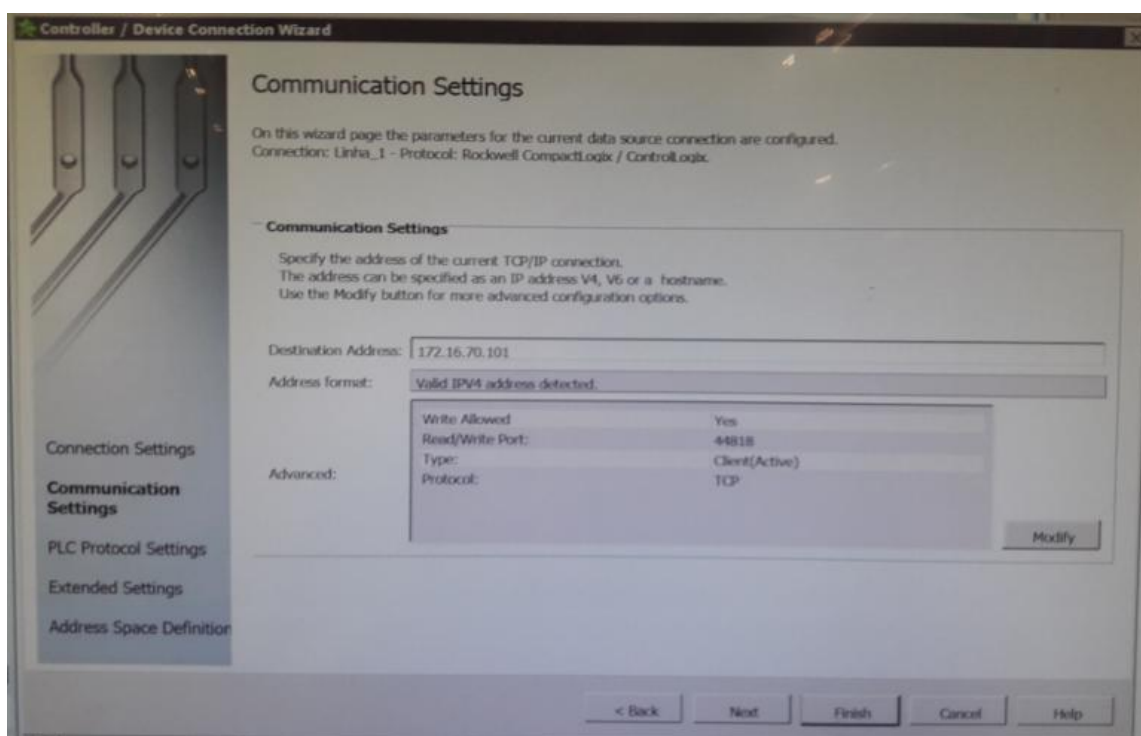
Em seguida, na tela “*Communication Settings*”, vários parâmetros para a conexão TCP/IP são configurados. O campo “*Destination Address*” é onde o endereço IP do CLP da estação de destino é inserido. Neste caso, o endereço IP 172.16.70.101 do módulo de comunicação do CLP Concentrador foi selecionado. A Figura 17 mostra a tela com tais configurações.

Figura 16 – Estabelecimento de nova conexão via DataFEED OPC Suite



Fonte: Autoria própria.

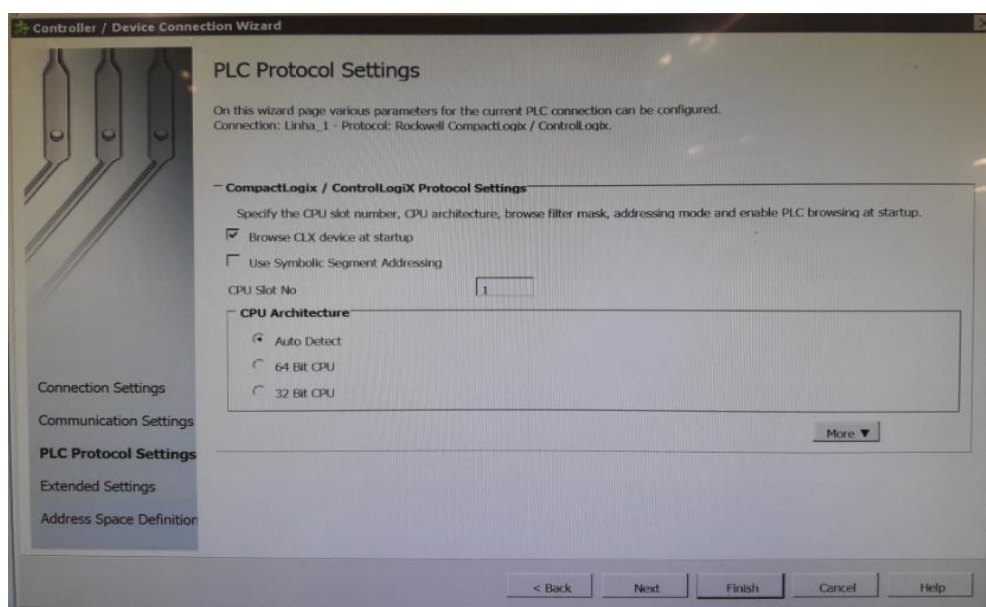
Figura 17 – Configurações de comunicação no DataFEED OPC Suite



Fonte: Autoria própria.

Na tela “*PLC Protocol Settings*”, podem ser especificados os parâmetros para os dispositivos Rockwell CompactLogix/ControlLogix. Em “*CPU Slot No*”, é inserido o posicionamento do controlador no bastidor e, em “*CPU Architecture*”, é possível selecionar se o equipamento conectado está configurado em 32 ou 64 bits ou selecionar a opção de auto detecção. As configurações utilizadas para conexão com dispositivos da Rockwell estão apresentadas na Figura 18.

**Figura 18 – Configuração no DataFEED OPC Suite para conexão com dispositivos**

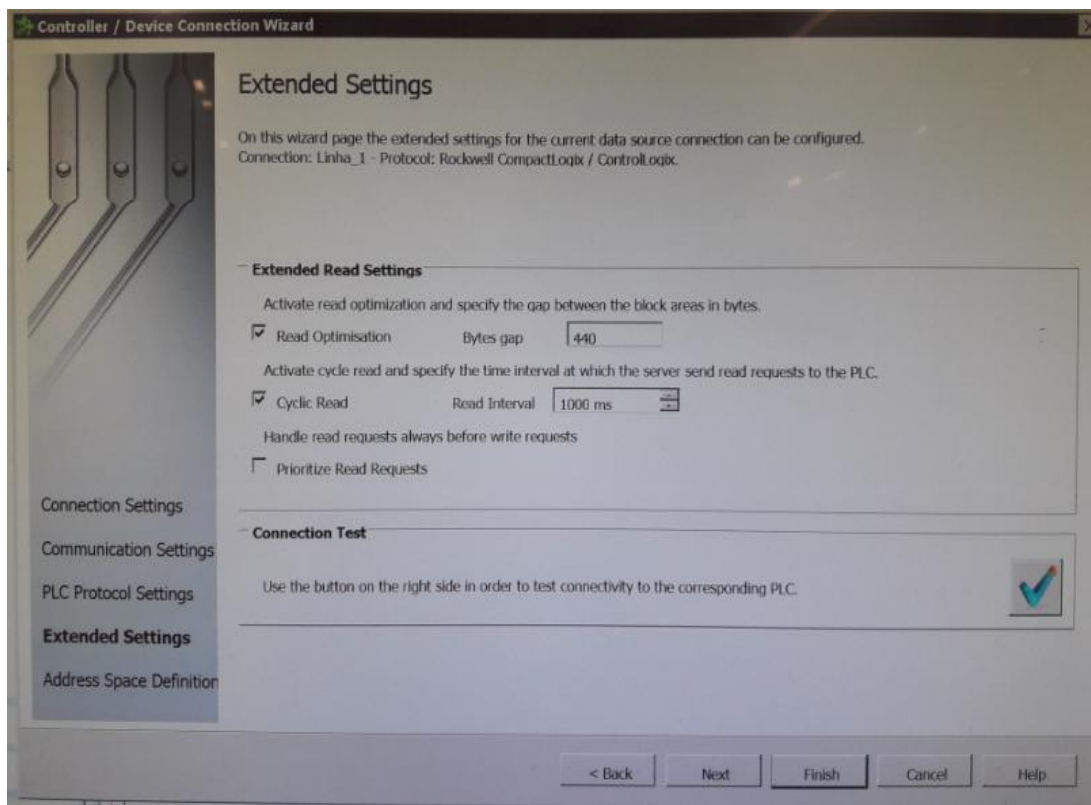


**Fonte: Autoria própria.**

Na tela “*Extended Settings*”, podem ser definidas as configurações estendidas para a conexão atual da fonte de dados. Por padrão, o acesso de leitura cíclico é ativado e as variáveis são lidas no campo “*Read Interval*” em determinado intervalo de tempo, especificado em milissegundos. Para essa linha de produção, a atualização de dados foi configurada para ocorrer a cada 1.000 ms, conforme apresentado na Figura 19.

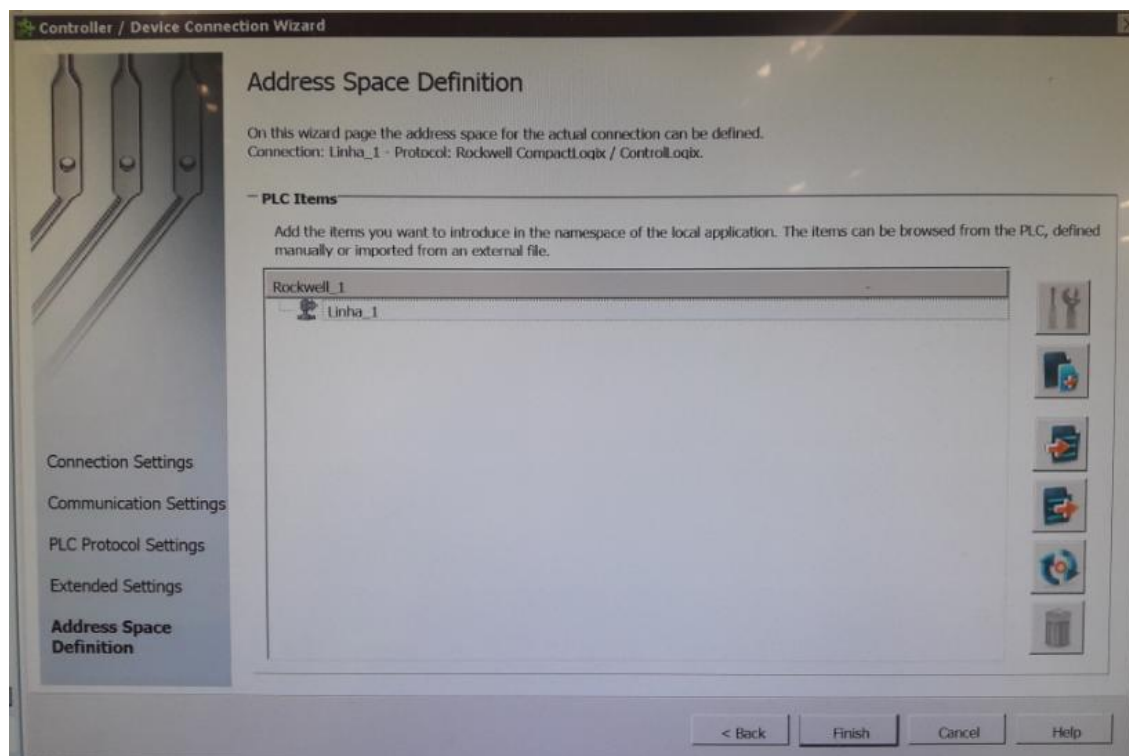
Os itens de dados para a conexão são mostrados na tela “*Address Space Definition*” e as configurações permitem adicionar itens manualmente ou importar de um arquivo externo. Nesta tela, existe uma visualização em árvore editável, na qual o usuário pode alterar a estrutura ou o conteúdo do espaço de endereço, adicionando, excluindo ou modificando itens. A Figura 20 apresenta a conexão com o dispositivo já criada.

Figura 19 – Configurações estendidas para conexões no DataFEED OPC Suite



Fonte: Autoria própria.

Figura 20 – Tela de exibição de conexões no DataFEED OPC Suite



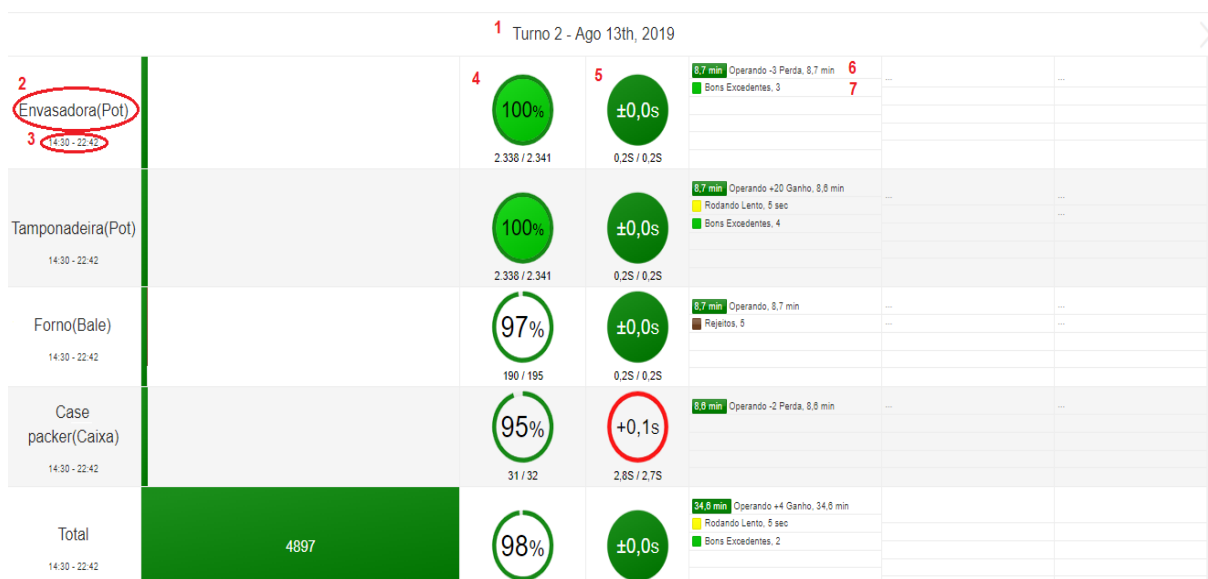
Fonte: Autoria própria.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados dos dados da linha de produção utilizando o programa de gerenciamento e manufatura adotado pela indústria. As informações estão organizadas conforme a produção de cada célula de trabalho e sob o panorama geral da linha. A fim de preservar certas informações da indústria, algumas imagens foram adaptadas.

Ao acessar o endereço eletrônico, onde estão disponíveis os dados da produção presentes no programa de gerenciamento e manufatura, é apresentada uma tela com o panorama geral da linha de produção, conforme Figura 21. Nessa tela, são mostrados a indicação do turno e data (1), as máquinas que compõem a linha (2), o intervalo de produção (3), a eficiência até o momento da análise (4), o ciclo (5), os tempos de cada estado de operação (6) e os rejeitos e excessos de produtos (7). Na parte inferior da imagem, a Encaixotadora está indicada pelo nome “Case Packer”.

**Figura 21 – Dados da produção presentes no programa de gerenciamento e manufatura**



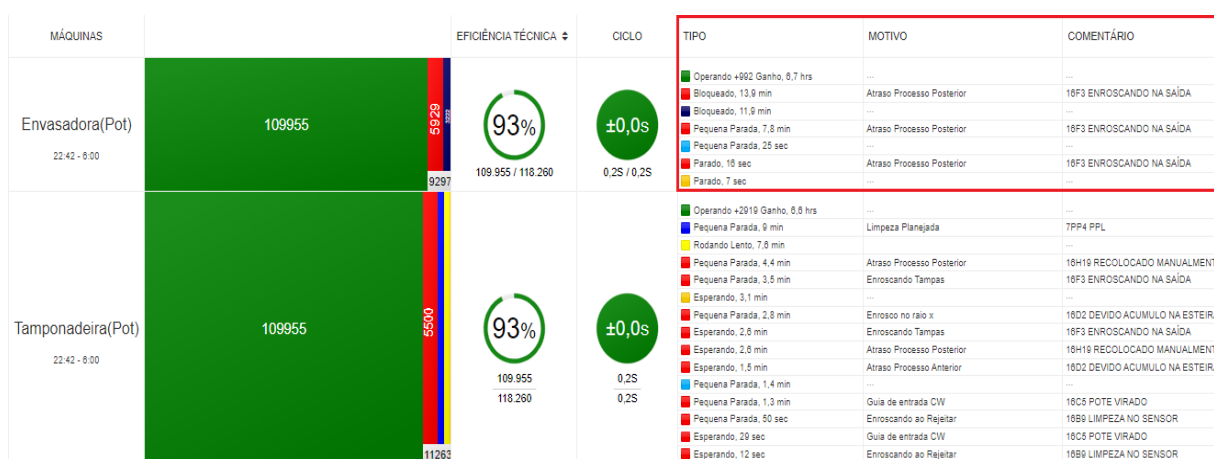
Fonte: Autoria própria.

A barra localizada ao lado direito do nome de cada máquina na Figura 21 é dividida numa representação em cores de acordo com os estados de operação, sendo que: a cor verde representa a máquina operando, a cor amarela refere-se ao tempo de máquina ociosa, a cor azul escuro indica que a célula de trabalho está

bloqueada, a cor azul claro sinaliza tempo de parada pelo operador e tempo inferior a 10 minutos e a cor vermelha refere-se a uma parada pelo operador com tempo superior a 10 minutos ou ocorrida por falha.

Os números no campo em verde ao lado de cada máquina indicam a produção total, enquanto os números dos campos das demais cores representam a quantidade de embalagens que a linha poderia fornecer em condições normais. Conforme a produção segue e falhas podem surgir no processo, o operador é capaz de seleccionar o intervalo, justificar e comentar, na própria página da Internet, o motivo da ocorrência, como mostrado na Figura 22.

**Figura 22 – Sinalização dos comentários e motivos de paradas de produção**

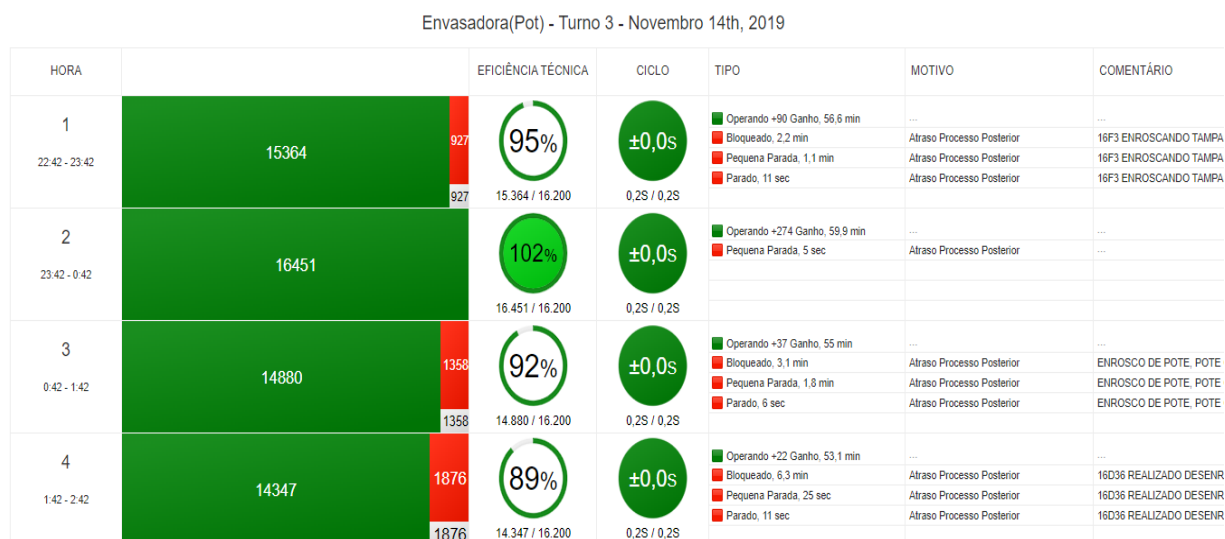


TIPO	MOTIVO	COMENTÁRIO
Operando +992 Ganho, 6,7 hrs	---	---
Bloqueado, 13,9 min	Atraso Processo Posterior	16F3 ENROSCANDO NA SAÍDA
Bloqueado, 11,9 min	---	---
Pequena Parada, 7,8 min	Atraso Processo Posterior	16F3 ENROSCANDO NA SAÍDA
Pequena Parada, 25 sec	---	---
Parado, 16 sec	Atraso Processo Posterior	16F3 ENROSCANDO NA SAÍDA
Parado, 7 sec	---	---

Fonte: Autoria própria.

Ao seleccionar uma célula de trabalho, como por exemplo a Envasadora, além de ser disponibilizada uma visualização geral da linha, é possível acompanhar via Internet a produção por máquina a cada hora, assim como seu desempenho por turnos. A Figura 23 apresenta o monitoramento de uma célula de trabalho durante um turno de produção e em intervalos de uma hora.

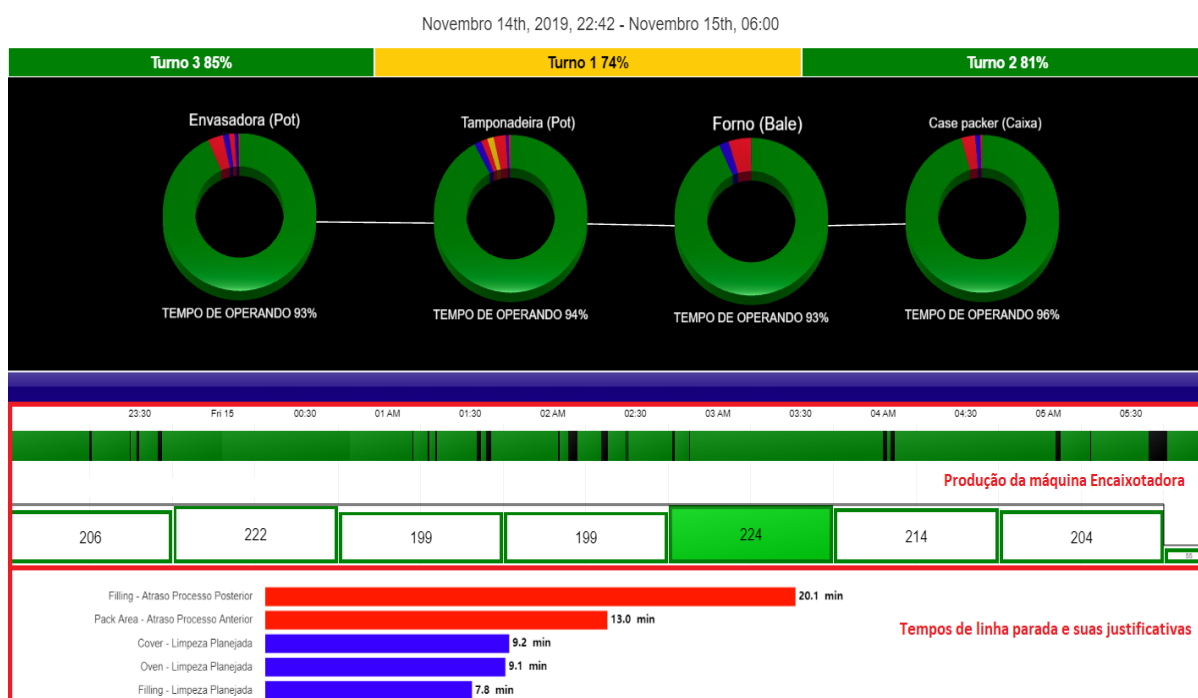
**Figura 23 – Monitoramento de uma célula de trabalho durante um turno de produção e em intervalos de uma hora**



Fonte: Autoria própria.

A Figura 24 apresenta o monitoramento do desempenho durante três turnos ou um dia de produção. Na parte superior da tela, são apresentadas as porcentagens dos tempos de operação das máquinas junto a um gráfico. Logo abaixo, são indicadas as produções finais da máquina Encaixotadora ao longo do período e, por último, os tempos e as justificativas das paradas de operação.

**Figura 24 – Monitoramento do desempenho por turnos de uma célula de trabalho**

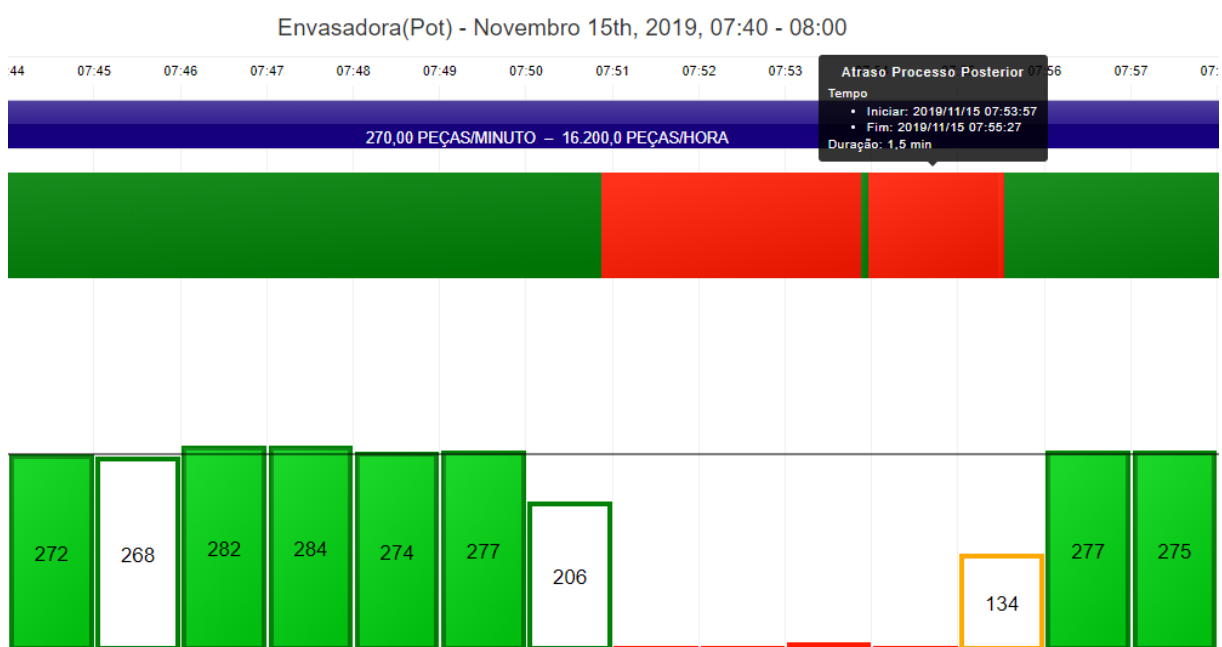


Fonte: Autoria própria.



Selecionando intervalos ainda menores, o programa possui a versatilidade de permitir acompanhar a produção minuto a minuto, dando ao operador a opção de selecionar mais precisamente o intervalo de alguma falha e inserir sua justificativa, conforme apresentado na Figura 25. No quadro em roxo, aparece a velocidade de produção estabelecida de 270 peças por minuto e 16.200 peças por hora, sendo que as quantidades de potes efetivamente envasados são mostradas nos intervalos da parte inferior da imagem. No momento da parada por “Atraso do Processo Posterior”, justificado pelo operador da linha, nota-se que a produção é nula e somente é incrementada novamente quando a máquina retorna a operar.

**Figura 25 – Justificativa de uma falha de operação numa célula de trabalho**



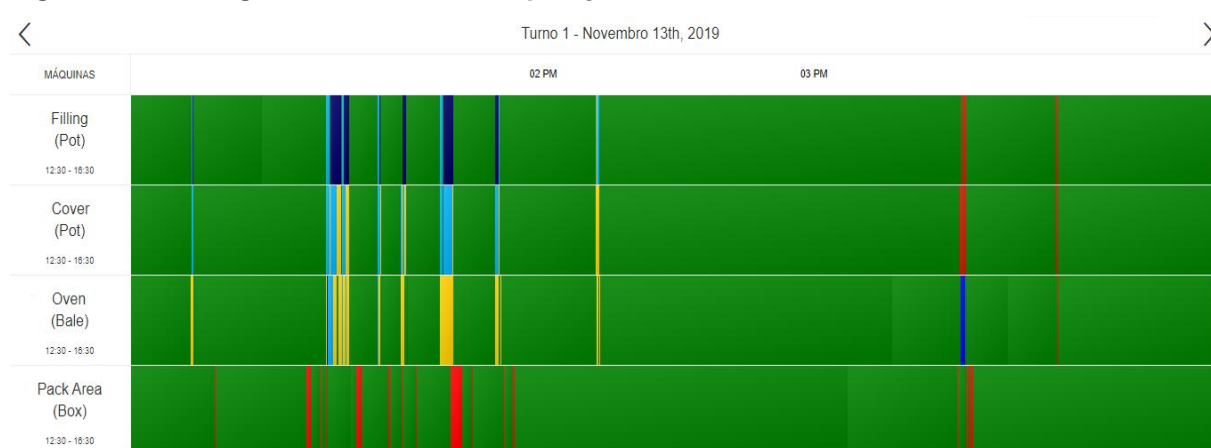
Fonte: Autoria própria.

É possível, também, acompanhar todos os estados de operação das máquinas simultaneamente, sendo que os estados operacionais são representados pelas cores apresentadas na Figura 8. Isso fornece uma visão geral do comportamento de toda a linha de produção a partir de uma mudança de operação de determinada célula de trabalho, conforme mostrado na Figura 26.

Na Figura 26, a cor verde indica o estado de máquina em operação e, nas mudanças de estado da segunda máquina Tamponadeira (indicada pelo nome “Cover”), nota-se que esta muda para cor azul claro sinalizando “Pequenas Paradas – Paradas abaixo de 10 minutos”. Conseqüentemente, a Envasadora (indicada pelo

nome “*Filling*”) sinaliza, com a cor azul escuro, o estado “Bloqueado – Tempo em Atraso de Linha (Processo Posterior)” e o Forno (indicado pelo nome “*Oven*”), com a cor amarelo, mostra-se em estado de “Esperando – Tempo em Atraso de Linha (Processo Anterior)”. Como existe um longo percurso desde a saída do Forno até a chegada da Encaixotadora, e também os operadores repõem os produtos manualmente na máquina, a mudança de estado não é instantânea para a Encaixotadora (indicada pelo nome “*Pack Area*”). A cor vermelha indica “Parada Operador ou Falha do Equipamento”.

**Figura 26 – Visão geral dos estados de operação das células de trabalho**



**Fonte: Autoria própria.**

Com a incorporação do acompanhamento em tempo real da linha pelos operadores, incompatibilidades e erros referentes à produção foram reduzidos com as contabilizações automáticas, pois os cadernos manuais foram substituídos e todas as paradas de produção tiveram que ser justificadas. As inconsistências tornaram-se mais visíveis e a frequência de determinadas falhas ficou mais evidente aos gestores, possibilitando agir pontualmente nos locais que causavam problemas e atrasos. Além disso, mudanças nos processos começaram a ser sugeridas pelos próprios operadores, como os locais de reposição de produtos removidos momentaneamente da linha para inspeção, pois as intervenções manuais, que conseqüentemente interferiam nas contagens, tiveram maiores destaques.

## 5 CONCLUSÃO

Como a automação é um processo que está constantemente se transformando e avanços tecnológicos são recorrentes, para o sucesso da integração das máquinas da linha de produção, foram de grande importância todas as ações de planejamento, as orientações, o envolvimento dos gestores do projeto, as padronizações e os estudos realizados previamente. Desta forma, foi possível avaliar a compatibilidade de comunicação e de dados de leitura e fornecer todos os serviços de infraestrutura necessários à interligação física dos equipamentos.

Na implantação das rotinas e lógicas dos programas, notou-se a variedade de plataformas de *software*, modelos de controladores, equipamentos periféricos e ferramentas necessárias para integrar as máquinas que compõem a linha de produção. Por padrão, a empresa utiliza produtos da Rockwell Automation em suas máquinas e essa exclusividade facilitou a configuração e a comunicação entre os equipamentos, diminuindo a complexidade e o tempo de serviço demandado quando comparado a um cenário que contém equipamentos de várias marcas diferentes instalados na fábrica.

Inicialmente, o processo ocorreu pela identificação dos parâmetros que deveriam ser monitorados, como os estados de operação, as contagens de produtos na entrada e na saída de cada célula de trabalho, a velocidade de produção, as falhas e os parâmetros relacionados ao setor de qualidade. Em seguida, houve o desenvolvimento da lógica de programação das máquinas e do controlador lógico programável responsável por concentrar os dados de produção, assim como suas configurações de comunicação em a rede Ethernet. Com a configuração do DataFEED OPC Suite, os dados foram disponibilizados ao servidor da empresa para processamento e os dados coletados foram analisados via Internet a partir dos registros de produção.

Portanto, os objetivos do trabalho foram atendidos a partir da integração das máquinas da linha de produção de embalagens em pó, da disponibilização de dados de produção ao banco de dados da empresa para processamento por programas de gerenciamento e manufatura e do monitoramento via Internet do desempenho do processo industrial.

## REFERÊNCIAS

- ALLEE, R. R. **Softing - DataFEED OPC Suite**. Manual do usuário, 2015.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The internet of things: a survey**. Computer Networks, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.
- BOAGLIO, F. **MongoDB: construa novas aplicações com novas tecnologias**. Editora Casa do Código, 2015.
- COMER, D. **Interligação de redes com TCP/IP: Princípios, protocolos e arquitetura**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2016.
- FACCIONI FILHO, M. **Internet das coisas**. Publicação Unisul Virtual, Palhoça, SC, 2016.
- FERREIRA, P.; MARTINHO, R.; DOMINGOS, D. **IoT-aware business processes for logistics: limitations of current approaches**. INForum 2010 - II Simpósio de Informática, p. 611-622. 2010.
- FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos**. 2. ed. Saraiva Educação SA, 2008.
- GARTNER. **Gartner's 2015 hype cycle for emerging technologies identifies the computing innovations that organizations should monitor**. 2015. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2015-08-18-gartners-2015-hype-cycle-for-emerging-technologies-identifies-the-computing-innovations-that-organizations-should-monitor>>. Acesso em: 18 out. 2019.
- GILCHRIST, A. **Industry 4.0: the industrial internet of things**. Apress. 2016.
- GOEKING, W. **Da máquina a vapor aos softwares de automação**. Publicação online – O Setor Elétrico/Memória da Eletricidade. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/da-maquina-a-vapor-aos-softwares-de-automacao/>>. Acesso em: 12 out. 2019.
- GONÇALVES, R. N. **Desenvolvimento de servidores OPC DA, OPC UA e wrappers para aplicação em automação**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2012.

GRACIANO, A. O. **Controlador de temperatura utilizando o módulo fuzzy do RSLOGIX 5000**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Uberaba. Uberaba, 2017.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. Pearson Brasil, 2011.

LAMB, F. **Automação industrial na prática-série Tekne**. Porto Alegre: AMGH Editora, 2015.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de informações gerenciais**. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

LEWIS, R. W. **Programming industrial control systems using IEC 1131-3**. 1<sup>st</sup> ed, 1998.

MACEDO, A. **Automação e integração de equipamentos na indústria cerâmica**. Tese de Doutorado. Universidade do Minho. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho. Braga, 2017.

MAHNKE, W.; LEITNER, S. H.; DAMM, M. **OPC unified architecture**. Springer Science & Business Media, 2009.

MARTINS, M. R. A. **Análise de convergência para arquiteturas para automação industrial**: abordagem de integração TA e TI. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP. 2015.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de automação industrial**. Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2000.

NES, E. F. **Cinco desafios para aplicações de IoT no Brasil**. Blog TechnBrazil, 27 ago. 2015. Disponível em: <<https://technbrazil.com.br/cinco-desafios-para-aplicacoes-de-iot-no-brasil>>. Acesso em: 12 out. 2019.

PADILHA, T. C. C.; MARINS, F. A. S. **Sistemas ERP**: características, custos e tendências. Production, v. 15, n. 1, p. 102-113, 2005.

PETRUZELLA, F. D. **Controladores lógicos programáveis**. Porto Alegre: AMGH Editora, 2014.

PRESCOTT, P. **SQL para iniciantes**. Babelcube Inc., 2015.

ROCKWELL, **Dados do tag e da E/S dos controladores Logix5000**, Manual de programação. 2009.

ROCKWELL. **Manual de referência de instruções gerais dos controladores Logix 5000**. Publicação Rockwell Automation, 2018.

SANTOS, B. P.; *et al.* **Internet das coisas: da teoria à prática**. Minicursos SBRC-simpósio brasileiro de redes de computadores e sistemas distribuídos, p. 31, 2016.

SILVA, E. A. **Introdução às linguagens de programação para CLP**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

SILVEIRA, R. Z. *et al.* **Automação predial com utilização de controlador**. e-xacta, v. 4, n. 2, 2011.

SOARES, V. S. P. **Identificação de oportunidades e ações de melhoria em uma empresa do ramo automobilístico**, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Fluminense. Volta Redonda, 2015.

SOUSA, G. C. P.; PEREIRA, J. L. **Document-Based databases: estudo exploratório no âmbito das bases de dados no SQL**. Atas da Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação. Associação Portuguesa de Sistemas de Informação (APSI). p. 191-207. 2015.

ZABADAL, B. M.; CASTRO, B. F. L. M. **IoT e seus principais desafios**. Revista interdisciplinar de tecnologias e educação, v. 3, n. 1, 2017.

ZANCAN, M. D. **Controladores programáveis**. 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2010.