

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BETIM
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Gabriel dos Anjos Aguiar

**SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE PARA *INTERLOCK* EM LINHA
DE MÁQUINAS DE SOLDA ESTACIONÁRIA**

Betim
2026

GABRIEL DOS ANJOS AGUIAR

**SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE PARA *INTERLOCK* EM LINHA
DE MÁQUINAS DE SOLDA ESTACIONÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de engenharia de controle e automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Dr Arthur Hermano Rezende Rosa

Betim

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

A283s Aguiar, Gabriel dos Anjos

Sistema de monitoramento e controle para interlock em linha de máquinas de solda estacionária / Gabriel dos Anjos Aguiar - 2026.

79 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2026.

Orientação: Prof. Dr. Arthur Hermano Rezende Rosa

1. Processos industriais. 2. Máquinas de solda. 3. Sistemas elétricos. 4. Soldagem. 5. Engenharia de Controle e Automação. I. Aguiar, Gabriel dos Anjos. II. Título.

CDU: 621.791

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE PARA INTERLOCK EM LINHA DE MÁQUINAS DE SOLDA ESTACIONÁRIA** apresentada pelo aluno **Gabriel dos Anjos Aguiar (0055552)** do Curso **Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação (Campus Betim)** Os trabalhos foram iniciados às **18:00** do dia **05/02/2026** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Arthur Hermano Rezende Rosa**(Orientador)
- **Welinton La Fontaine Lopes**(Examinador Interno) **Daniel Almeida Godinho** (externo)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à argüição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado

Reprovado

Nota (quando exigido): _____

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Arthur Hermano Rezende Rosa** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado digitalmente
gov.br ARTHUR HERMANO REZENDE ROSA
Data: 10/02/2026 21:16:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

BETIM / MG, 05/02/2026

Documento assinado digitalmente
gov.br WELINTON LA FONTAINE LOPES
Data: 10/02/2026 20:33:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Arthur Hermano Rezende Rosa

Documento assinado digitalmente
gov.br DANIEL ALMEIDA GODINHO
Data: 10/02/2026 14:45:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniel Almeida

Welinton La Fontaine Lopes

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos

A Deus, por ser a base de tudo, pela força nos momentos de exaustão e por iluminar meu caminho durante estes anos de graduação.

À minha família, pelo apoio incondicional. Sem o incentivo e o sacrifício de vocês, este diploma não seria possível. Vocês são meu porto seguro e minha maior motivação.

Aos meus amigos, que dividiram comigo os momentos bons e ruins ao longo do curso. A amizade de vocês tornou essa jornada mais leve.

Aos professores do curso de Engenharia de Controle e Automação, que não apenas transmitiram conhecimentos técnicos sobre sistemas eletroeletrônicos, automação e mecânica, mas também me ensinaram a pensar como um engenheiro e a buscar soluções para o mundo.

"A ciência pode ser descrita como a arte de sistematizar as leis da natureza; a engenharia, como a arte de aplicar essas leis"

(George Washington Carver)

RESUMO

A crescente automação de processos industriais tem exigido soluções cada vez mais seguras e eficientes para o controle de máquinas e equipamentos. Entre esses equipamentos, as máquinas de solda por projeção, estacionárias, desempenham um papel fundamental em setores como automobilístico, metalúrgico e de eletrodomésticos. Contudo, por operarem com correntes elevadas e ciclos rápidos de trabalho, esses dispositivos impõem desafios significativos no que diz respeito à segurança operacional e ao controle de carga elétrica. Um dos principais riscos associados a esses sistemas é o sobrecarregamento dos barramentos elétricos, que pode levar à queima de componentes, falhas de operação e, em casos extremos, acidentes graves. Além disso, a ausência de um sistema eficaz de intertravamento pode permitir que múltiplas máquinas em uma linha de produção operem simultaneamente sem controle, excedendo a capacidade do sistema elétrico instalado.

Palavras-chave: Automação; Máquinas de solda; Segurança; intertravamento; Sistema elétrico.

ABSTRACT

The increasing automation of industrial processes has required increasingly safe and efficient solutions for controlling machines and equipment. Among these devices, stationary projection welding machines play a fundamental role in sectors such as the automotive, metalworking and home appliance industries. However, because they operate with high currents and fast work cycles, these devices pose significant challenges in terms of operational safety and electrical load control. One of the main risks associated with these systems is the overloading of electrical busbars, which can lead to component burnout, operating failures and, in extreme cases, serious accidents. Furthermore, the absence of an effective interlocking system can allow multiple machines to operate simultaneously without control, exceeding the capacity of the electrical system.

Keywords: Automation; welding machines; Safety interlocking; Electrical System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Linha de máquinas de solda à projeção estacionárias	3
Figura 2 – Controlador lógico programável	4
Figura 3 – Solda à projeção de porca em chapa	5
Figura 4 – Problemas em linha de produção	6
Figura 5 – Máquinas de solda à projeção em adequação à NR-12	7
Figura 6 – Barramento elétrico blindado.....	8
Figura 7 – Solda à projeção em indústria automotiva	9
Figura 8 – Sistemas de <i>interlock</i>	11
Figura 9 – Normas técnicas aplicáveis	12
Figura 10 – Controlador lógico programável Siemens	14
Figura 11 – Interface Homem máquina e sistemas supervisórios.....	15
Figura 12 – Sistema de interlock integrado.....	16
Figura 13 – Software Tia portal versão 17.....	17
Figura 14 – Controlador Siemens S7-1200	18
Figura 15 – Relés de acionamento.....	18
Figura 16 – Comunicação PC-PLC.....	19
Figura 17 – Estrutura do sistema.....	21
Figura 18 – Diagrama elétrico de acionamento.....	22
Figura 19 – Soldagem por resistência	23
Figura 20 – Lógica de funcionamento.....	24
Figura 21 – Mapa mental lógico	25
Figura 22 – Tela de controle IHM.....	27
Figura 23 – Interface de trabalho – TIA Portal	28
Figura 24 – Lógica ladder de funcionamento	29
Figura 25 – Vista interna do painel de <i>interlock</i>	30
Figura 26 – Vista externa do painel de <i>interlock</i>	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de máquinas X Barramento	20
Tabela 2 – Avaliação qualitativa do sistema de intertravamento	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
NBR	Normas Técnicas Brasileiras
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
CLP	Controlador lógico programável
PLC	Programmable Logic Controller
IHM	Interface Homem-Máquina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Justificativa</i>	3
1.2 <i>Definição do Problema</i>	6
1.3 <i>Objetivos</i>	7
<i>Objetivos Específicos</i>	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3 RECURSOS	17
3.1 <i>Recursos Lógicos / Softwares</i>	17
3.2 <i>Recursos Físicos / Hardware de Automação e Controle</i>	18
3.3 <i>Infraestrutura de Desenvolvimento</i>	19
4 METODOLOGIA	20
4.1 <i>Caracterização da Linha de Soldagem</i>	20
4.2 <i>Arquitetura do Sistema Proposto</i>	21
4.3 <i>Lógica de Funcionamento do Intertravamento</i>	22
4.4 <i>Condições de Segurança e Bypass do Sistema</i>	23
5 COMPORTAMENTO ESPERADO DO SISTEMA	24
5.1 <i>Operação Normal do Sistema</i>	24
5.2 <i>Controle de Simultaneidade por Barramento</i>	26
5.3 <i>Comportamento em Condições de Falha</i>	26
5.4 <i>Interação com a Interface Homem-Máquina</i>	27
6 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE INTERTRAVAMENTO NO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	28
6.1 <i>Estrutura Lógica do Programa no CLP</i>	28
6.2 <i>Tratamento dos Sinais de Entrada</i>	29
6.3 <i>Lógica de Contagem e Aplicação do Critério N-1</i>	29
6.4 <i>Integração do CLP com o Intertravamento Elétrico</i>	30
6.5 <i>Monitoramento de Segurança e Integração com a IHM</i>	31

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
7.1 Avaliação do Funcionamento do Sistema	32
7.2 Impactos Operacionais e de Segurança	33
7.3 Limitações e Possibilidades de Expansão	33
8 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da automação industrial e o aumento da demanda por produtividade, sistemas de controle têm sido cada vez mais utilizados para garantir a operação segura e eficiente de linhas de produção. Em ambientes industriais que utilizam máquinas de solda estacionária, a operação simultânea de diversos equipamentos pode gerar condições indesejadas, como sobrecarga operacional, instabilidade do processo e redução da confiabilidade do sistema como um todo. Dessa forma, torna-se fundamental a adoção de estratégias de controle capazes de limitar e organizar o acionamento dessas máquinas.

Em linhas de solda estacionária, é comum a distribuição das máquinas em diferentes barramentos de alimentação, formando agrupamentos que compartilham recursos elétricos e pneumáticos. A ausência de um sistema de intertravamento adequado pode permitir o acionamento simultâneo excessivo de máquinas em um mesmo barramento, aumentando o risco de falhas operacionais, interrupções do processo produtivo e desgaste prematuro dos equipamentos.

Nesse contexto, sistemas de intertravamento lógico implementados por meio de controladores lógicos programáveis (CLPs) apresentam-se como uma solução eficiente e amplamente utilizada na indústria. Diferentemente de proteções convencionais, que atuam apenas após a ocorrência de uma falha, o intertravamento lógico permite uma atuação preventiva, controlando a liberação dos equipamentos com base em regras previamente definidas e nas condições operacionais do sistema.

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e controle para interlock em uma linha de máquinas de solda estacionária, utilizando lógica programada em CLP e baseada exclusivamente no monitoramento dos acionamentos manuais das máquinas. A liberação do processo de soldagem é realizada de acordo com uma lógica de intertravamento por barramento, na qual o número máximo de máquinas autorizadas a operar simultaneamente é limitado ao número total de máquinas do barramento menos uma, caracterizando a regra N-1.

Além disso, o sistema considera permissivos de segurança e condições operacionais essenciais, como a verificação do estado geral de segurança e a pressão da rede de ar comprimido, que deve estar dentro de uma faixa mínima para permitir a operação. Dessa forma, o intertravamento garante que a solda seja liberada apenas quando todas as condições de segurança e operação forem atendidas.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar uma solução de controle que aumente a segurança operacional, evite sobrecargas funcionais e contribua para a confiabilidade da linha de soldagem, sem a necessidade de monitoramento direto de corrente elétrica. A estrutura do trabalho contempla a contextualização do sistema, a descrição da arquitetura de controle, a lógica de funcionamento do interlock implementado no PLC e as considerações finais sobre os resultados obtidos, sempre alinhado aos princípios da Engenharia de Controle e Automação e às práticas adotadas na automação industrial moderna.

A estrutura do trabalho está organizada da seguinte forma: inicialmente, é apresentada a caracterização da linha de soldagem e do problema abordado. Em seguida, descrevem-se a arquitetura do sistema e a metodologia adotada para o desenvolvimento da solução. Posteriormente, são detalhadas a lógica de funcionamento do sistema de intertravamento e sua implementação no CLP. Na sequência, são discutidos os resultados obtidos a partir da avaliação qualitativa do sistema. Por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho e as considerações finais, bem como sugestões para trabalhos futuros.

Figura 01 – Linha de máquinas de solda à projeção estacionárias.



Fonte: SBI, 2025

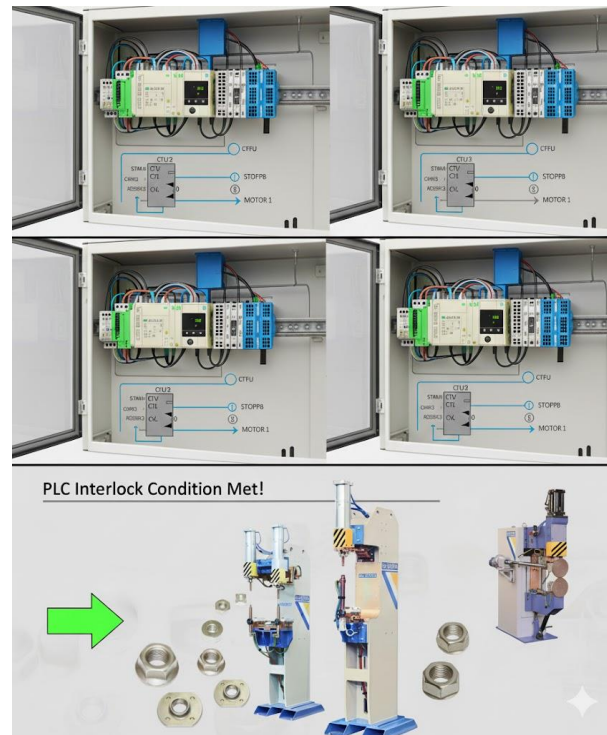
1.1 Justificativa

A justificativa para o desenvolvimento deste trabalho está relacionada à necessidade de garantir segurança, confiabilidade e controle operacional em linhas industriais compostas por múltiplas máquinas de solda estacionária. A operação simultânea desses equipamentos, quando não devidamente coordenada, pode gerar condições indesejadas, como sobrecarga da infraestrutura, falhas no processo produtivo e aumento do risco de acidentes.

Muitas soluções industriais adotam o monitoramento direto de grandezas elétricas, como corrente do barramento, para limitar o número de máquinas em operação. No entanto, esse tipo de abordagem pode elevar a complexidade do sistema, aumentar custos de implementação e demandar maior manutenção. Diante disso, justifica-se a proposta de uma solução alternativa baseada exclusivamente no monitoramento dos comandos de acionamento, associada a uma lógica de intertravamento bem definida.

A aplicação da lógica N-1 por barramento permite uma distribuição controlada da carga operacional, assegurando que sempre exista uma margem de segurança no sistema, mesmo em condições de alta demanda produtiva. Além disso, a utilização de contadores no PLC proporciona uma solução simples, confiável e amplamente aplicável no ambiente industrial.

Figura 02 – Controlador lógico programável.



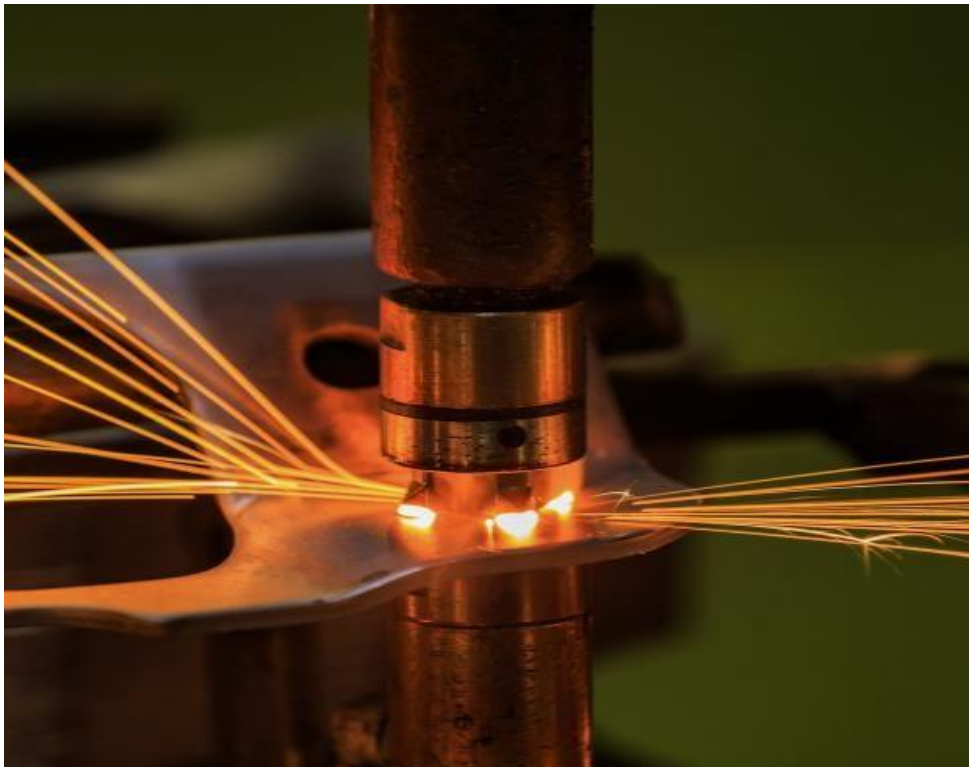
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Outro aspecto relevante é a incorporação de condições de habilitação e segurança, como a verificação da pressão mínima da rede de ar comprimido e a validação do barramento, o que contribui para a prevenção de falhas e para a integridade dos equipamentos e operadores. Dessa forma, o sistema proposto apresenta-se como uma solução tecnicamente viável, de fácil implementação e alinhada às boas práticas de automação industrial.

Além disso, a proposta visa reduzir o tempo de inatividade causado por falhas elétricas, contribuindo para a manutenção preditiva e para a segurança dos operadores.

O projeto também representa uma oportunidade de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia de Controle e Automação, aliando instrumentação, automação e eletrônica em uma solução realista e aplicável ao setor industrial.

Figura 03 – Solda à projeção de porca em chapa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

1.2 Definição do Problema

No ambiente industrial automobilístico, especialmente nos processos de soldagem por projeção, a eficiência e a qualidade das soldas estão diretamente relacionadas à correta operação das máquinas de solda estacionária. A utilização simultânea de diversos equipamentos em uma mesma linha produtiva, quando não devidamente controlada, pode resultar em condições operacionais inadequadas, impactando negativamente a qualidade do processo de soldagem.

Foi identificado no contexto industrial analisado um problema recorrente associado à falta de controle sobre o acionamento simultâneo das máquinas de solda, permitindo que um número excessivo de equipamentos opere ao mesmo tempo em um único barramento. Essa condição pode levar a instabilidades no processo, falhas na execução das soldas e variações indesejadas na qualidade do produto final. A inexistência de um sistema de intertravamento lógico que limite e coordene o acionamento das máquinas dificulta a prevenção dessas situações, uma vez que não há garantia de que as condições operacionais estejam dentro de limites seguros previamente estabelecidos. Como consequência, ocorrem retrabalhos, desperdício de materiais e aumento dos custos operacionais.

Diante desse cenário, surge a necessidade de desenvolver um sistema de controle capaz de monitorar os comandos de acionamento das máquinas e aplicar uma lógica de *interlock*, garantindo que a operação simultânea respeite limites definidos por barramento e assegurando maior confiabilidade, segurança e qualidade ao processo produtivo.

Figura 04 – Problemas em linha de produção.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

1.3 Objetivos

Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de *interlock* baseado em controle eletrônico e automação industrial, utilizando um controlador lógico programável (CLP), capaz de monitorar o acionamento das máquinas de solda estacionárias por barramento e controlar sua liberação de operação de forma segura e eficiente, prevenindo condições de sobrecarga operacional na linha de solda.

Objetivos Específicos

- Desenvolver a lógica de intertravamento no CLP baseada no número de máquinas de solda acionadas simultaneamente em cada barramento, considerando o critério N-1.
- Integrar condições de segurança ao sistema, incluindo a verificação da pressão da rede de ar comprimido como requisito para a liberação do barramento.
- Garantir que o sistema atue de forma independente por barramento, permitindo maior confiabilidade e flexibilidade operacional.
- Validar o funcionamento do sistema proposto por meio de testes práticos em ambiente industrial ou simulado, analisando seu desempenho e confiabilidade.

Figura 05 – Máquinas de solda à projeção em adequação a NR12.



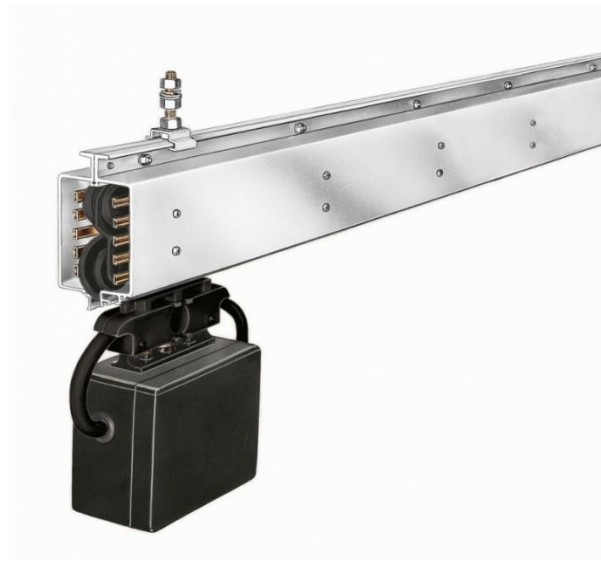
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica apresenta os principais conceitos, tecnologias e normas que servem de base para o desenvolvimento do sistema de monitoramento e *interlock* proposto neste trabalho. São abordados os elementos relacionados à distribuição de energia elétrica, aos processos de soldagem por projeção, aos sistemas de intertravamento e aos dispositivos de automação industrial empregados.

Barramentos Elétricos

Barramentos elétricos são condutores metálicos projetados e dimensionados para suportar elevadas correntes elétricas, sendo utilizados para a distribuição de energia a diversos dispositivos, equipamentos ou máquinas em sistemas industriais. Esses elementos desempenham um papel fundamental na infraestrutura elétrica, atuando como a espinha dorsal da alimentação elétrica e permitindo a conexão organizada e eficiente de múltiplas cargas (BOLTON, 2011; KATSIANIS; RODRIGUES; MOURA, 2015).

Figura 06 – Barramento elétrico blindado.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Em ambientes industriais, especialmente em linhas de produção automatizadas, os barramentos proporcionam maior flexibilidade na expansão do sistema elétrico, além de facilitar a manutenção e a padronização das instalações. No entanto, devido à elevada demanda de corrente associada a determinados processos industriais, é imprescindível que os barramentos sejam corretamente dimensionados, considerando fatores como corrente nominal, dissipação térmica, tipo de material condutor e condições ambientais de operação (BOLTON, 2011).

Além do dimensionamento adequado, os barramentos devem ser protegidos contra condições de sobrecarga, curto-circuito e aquecimento excessivo, conforme estabelecido pelas normas técnicas aplicáveis às instalações elétricas de baixa tensão. A ausência de proteção ou o dimensionamento inadequado desses sistemas pode resultar em falhas elétricas, interrupções no processo produtivo, danos a equipamentos e riscos à segurança operacional dos trabalhadores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Máquinas de Solda por Projeção

As máquinas de solda por projeção são amplamente utilizadas na indústria metalmeccânica e automobilística para a união permanente de componentes metálicos, especialmente em aplicações que exigem elevada repetibilidade e produtividade. Esse processo de soldagem por resistência baseia-se na aplicação de correntes elétricas elevadas em pontos previamente definidos de contato, combinadas com a aplicação de pressão mecânica, promovendo a fusão localizada do material e a formação da junta soldada (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2011; FONSECA, 2016).

Figura 07 – Solda à projeção em indústria automotiva.



A geometria das projeções concentra a corrente elétrica em regiões específicas, permitindo maior controle do processo e redução de dispersões térmicas. Entretanto, devido à necessidade de correntes instantâneas elevadas durante o ciclo de soldagem, as máquinas de solda por projeção impõem uma demanda significativa sobre o sistema de distribuição elétrica da planta industrial (FREITAS, 2025).

Quando múltiplas máquinas de solda operam simultaneamente em um mesmo barramento elétrico, pode ocorrer sobrecarga do sistema de alimentação, resultando em quedas de tensão, instabilidade do processo e comprometimento da qualidade da solda. Dessa forma, o controle da operação conjunta dessas máquinas torna-se fundamental para garantir a estabilidade do barramento elétrico, a confiabilidade do processo produtivo e a segurança operacional (INFOSOLDA, 2025).

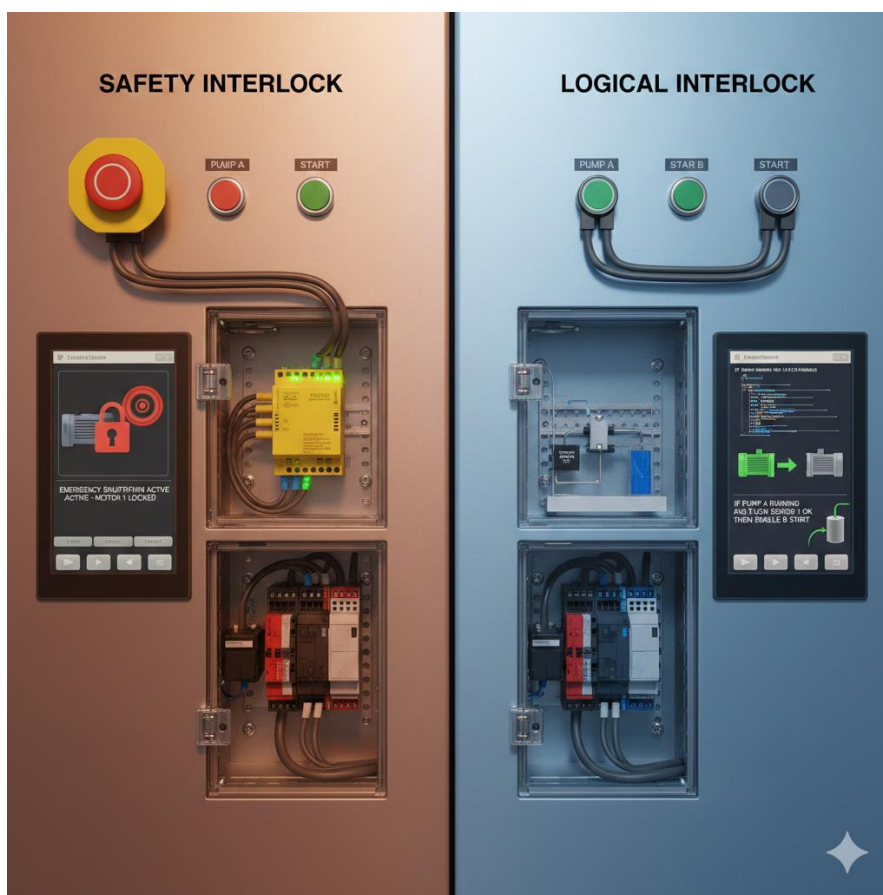
Sistemas de *Interlock* e Intertravamento

O *interlock*, ou sistema de intertravamento, consiste em um conjunto de mecanismos projetados para impedir que determinadas condições, eventos ou estados operacionais ocorram simultaneamente, quando tais combinações possam comprometer a segurança dos equipamentos, a integridade do processo produtivo ou a segurança dos operadores. Esses sistemas são amplamente utilizados em ambientes industriais como forma de prevenção de falhas e mitigação de riscos operacionais (BOLTON, 2011).

Em sistemas industriais, os intertravamentos podem ser implementados por meio de dispositivos mecânicos, elétricos ou por lógica programável, utilizando controladores industriais. Os intertravamentos mecânicos e elétricos apresentam elevada confiabilidade, porém possuem menor flexibilidade para adaptações e alterações no processo. Em contrapartida, os *interlocks* lógicos, implementados via *software* em controladores lógicos programáveis (CLPs), permitem maior flexibilidade, facilidade de manutenção e adaptação às necessidades operacionais, sendo amplamente empregados em sistemas automatizados modernos (ARAÚJO, 2013).

A aplicação de intertravamentos lógicos possibilita o monitoramento contínuo das condições de operação do sistema, permitindo a tomada de decisões automáticas para bloqueio ou liberação de processos conforme critérios previamente definidos. Essa abordagem contribui significativamente para o aumento da confiabilidade operacional e para a redução de falhas associadas à operação simultânea de equipamentos com elevada demanda energética (BOLTON, 2011).

Figura 08 – Sistemas de interlock.



Fonte: Elaborado pelo autor , 2025

Normas Técnicas Aplicáveis

O desenvolvimento de sistemas elétricos e de automação industrial deve atender às normas técnicas e regulamentações vigentes, com o objetivo de garantir a segurança de pessoas, equipamentos e processos. A aplicação dessas normas estabelece critérios mínimos de projeto, instalação, operação e manutenção, reduzindo riscos de falhas operacionais, acidentes e danos ao patrimônio industrial.

No contexto de sistemas elétricos industriais e de máquinas automatizadas, destacam-se como principais normas aplicáveis a Norma Regulamentadora NR-10, que trata da segurança em instalações e serviços em eletricidade, e a Norma Regulamentadora NR-12, que estabelece requisitos mínimos para a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (BRASIL, 2025). Essas normas definem diretrizes relacionadas à proteção dos trabalhadores, sinalização, dispositivos de segurança e condições adequadas de operação.

Figura 09 – Normas técnicas aplicáveis.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026

Complementarmente, a norma internacional IEC 60204-1 – Segurança de máquinas – Equipamento elétrico de máquinas estabelece requisitos técnicos para o projeto e a implementação de sistemas elétricos associados a máquinas industriais, abrangendo aspectos como proteção contra choques elétricos, curto-circuito e falhas de alimentação. No âmbito nacional, a ABNT NBR 5410 define os critérios para instalações elétricas de baixa tensão, incluindo dimensionamento de condutores, proteção contra sobrecorrentes e condições de segurança das instalações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A observância dessas normas é essencial para assegurar que o sistema de monitoramento e intertravamento proposto esteja em conformidade com os requisitos legais e técnicos exigidos em ambientes industriais, contribuindo para a segurança operacional, a confiabilidade do processo produtivo e a integridade dos equipamentos.

Controladores Lógicos Programáveis (PLCs)

O Controlador Lógico Programável (CLP), também conhecido como *Programmable Logic Controller* (PLC), é um equipamento eletrônico digital desenvolvido para aplicação em ambientes industriais, caracterizado por sua robustez, confiabilidade e elevada flexibilidade operacional. Esses controladores são projetados para executar rotinas de controle por meio da leitura de sinais de entrada provenientes de sensores e dispositivos de comando, do processamento lógico das informações e do acionamento de sinais de saída destinados a atuadores e equipamentos industriais (MACHADO, 2017).

A utilização de CLPs em sistemas de intertravamento possibilita a implementação de lógicas de controle e segurança mais complexas, permitindo o monitoramento contínuo das condições operacionais do sistema. Além disso, os CLPs facilitam a realização de alterações futuras na lógica de controle, a identificação e o diagnóstico de falhas, bem como a integração com outros sistemas de automação industrial, como interfaces homem-máquina e redes de comunicação (BOLTON, 2011).

Figura 10 – Controlador lógico programável Siemens.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

No contexto deste trabalho, o emprego de um CLP industrial torna-se essencial para a implementação da lógica de intertravamento proposta, uma vez que permite o controle centralizado da operação das máquinas de solda, garantindo o cumprimento das condições de segurança e dos limites operacionais estabelecidos para cada barramento elétrico (SIEMENS AG, 2020).

Interfaces Homem-Máquina (IHMs)

As Interfaces Homem-Máquina (IHMs) são componentes fundamentais em sistemas de automação industrial, pois possibilitam a interação direta entre o operador e o sistema automatizado. Por meio das IHMs, o operador pode acessar informações em tempo real sobre o estado do processo produtivo, incluindo o status das máquinas, condições de operação, alarmes e mensagens de falha, contribuindo para uma operação mais segura e eficiente (BOLTON, 2011).

Além da função de supervisão, as IHMs permitem a execução de comandos manuais, ajustes de parâmetros operacionais e o acompanhamento do histórico de eventos e alarmes do sistema. Essas funcionalidades aumentam a confiabilidade operacional, facilitam a rastreabilidade das ocorrências e auxiliam na tomada de decisão por parte dos operadores e equipes de manutenção (MACHADO, 2017).

Figura 11 – Interface Homem-Máquina e sistemas supervisórios.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

No contexto de sistemas industriais automatizados, a utilização de IHMs integradas aos CLPs proporciona maior transparência do processo, reduz o tempo de resposta a falhas e contribui para a melhoria contínua da operação, especialmente em aplicações que envolvem múltiplos equipamentos e condições críticas de funcionamento.

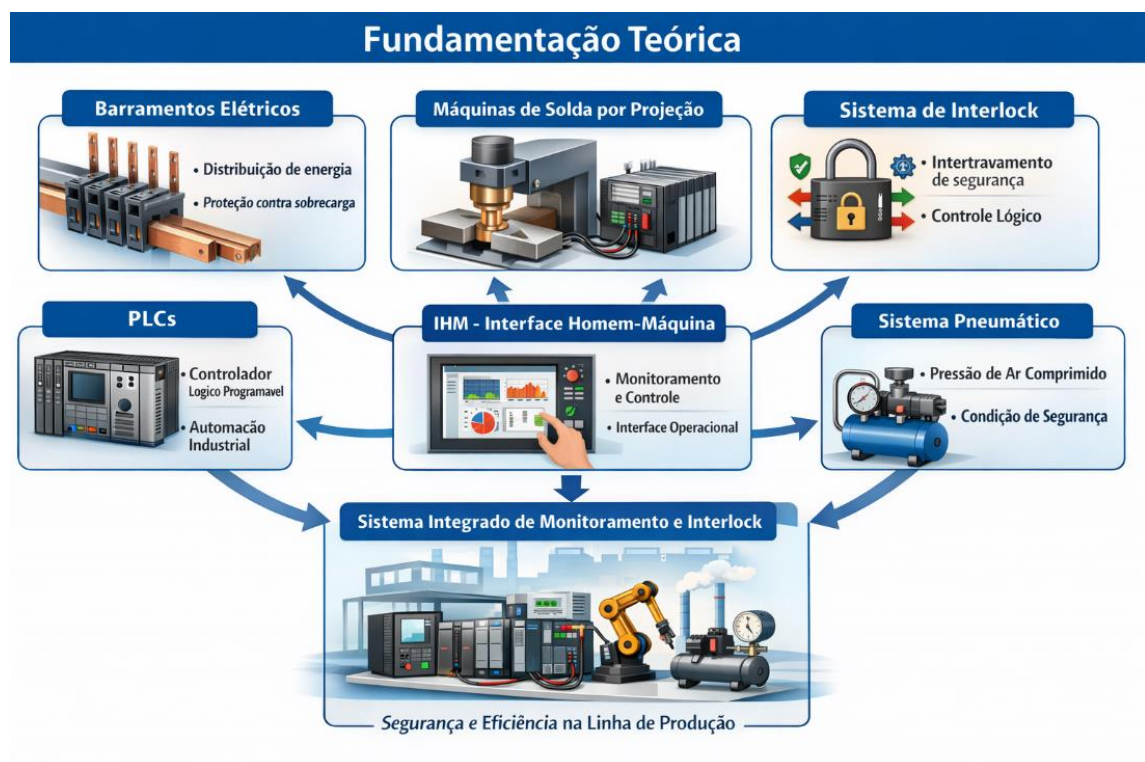
Sistemas Pneumáticos como Condição de Segurança

Em sistemas industriais automatizados, a disponibilidade de ar comprimido é frequentemente utilizada como condição permissiva para a operação segura de máquinas e processos. A monitoração contínua da pressão da rede pneumática permite assegurar que os equipamentos sejam liberados para funcionamento apenas quando existirem condições adequadas de operação, reduzindo riscos associados a falhas de acionamento e perdas de desempenho do processo produtivo (BOLTON, 2011).

A integração de sinais de pressão ao sistema de controle, como critério de habilitação para a operação das máquinas, constitui uma prática amplamente adotada em ambientes industriais que utilizam atuadores pneumáticos. Essa abordagem contribui para a segurança do sistema, evitando falhas operacionais decorrentes de condições inadequadas de alimentação pneumática, como quedas de pressão ou indisponibilidade do sistema de ar comprimido (ARAÚJO, 2013).

Adicionalmente, normas de segurança aplicáveis a máquinas e equipamentos industriais estabelecem que condições essenciais ao funcionamento seguro dos sistemas devem ser continuamente monitoradas. Nesse contexto, a verificação da pressão mínima da rede pneumática como requisito para a liberação do processo reforça a conformidade do sistema com os princípios de segurança operacional definidos pela legislação vigente (BRASIL, 2025).

Figura 12 – Sistema de interlock integrado.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026

3 RECURSOS

Este capítulo apresenta os principais recursos lógicos e físicos empregados no desenvolvimento do sistema de *interlock* para máquinas de solda estacionárias, bem como a infraestrutura utilizada para implementação e testes do projeto. A descrição destes recursos visa contextualizar os meios tecnológicos adotados, sem detalhar ainda a lógica de funcionamento do sistema.

3.1 Recursos Lógicos / Softwares

- TIA Portal (*Totally Integrated Automation Portal*) – *Software* oficial da Siemens utilizado para a programação do Controlador Lógico Programável (CLP) e da Interface Homem-Máquina (IHM), permitindo o desenvolvimento integrado das rotinas de controle e supervisão.
- PLCSIM (Siemens) – Ferramenta de simulação utilizada para testes *offline* da lógica de programação desenvolvida para o PLC da família S7-1200, possibilitando a validação preliminar do comportamento do sistema.
- Microsoft Excel – Utilizado como ferramenta auxiliar para organização de dados, registros de testes e análise de informações obtidas durante o desenvolvimento do projeto.
- *Software* de desenho técnico (AutoCAD, QElectroTech ou similar) – Empregado na elaboração de diagramas elétricos, arquiteturas do sistema e representações gráficas de apoio ao projeto.

Figura 13 – Software Tia Portal Versão 17.



3.2 Recursos Físicos / Hardware de Automação e Controle

- Controlador Lógico Programável Siemens S7-1200 (CPU 1212C ou 1214C) – Responsável pelo processamento das condições de intertravamento e pela execução da lógica de controle do sistema.

Figura 14 – Controlador Siemens S7-1200.



Fonte: Siemens, 2025

- Fonte de alimentação 24 VDC – Utilizada para alimentação do PLC, módulos de entrada e saída, sensores e circuitos auxiliares.
- Interface Homem-Máquina (IHM) Siemens KTP400 ou KTP700 Basic – Empregada para a visualização do estado das máquinas, condições de operação do barramento, mensagens de aviso e diagnóstico do sistema.
- Relés de interface 24 VDC – Utilizados para o acionamento seguro dos circuitos de comando das máquinas de solda, garantindo isolamento elétrico entre o sistema de controle e os dispositivos de potência.

Figura 15 – Relés de acionamento.



Fonte: Elaborado pelo autor , 2025

- Contatores ou relés de estado sólido (opcional) – Empregados conforme a necessidade, de acordo com o nível de potência e características elétricas das máquinas de solda.
- Sensor ou pressostato de pressão da rede de ar comprimido – Utilizado como condição de segurança para habilitação do funcionamento do sistema, garantindo pressão mínima adequada para a operação das máquinas.

3.3 Infraestrutura de Desenvolvimento

- Computador ou notebook compatível com o TIA Portal – Equipamento utilizado para o desenvolvimento, programação e testes do sistema, com sistema operacional Windows 10 ou superior e recursos de hardware adequados.
- Cabo de comunicação Ethernet (RJ45) – Utilizado para comunicação entre o computador, o PLC e a IHM durante as etapas de programação e comissionamento.
- Instrumentos de medição básicos (multímetro) – Empregados para verificação de sinais elétricos, tensões de alimentação e testes de continuidade durante a implementação do sistema.

Figura 16 – Comunicação PC-PLC.



Fonte: Elaborado pelo autor , 2026

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada para o desenvolvimento e implementação do sistema de monitoramento e controle de *interlock* aplicado a uma linha de máquinas de solda estacionária. A abordagem metodológica baseou-se na análise do processo produtivo existente, no levantamento dos requisitos operacionais e de segurança, bem como na definição da arquitetura do sistema proposto.

4.1 Caracterização da Linha de Soldagem

A linha de soldagem analisada é composta por máquinas de solda estacionária distribuídas em diferentes barramentos elétricos. Cada barramento alimenta um conjunto específico de equipamentos, sendo necessária a limitação do número de máquinas operando simultaneamente, de forma a evitar sobrecargas elétricas e instabilidades no processo de soldagem.

O sistema de *interlock* foi concebido para atuar de forma centralizada, monitorando os pedidos de acionamento provenientes das máquinas e liberando a operação conforme critérios previamente definidos, garantindo a confiabilidade e a segurança do processo produtivo.

A operação das máquinas ocorre por meio de acionamento manual, realizado pelo operador através de um botão de início (BI-Manual), sendo o ciclo de soldagem condicionado à liberação elétrica e pneumática do sistema.

Tabela 1 –Relação de máquinas X Barramento.

Barramento	Máquinas de Solda
Barramento 1	SP 04, SP 06, SP 24, SP 26
Barramento 2	SP 128, SP 127, SP 124
Barramento L2	SP 27, SP 122
Barramento L5	SP 123, SP 129, SP 125, SP 126

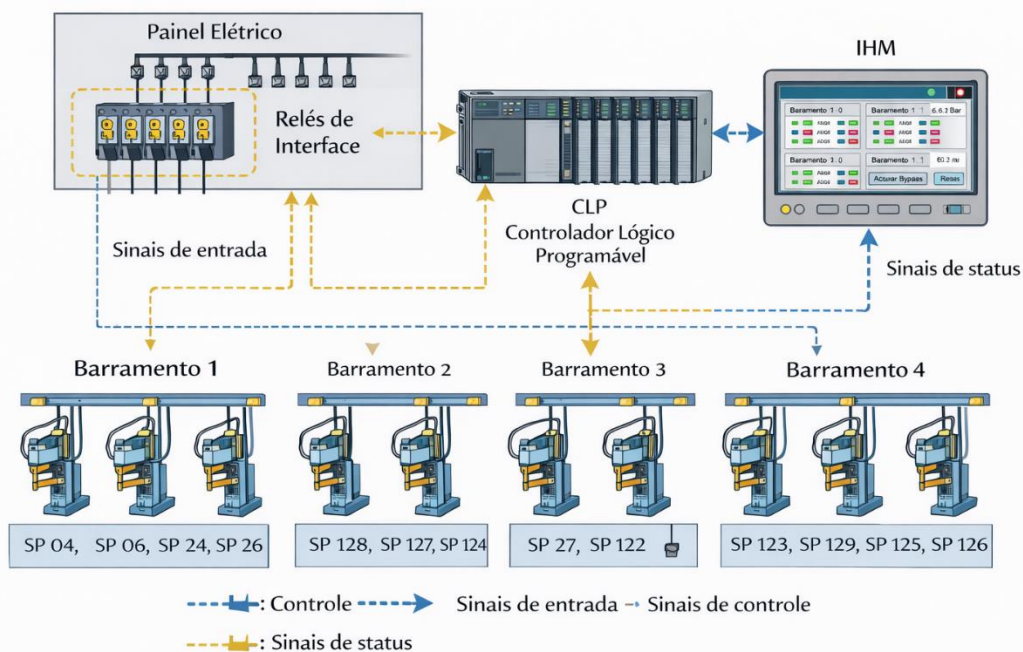
Total: **13** máquinas de solda estacionária.

4.2 Arquitetura do Sistema Proposto

A arquitetura do sistema proposto é baseada em um painel dedicado de *interlock*, responsável por monitorar e controlar as permissões de acionamento das máquinas de solda estacionárias. O sistema utiliza um Controlador Lógico Programável (CLP) Siemens S7-1200, relés de interface, dispositivos de proteção elétrica e uma Interface Homem-Máquina (IHM).

O intertravamento entre o painel de interlock e os painéis individuais das estacionárias é realizado por meio de cabos de comando multipolares, conectados em bornes de passagem. Essa configuração permite o envio do sinal de pedido de acionamento ao CLP e o retorno do sinal de acionamento liberado, assegurando que a máquina somente opere quando todas as condições estabelecidas forem atendidas.

Figura 17 – Estrutura do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026

4.3 Lógica de Funcionamento do Intertravamento

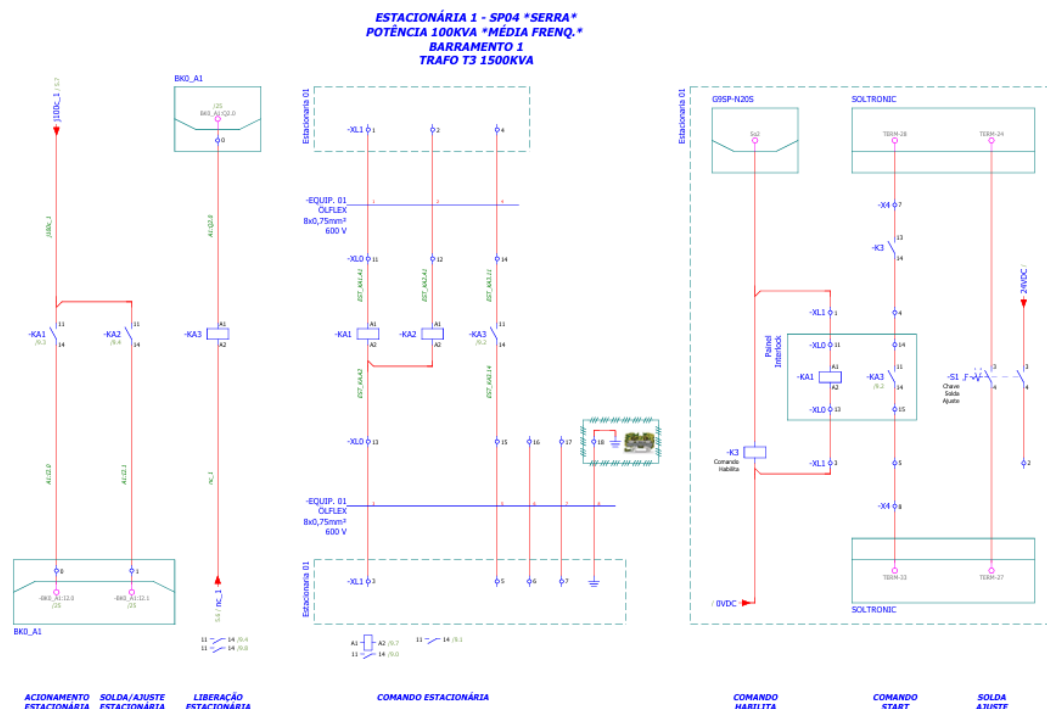
A lógica de funcionamento do sistema de intertravamento é baseada na detecção do acionamento manual das máquinas de solda. O sinal proveniente do circuito de comando da estacionária é interpretado como um pedido de acionamento e encaminhado ao CLP.

O controlador realiza a verificação das condições de segurança e da disponibilidade do barramento elétrico correspondente, utilizando contadores associados a cada barramento.

A estratégia adotada segue o critério N-1, no qual o número máximo de máquinas liberadas simultaneamente em um barramento é sempre inferior ao total de máquinas instaladas naquele barramento.

Caso todas as condições sejam satisfeitas, o CLP aciona um relé de liberação, cujo contato normalmente aberto é inserido em série no circuito de comando da máquina, permitindo seu funcionamento. Caso contrário, a máquina permanece bloqueada, aguardando a liberação conforme a lógica de sequência definida.

Figura 18 – Diagrama elétrico de acionamento.

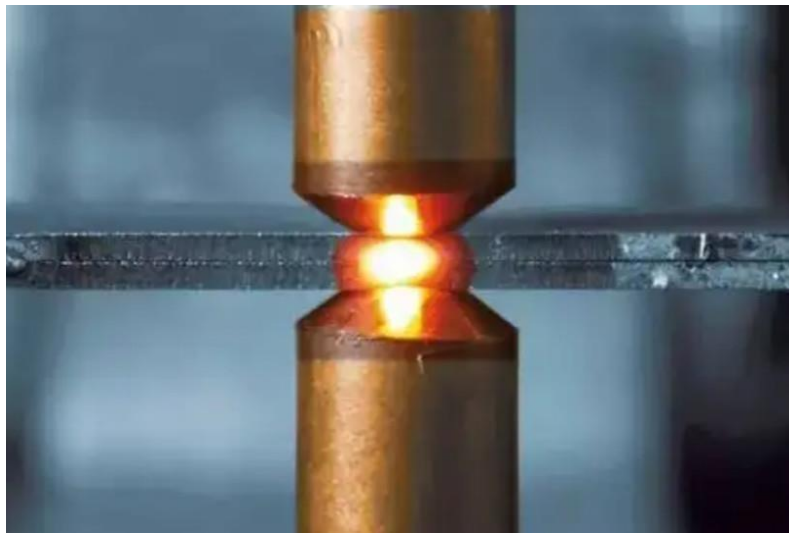


4.4 Condições de Segurança e *Bypass* do Sistema

O sistema de *interlock* incorpora condições de segurança destinadas a impedir a operação das máquinas em situações inadequadas. Uma das principais condições é o monitoramento da pressão da rede de ar comprimido, realizado por meio de um pressostato digital configurado para um valor mínimo de 6 bar. Caso a pressão esteja abaixo desse limite, o sistema bloqueia automaticamente o acionamento das estacionárias e sinaliza a condição de falha ao operador.

Adicionalmente, o sistema dispõe de uma funcionalidade de *bypass* acessível apenas por meio de uma tela de acesso restrito na IHM, destinada à supervisão e à engenharia. Esse recurso permite a desativação temporária do *interlock* ou do monitoramento de pressão, sendo indicado exclusivamente para situações específicas de manutenção ou contingência, de modo a preservar a segurança do processo e a integridade dos equipamentos.

Figura 19 – Soldagem por resistência.



Fonte: SBI, 2025

5 COMPORTAMENTO ESPERADO DO SISTEMA

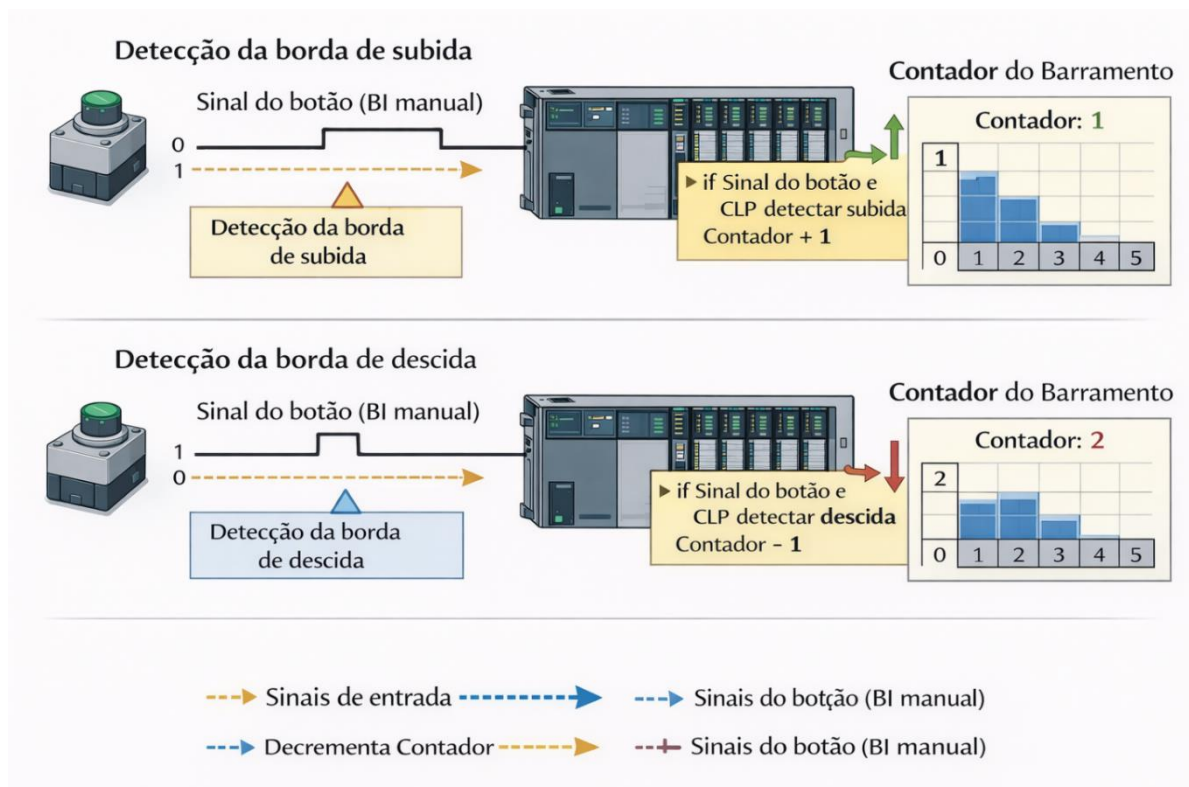
5.1 Operação Normal do Sistema

Este capítulo descreve o comportamento esperado do sistema de intertravamento durante sua operação normal, considerando as condições de acionamento das máquinas de solda, os critérios de segurança implementados e as respostas do sistema frente a situações de falha. O objetivo é apresentar, de forma clara e objetiva, como o sistema deve se comportar a partir das premissas definidas na metodologia.

O sistema de monitoramento desenvolvido tem como objetivo identificar, em tempo real a solicitação de disparo pelas máquinas de solda estacionárias conectadas a um barramento comum. A partir desses dados, será possível acionar um mecanismo de intertravamento (*interlock*), a fim de evitar o disparo simultâneo de múltiplas máquinas que possam exceder o limite de carga suportado.

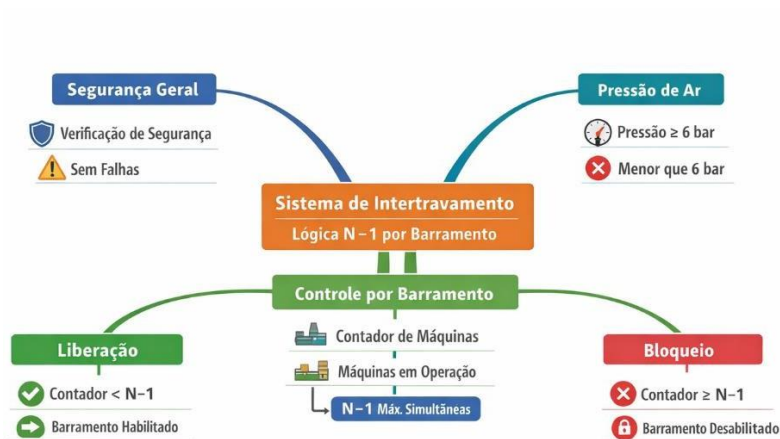
Com isso, espera-se preservar a qualidade da solda, evitar quedas de tensão e garantir a integridade dos componentes elétricos envolvidos. O comportamento previsto é que o sistema atue de forma rápida e precisa ao detectar múltiplas solicitações de solda em máquinas conectadas ao mesmo barramento, impedindo que entrem em operação simultânea quando os limites forem ultrapassados.

Figura 20 – Lógica de funcionamento.



Em condições normais de operação, o sistema de interlock permanece em estado de monitoramento contínuo, aguardando solicitações de acionamento provenientes das máquinas de solda estacionárias. Ao detectar um pedido de acionamento, o Controlador Lógico Programável (CLP) avalia automaticamente as permissões associadas ao barramento elétrico correspondente.

Figura 21 – Mapa mental lógico.



Fonte: Elaborado pelo autor , 2026

Caso o número de máquinas em operação simultânea esteja dentro do limite estabelecido pelo critério N-1 e todas as condições de segurança estejam satisfeitas, o sistema libera o acionamento da máquina solicitante. Essa liberação ocorre por meio da energização do relé de saída do interlock, permitindo a continuidade do ciclo de soldagem.

5.2 Controle de Simultaneidade por Barramento

O controle de simultaneidade é realizado de forma independente para cada barramento elétrico da linha de soldagem. Para isso, o sistema mantém contadores dedicados que representam a quantidade de máquinas em operação em cada barramento.

O comportamento esperado é que, ao atingir o limite máximo permitido de máquinas em operação simultânea, novas solicitações de acionamento sejam temporariamente bloqueadas. As máquinas excedentes permanecem em estado de espera até que ocorra a liberação de uma vaga, garantindo a integridade elétrica do barramento e a estabilidade do processo produtivo.

5.3 Comportamento em Condições de Falha

Quando o sistema identifica uma condição de falha, como a queda da pressão da rede de ar comprimido abaixo do valor mínimo configurado, o comportamento esperado é o bloqueio imediato das permissões de acionamento das máquinas de solda.

Nessa situação, o sistema sinaliza a condição anormal por meio de indicadores visuais no painel de interlock e na Interface Homem-Máquina (IHM), permitindo que o operador identifique rapidamente a causa da falha. O retorno à condição normal de operação somente ocorre após a restauração dos parâmetros adequados e a confirmação das permissões de segurança.

5.4 Interação com a Interface Homem-Máquina

A Interface Homem-Máquina desempenha papel fundamental no comportamento esperado do sistema, fornecendo informações em tempo real sobre o estado das máquinas, dos barramentos e das condições de segurança.

Por meio da IHM, o operador pode acompanhar os pedidos de acionamento, identificar quais máquinas estão em operação e verificar se há bloqueios ativos no sistema. Em condições normais, a interface apresenta o estado operacional de forma clara e intuitiva, contribuindo para a tomada de decisão e para a condução segura do processo de soldagem.

Figura 22 – Tela de controle IHM.



Fonte: Elaborado pelo autor , 2026

6 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE INTERTRAVAMENTO NO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

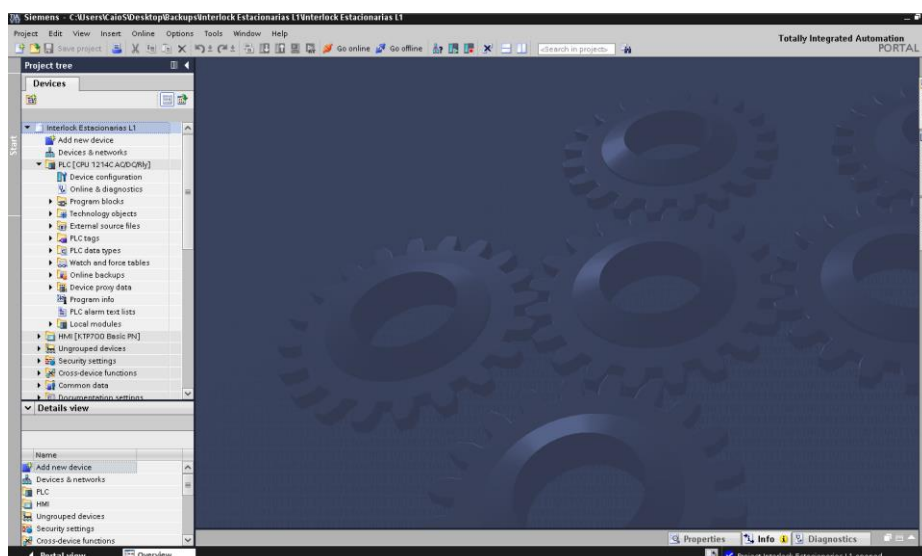
Este capítulo apresenta o desenvolvimento do sistema de intertravamento implementado no Controlador Lógico Programável (CLP), descrevendo a organização lógica do programa, o tratamento dos sinais de entrada e saída, bem como a aplicação dos critérios de segurança e de controle de simultaneidade. Ressalta-se que o código-fonte completo do programa encontra-se disponibilizado no Apêndice A, sendo apresentado neste capítulo apenas o detalhamento conceitual e funcional da solução implementada.

6.1 Estrutura Lógica do Programa no CLP

O programa do CLP foi estruturado de forma modular, permitindo o controle independente dos diferentes barramentos elétricos da linha de soldagem. Para cada barramento foi definido um conjunto de sinais de entrada, processamento lógico e sinais de saída, possibilitando a aplicação individualizada das regras de intertravamento.

Essa abordagem facilita a manutenção do sistema, a identificação de falhas e a possibilidade de futuras expansões, uma vez que novos equipamentos podem ser incorporados ao sistema sem a necessidade de alterações significativas na lógica existente.

Figura 23 – Interface de trabalho – TIA Portal.



6.2 Tratamento dos Sinais de Entrada

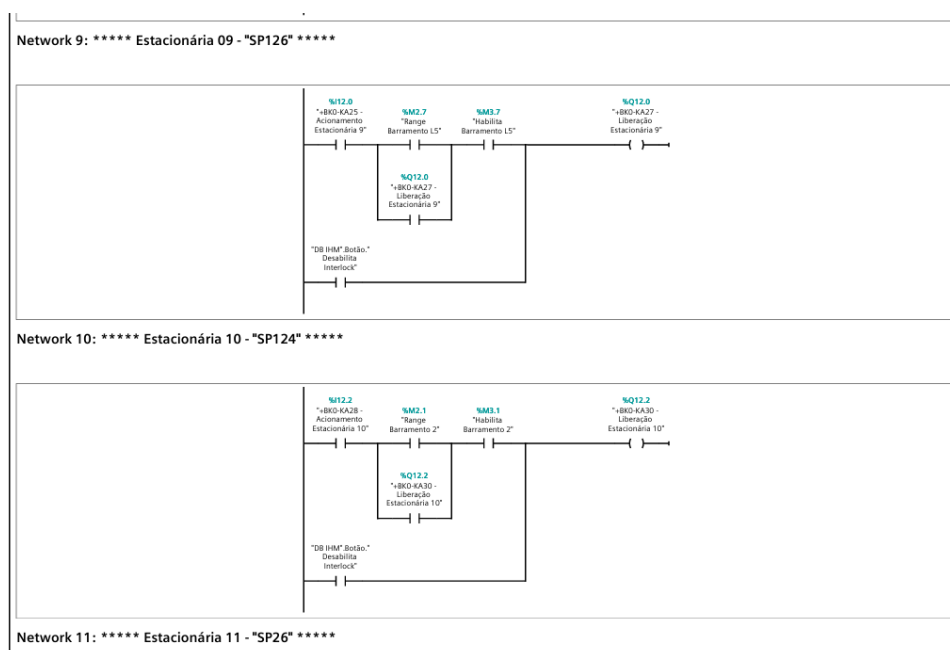
Os sinais de entrada do sistema são provenientes, principalmente, dos circuitos de comando das máquinas de solda estacionárias. O acionamento do botão de início da máquina, representado eletricamente pelo relé de comando, é interpretado pelo CLP como um pedido de acionamento.

A lógica do programa realiza a detecção de borda de subida desse sinal para identificar o momento exato da solicitação de acionamento. Da mesma forma, a detecção da borda de descida é utilizada para identificar a liberação do botão pelo operador, permitindo o decremento do contador associado ao barramento correspondente. Essa estratégia garante maior precisão no controle da simultaneidade e evita contagens indevidas.

6.3 Lógica de Contagem e Aplicação do Critério N-1

Para o controle do número de máquinas em operação simultânea, o sistema utiliza contadores associados a cada barramento elétrico. Cada novo pedido de acionamento válido resulta no incremento do contador do respectivo barramento, enquanto a liberação do acionamento provoca o seu decremento.

Figura 24 – Lógica ladder de funcionamento.



A lógica implementada segue o critério N-1, no qual o número máximo de máquinas liberadas simultaneamente é sempre inferior ao total de máquinas conectadas ao barramento. Dessa forma, o sistema garante que ao menos uma máquina permaneça indisponível para acionamento, reduzindo o risco de sobrecargas elétricas e contribuindo para a estabilidade do processo de soldagem.

Quando o contador atinge o limite máximo permitido, novas solicitações de acionamento são automaticamente bloqueadas pelo sistema, permanecendo em estado de espera até que haja disponibilidade no barramento.

6.4 Integração do CLP com o Intertravamento Elétrico

A integração entre o CLP e os painéis das máquinas de solda é realizada por meio de relés de interface, responsáveis por condicionar os sinais elétricos de comando. O sinal de pedido de acionamento da estacionária é enviado ao CLP por meio de um relé dedicado, conectado a uma entrada digital do controlador.

Figura 25 – Vista interna do painel de interlock.



Após o processamento lógico e a verificação das permissões, o CLP aciona uma saída digital responsável por energizar o relé de liberação do interlock. O contato normalmente aberto desse relé é inserido em série no circuito de comando da máquina de solda, garantindo que o acionamento somente ocorra quando o sistema autorizar explicitamente a operação.

Essa configuração assegura que o intertravamento atue de forma direta sobre o circuito de comando das máquinas, aumentando a confiabilidade do sistema e impedindo acionamentos indevidos.

6.5 Monitoramento de Segurança e Integração com a IHM

O programa do CLP também incorpora o monitoramento contínuo das condições de segurança do sistema, com destaque para a supervisão da pressão da rede de ar comprimido. O sinal proveniente do pressostato digital é utilizado como condição permissiva global para o funcionamento do interlock.

Caso a pressão medida esteja abaixo do valor mínimo configurado, o sistema bloqueia automaticamente todas as liberações de acionamento, independentemente do estado dos contadores de simultaneidade. Essa condição é sinalizada ao operador por meio da Interface Homem-Máquina (IHM), permitindo rápida identificação e correção da anomalia.

A integração com a IHM possibilita ainda a visualização dos pedidos de acionamento, das máquinas em operação e das permissões liberadas pelo sistema, contribuindo para maior transparência operacional e segurança durante o processo produtivo.

Figura 26 – Vista externa do painel de interlock.



Fonte: Elaborado pelo autor , 2026

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Avaliação do Funcionamento do Sistema

A validação do sistema desenvolvido foi realizada por meio de uma avaliação qualitativa e funcional, baseada na observação do comportamento do intertravamento durante a operação da linha de soldagem após sua implementação. Não foram realizados ensaios experimentais quantitativos com coleta de dados estatísticos, uma vez que o escopo do trabalho consistiu no desenvolvimento e aplicação prática da lógica de controle.

Durante a operação, observou-se que a lógica de intertravamento por barramento foi capaz de impedir a operação simultânea de todas as máquinas conectadas a um mesmo barramento, atendendo de forma consistente ao critério N-1 definido no projeto. O sistema apresentou funcionamento estável, liberando o acionamento das máquinas apenas quando as condições estabelecidas na lógica de controle eram satisfeitas.

Mesmo sem a disponibilidade de dados quantitativos comparativos anteriores à implementação, foi possível verificar uma maior previsibilidade no comportamento da linha de soldagem, reduzindo situações de sobrecarga elétrica e instabilidade associadas ao acionamento simultâneo de múltiplas máquinas em um mesmo barramento.

7.2 Impactos Operacionais e de Segurança

A aplicação do intertravamento lógico trouxe impactos positivos do ponto de vista operacional e de segurança. O sistema passou a bloquear automaticamente solicitações de acionamento quando o número máximo de máquinas permitido por barramento era atingido ou quando as condições de habilitação não estavam dentro dos limites definidos.

Adicionalmente, a verificação da pressão da rede de ar comprimido como condição de liberação do barramento contribuiu para o aumento da confiabilidade do processo, prevenindo falhas decorrentes de condições pneumáticas inadequadas.

A utilização da Interface Homem-Máquina (IHM) proporcionou maior transparência ao processo, permitindo aos operadores a visualização clara dos estados de solicitação de acionamento, máquina em ajuste ou solda e acionamento liberado. Esse recurso auxiliou na redução de dúvidas operacionais e facilitou a tomada de decisão durante a operação da linha.

7.3 Limitações e Possibilidades de Expansão

Uma limitação do presente trabalho está relacionada à ausência de dados históricos quantitativos, que impossibilitou a realização de uma análise estatística comparativa do desempenho do sistema antes e após a implementação do intertravamento.

Entretanto, o sistema desenvolvido estabelece uma base sólida para futuras melhorias, possibilitando a inclusão de rotinas de registro de dados no CLP ou na IHM, como o número de bloqueios por barramento, tempo de operação simultânea e frequência de solicitações negadas.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a expansão do sistema para contemplar novos critérios de monitoramento, bem como a utilização dos dados coletados para a realização de análises quantitativas mais aprofundadas sobre o desempenho e a eficiência do intertravamento implementado.

Tabela 2 –Avaliação qualitativa do sistema de intertravamento.

Critério Avaliado	Método de Verificação	Resultado
Atendimento ao critério N-1	Teste funcional em operação	Atendido
Bloqueio automático por barramento	Simulação de múltiplos acionamentos	Atendido
Verificação da pressão pneumática	Condição de permissivo	Atendido
Estabilidade do sistema	Observação operacional	Estável
Visualização via IHM	Análise funcional	Adequada

Fonte: Elaborado pelo autor , 2026

8 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo geral o desenvolvimento e a análise de um Sistema de Monitoramento e Controle para intertravamento em uma linha de máquinas de solda estacionária, aplicado ao ambiente industrial automobilístico. A proposta surgiu a partir da identificação de falhas recorrentes no processo de soldagem, associadas à liberação simultânea inadequada de máquinas, resultando em soldas ineficientes, retrabalho e possíveis riscos operacionais.

Quanto aos objetivos específicos, inicialmente buscou-se desenvolver uma lógica de intertravamento por barramento, capaz de limitar a operação simultânea das máquinas. Esse objetivo foi atingido por meio da aplicação do critério N-1, garantindo que, em cada barramento, apenas uma quantidade segura de máquinas pudesse operar simultaneamente, preservando a estabilidade do sistema elétrico e a confiabilidade do processo produtivo.

Outro objetivo específico consistiu em implementar o sistema sem a necessidade de monitoramento direto de corrente elétrica, utilizando exclusivamente o monitoramento dos acionamentos manuais das máquinas (BI manual). Essa abordagem mostrou-se eficaz, simplificando a implementação do sistema e reduzindo custos, sem comprometer a segurança e o desempenho operacional da linha de soldagem.

Também foi estabelecido como objetivo a utilização de um Controlador Lógico Programável (CLP) para a implementação da lógica de controle. Esse objetivo foi alcançado por meio do uso de contadores por barramento e da detecção de bordas de

subida e descida dos sinais de acionamento, resultando em uma lógica robusta, flexível e adequada às condições reais de operação industrial.

Adicionalmente, buscou-se incorporar permissivos de segurança e condições operacionais essenciais, como a verificação da pressão mínima da rede de ar comprimido. A inclusão desses critérios assegurou que o sistema somente fosse habilitado quando todas as condições de segurança estivessem atendidas, contribuindo para a confiabilidade do processo.

Por fim, teve-se como objetivo proporcionar maior visibilidade e controle ao operador, o que foi alcançado por meio da integração de uma Interface Homem-Máquina (IHM). A IHM permitiu a visualização clara dos estados de solicitação, ajuste e liberação das máquinas, além da inclusão de um bypass total do interlock protegido por senha de administrador, destinado a situações específicas de manutenção ou contingência, sem comprometer os critérios de segurança estabelecidos.

Os resultados obtidos, a partir de uma avaliação qualitativa do funcionamento do sistema, demonstram que a solução proposta contribui para o aumento da segurança operacional, da qualidade das soldas e da confiabilidade da linha de produção, além de reduzir falhas associadas à sobrecarga elétrica e à operação indevida das máquinas. Destacam-se ainda a simplicidade de implementação, o baixo custo relativo e a facilidade de adaptação do sistema para diferentes configurações de linhas industriais.

Conclui-se, portanto, que o sistema de intertravamento desenvolvido atende de forma satisfatória aos objetivos propostos, mostrando-se uma alternativa viável e eficiente para o controle de linhas de solda estacionárias. Como trabalhos futuros, sugere-se a integração do sistema com redes industriais, a implementação de registros históricos de eventos e a expansão do monitoramento para outros parâmetros do processo, ampliando ainda mais a confiabilidade e a rastreabilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Rômulo Silva de. Automação e controle industrial. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BOLTON, W. Automação industrial. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/nr-10>. Acesso em: 20 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/nr-12>. Acesso em: 26 jul. 2025.

FONSECA, J. R. Soldagem por resistência elétrica: fundamentos e aplicações industriais. 2. ed. São Paulo: Érica, 2016.

FREITAS, Carlos Alberto. Soldagem por resistência: soldagem por projeção e ponto. [S.l.]: [s.n.], 2025.

INFOSOLDA. Soldagem por resistência III – soldagem por projeção. Blog Infosolda, 26 jan. 2025. Disponível em: <https://infosolda.com.br/soldagem-por-resistencia-iii/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60204-1: Safety of machinery – Electrical equipment of machines. Geneva: IEC, 2016.

KATSIANIS, Marcos; RODRIGUES, Lúcio S.; MOURA, Milton C. Comandos elétricos industriais e instalações elétricas. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

MACHADO, Cláudio R. V. CLP – Controlador Lógico Programável: teoria, programação e aplicações. 3. ed. São Paulo: Érica, 2017.

MARQUES, Paulo V.; MODENESI, Paulo J.; BRACARENSE, Alexandre Q. Soldagem: fundamentos e tecnologia. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011.

SIEMENS AG. S7-1200 System Manual. [S.l.]: Siemens AG, 2020. Disponível em: <https://support.industry.siemens.com>. Acesso em: 20 jun. 2025.

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO LADDER DO SISTEMA INTERLOCK – SOFTWARE TIA PORTAL

Totally Integrated Automation Portal

Main [OB1]

Main Properties

General

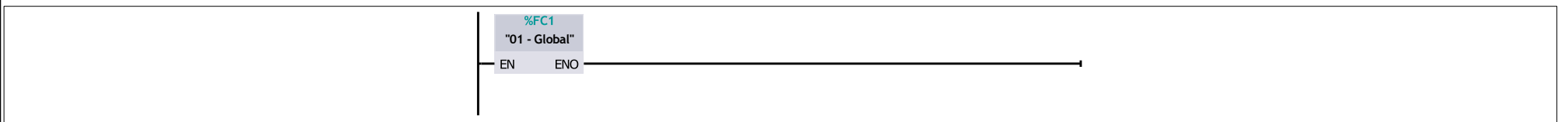
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

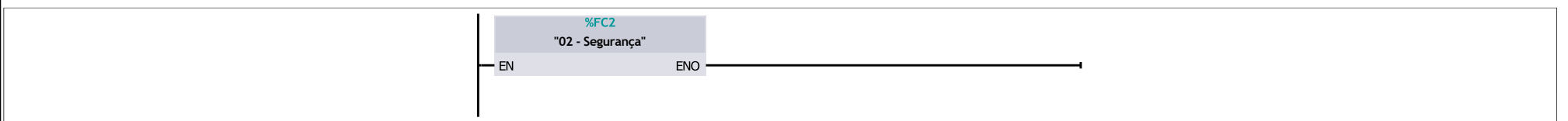
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Comment
Temp			
Constant			

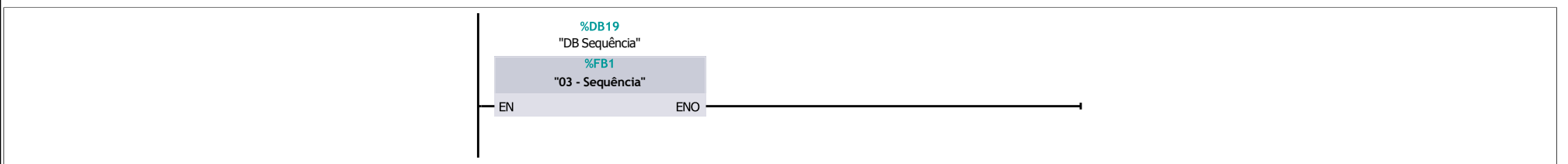
Network 1: *** GLOBAL *******



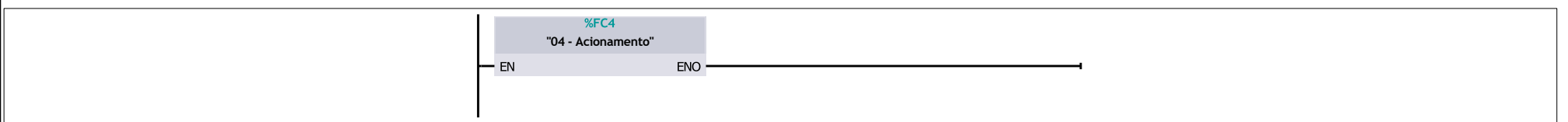
Network 2: *** SEGURANÇA *******



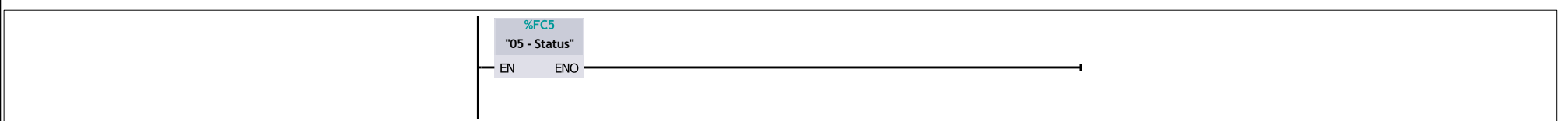
Network 3: *** SEQUENCIA *******



Network 4: *** ACIONAMENTO *******



Network 5: *** STATUS *******



01 - Global [FC1]

01 - Global Properties

General

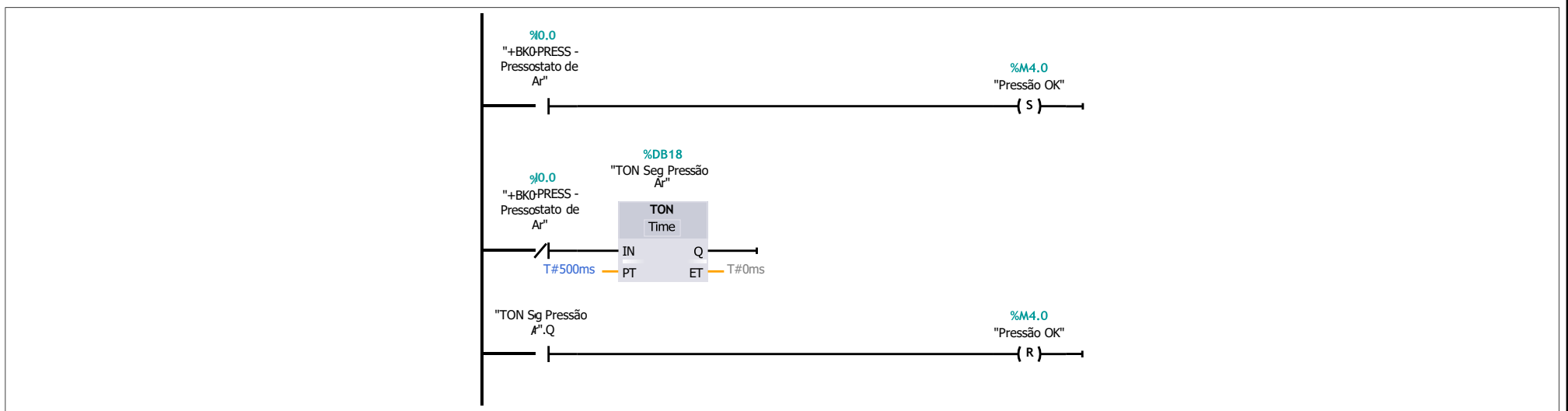
Name	01 - Global	Number	1	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

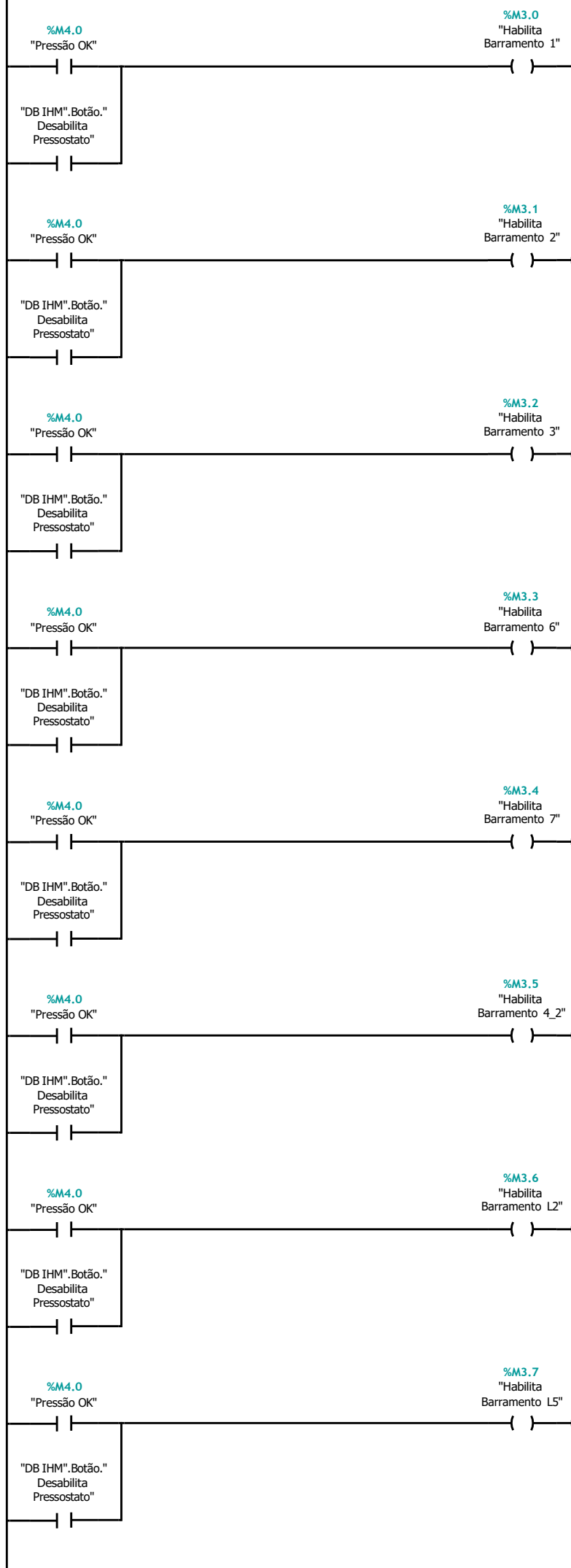
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
01 - Global	Void		

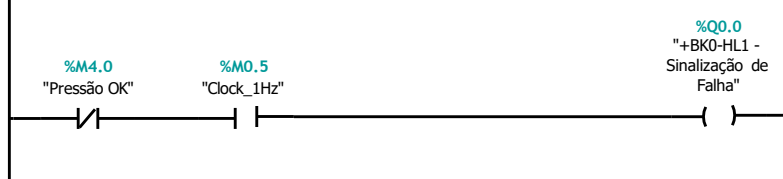
Network 1: ***** Pressostato de Ar *****



Network 2: ***** Habilita Estacionárias *****



Network 3: ***** Sinalização de Falha *****



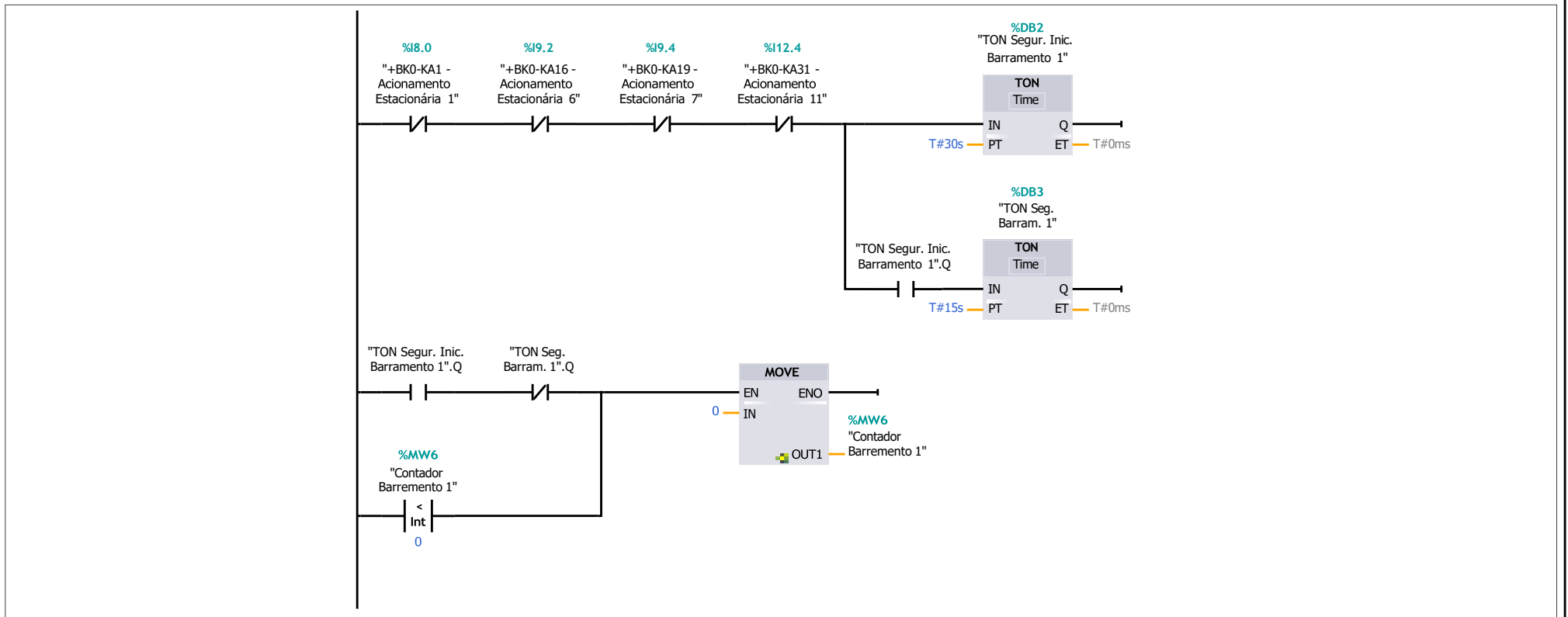
02 - Segurança [FC2]

02 - Segurança Properties

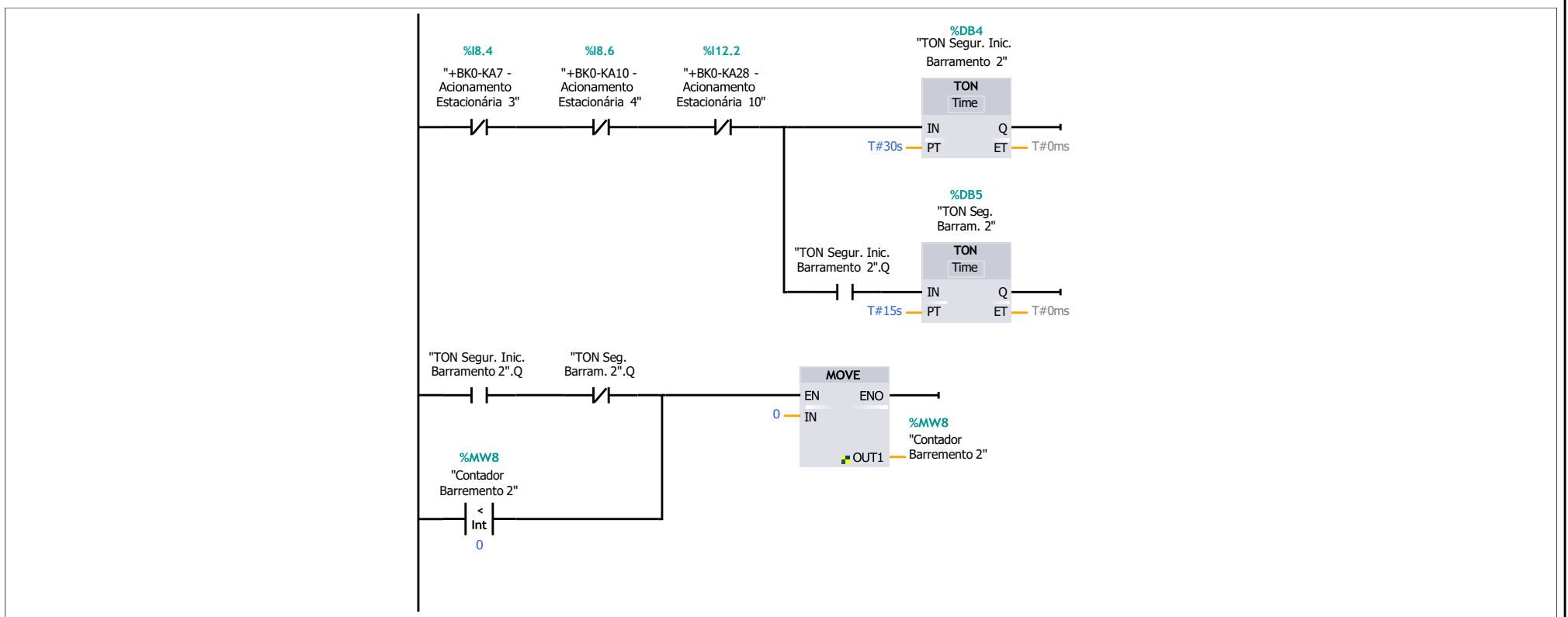
General							
Name	02 - Segurança	Number	2	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title		Author		Comment	Zera contador do interlock Caso todas as estacionárias estejam paradas por um determinado tempo	Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
02 - Segurança	Void		

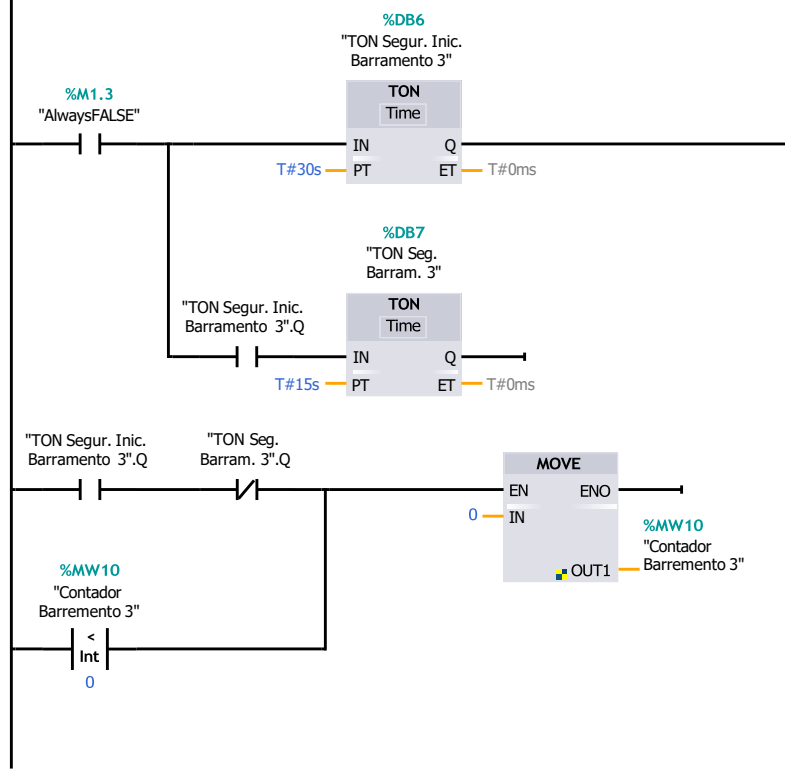
Network 1: ***** Zera Contador Barramento 1 *****



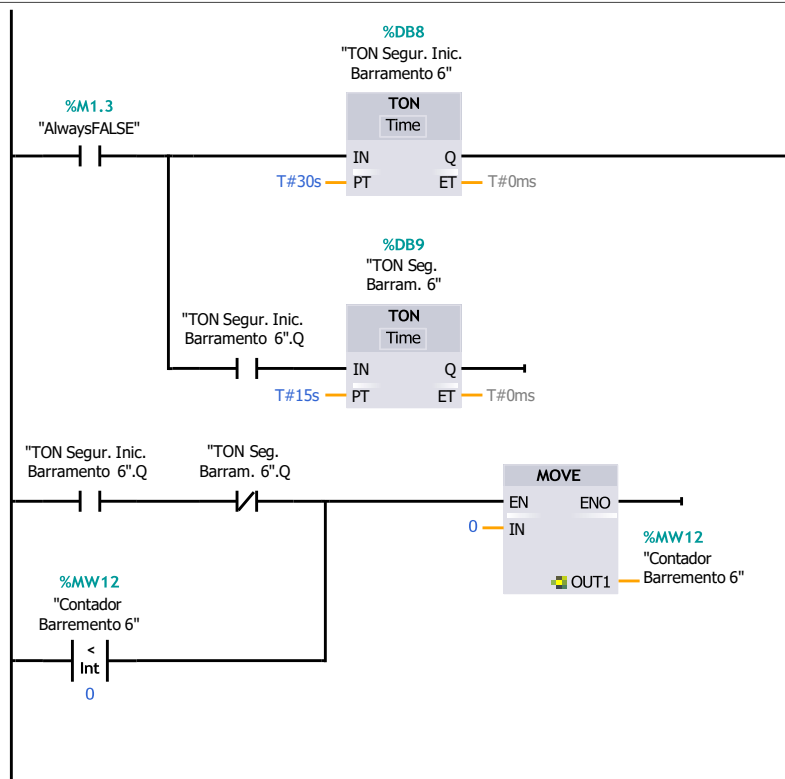
Network 2: ***** Zera Contador Barramento 2 *****



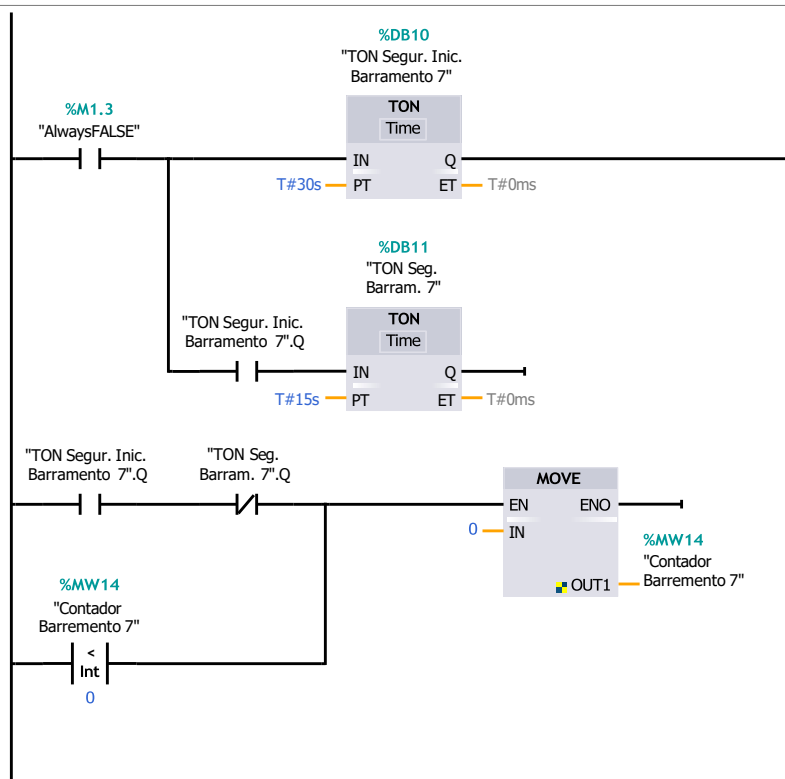
Network 3: ***** Zera Contador Barramento 3 *****



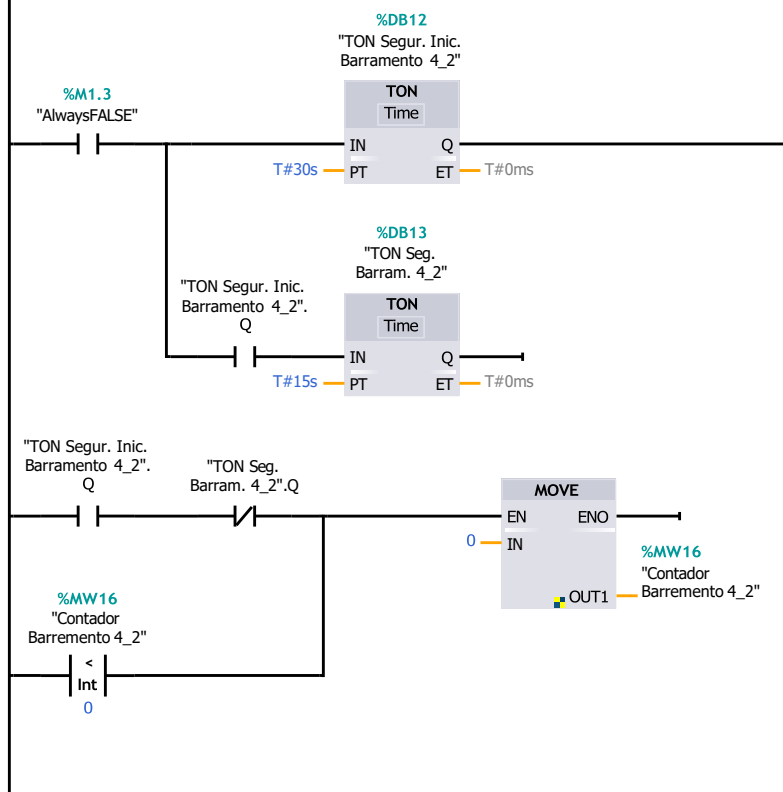
Network 4: ***** Zera Contador Barramento 6 *****



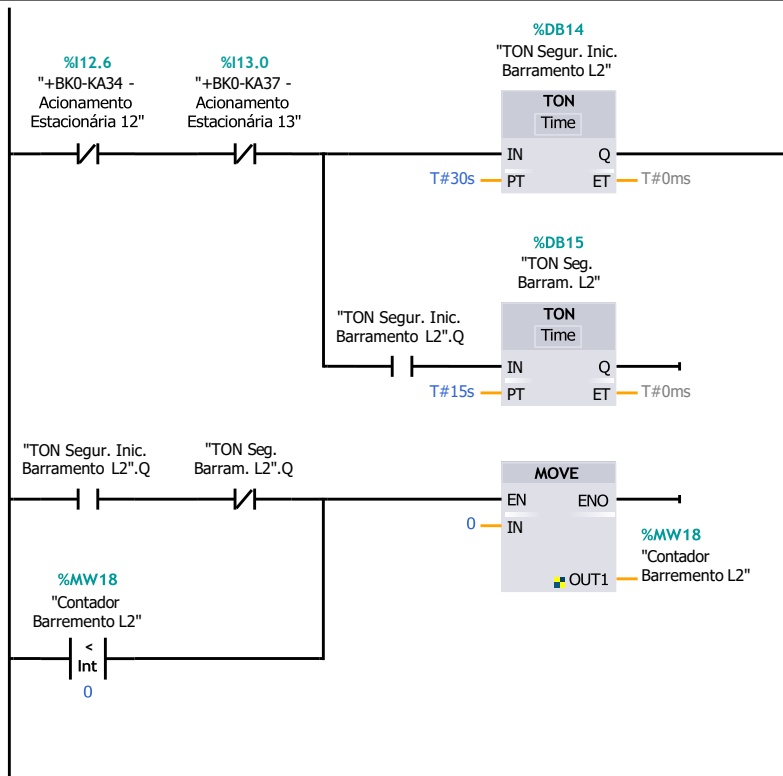
Network 5: ***** Zera Contador Barramento 7 *****



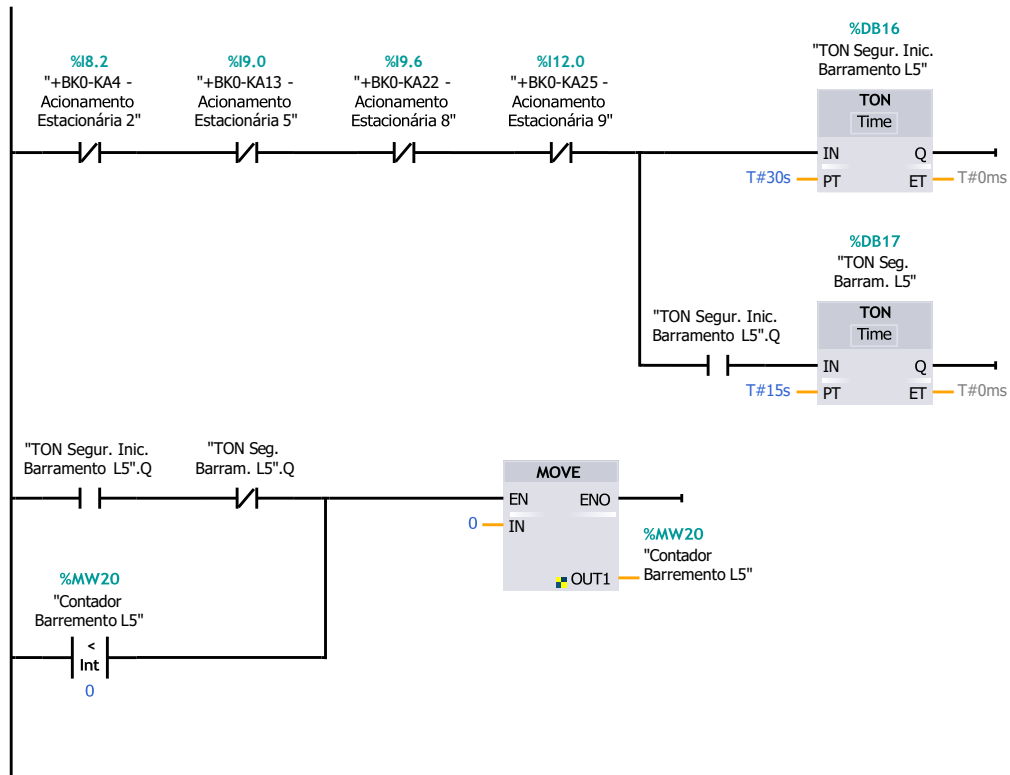
Network 6: ***** Zera Contador Barramento 4_2 *****



Network 7: ***** Zera Contador Barramento L2 *****



Network 8: ***** Zera Contador Barramento L5 *****



04 - Acionamento [FC4]

04 - Acionamento Properties

General

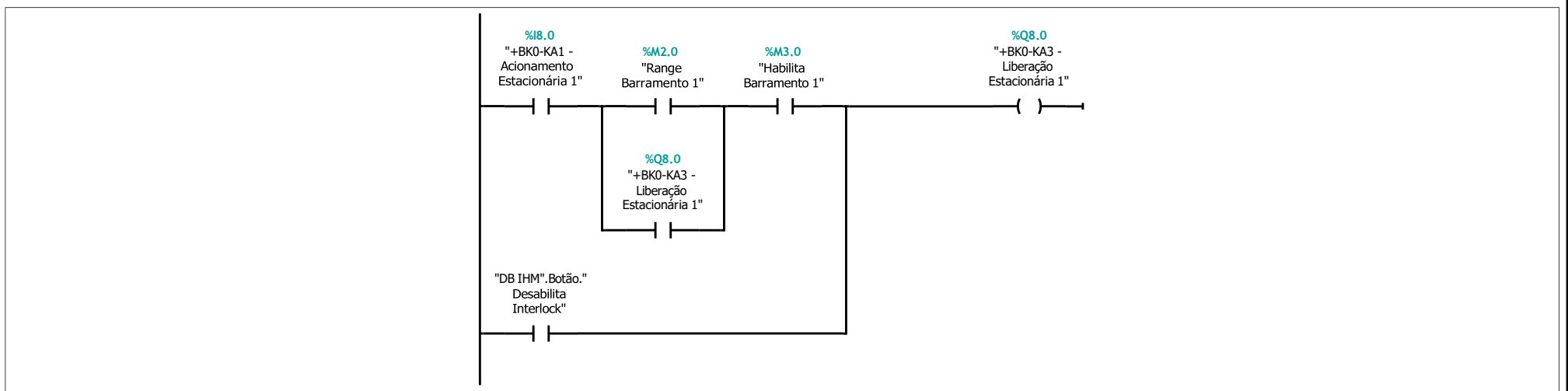
Name	04 - Acionamento	Number	4	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

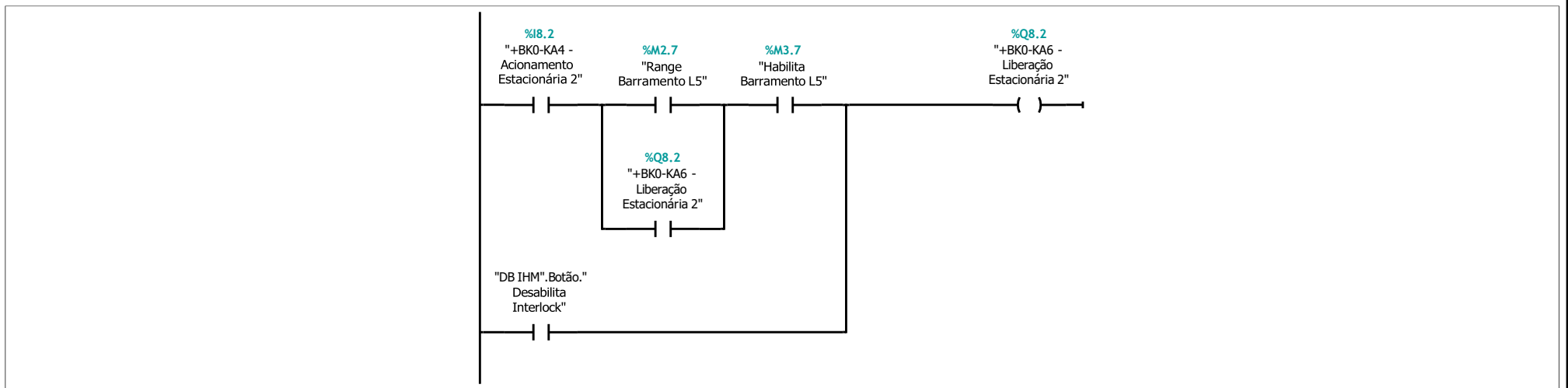
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
04 - Acionamento	Void		

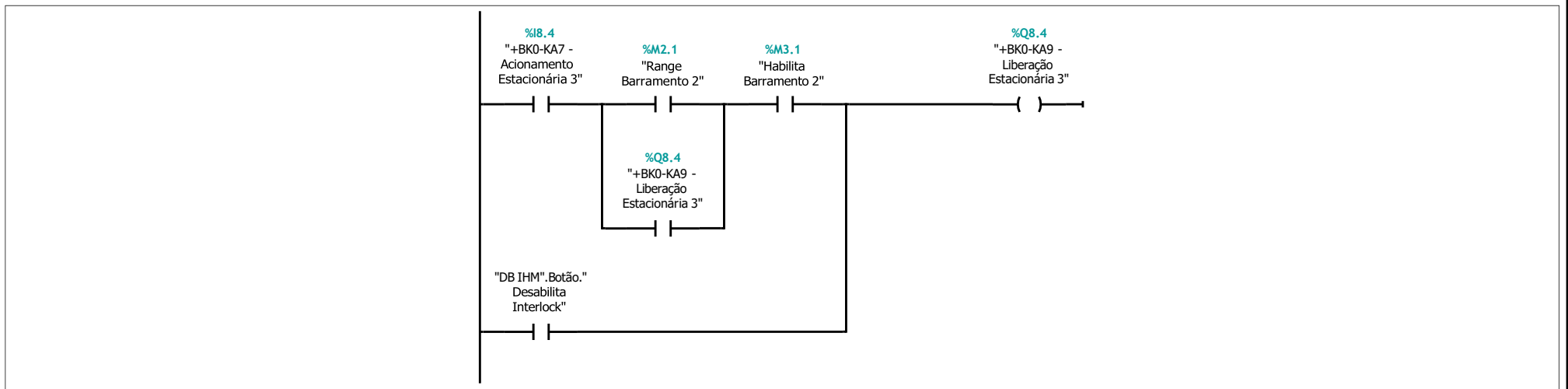
Network 1: ***** Estacionária 01 - "SP04" *****



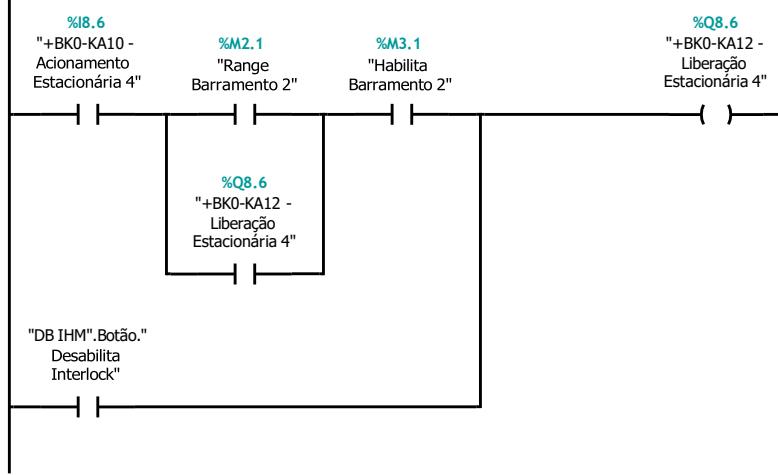
Network 2: ***** Estacionária 02 - "SP123" *****



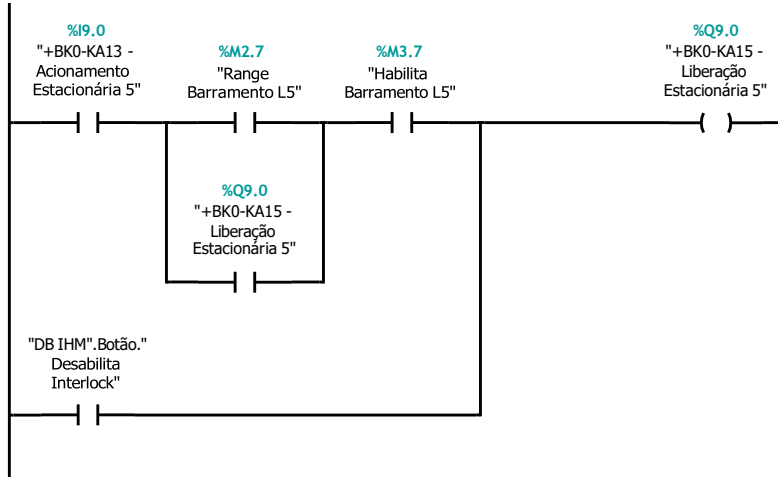
Network 3: ***** Estacionária 03 - "SP128" *****



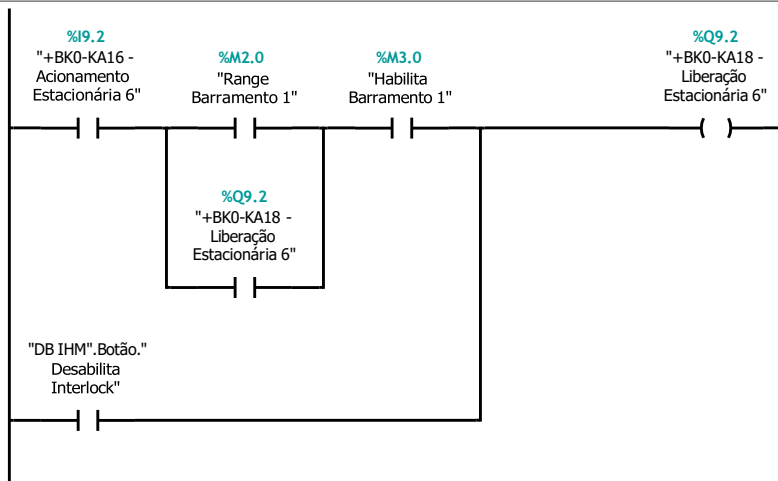
Network 4: ***** Estacionária 04 - "SP127" *****



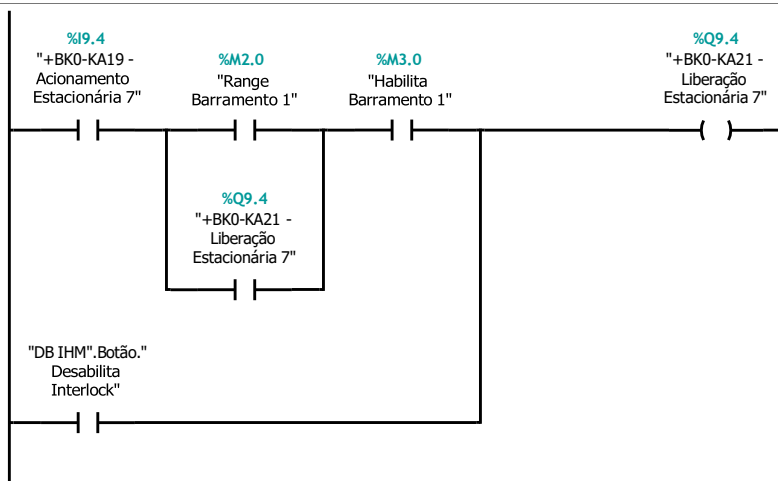
Network 5: *** Estacionária 05 - "SP129" *******



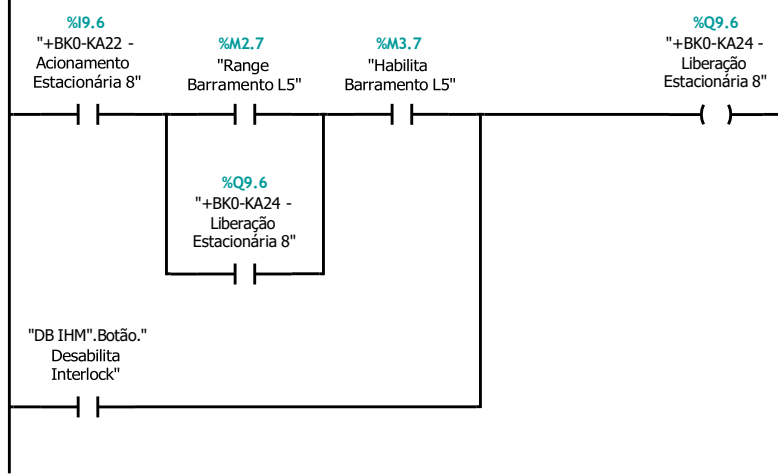
Network 6: *** Estacionária 06 - "SP06" *******



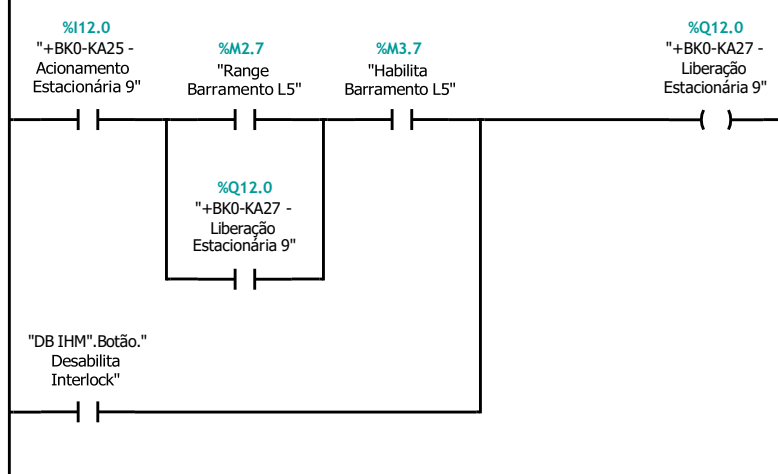
Network 7: *** Estacionária 07 - "SP24" *******



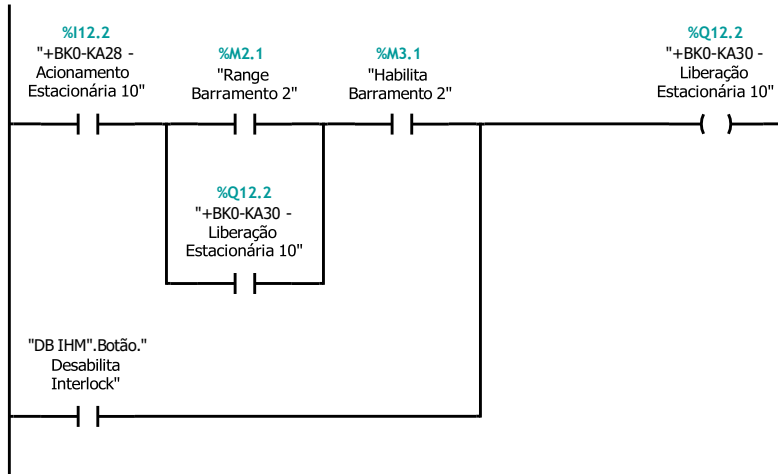
Network 8: *** Estacionária 08 - "SP125" *******



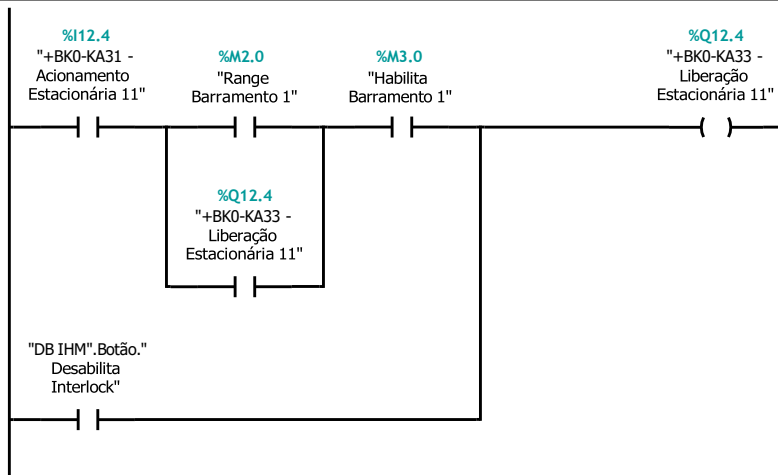
Network 9: *** Estacionária 09 - "SP126" *******



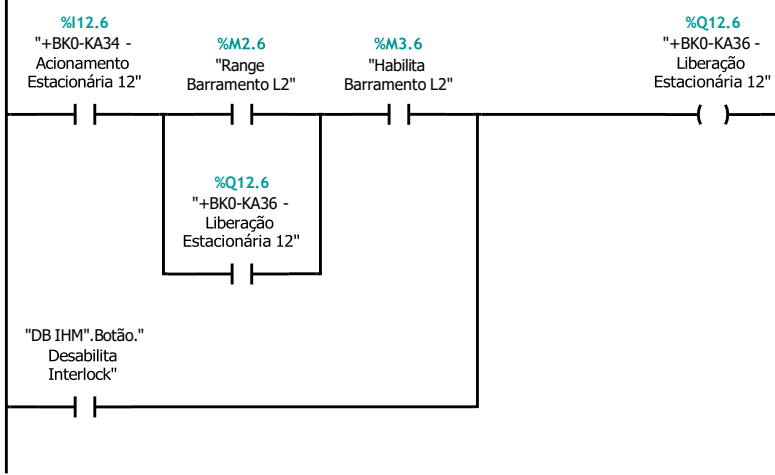
Network 10: *** Estacionária 10 - "SP124" *******



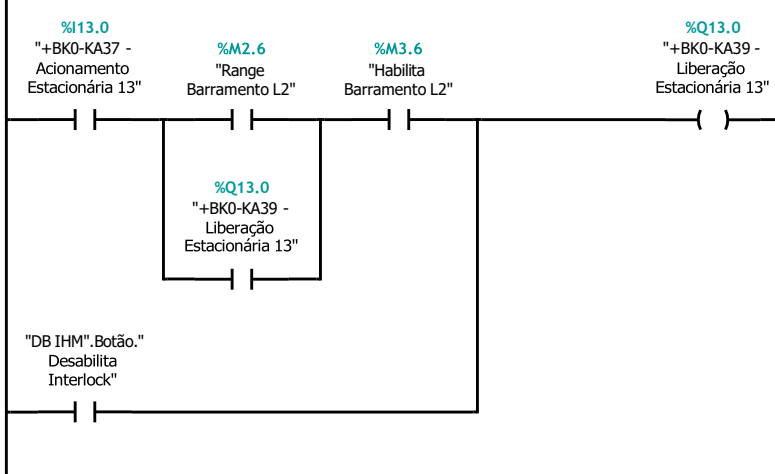
Network 11: *** Estacionária 11 - "SP26" *******



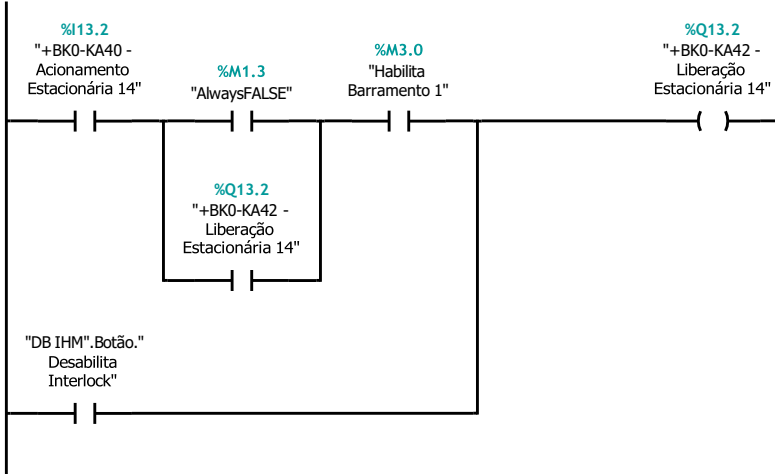
Network 12: *** Estacionária 12 - "SP27" *******



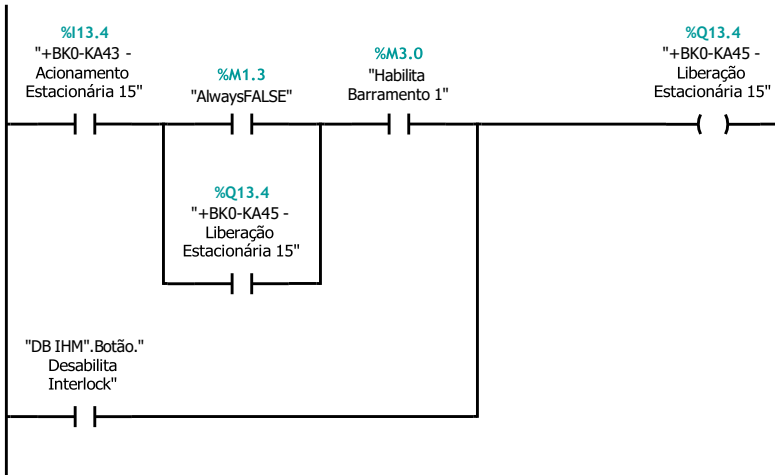
Network 13: ***** Estacionária 13 - "SP122" *****



Network 14: ***** Estacionária 14 - "SP" *****



Network 15: ***** Estacionária 15 - "SP" *****



05 - Status [FC5]

05 - Status Properties

General

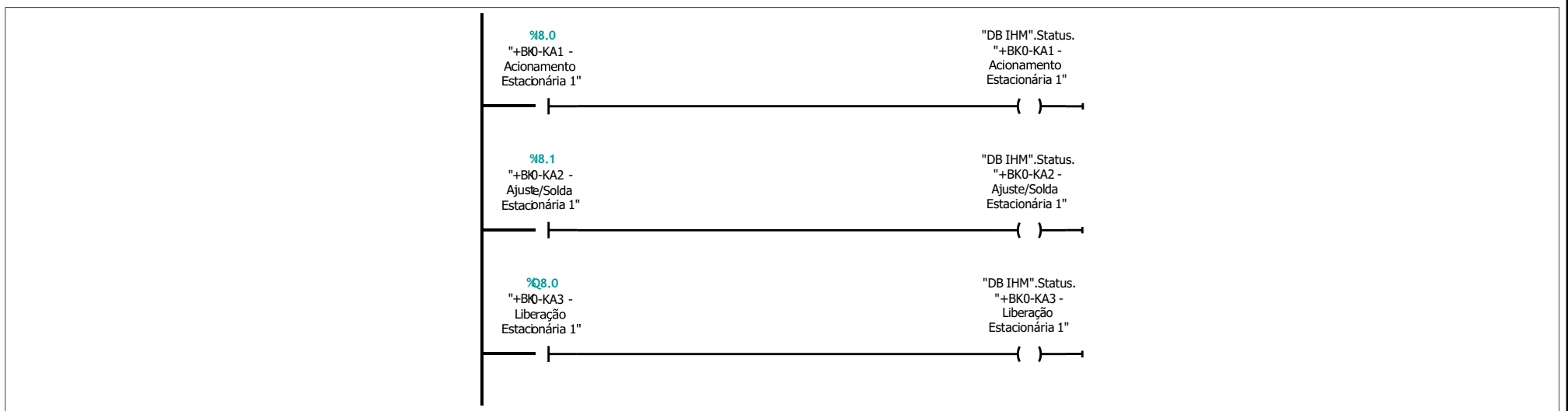
Name	05 - Status	Number	5	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
05 - Status	Void		

Network 1: ***** Status Estacionária 01 *****



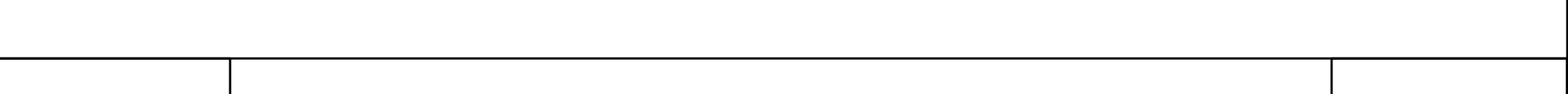
Network 2: ***** Status Estacionária 02 *****

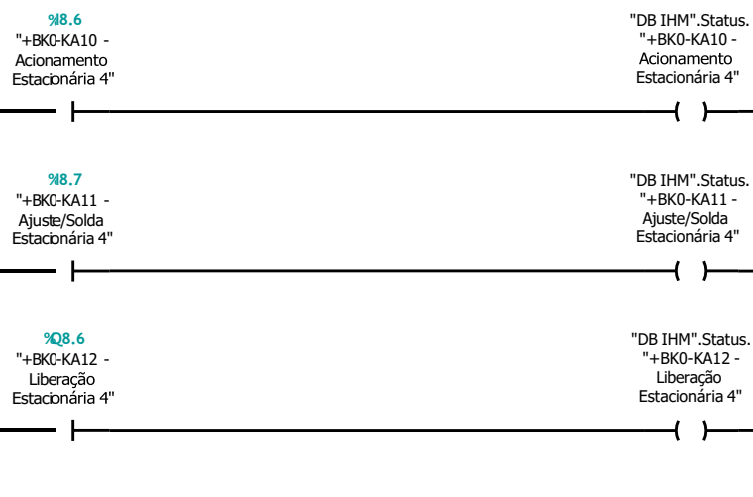


Network 3: ***** Status Estacionária 03 *****



Network 4: ***** Status Estacionária 04 *****





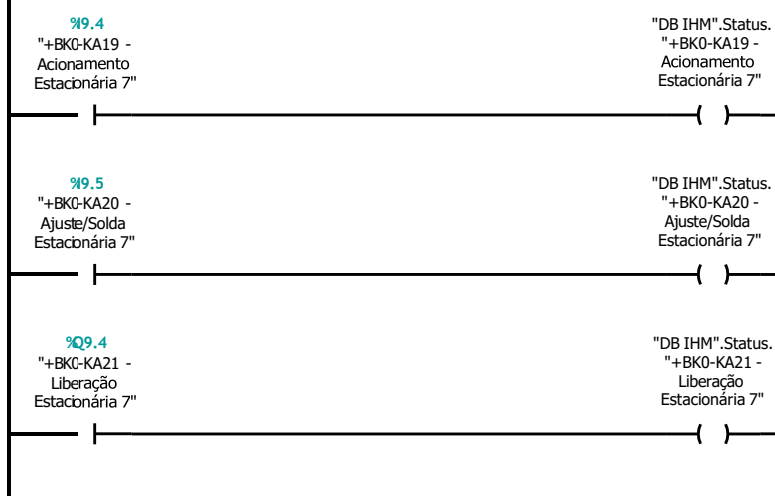
Network 5: *** Status Estacionária 05 *******



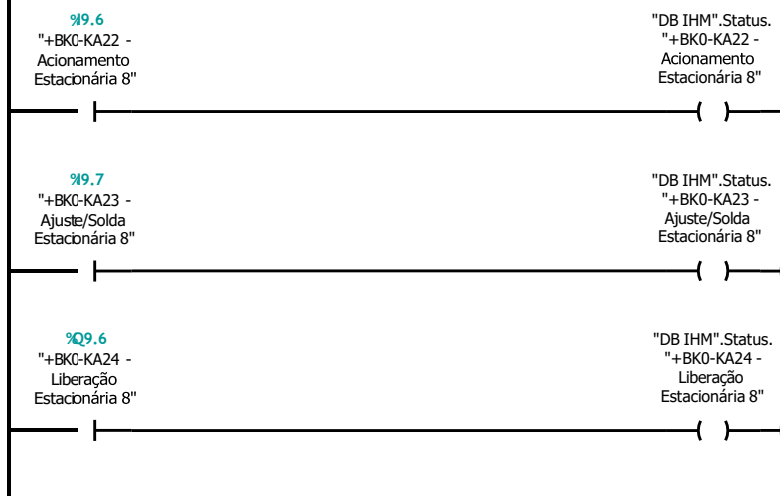
Network 6: *** Status Estacionária 06 *******



Network 7: *** Status Estacionária 07 *******



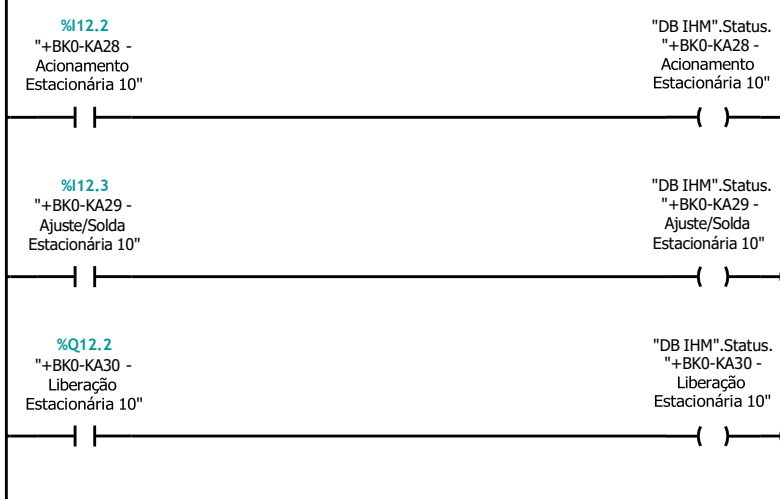
Network 8: *** Status Estacionária 08 *******



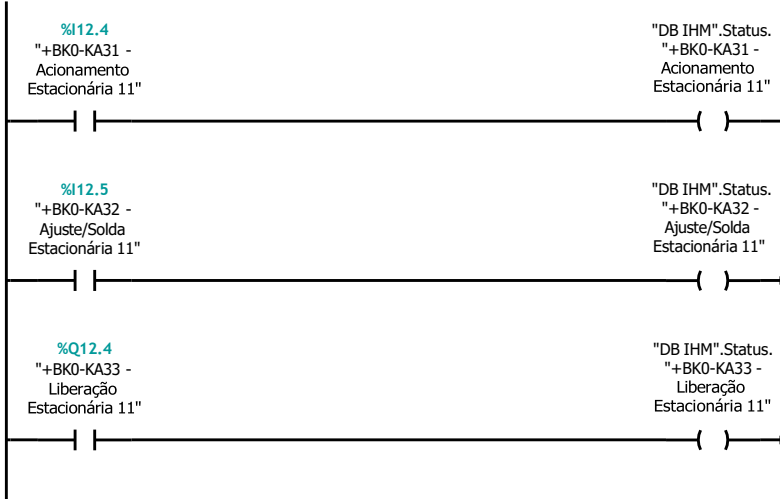
Network 9: *** Status Estacionária 09 *******



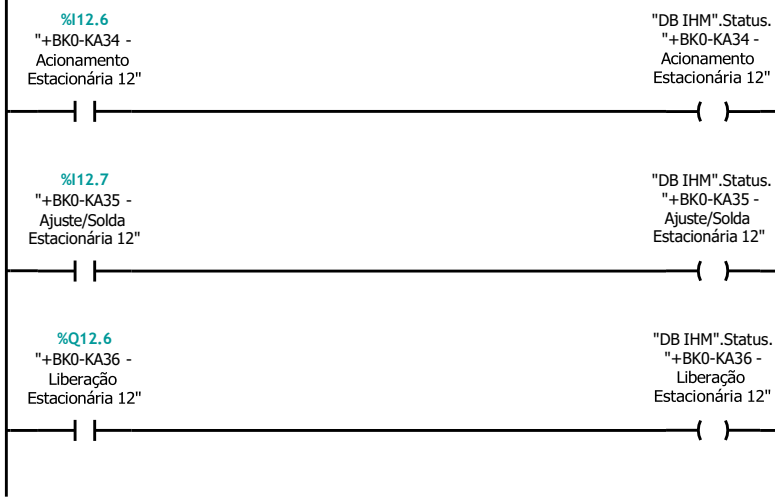
Network 10: *** Status Estacionária 10 *******



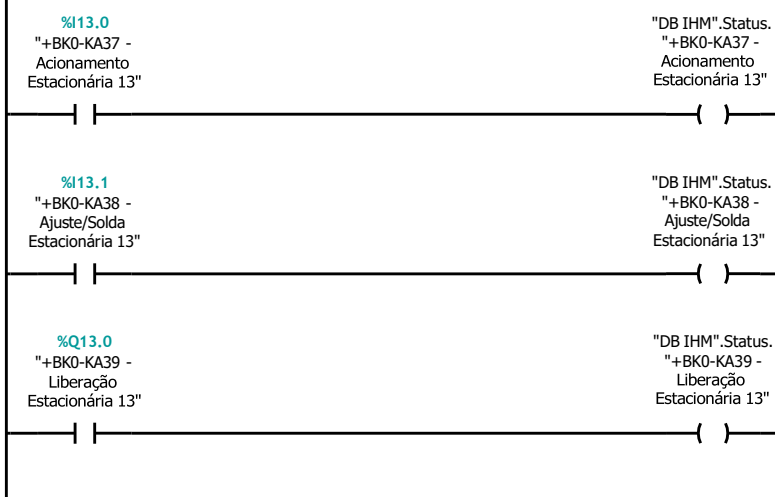
Network 11: *** Status Estacionária 11 *******



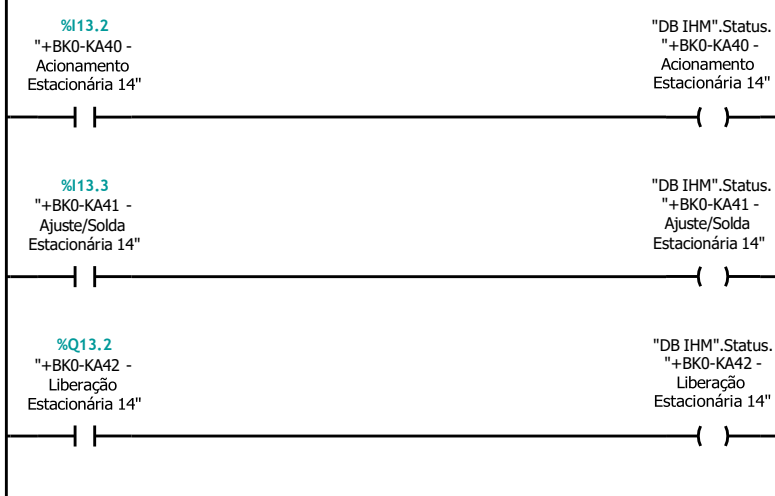
Network 12: *** Status Estacionária 12 *******



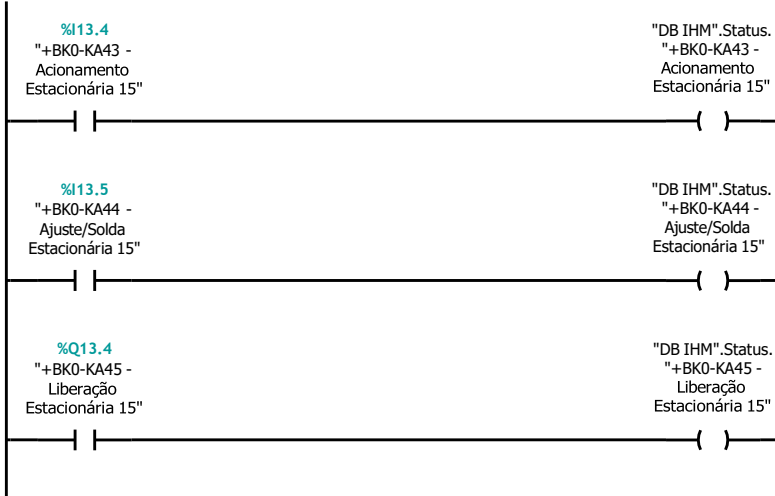
Network 13: *** Status Estacionária 13 *******



Network 14: *** Status Estacionária 14 *******



Network 15: *** Status Estacionária 15 *******



03 - Sequência [FB1]

03 - Sequência Properties

General

Name	03 - Sequência	Number	1	Type	FB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
Input									
Output									
InOut									
▼ Static									
▼ Pulso Pos.	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos.[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg.	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg.[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Pos. Barremento 1	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento 1[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		

Totally Integrated Automation Portal										
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment	
Pulso Pos. Barremento 7[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 7[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
▼ Pulso Pos. Barremento 4_2	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento 4_2[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
▼ Pulso Pos. Barremento L2	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			
Pulso Pos. Barremento L2[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False			

Totally Integrated Automation Portal									
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
Pulso Pos. Barremento L2[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L2[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L2[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L2[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Pos. Barremento L5	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Pos. Barremento L5[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg. Barremento 1	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 1[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg. Barremento 2	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		

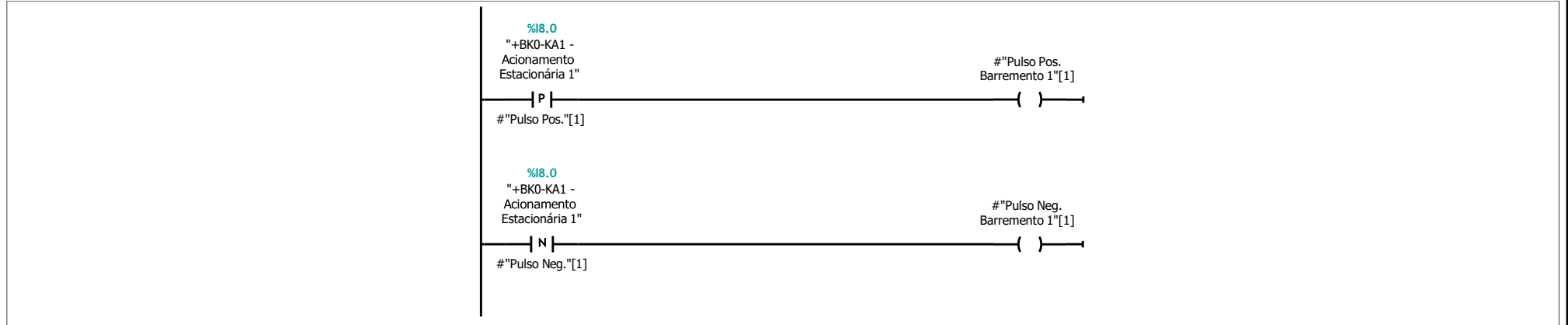
Totally Integrated Automation Portal									
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
Pulso Neg. Barremento 2[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 2[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg. Barremento 3	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 3[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg. Barremento 6	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		

Totally Integrated Automation Portal									
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
Pulso Neg. Barremento 6[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 6[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg. Barremento 7	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 7[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg. Barremento 4_2	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		

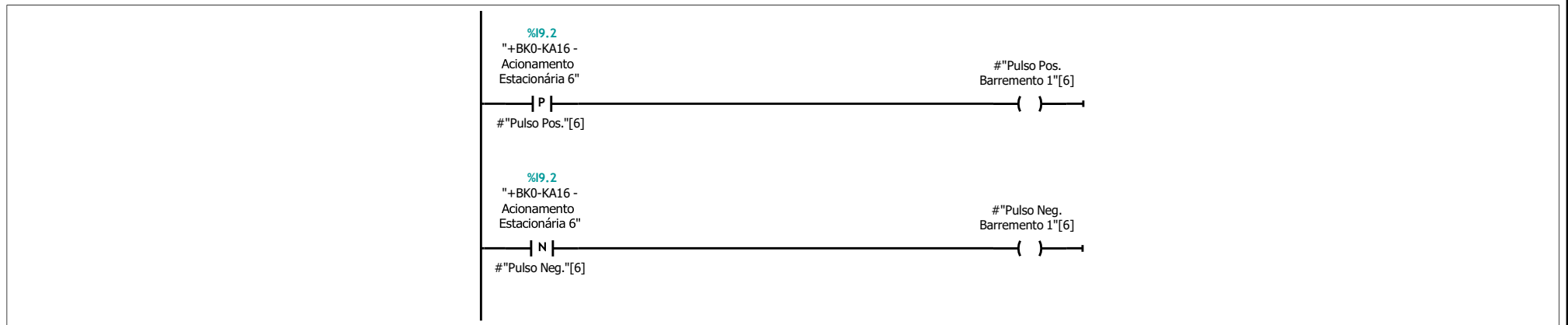
Totally Integrated Automation Portal									
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
Pulso Neg. Barremento 4_2[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento 4_2[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg. Barremento L2	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L2[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Pulso Neg. Barremento L5	Array[0..15] of Bool		Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[0]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[1]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[2]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[3]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[4]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[5]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[6]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[7]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[8]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[9]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[10]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[11]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[12]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[13]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[14]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Pulso Neg. Barremento L5[15]	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Temp									
Constant									

Network 1: *** Grupo 01 - Barramento 1 *******

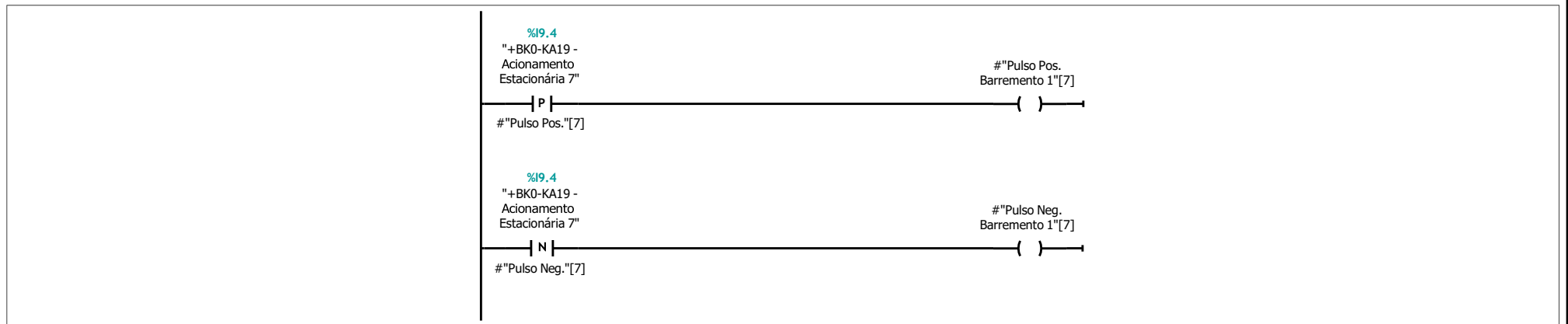
Network 2: ***** Estacionária 01 - "SP04" *****



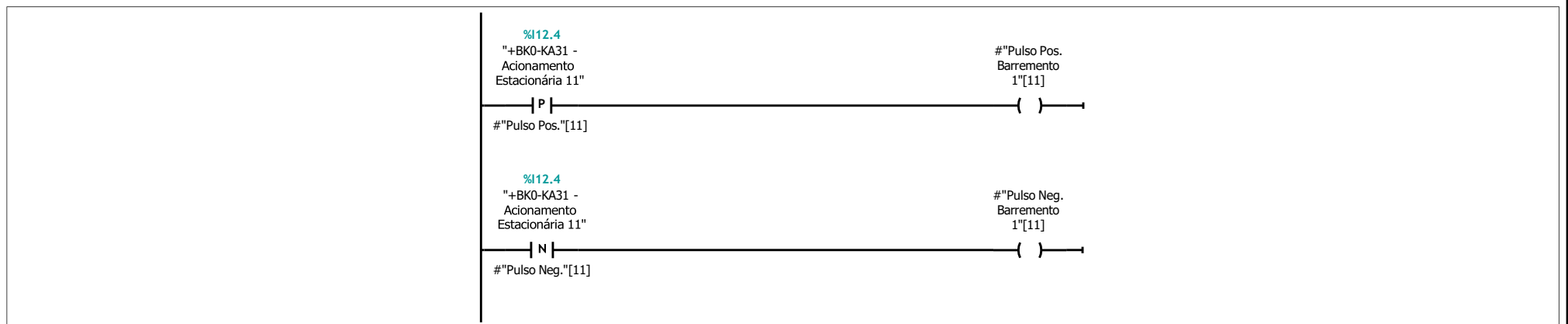
Network 3: ***** Estacionária 06 - "SP06" *****



Network 4: ***** Estacionária 07 - "SP24" *****

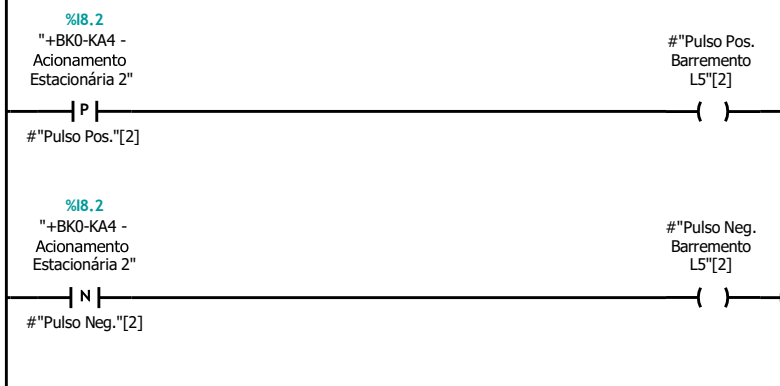


Network 5: ***** Estacionária 11 - "SP26" *****

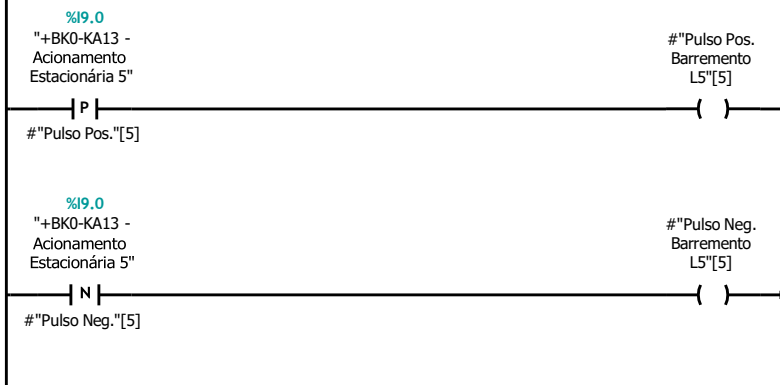


Network 6: ***** Grupo 2 - Barramento L5 *****

Network 7: ***** Estacionária 02 - "SP123" *****



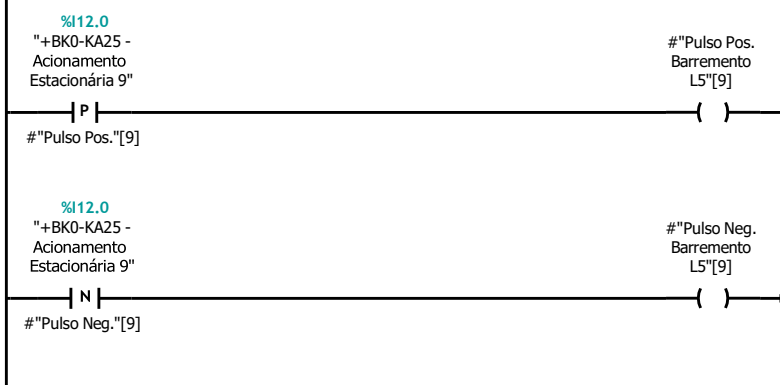
Network 8: *** Estacionária 05 - "SP129" *******



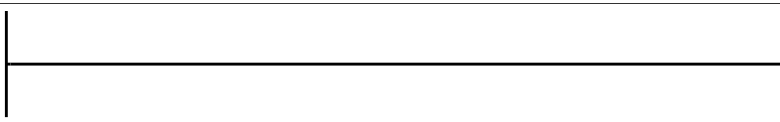
Network 9: *** Estacionária 08 - "SP125" *******



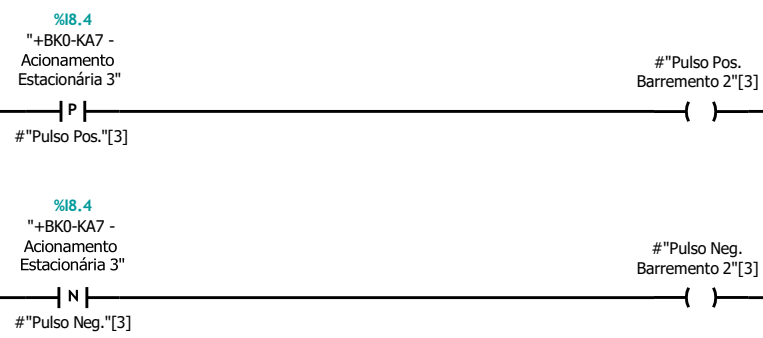
Network 10: *** Estacionária 09 - "SP126" *******



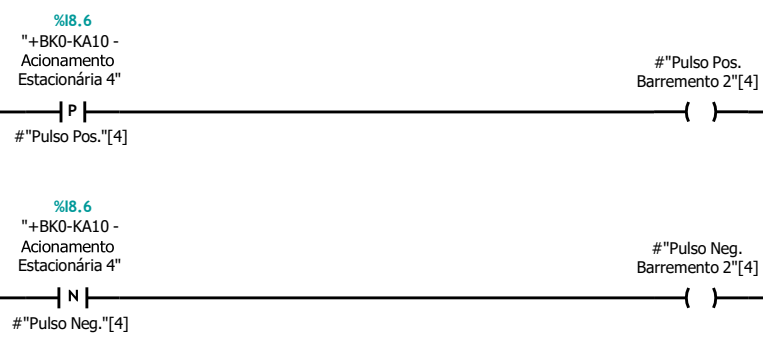
Network 11: *** Grupo 3 - Barramento 2 *******



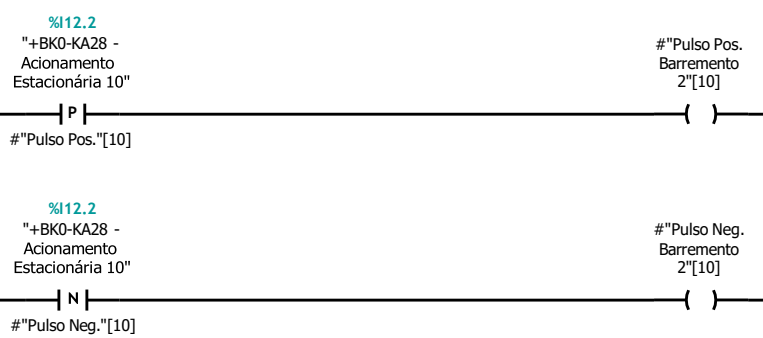
Network 12: *** Estacionária 03 - "SP128" *******



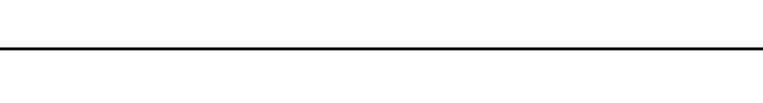
Network 13: *** Estacionária 04 - "SP127" *******



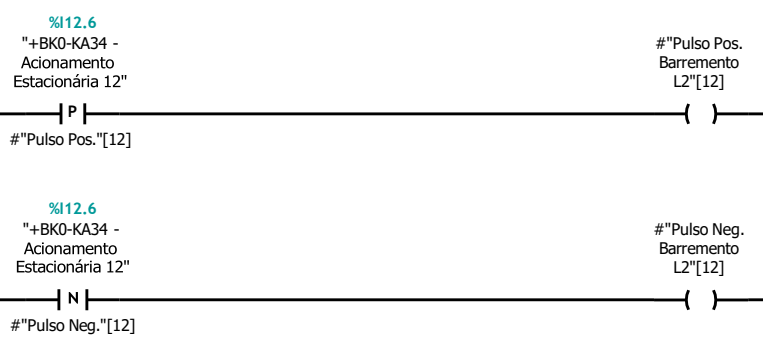
Network 14: *** Estacionária 10 - "SP124" *******



Network 15: *** Grupo 4 - Barramento L2 *******

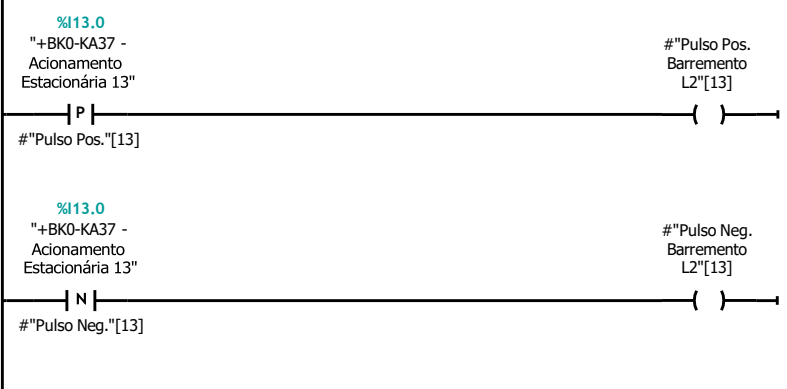


Network 16: *** Estacionária 12 - "SP27" *******

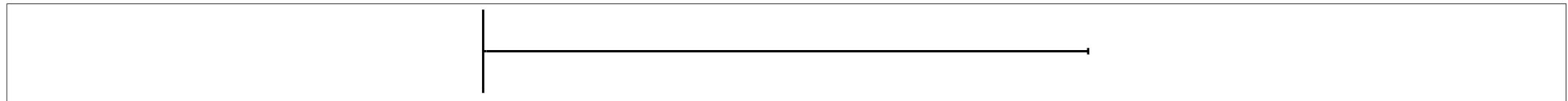


Network 17: *** Estacionária 13 - "SP122" *******





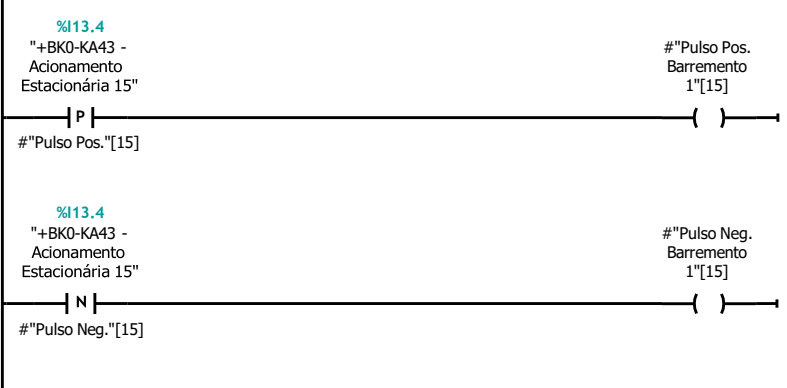
Network 18: *** Reserva *******



Network 19: *** Estacionária 14 - "SP*" *******

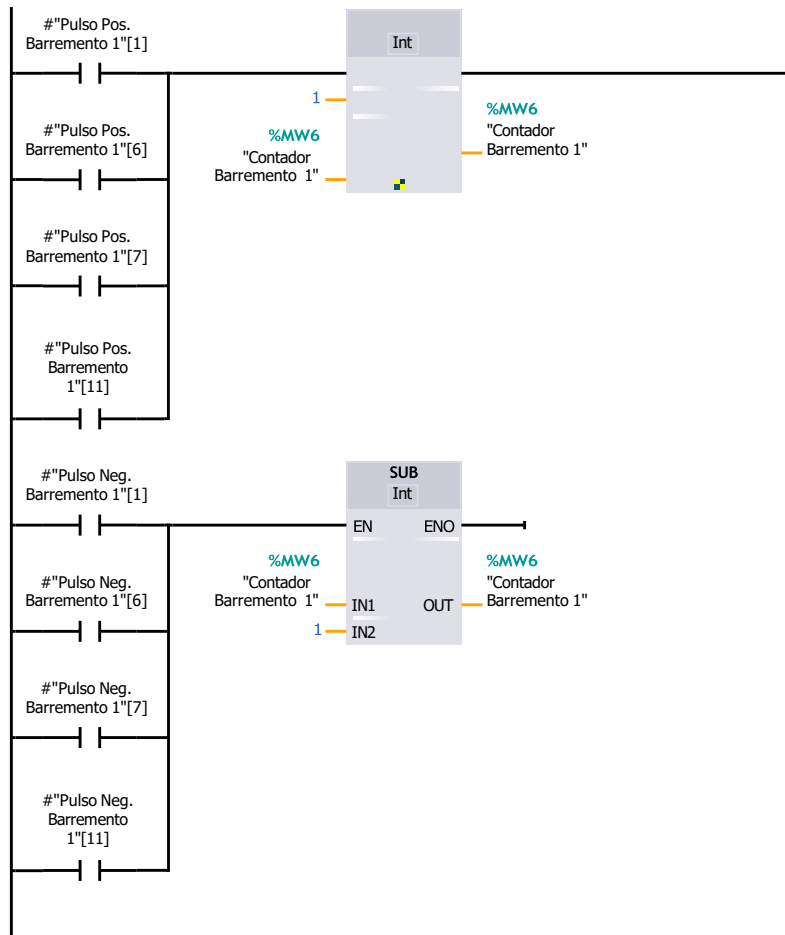


Network 20: *** Estacionária 15 - "SP*" *******

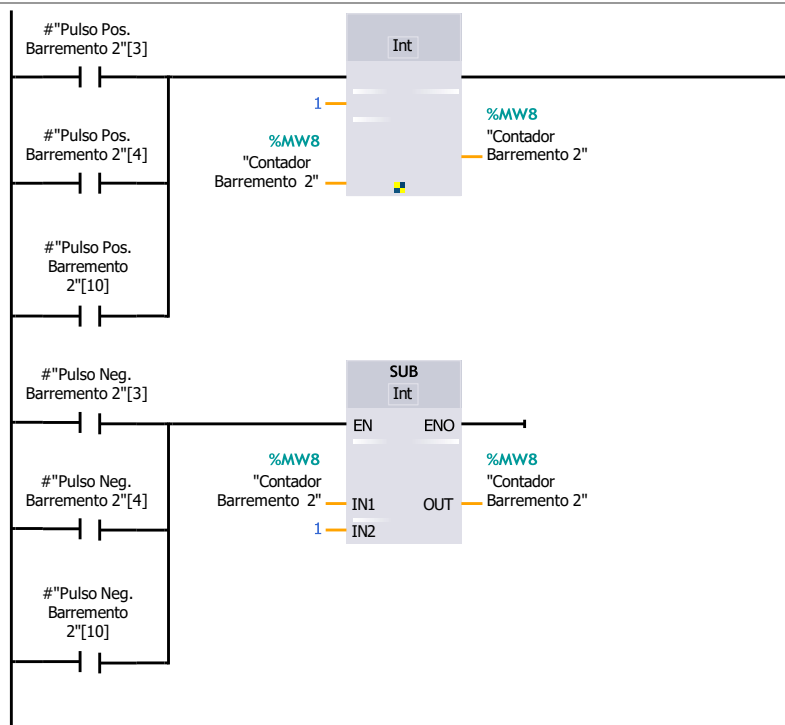


Network 21: *****

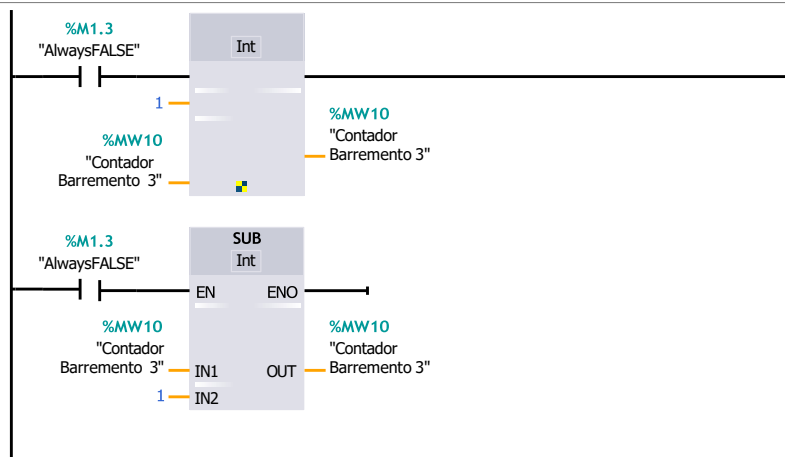
Network 22: *** Contador do Barremento 1 *******



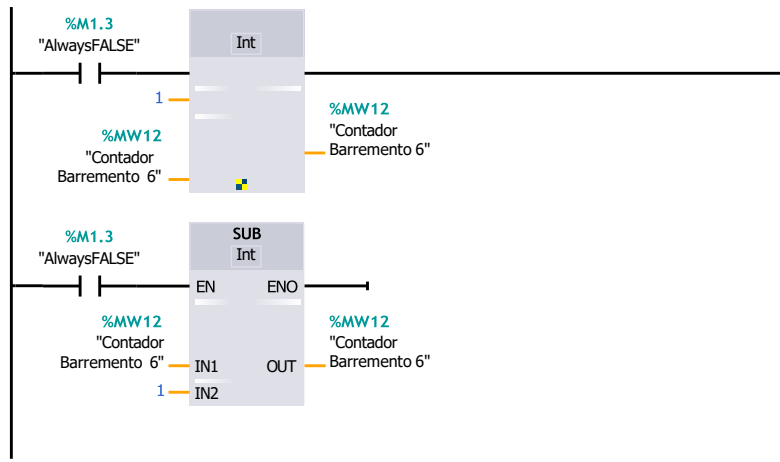
Network 23: ***** Contador do Barremto 2 *****



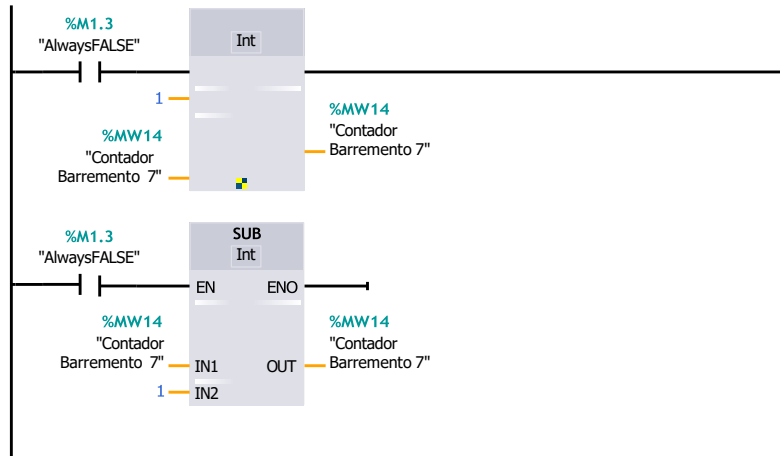
Network 24: ***** Contador do Barremto 3 *****



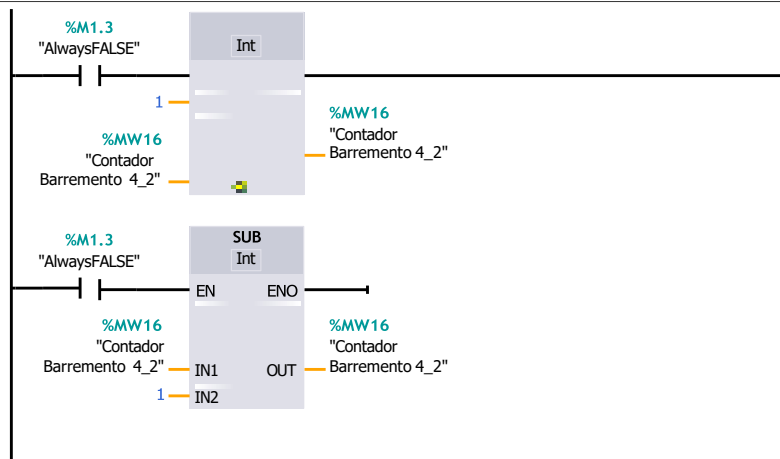
Network 25: ***** Contador do Barremto 6 *****



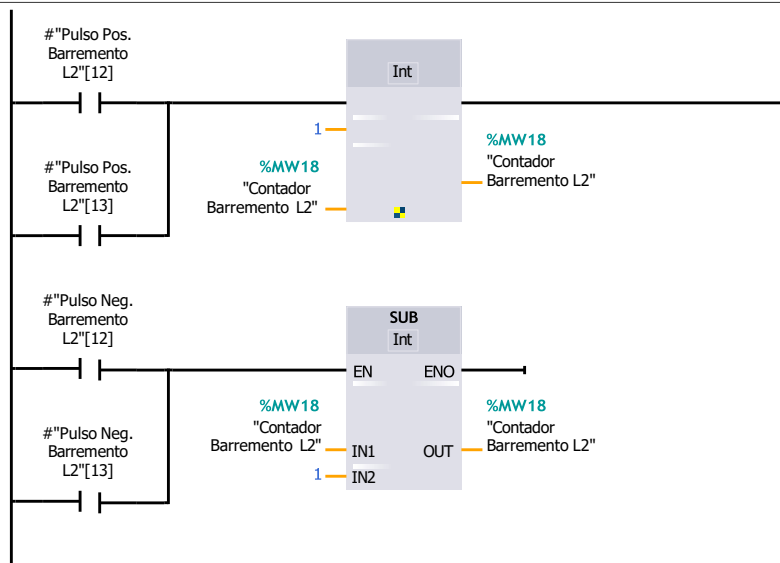
Network 26: ***** Contador do Barremento 7 *****



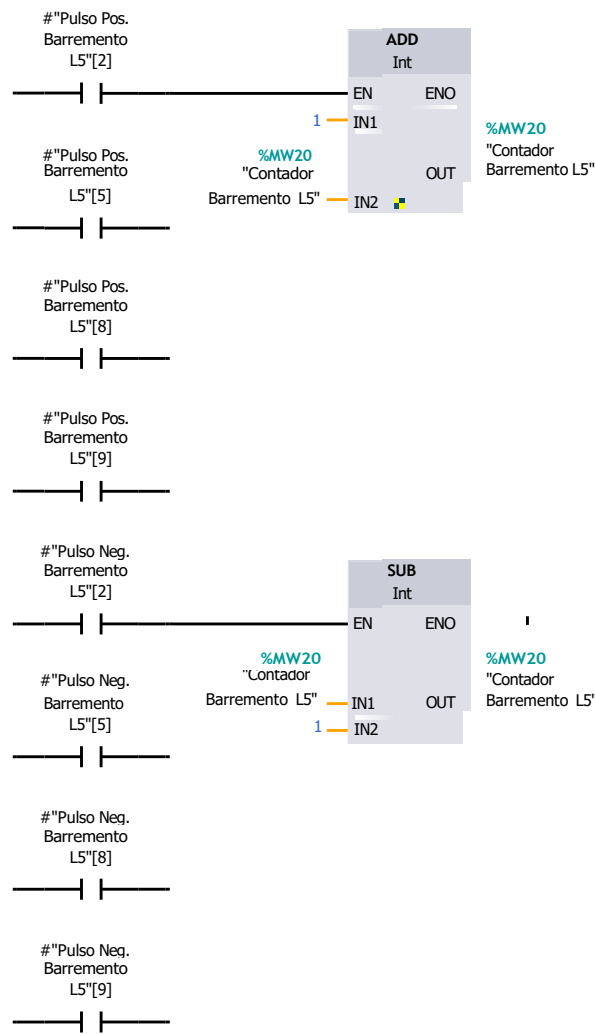
Network 27: ***** Contador do Barremento 4_2 *****



Network 28: ***** Contador do Barremeno L2 *****



Network 29: ***** Contador do Barremeno L5 *****



Network 30: *** Monitoramento Simultâneo do Barremento 1 *******

Colocar 2 - 1 Acionamento Simultâneo
 Colocar 3 - 2 Acionamento Simultâneo
 Colocar 4 - 3 Acionamento Simultâneo
 Colocar 5 - 4 Acionamento Simultâneo
 Colocar 6 - 5 Acionamento Simultâneo



Network 31: *** Monitoramento Simultâneo do Barremento 2 *******

Colocar 2 - 1 Acionamento Simultâneo
 Colocar 3 - 2 Acionamento Simultâneo
 Colocar 4 - 3 Acionamento Simultâneo
 Colocar 5 - 4 Acionamento Simultâneo
 Colocar 6 - 5 Acionamento Simultâneo



Network 32: *** Monitoramento Simultâneo do Barremento 3 *******

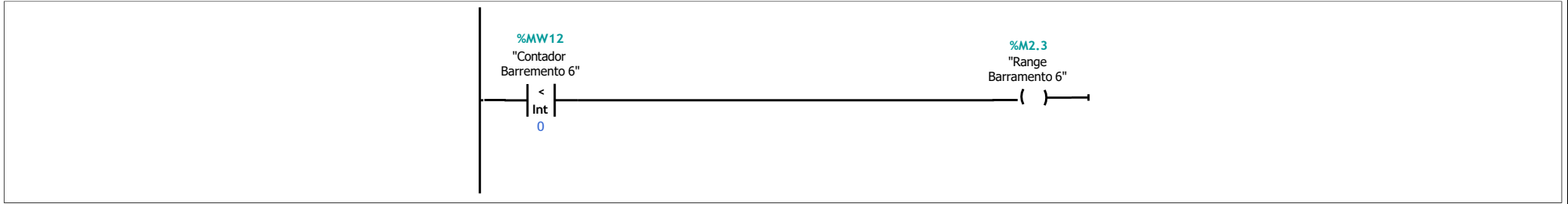
Colocar 2 - 1 Acionamento Simultâneo
 Colocar 3 - 2 Acionamento Simultâneo
 Colocar 4 - 3 Acionamento Simultâneo
 Colocar 5 - 4 Acionamento Simultâneo
 Colocar 6 - 5 Acionamento Simultâneo



Network 33: *** Monitoramento Simultâneo do Barremento 6 *******

Colocar 2 - 1 Acionamento Simultâneo
 Colocar 3 - 2 Acionamento Simultâneo

Colocar 4 - 3 Acionamento Simultâneo
Colocar 5 - 4 Acionamento Simultâneo
Colocar 6 - 5 Acionamento Simultâneo



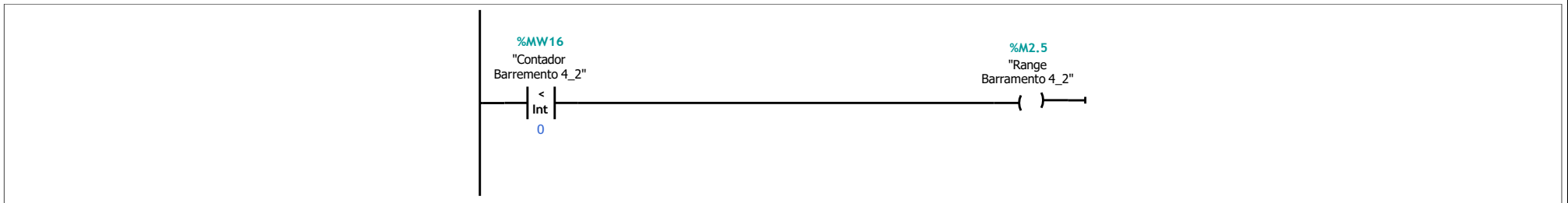
Network 34: *** Monitoramento Simultâneo do Barramento 7 *******

Colocar 2 - 1 Acionamento Simultâneo
Colocar 3 - 2 Acionamento Simultâneo
Colocar 4 - 3 Acionamento Simultâneo
Colocar 5 - 4 Acionamento Simultâneo
Colocar 6 - 5 Acionamento Simultâneo



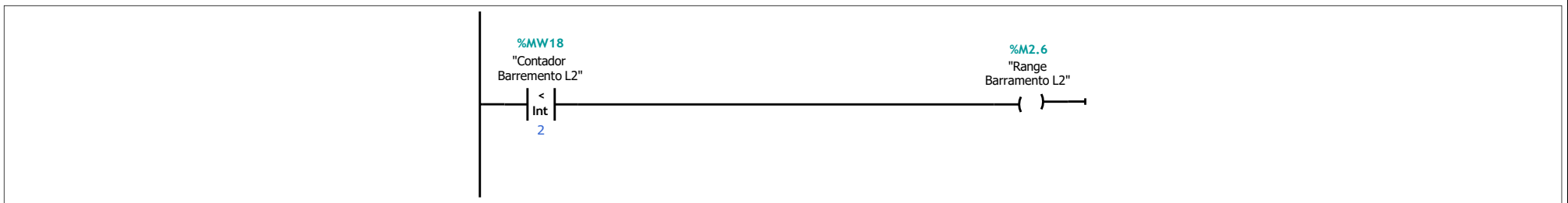
Network 35: *** Monitoramento Simultâneo do Barramento 4_2 *******

Colocar 2 - 1 Acionamento Simultâneo
Colocar 3 - 2 Acionamento Simultâneo
Colocar 4 - 3 Acionamento Simultâneo
Colocar 5 - 4 Acionamento Simultâneo
Colocar 6 - 5 Acionamento Simultâneo



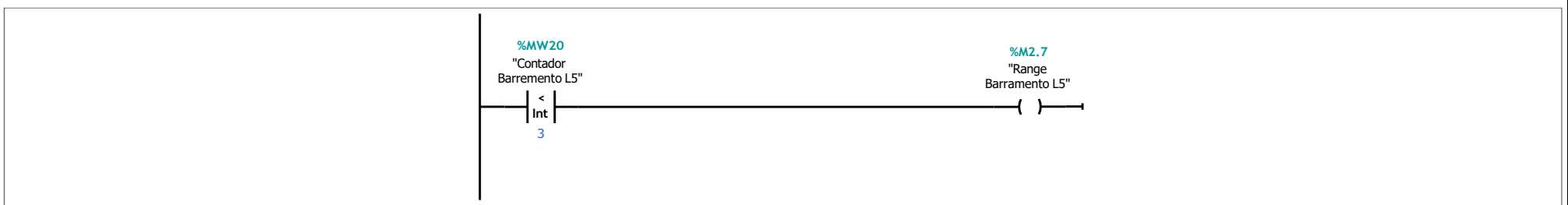
Network 36: *** Monitoramento Simultâneo do Barramento L2 *******

Colocar 2 - 1 Acionamento Simultâneo
Colocar 3 - 2 Acionamento Simultâneo
Colocar 4 - 3 Acionamento Simultâneo
Colocar 5 - 4 Acionamento Simultâneo
Colocar 6 - 5 Acionamento Simultâneo



Network 37: *** Monitoramento Simultâneo do Barramento L5 *******

Colocar 2 - 1 Acionamento Simultâneo
Colocar 3 - 2 Acionamento Simultâneo
Colocar 4 - 3 Acionamento Simultâneo
Colocar 5 - 4 Acionamento Simultâneo
Colocar 6 - 5 Acionamento Simultâneo



Network 38: *** Move Contador p/ IHM *******

