

Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Especialização em Automação Industrial

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC): Artigo Científico

IDENTIFICAÇÃO
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Especialização em Automação Industrial
Campus: Lages
Professor orientador: Rogerio da Silva
Autor(a): Camila Silveira dos Santos
Título e Subtítulo: Retrofit de Servodrives e Integração, em rede PROFIBUS DP, com CLP SIEMENS

1 INTRODUÇÃO

Em meados do século XX quando o mundo se recuperava do pós guerra, o setor industrial se viu aquecido e a demanda por novos produtos e serviços aumentou. Como consequência surgiu a necessidade de otimizar os processos, até então manuais, resultando em economia de tempo e produção em grande escala. Neste contexto, a modalidade elétrica de acionamento ganhou força, na medida em que promoviam mais segurança, precisão e eficiência (PENEDO, 2014).

Neste cenário, a ideia de se introduzir no setor industrial sistemas movidos por atuação elétrica (servomotores) dotados de circuitos elétricos de controle capazes de converter sinais de qualquer natureza em elétricos (servodrives ou servoconversores), direcionou para uma nova geração de equipamentos industriais, conhecidos hoje como servoacionamento (PENEDO, 2014). Os servoacionamentos estão presentes nos mais variados processos de fabricação exercendo tarefas de baixa à elevada complexidade.

O presente trabalho objetiva exemplificar os métodos adotados para realização do retrofit de um servodrives com integração, em rede PROFIBUS DP, com Controlador Lógico Programável (CLP) do fabricante SIEMENS. Um servodrives é um dispositivo eletrônico que faz parte de um sistema de malha fechada, produzindo corrente e tensão para girar um servomotor (KOLLMORGEN, 2020). A aplicação, objeto de estudo deste trabalho, emprega um sistema servoacionado do fabricante Lenze para movimentação de um conjunto mecânico responsável pelo posicionamento de folhas de papel para o revestimento de chapas de madeira.

Devido a descontinuidade da série de produtos Lenze, utilizada nesta aplicação, torna-se recorrente a dificuldade em adquirir peças de reposição e realizar reparos nos servodrives. Para garantir a funcionalidade e confiabilidade do sistema servoacionado, boa parte dos fabricantes disponíveis no mercado, recomendam a utilização do servodrives e servomotor de mesma manufatura. Considerando que o servomotor da aplicação não apresenta problemas, propõe-se o retrofit parcial da aplicação, substituindo o servodrives Lenze por um servodrives Kollmorgen.

O processo de retrofit proposto possibilita a redução de custos, pois, considera a utilização do servomotor Lenze existente. O software de automação desenvolvido possibilita a utilização de ambos os servodrivives, Lenze ou Kollmorgen, sem grandes alterações a nível lógico e físico, possibilitando a fácil intercambialidade entre os dispositivos. Outros benefícios como fabricação, suporte técnico e estoque de peças nacional agregando a solução proposta.

A estruturação do trabalho apresenta-se da seguinte maneira: Seção 1 (introdução): apresentação do conceito geral do trabalho; Seção 2 (revisão bibliográfica): apresentação do referencial teórico sobre CLP, redes industriais e servoacionamento; Seção 3 (desenvolvimento): exemplificação dos métodos e materiais utilizados no desenvolvimento da solução proposta; Seção 4 (discussão e resultados): são discutidos os resultados obtidos; Seção 5 (considerações finais): são apresentados as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

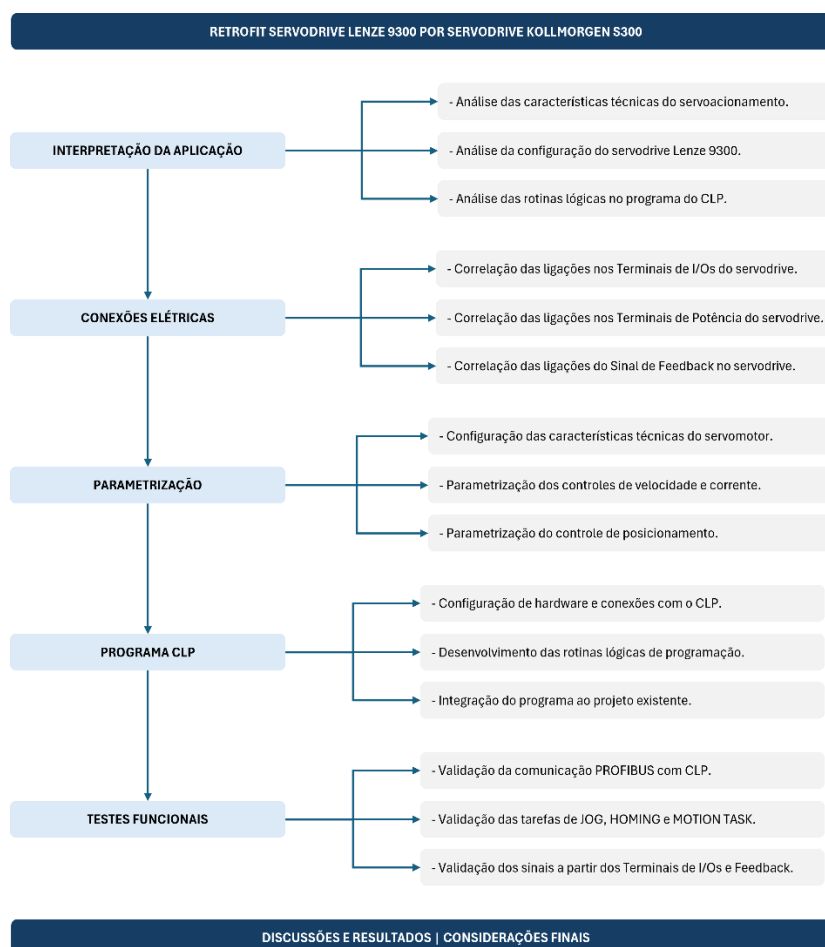
Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e objetivo explicativo, embasando-se em procedimentos documentais e estudo de caso. As técnicas de coleta e análise de dados envolveram a análise documental e a observação participante. O estudo de caso focou na compreensão e mapeamento das alterações necessárias para tornar viável a utilização de um sistema servoacionado considerando o uso de um servodrives e um servomotor de manufaturas distintas.

Para alcançar os objetivos almejados, o processo de implementação beneficiou-se da utilização de tecnologias como sistemas de controle CLP e redes industriais, PROFIBUS. A operação assistida do sistema atual, possibilitou mapear o comportamento do sistema integrado ao ciclo operacional da máquina e a coleta de

dados que facilitam a parametrização do novo dispositivo. A integração em rede possibilita uma operação confiável do acionamento, através de ferramentas de diagnóstico de falhas e apresentação de dados ao operador em um Sistema de Supervisão.

O desenvolvimento prático da solução proposta orientou-se na execução sequencial das etapas citadas no fluxograma apresentado na figura 01. Cada fase do projeto foi definida objetivando o mapeamento de todas as adequações necessárias. A execução sequencial e cronológica de cada etapa que compreende o projeto, faz com que todas as vertentes da aplicação sejam mapeadas e ajustadas para atingir um resultado satisfatório.

Figura 01. Fluxograma Etapas de Execução do Projeto



Fonte: Próprio Autor

2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O Controlador Lógico Programável (CLP), do inglês Programmable Logic Controller (PLC), é um dos dispositivos que compõem os sistemas automatizados. Sua concepção consiste na utilização de componentes eletrônicos e memória programável ou não programável que contém dados e rotinas lógicas com a finalidade de ler e executar instruções interagindo com o processo aos quais estão inseridos (PRUDENTE, 2011).

Segundo Prudente (2011), o primeiro CLP surgiu no final dos anos 1960 na indústria automobilística com a finalidade de abreviar os tempos de parada das máquinas na produção. A tecnologia até então utilizada, baseava-se na concepção de lógicas de contatos de relés eletromecânicos, a qual apesar de funcional tornava o processo inflexível.

Para realização de quaisquer modificações no processo produtivo, por exemplo, alterar a produção de um modelo de montagem do mesmo tipo de automóvel, havia a necessidade de modificações nos quadros elétricos para adequação das lógicas de contatos elétricos à relés, acarretando a suspensão do processo da atividade produtiva (PRUDENTE, 2011).

Almejando a eliminação dos problemas causados pela utilização da lógica de contatos o gerente da General Motors, Richard Morley, solicitou aos engenheiros o desenvolvimento de um dispositivo capaz de: operar em ambientes industriais com maior confiabilidade; ser fisicamente menor que os painéis a relés; possuir valor aquisitivo competitivo comparado ao sistema de relés e possuir lógica de programação similar a lógica de contatos elétricos.

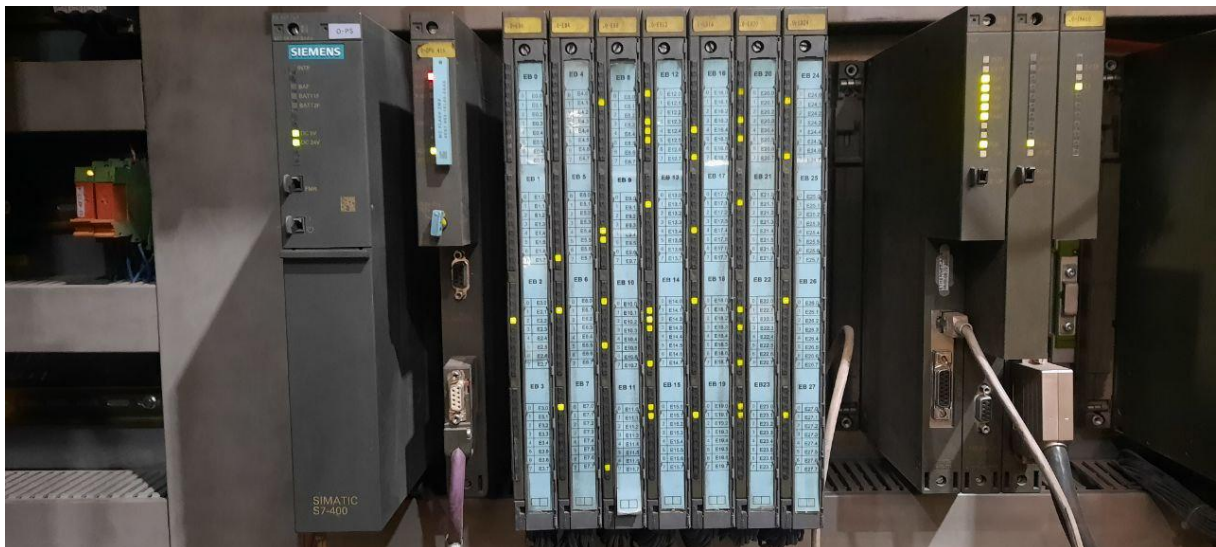
Foi neste instante que a Bedford Associates ofereceu à General Motors uma solução. Tratava-se de um produto capaz de operar com várias operações distintas, facilmente programável, dinâmico e flexível para adequar-se a mudanças de processo. Este equipamento era o Modular Digital Controller, cuja sigla é MODICON (CAPELLI, 2013).

O MODICON 084 trouxe para o mundo o primeiro CLP comercial e essa tecnologia resolveu problemas como:

- Economia na mudança de função para adequações a alterações na produção;
- Menor manutenção corretiva e preventiva;
- Redução na dimensão de painéis elétricos e por consequência da área útil necessária para comportar os sistemas de controle;
- Dentre outras.

O CLP em sua composição consiste em uma série de elementos que interagem entre si a fim de atingir um objetivo em comum: automatizar um processo a partir da aquisição de dados de entradas, provenientes de elementos sensores; execução do programa de usuário para a tomada de decisões e modificação do processo por intermédio da ação sobre elementos atuadores, por exemplo, cilindros pneumáticos.

Figura 02. CLP SIEMENS SIMATIC S7-400



Fonte: Próprio Autor

Todos esses elementos que compõem um CLP, podem ser categorizados em dois grupos: hardware e software. O hardware consiste naquilo que podemos tocar fisicamente, por exemplo, fontes de alimentação, cartões de entrada e saída, dentre outros. Entretanto para que o hardware opere é necessário um software de sistema,

desenvolvido e embarcado no hardware pelo fabricante do CLP, geralmente não acessível a qualquer pessoa e o software de usuário, desenvolvido pelo programador do CLP fazendo uso de linguagens de programação (PRUDENTE, 2011).

➤ **Hardware do CLP:**

O hardware de um CLP é constituído de três elementos principais: unidade central, unidades de entradas e saídas (I/O) e unidade de programação. A unidade central é a unidade que gerencia todas as funções de controle; a unidade de I/O refere-se ao nome das iniciais inglesas para Input (entrada) e Output (saída), digitais ou analógicas, responsáveis por criar uma “ponte” entre a unidade central e os elementos de campo; a unidade de programação representa a interface entre o homem e a máquina, permitindo a escrita do software de usuário para a memória do CLP (PRUDENTE, 2011).

Os módulos de entrada de um CLP são os elementos responsáveis por coletar e informar ao CLP variáveis pertinentes ao processo e podem ser do tipo digital ou analógico. Os sinais digitais são capazes de fornecer ao sistema somente dois estados lógicos 0 (falso) ou 1 (verdadeiro), por exemplo, chaves fim de curso. Enquanto os sinais analógicos podem fornecer ao CLP diferentes valores contidos dentro de uma escala de trabalho, por exemplo, um sensor de temperatura.

De maneira análoga os módulos de saída podem ser do tipo digital ou analógico e são os responsáveis por intervir no processo modificando o estado dos atuadores, por exemplo, motores, cilindros, dentre outros. Além dos módulos de entradas e saídas outros podem ser utilizados, por exemplo, módulos de comunicação.

➤ **Software do CLP:**

O software do CLP consiste em instruções lógicas implementadas pelo usuário do CLP com o intuito de obter um resultado de saída com base na coleta dos sinais de entrada e sequência lógica programada. Para que o CLP seja capaz de interpretar

as rotinas de programação, o código desenvolvido deve respeitar regras de semântica e sintaxe definidas pela norma IEC 61131-3.

A norma IEC 61131-3 padroniza as linguagens de programação para automação industrial. Segundo Prudente (2011), as linguagens de programação podem ser categorizadas em dois grupos distintos:

- Linguagem gráfica: diagrama Ladder (LD), diagrama de blocos funcionais (FBD) e sequenciamento gráfico de funções (SFC);
- Linguagem textual: lista de instruções (IL) e texto extruturado (ST).

Dentre os diferentes tipos de linguagens de programação existentes, por apresentarem-se ao usuário como um verdadeiro esquema elétrico ou diagrama de blocos, as linguagens gráficas são comumente empregadas em softwares de automação. Apresentando-se como um esquema elétrico funcional, o diagrama Ladder torna-se o mais utilizado devido sua facilidade de programação e interpretação.

2.2 REDES INDUSTRIAIS

Uma rede industrial pode ser definida como sendo um sistema de dispositivos eletrônicos conectados entre si com o propósito de compartilhar informações. Comparadas aos sistemas convencionais de cabeamento elétrico, as redes industriais ganham notoriedade por apresentarem vantagens como: redução de fiação, flexibilidade de configuração, possibilidade de integração com dispositivos de fabricantes distintos, diagnóstico dos dispositivos, dentre outros (MORAES; CASTRUCCI, 2006).

De acordo com o campo de aplicação as redes industriais são categorizadas em níveis hierárquicos que compõem a “Pirâmide da Automação”, conforme ilustrado na figura 03.

Figura 03. Pirâmide da Automação



Fonte: NEPIN Acessórios Industriais

O tráfego de dados entre os níveis que compõem a Pirâmide da Automação é gerenciado por um protocolo de comunicação. Um protocolo de comunicação define o conjunto de regras, procedimentos e leis que governam a troca de informações entre dois ou mais processos (MORAES; CASTRUCCI, 2006). São exemplos de protocolos de comunicação Fieldbus H1, CAN, PROFIBUS DP e PA, ControlNet HART, AS-I, dentre outros.

➤ **PROFIBUS (Process Fieldbus):**

Por se tratar de um protocolo aberto, o PROFIBUS é amplamente aplicado na indústria. Gerenciado pelas normas IEC 61158 e IEC 61784, pode ser utilizado em várias aplicações distintas (MORAES; CASTRUCCI, 2006). De acordo com a aplicação, pode-se utilizar como meio de transmissão quaisquer um dos seguintes padrões: RS 485, Manchester (similar à rede AS-I) ou fibra ótica.

O perfil da aplicação determina quais das variações do protocolo a ser empregado: PROFIBUS DP - Periferia Descentralizada (Decentralized Periphery), objeto de estudo deste trabalho, ou PROFIBUS PA - Automação de Processo (Process Automation).

O PROFIBUS DP é o perfil mais utilizado e foi concebido especialmente para a transmissão de dados entre sistemas de controle de automação e seus respectivos I/Os distribuídos ao nível de dispositivo, hierarquicamente falando, alocados nos níveis iniciais da Pirâmide da Automação (LUGLI; SANTOS, 2019). Cada elemento participante de uma rede PROFIBUS é definido como sendo um nó de rede.

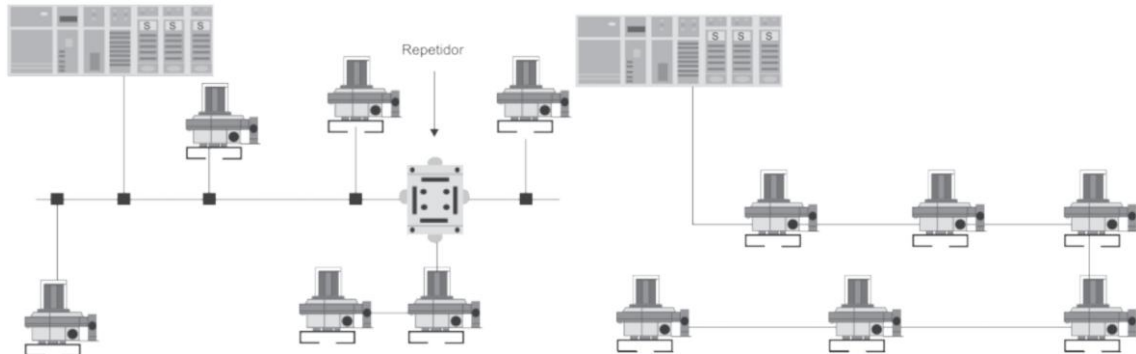
Os nós de rede são categorizados como mestres ou escravos. Os mestres são os elementos ativos em um barramento PROFIBUS e podem enviar mensagens sem uma requisição externa sempre que possuem direito de acesso ao barramento. Os escravos, por sua vez, referem-se aos elementos periféricos e não tem direito de acesso ao barramento e só podem transmitir mensagens ao mestre ou reconhecer mensagens recebidas quando este for solicitado (LUGLI; SANTOS, 2019).

Em sua concepção o PROFIBUS DP distingue três tipos de dispositivos:

- **Mestre DP Classe 1 (DPM1):** estão compreendidos nesta classe os controladores que trocam informações com dispositivos de I/Os distribuídos denominados escravos DP;
- **Mestre DP Classe 2 (DPM2):** classe composta por equipamentos de configuração, monitoração ou ferramentas de engenharia utilizadas para a configuração da rede ou parametrizar escravos DP;
- **Escravo DP:** dispositivo periférico que interliga diretamente os sinais de I/O ao mestre Classe 1. Como exemplo, podemos citar, módulos de entrada e saída, drivers, válvulas, painéis de operação, dentre outros.

A camada física do PROFIBUS DP baseia-se no padrão EIA RS 485 (*Electronic Industries Association*), topologia barramento e fazendo uso de um par trançado blindado como meio físico de transmissão. As topologias de rede permitidas para o protocolo PROFIBUS DP, são ilustradas na figura 04.

Figura 04. PROFIBUS DP Topologias Permitidas - Barramento | Ponto a Ponto



Fonte: Lugli e Santos

Segundo Lugli e Santos (2019), esse padrão permite a declaração de no máximo 32 elementos por segmento de rede. São permitidos até quatro segmentos de rede, totalizando, assim, um máximo de 126 estações composta por um mestre Classe 1 e 125 escravos na rede PROFIBUS DP. Cada elemento deve possuir um endereço que o identifique na rede, este deve ser único e exclusivo por estação e pode ser definido através de softwares ou chaves DIP switches, dependendo do fabricante.

Cada dispositivo PROFIBUS possui particularidades em suas características, por exemplo, taxa de transmissão e tempo de resposta. Essa singularidade varia entre tipos de fabricantes e componentes. Apesar destas características serem documentadas em manuais e folhas de dados técnicos, visando facilitar a configuração de dispositivos PROFIBUS, desenvolveu-se uma espécie de datasheet eletrônico do equipamento, denominado GSD (do inglês General Station Description).

O arquivo GSD de um dispositivo, normalmente, encontra-se disponível para download no site do fabricante e é utilizado na configuração de hardware do projeto de automação. Este arquivo descreve o equipamento e contém em detalhes os dados de entrada e saída, seus formatos, taxas de comunicação suportadas, versões de hardware e firmware, dentre outros (LUGLI; SANTOS, 2019).

2.3 SERVOACIONAMENTO

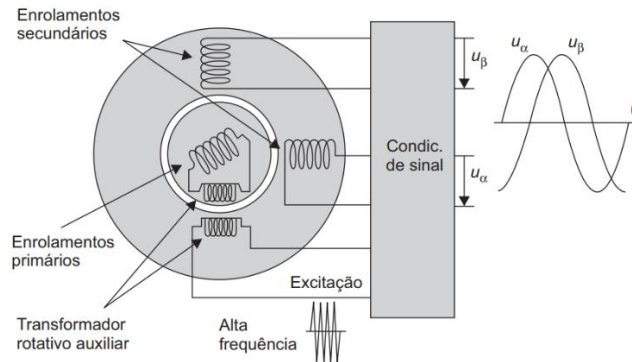
Denomina-se servoacionamento um sistema composto por um servomotor e um servodrive. Sua aplicabilidade na indústria engloba diferentes processos de fabricação nos quais há a necessidade de realizar movimentações repetitivas com alto desempenho e um controle preciso de conjugado, velocidade e posição. Em um sistema servoacionado, o servomotor é a parte do sistema responsável por realizar a movimentação efetiva de um conjunto mecânico, enquanto, o servodrive compreende a parte integrante do sistema responsável por comandar o servomotor com base em parâmetros de referência.

➤ **Servomotor:**

O servomotor é um componente eletromecânico similar a outras máquinas rotativas síncronas. Composto o servomotor temos uma parte estacionária (estator) composta por uma bobina ao redor do núcleo capaz de proporcionar a força necessária para girar o rotor. O rotor refere-se a um eixo rotativo móvel que possui em sua forma construtiva ímãs permanentes que interagem com o estator, produzindo movimento.

Além destes, o servomotor contém em sua arquitetura um elemento sensor responsável pelo feedback de velocidade e posição atuais do servomotor, um encoder ou resolver são exemplos de elementos sensores (PENEDO, 2014). A funcionalidade primária de um resolver é mensurar graus de rotação. Em sua forma construtiva assemelha-se a uma pequena máquina rotativa contendo um estator e um rotor (PENEDO, 2014). A figura 05 ilustra os elementos e a forma construtiva que compõem um resolver.

Figura 05. Resolver

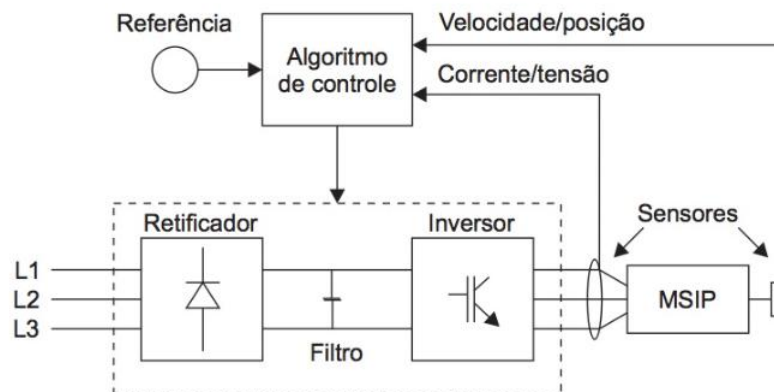


Fonte: Penedo

➤ Servodrive:

Compreende o elemento do conjunto servoacionamento responsável por controlar o servomotor fornecendo tensão, corrente e frequência para que ele possa atingir a velocidade ou posição almejada. Um servodrive é constituído por uma série de unidades de controle internas, cada uma delas responsável por exercer uma função específica. Dentre estas temos, um bloco microcontrolador, memórias e blocos de entrada e saída de dados (FILIPPO FILHO, 2014). Este sistema é complementado por uma unidade de potência PWM, ilustrada na figura 06.

Figura 06. Estágio de Potência PWM de um Servodrive



Fonte: Filippo Filho

O servodrives opera no sistema de controle em malha fechada, ou seja, a cada ciclo de movimento o valor de referência, por exemplo, posição ou velocidade é comparado com o valor de feedback recebido a partir do servomotor. Com base no erro calculado os circuitos de controle e potência do servodrives regulam as grandezas elétricas providas ao servomotor objetivando minimizar a diferença entre o valor de referência e o valor atual. De acordo com a Mitsubishi Electric Brasil (2021), existem três variações de controle que podem ser implementadas:

- Controle de posição: realiza o deslocamento do conjunto mecânico partindo de um ponto de origem (posição atual – feedback) até um ponto de destino (referência – setpoint). A trajetória de deslocamento é constantemente controlada, garantindo que o movimento ocorra dentro dos parâmetros de tempo e posição determinados;
- Controle de velocidade: realiza o movimento de forma contínua e com velocidade controlada. Garantindo o mínimo de variação e compensando possíveis flutuações de carga ou forças externas;
- Controle de Torque: gera torque suficiente no motor objetivando fornecer uma força constante e controlada na carga.

Classificação quanto aos tipos de posicionamento, segundo Mitsubishi Electric Brasil (2021):

- Posicionamento simples: O movimento ocorre do ponto A até o ponto B com base em parâmetros pré-estabelecidos: distância, velocidade, rampas de aceleração e desaceleração;
- Interpolação de eixos: O movimento de dois ou mais eixos é realizado simultaneamente almejando a posição alvo e respeitando o perfil de movimento configurado, por exemplo, linear ou circular;
- Sincronismo: Neste caso um eixo (escravo) desloca-se simultaneamente seguindo as referências de um eixo mestre o qual pode controlar mais de um eixo escravo;

- **Came eletrônico:** refere-se também a um tipo de sincronismo, porém, o deslocamento é baseado na curva de um came mecânico seguindo a velocidade e deslocamento do eixo mestre para determinar o movimento do eixo seguidor.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 SOFTWARES UTILIZADOS

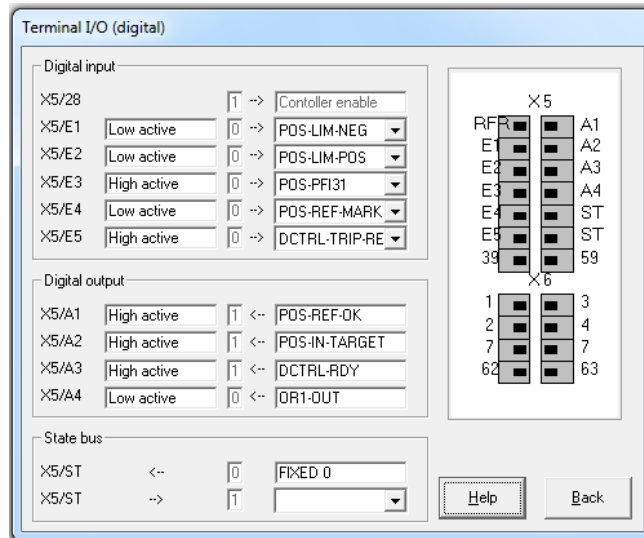
O desenvolvimento do projeto proposto suportou-se na utilização de softwares de programação necessários para realização da configuração, integração e testes funcionais dos dispositivos envolvidos neste processo. Neste tópico, são abordadas as principais ferramentas de automação utilizadas, sendo: Global Drive Control (GDC) do fabricante Lenze; Drive Graphical User Interface (DriveGUI) do fabricante Kollmorgen; SIMATIC Manager STEP 7 do fabricante SIEMENS.

➤ **Global Drive Control (GDC):**

O GDC é uma ferramenta de fácil compreensão e claramente estruturada para operar, parametrizar e diagnosticar tarefas de acionamento das famílias de servodrives do fabricante Lenze. Dentre as diversas funcionalidades disponibilizadas pelo software, destaco, alguns recursos que foram mais relevantes no processo de entendimento funcional da aplicação atual.

- **Terminal Assignment** (em tradução livre, atribuição de terminal): utilizado para configuração do terminal de I/Os (Input / Output) digital e analógico do servodrive;

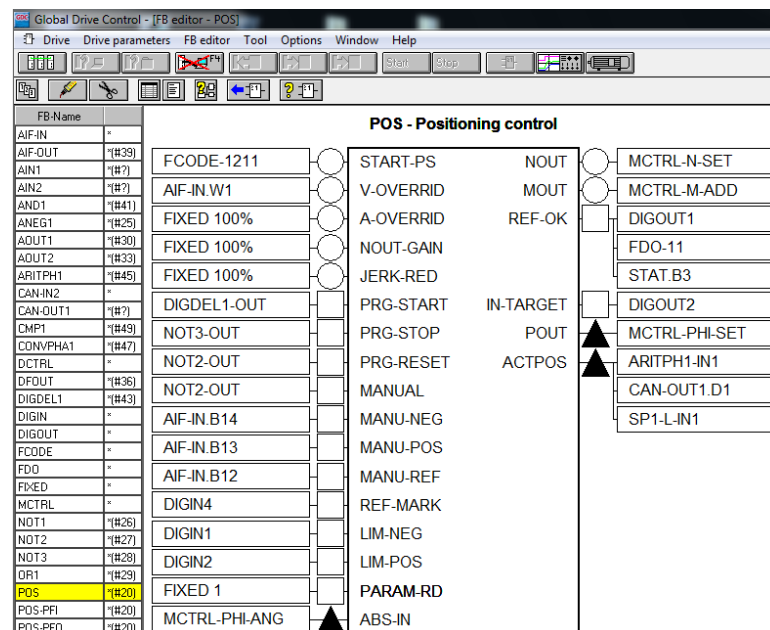
Figura 07. Software GDC – Terminal Assignment



Fonte: Próprio Autor

- **Function Block FB Editor** (em tradução livre, edição de blocos de função): ferramenta utilizada para atribuição, diagnóstico e análise de configurações de sinais em controladores Lenze, por exemplo, tarefas de posicionamento.

Figura 08. Software GDC – Function Block FB Editor



Fonte: Próprio Autor

- **Monitor Window** (em tradução livre, janela do monitor): ferramenta de diagnóstico, utilizada em modo online, para visualização de valores do controlador mensurados ciclicamente, por exemplo, referências e feedback de posição, corrente e temperatura de operação do servomotor, dentre outros.

➤ **Drive Graphical User Interface (DriveGUI):**

O DriveGUI é um software de configuração utilizado para programar e diagnosticar servodrives da família SERVOSTAR S300/S700 do fabricante Kollmorgen. Por intermédio da interface gráfica, a interação com o usuário é realizada de forma intuitiva. A disposição dos parâmetros por grupos permite ao usuário configurar dinamicamente as principais funcionalidades requeridas pela aplicação.

Agregando as funcionalidades do software, ferramentas de diagnóstico, possibilitam ao usuário a monitoração de parâmetros, visualização de mensagens de alarmes e falhas, funções de oscilografias, dentre outros.

Figura 09. Software DriveGUI – Home Page

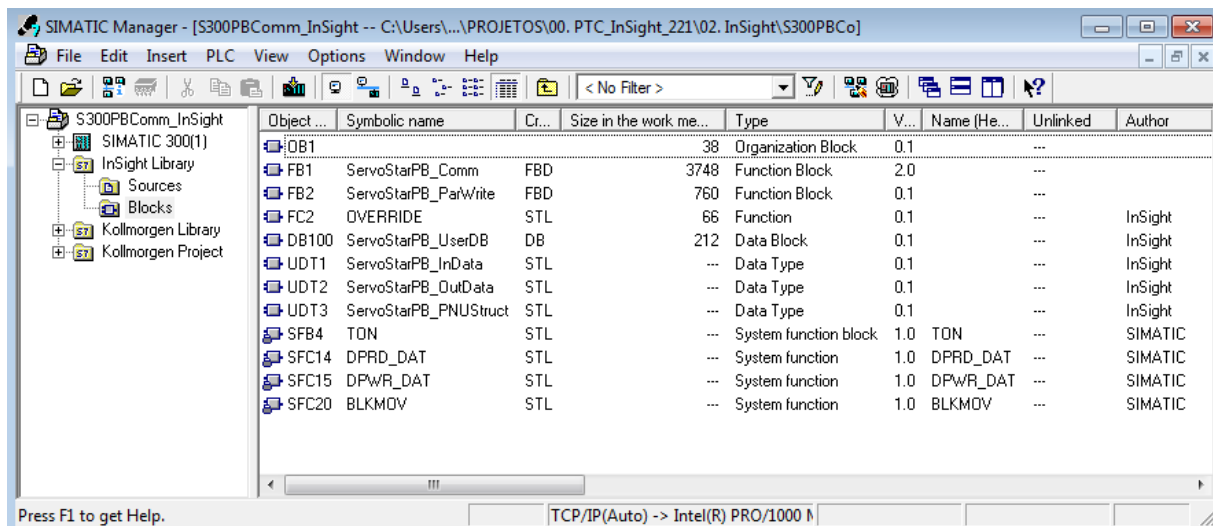


Fonte: Próprio Autor

➤ **SIMATIC Manager STEP 7:**

O SIMATIC Manager é a interface gráfica de usuário responsável por coletar e integrar todos os dados e configurações necessárias para uma tarefa de automação contemplada por um projeto. No projeto, os dados são estruturados de acordo com sua função e representados como objetos. Os objetos são dispostos em grupos compostos por pastas e arquivos.

Figura 10. Software SIMATIC Manager STEP 7

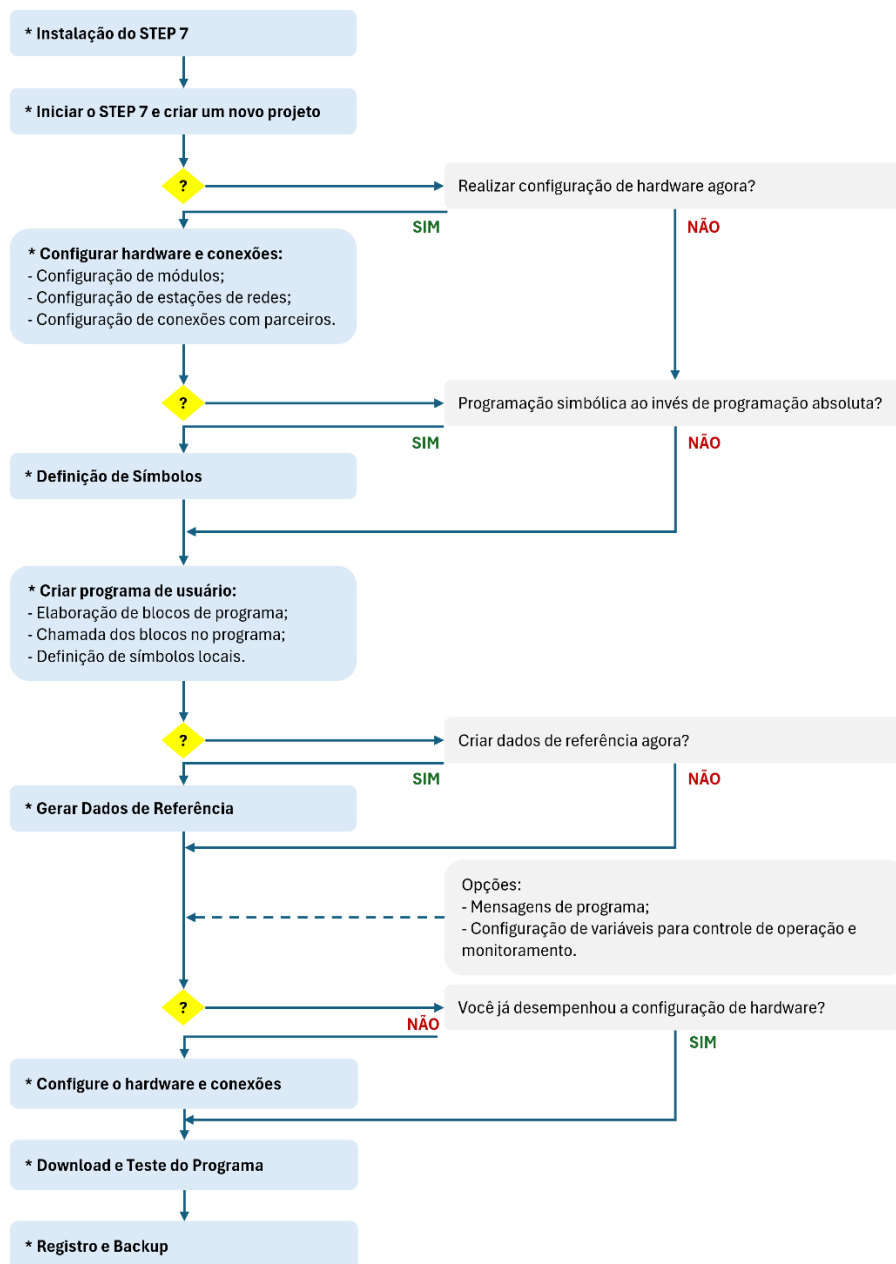


Fonte: Próprio Autor

STEP 7 é o software de programação e configuração para a família de CLPs SIMATIC da SIEMENS. Composto por uma série de aplicativos integrados onde cada um desempenha um trabalho específico dentro do escopo de programação de uma tarefa de automação. Dentre as quais podemos citar, por exemplo, a configuração e atribuição de parâmetros aos dispositivos declarados na configuração de hardware, desenvolvimento de programas de usuário e configuração de conexões de comunicação entre dispositivos integrantes de uma rede industrial.

Ao desenvolver um projeto de automação com o STEP 7 uma série de tarefas básicas precisam ser definidas. O fluxograma apresentado na figura 11 ilustra as tarefas que precisam ser atribuídas em grande parte dos projetos e serve como um norteador para o usuário durante o desempenho das configurações.

Figura 11. Fluxo Tarefas Básicas Software SIMATIC Manager STEP 7

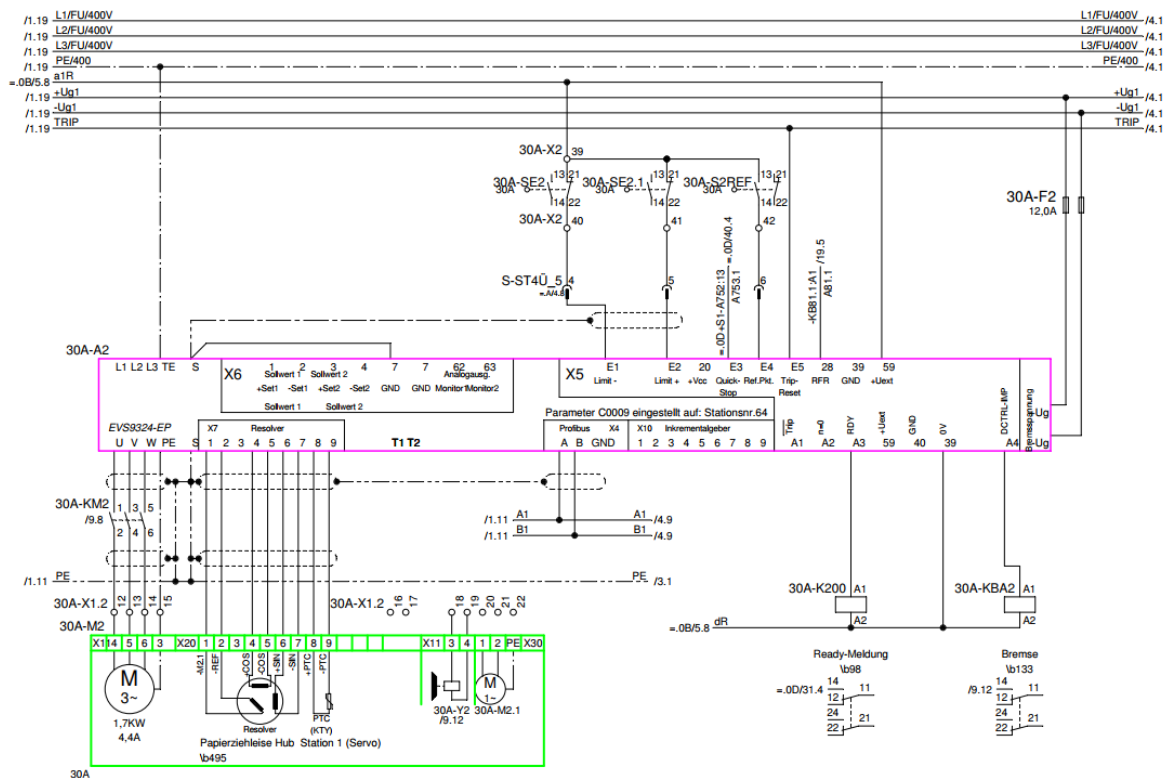


Fonte: Próprio Autor

3.2 CONEXÕES ELÉTRICAS

A primeira etapa desempenhada para viabilizar o retrofit do servodrive Lenze pelo servodrive Kollmorgen, diz respeito a análise e correlação dos circuitos de potência, comando e feedback dos dispositivos. Esta fase é de extrema importância para certificar que o novo dispositivo será capaz de operar de acordo com as características demandadas pelo sistema elétrico e servomotor. A figura 12 apresenta o diagrama elétrico da aplicação, ilustrando os circuitos de potência e comando do servodrive Lenze 9300.

Figura 12. Diagrama Elétrico Servodrive Lenze 9300



Fonte: Próprio Autor

Após análise da aplicação atual, torna-se possível a correlação das conexões elétricas entre o servodrive Lenze 9300 e o servodrive Kollmorgen S300. O quadro 01 relaciona a configuração dos terminais de I/Os.

Quadro 01. Ligações Circuito de Comando (I/Os)

Servodrive Lenze 9300			Servodrive Kollmorgen S300		
I/O	Terminal	Configuração	I/O	Terminal	Configuração
DIGIN1	X5 / E1	POS-LIM-NEG	DIGITAL-IN4	X3 / 11	3 = NSTOP Limit Switch
DIGIN2	X5 / E2	POS-LIM-POS	DIGITAL-IN3	X3 / 10	2 = PSTOP Limit Switch
DIGIN3	X5 / E3	QUICK STOP	-	-	-
DIGIN4	X5 / E4	POS-REF-MARK	DIGITAL-IN2	X3 / 9	12 = Machine Home Switch
DIGIN5	X5 / E5	DCTRL-TRIP-RES	DIGITAL-IN1	X3 / 8	1 = Reset Fault
ENABLE	X5 / 28	Controller Enable	ENABLE	X3 / 12	Controller Enable
ENABLE	X5 / 28	Controller Enable	STO-ENABLE	X4 / 5	STO Enable
DIGOUT3	X5 / A3	DCTRL-RDY	DIGITAL-OUT1	X3 / 13	21 = Drive Enabled
DIGOUT4	X5 / A4	BRAKE	DIGITAL-OUT2	X3 / 14	21 = Drive Disabled Freio

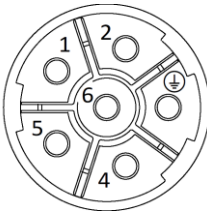
Fonte: Próprio Autor

Analisando a função atribuída aos terminais de comando do servodrive Kollmorgen S300, conforme apresentado no quadro 01, determina-se a função exercida por cada entrada e saída digital, sendo:

- Terminal X3/8: Sinal de entrada para reconhecimento de alarmes / falhas;
- Terminal X3/9: Fim de curso para a posição de referência;
- Terminal X3/10: Fim de curso para o limite de posição positiva;
- Terminal X3/11: Fim de curso para o limite de posição negativa;
- Terminal X3/12: Sinal de entrada para habilitação / desabilitação do servodrive;
- Terminal X3/13: Sinal de saída para indicação de operação habilitada;
- Terminal X3/14: Sinal de saída para acionamento do relé de freio.

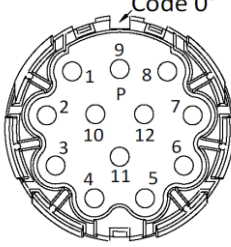
O quadro 02 exemplifica a ligação estabelecida entre os terminais de potência do servomotor Lenze modelo MCA13I41 e o Servodrive Kollmorgen S300. Posteriormente, o quadro 03, apresenta o esquema de interligação para aquisição do sinal de feedback do servomotor Lenze modelo MCA13I41.

Quadro 02. Ligações Circuito de Potência (Motor)

Motor Lenze MCA13I41			Servodrive Kollmorgen S300	
Conector	Terminal	Configuração	Conector / Terminal	Configuração
	PE	Conductor PE	X9 / 3	Conductor PE
	1	DC+ / AC Brake	X9 / 1	Brake -
	2	DC- / AC Brake	X9 / 2	Brake +
	4	Power Phase U	X9 / 4	U2
	5	Power Phase V	X9 / 5	V2
	6	Power Phase W	X9 / 6	W2

Fonte: Próprio Autor

Quadro 03. Ligações Circuito de Feedback (Resolver)

Motor Lenze MCA13I41			Servodrive Kollmorgen S300	
Conector	Terminal	Configuração	Conector / Terminal	Configuração
	1	+ REF	X2 / 9	R1
	2	- REF	X2 / 5	R2
	3	+ VCC ETS	-	-
	4	+ COS	X2 / 3	S4
	5	- COS	X2 / 7	S2
	6	+ SIN	X2 / 8	S1
	7	- SIN	X2 / 4	S3
	8	+ KTY	X2 / 2	Thermal Control
	9	- KTY	X2 / 6	Thermal Control

Fonte: Próprio Autor

3.3 PARAMETRIZAÇÃO

A etapa de parametrização engloba a fase do processo responsável pela atribuição de valores as funcionalidades do servodrive. Estes valores associados a configurações pré estabelecidas podem executar: funções de proteção, por exemplo, limites de corrente e velocidade; rotinas de operação, por exemplo, movimentações manuais (JOG), referenciamento (HOMING) e tarefas de posicionamento (MOTION TASK); dentre outros.

A compreensão nítida das rotinas operacionais desempenhadas pelo maquinário é de extrema importância para assegurar uma correta configuração dos

parâmetros, garantindo que o acionamento irá operar de acordo com as limitações impostas pela operação e será capaz de desempenhar as funções requeridas pelo processo.

Nesta etapa do processo, fazendo uso do software GDC, realizou-se a análise das configurações atribuídas para o servodrive Lenze 9300. Esta análise preliminar objetivava a compreensão das rotinas de posicionamento configuradas para o acionamento, além de mapear e coletar os valores atribuídos aos parâmetros responsáveis pelas limitações e proteções aplicáveis ao servomotor.

Os valores atribuídos aos parâmetros do servodrive Kollmorgen S300 são provenientes de duas fontes distintas: valores configurados diretamente no servodrive, por intermédio da interface gráfica DriveGUI, explanados neste tópico; e valores definidos no software do CLP e transmitidos ao servodrive via rede PROFIBUS, detalhados posteriormente.

No software DriveGUI as configurações do servodrive Kollmorgen S300 são categorizadas em grupos de parâmetros, baseados na função que desempenham. Para compreensão da função desempenhada por cada parâmetro utilizou-se os manuais “PROFIBUS DP Fieldbus Interface for S300 / S400 / S600 / S700” e “ASCII Object Reference SERVOSTAR™ 300”, ambos disponíveis para download no site do fabricante.

Na sequência são apresentadas as principais configurações desempenhadas para a correta operabilidade do servodrive, respeitando os requisitos operacionais e de segurança do equipamento.

➤ **Grupo de Parâmetros “Motor”:**

A configuração dos parâmetros associados as características técnicas do servomotor é realizada no grupo de parâmetros “Motor” disponível no software DriveGUI. Os valores definidos foram pautados nos dados de placa do servomotor, figura 13, e na folha de dados “Servomotor assíncrono MCA - MCA13I41-RS0P5” disponível para download no site do fabricante.

Figura 13. Placa de Identificação Servomotor Lenze



Fonte: Próprio Autor

O quadro 04, apresentado na sequência, detalha a configuração desempenhada no servodrive Kollmorgen S300 no que tange a configuração das características nominais do servomotor Lenze.

Quadro 04. Configuração Grupo de Parâmetros “Motor”

Parâmetros Servodrive Kollmorgen S300 – Grupo “Motor”			
PROFIBUS PNU	ASCII Command	Descrição Breve	Configuração
1766	MTYPE	Tipo do Motor	PM Rotary Motor
1742	MICONT	Corrente Contínua do Motor	4.40 A
1743	MIPEAK	Corrente de Pico do Motor	6.60 A
1763	MSPEED	Velocidade Máxima Nominal do Motor	4050 rpm
1757	MPOLES	Número de Polos do Motor	2
1747	MKT	Constante de Torque do Motor	1.00 Nm / Amp
1719	ML	Indutância do Estator do Motor	12.30 mH
1990	MRS	Resistência do Enrolamento do Estator	2.30 Ohms
1771	MJ	Momento de Inércia de Massa	9.396 Kg cm ²
1735	MBRAKE	Freio de Retenção do Motor	Without
1734	MAXTEMPM	Limite de Desligamento da Temperatura do Motor	2.000 Ohms
1659	FBTYPE	Tipo do Sinal de Feedback	Resolver
1883	VBUSBAL	Máxima Tensão de Linha	400 V

Fonte: Próprio Autor

➤ **Grupo de Parâmetros “Current Loop” e “Velocity Loop”:**

O quadro 05 apresenta a configuração atribuída aos grupos de parâmetros “Current Loop” e “Velocity Loop”. O parâmetro 1603 (ACTFAULT), citado no quadro

05, refere-se a resposta do servodrive mediante a ocorrência de uma falha. Analogamente, o parâmetro 1855 (STOPMODE), define a resposta do servodrive a uma desabilitação do estágio de saída. Ambos os parâmetros podem ser configurados para desabilitação imediata ou respeitando rampas de desaceleração previamente configuradas, funcionalidade está não utilizada neste projeto.

Quadro 05. Grupo de Parâmetros “Current Loop” e “Velocity Loop”

Parâmetros Servodrive Kollmorgen S300 – Grupos “Current Loop” e “Velocity Loop”				
Grupo	PROFIBUS PNU	ASCII Command	Descrição Breve	Configuração
Current Loop	1748	IPEAKP	Corrente RMS de Pico do Motor (Positiva)	6.60 A
Current Loop	1711	IPEAKN	Corrente RMS de Pico do Motor (Negativa)	6.60 A
Current Loop	1826	REFIP	Corrente Nominal de Pico para HOMING	6.60 A
Current Loop	1690	I2TLIM	I ² T Alarme	80 %
Velocity Loop	1890	VLIMP	Velocidade Máxima (Positiva)	133.0 mm/s
Velocity Loop	1891	VLIMN	Velocidade Máxima (Negativa)	133.0 mm/s
Velocity Loop	1888	VELO	Limite de Velocidade = 0	0.5 mm/s
Velocity Loop	1895	VOSPD	Excesso de Velocidade	150 mm/s
Velocity Loop	1603	ACTFAULT	Modo de Falha Ativo	Imediatamente
Velocity Loop	1855	STOPMODE	Resposta para Desabilitação	Imediatamente

Fonte: Próprio Autor

➤ Grupo de Parâmetros “Position Data”:

As configurações atribuídas a este grupo referem-se à definição dos parâmetros que possuem relação com as tarefas de posicionamento e tiveram como referência a parametrização do FB “POS - Positioning Control” do servodrive Lenze 9300, extraída a partir do software GDC.

Quadro 06. Configuração Grupo de Parâmetros “Position Data”

Parâmetros Servodrive Kollmorgen S300 – Grupo “Position Data”			
PROFIBUS PNU	ASCII Command	Descrição Breve	Configuração
1798	PEINPOS	Na Janela de Posição	1 mm
1911	SRND	Posição Inicial do Eixo	-135 mm
1912	ERND	Posição Final do Eixo	0 mm
1860	SWE1	Software Fim de Curso Limite Menor Posição	-137 mm
1862	SWE2	Software Fim de Curso Limite Maior Posição	1 mm
1814	PTMIN	Rampa de Aceleração Máxima para Posicionamento	1800 mm/s ²
1819	PVMAXP	Máxima Velocidade (Positiva) para Posicionamento	133 mm/s
1817	PVMAXN	Máxima Velocidade (Negativa) para Posicionamento	133 mm/s

Fonte: Próprio Autor

3.4 CONFIGURAÇÕES DE HARDWARE E SOFTWARE DO CLP

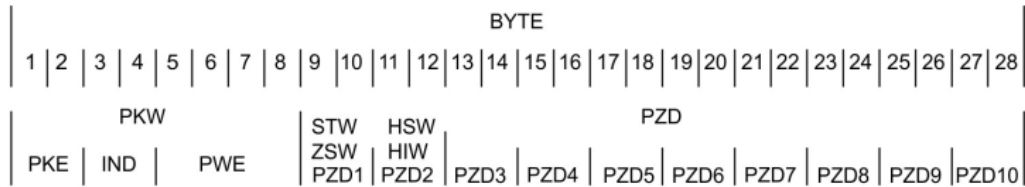
O desenvolvimento dos programas de automação para integração do servodrive Kollmorgen S300 com o CLP CPU S7-400 do fabricante SIEMENS, foi realizado no software de automação SIMATIC Manager STEP 7. O processo de integração dos dispositivos contemplou as adequações na configuração de hardware do CLP e adequações no programa de usuário para implementação da lógica de controle responsável pela troca de dados cíclicos e acíclicos, via rede PROFIBUS.

O telegrama PROFIBUS é composto por duas áreas distintas: PZD (iniciais alemãs para Process Data) e PKW (iniciais alemãs para Parameter Values).

PZD é a área do telegrama PROFIBUS utilizada para trocar dados ciclicamente entre o controlador e dispositivos integrantes da rede PROFIBUS. Neste canal de comunicação ocorre a transmissão de informações como: palavra de controle, palavra de status, setpoint de velocidade, feedback de velocidade, dentre outros.

PKW é uma área projetada para leitura e escrita de parâmetros no drive aciclicamente, por exemplo, definições de rampas de aceleração e desaceleração. A figura 14 extraída do manual técnico “PROFIBUS DP Fieldbus Interface for S300 / S400 / S600 / S700” ilustra o perfil PROFIBUS, comumente denotado por PROFIDRIVE, para os servodrives da série SERVOSTAR do fabricante Kollmorgen.

Figura 14. Perfil PROFIBUS Servodrive Kollmorgen

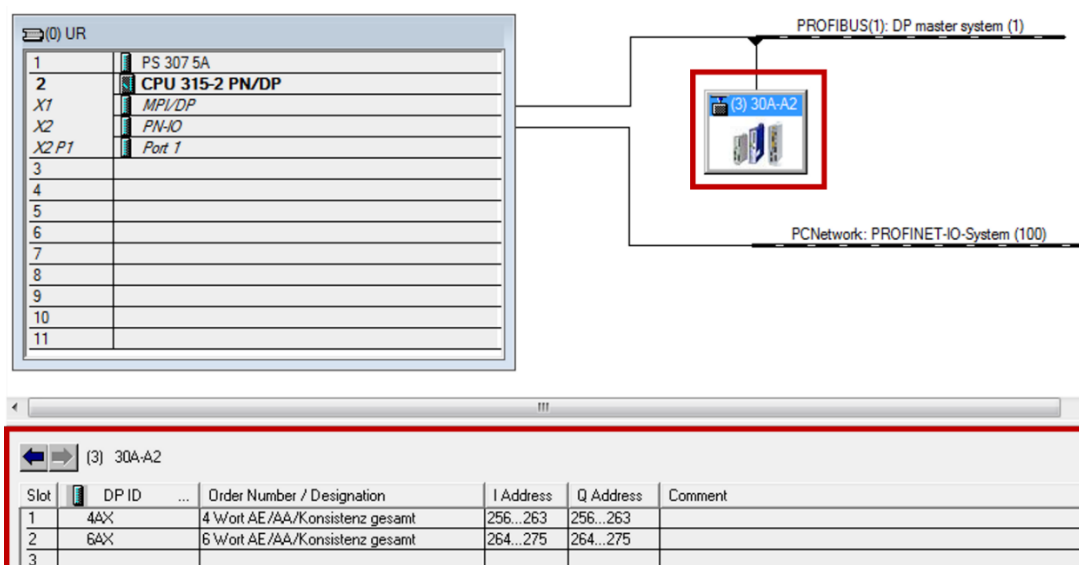


Fonte: Kollmorgen

Conforme evidenciado na figura 14, os bytes de 1 a 8 compõem a área do telegrama PROFIBUS reservada para a troca acíclica de dados (PKW). Enquanto os bytes de 9 a 28 representam a área alocada para a transmissão cíclica de informações (PZD).

Em conjunto a outros parâmetros, por exemplo, taxas de comunicação suportadas e versões de firmware e hardware, estas áreas de memória constituem o arquivo GSD do dispositivo. O arquivo GSD é utilizado na configuração de hardware do projeto de automação. Posteriormente, no software do controlador, estas configurações são acessadas pelo programa de usuário. A figura 15 ilustra a representação gráfica do arquivo GSD para o servodrive Kollmorgen S300.

Figura 15. Arquivo GSD Servodrive Kollmorgen S300

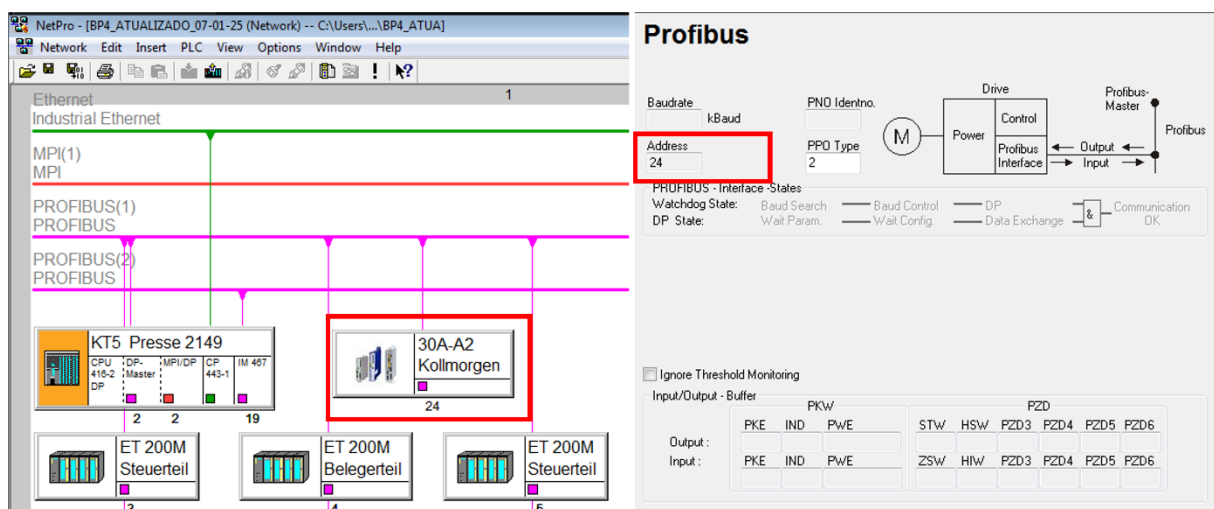


Fonte: Próprio Autor

Após integração do dispositivo na configuração de hardware é necessário realizar a associação do mesmo a rede PROFIBUS DP do controlador, possibilitando o estabelecimento de uma comunicação entre mestre (CLP) e escravo (servodrive Kollmorgen S300). As estações integrantes de uma rede PROFIBUS são nomeadas e identificadas por endereços numéricos, os quais devem ser únicos e exclusivo por dispositivo.

A figura 16 ilustra a configuração realizada para definição do endereço PROFIBUS para o servodrive Kollmorgen S300 de ambas as perspectivas: a esquerda configuração de hardware no projeto de automação, realizada no software SIMATIC Manager STEP 7; a direita configuração representada do ponto de vista do servodrive Kollmorgen S300 no software DriveGUI.

Figura 16. Configuração de Hardware Servodrive Kollmorgen S300



Fonte: Próprio Autor

➤ **Interpretação do perfil PROFIDRIVE conforme modo de operação:**

Conforme previamente apresentado na figura 15, o perfil PROFIDRIVE do servodrive Kollmorgen S300, é composto por 4 words (bytes 1-8) na secção PKW e 6 words (bytes 9-20) na secção PZD. Os dados de entrada e saída transmitidos na

secção PZD são dinâmicos e definidos conforme modo de operação do servodrive, por exemplo, controle de velocidade, controle de torque ou posicionamento.

Para um modo de operação igual a 2 (posicionamento), utilizado nesta aplicação, a transmissão de dados cíclicos entre o CLP e servodrive será composta pelos sinais representados na figura 17.

Figura 17. PROFIDRIVE Seção PZD para Modo de Operação 2 (Posicionamento)

PZD 1	PZD 2	PZD 3	PZD 4	PZD 5	PZD 6
STW	direct motion task: Vcmd (32 bit)		position setpoint (32bit)		motion block type
ZSW	n _{act} (16 bit)	actual position (32bit)	manufacturer specific status		-

Fonte: Kollmorgen

Sendo:

- Transmissão de dados CLP → Servodrive Kollmorgen S300:
 - PZD1: Palavra de controle (STW);
 - PZD2/3: Referência de velocidade para JOG e HOMING;
 - PZD4/5: Referência de posição;
 - PZD6: Definição do tipo de tarefa direta de posicionamento.
- Transmissão de dados Servodrive Kollmorgen S300 → CLP:
 - PZD1: Palavra de status (ZSW);
 - PZD2: Velocidade atual;
 - PZD3/4: Posição atual;
 - PZD5: Status definido pelo fabricante;
 - PZD6: Não utilizada.

➤ **Configuração do software / programa de automação:**

O desenvolvimento da aplicação objetivava além da execução das configurações necessárias para troca de dados entre o CLP e o servodrive Kollmorgen S300, a integração das lógicas de controle no programa de usuário já existente

fazendo uso dos endereços lógicos já utilizados para comunicação com o servodrive Lenze 9300.

Adotando essa premissa para desenvolvimento do software o projeto torna-se dinâmico, possibilitando a utilização futura tanto do servodrive Lenze 9300 quanto do servodrive Kollmorgen S300 sem há necessidade de adequações nas configurações de hardware e no programa de usuário, apenas substituindo o dispositivo fisicamente.

O desenvolvimento da lógica necessária para integração do acionamento ao programa de usuário, baseou-se na elaboração de um bloco de função FB (iniciais inglesas para Function Block) e de uma DB (iniciais inglesas para Data Block) responsáveis pela interface lógica entre CLP e servodrive Kollmorgen S300.

A figura 18, disposta na sequência, apresenta um overview da estruturação do programa de usuário. Na sequência, as principais funcionalidades da aplicação são detalhadas.

Figura 18. Estrutura do Programa de Usuário

```
Network 1: ##### ACIONAMENTO 30A-A2 #####
Network 2: Diagnóstico Comunicação PROFIBUS
Network 3: Definição Valores Iniciais para UserDB
Network 4: ***** ESCRITA DE PARÂMETROS PARA O DRIVE *****
Network 5: Definição Número e Valor do Parâmetro
Network 6: FB "Kollmorgen_PARWrite" - Processamento
Network 7: *****
Network 8: ***** TROCA DE SINAIS COM O DRIVE *****
Network 9: FB "Kollmorgen_PBComm" - Processamento
Network 10: Monitoração STW, ZSW e Manufac_Register | Machine State
Network 11: FB "Kollmorgen_PBComm" - Sinais de Saida (OutData)
Network 12: *****
Network 13: Solicitação de Inicialização do Drive
Network 14: VISU Interface - Feedbacks e Mensagens de Alarme
Network 15: #####
```

Fonte: Próprio Autor

A estrutura do programa, apresentada na figura 18, divide-se em networks compostas por:

- **Network 2:** rotina lógica para diagnóstico da comunicação PROFIBUS;
- **Network 3:** lógica de programação para atribuição de valores aos endereços da DB do acionamento, por exemplo, definição do perfil de operação, referência de posição e velocidade para MOTION TASK, velocidades para rotinas de JOG e HOMING, dentre outros;
- **Network 5:** lógica de programação, ilustrada na figura 19, para atribuição de valores a parâmetros configurados pelo canal PKW, por exemplo, rampa de aceleração e desaceleração;

Figura 19. Definição de Parâmetros para o Servodrive

```
Network 5: Definição Número e Valor do Parâmetro
// PNU 1783 [O_ACC] - Rampa de aceleração MOTION TASK 0
L 1783
T "Kollmorgen_30A-A2".Param_Number[0]

L "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_028
T "Kollmorgen_30A-A2".Param_Value[0]

// PNU 1786 [O_DEC] - Rampa de desaceleração MOTION TASK 0
L 1786
T "Kollmorgen_30A-A2".Param_Number[1]

L "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_030
T "Kollmorgen_30A-A2".Param_Value[1]

// PNU 1782 [OVERRIDE] - Modo função OVERRIDE para JOG | HOMING | MOTION TASK
L 1782
T "Kollmorgen_30A-A2".Param_Number[2]

L 3 // OVERRIDE = 3 = Interface Digital PROFIBUS
T "Kollmorgen_30A-A2".Param_Value[2]

// PNU 2038 [DOVERRIDE] - Valor função OVERRIDE para JOG | HOMING | MOTION TASK
L 2038
T "Kollmorgen_30A-A2".Param_Number[3]

L "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_05
L 8192
*I
T #AuxCalc_OVERRIDE
L #AuxCalc_OVERRIDE
L 100
/D
T "Kollmorgen_30A-A2".Param_Value[3]
```

Fonte: Próprio Autor

- **Network 6:** rotina lógica para chamada e processamento do FB "Kollmorgen_PARWrite" responsável pelo gerenciamento do tráfego de dados enviados para o servodrive via canal PKW;

- **Network 9:** rotina lógica para chamada e processamento do FB "Kollmorgen_PBComm" que é a macro do programa de usuário. Contempla as funções lógicas necessárias para interface entre software e hardware, integrando rotinas para execução das funções de posicionamento, movimentações manuais, referência do dispositivo, transmissão e aquisição de dados via rede PROFIBUS, dentre outros;
- **Network 10:** rotina lógica para realizar a monitoração dos bits que compõem as palavras de controle, palavra de status e registros do fabricante. Com base na combinação binárias dos bits da palavra de status, determinar a condição do equipamento, por exemplo, erro ou pronto para operar;
- **Network 11:** rotina lógica, ilustrada na figura 20, para aquisição dos dados de saída do FB "Kollmorgen_PBComm";

Figura 20. Aquisição dos Dados de Saída do FB "Kollmorgen_PBComm"

```
Network 11: FB "Kollmorgen_PBComm" - Sinais de Saída (OutData)
// Posição atual em incrementos [mm]
L   "Kollmorgen_30A-A2_PBComm".oActual_Position
DTR
L   4.768372e-006
*R
RND
T   "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_09

// Sinal Drive pronto
A   "Kollmorgen_30A-A2".Machine_State.Ready_for_Operation
=   "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_08_8

// Sinal Drive em falha
A   "Kollmorgen_30A-A2".Machine_State.Error_Response
=   "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_08_10

// Sinal referência Ok
A   "Kollmorgen_30A-A2_PBComm".oReference_Ok
=   "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_08_11

// Sinal posicionamento em andamento
A   "Kollmorgen_30A-A2_PBComm".oMT_Active
=   "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_08_12

// Sinal velocidade = 0
AN  "Kollmorgen_30A-A2_PBComm".oMoving
=   "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_08_14

// Sinal eixo em posição
A   "Kollmorgen_30A-A2_PBComm".oIn_Position
=   "P.Bus Ziehleiste 1 Hub".D_08_6
```

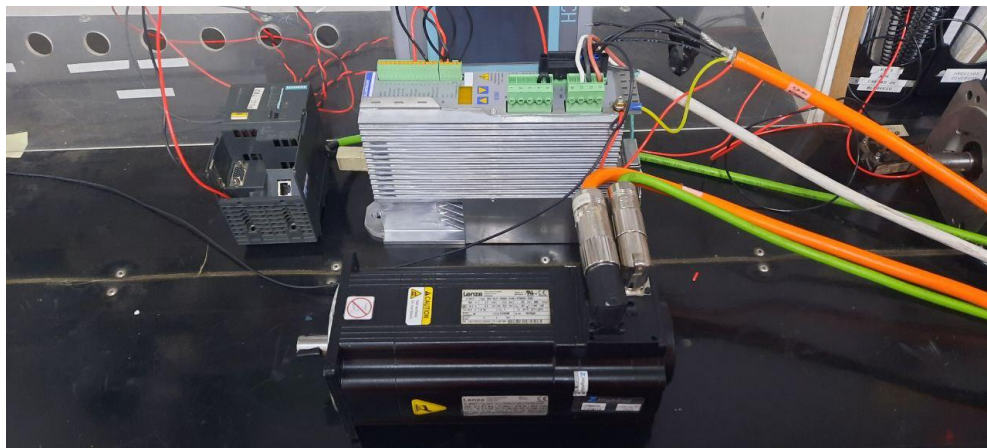
Fonte: Próprio Autor

- **Network 13:** rotina lógica para reinicialização do servodrives após perda de comunicação ou falha na escrita de parâmetros;
- **Network 14:** rotina lógica para interface com o Sistema de Supervisão.

4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Sucedendo a parametrização do servodrives Kollmorgen S300 e as configurações de hardware e software no projeto do CLP SIEMENS, a aplicação situou-se na fase de testes funcionais para validação das configurações realizadas. A validação funcional trata-se de uma etapa de extrema relevância para o processo, antecedendo o retrofit efetivo no maquinário. Por intermédio desta prática, é possível comprovar a eficácia das configurações desempenhadas, garantindo que o servodrives irá operar conforme o almejado para a aplicação. A figura 21, disposta na sequência, apresenta o ambiente projetado para execução dos testes funcionais.

Figura 21. Testes em Bancada Servodrives Kollmorgen S300



Fonte: Próprio Autor

Os testes compreendidos nesta etapa objetivavam a validação funcional das conexões elétricas de potência, comando e feedback do servodrives, validando as correlações apresentadas no tópico “3.2 CONEXÕES ELÉTRICAS”. Visava-se

também a validação efetiva da comunicação através da rede PROFIBUS, colocando-se a prova a troca de dados acíclica, via canal PKW, e cíclica, canal PZD.

A execução de comandos, via rede PROFIBUS, foi realizada a partir da configuração de uma Tabela de Variáveis (VAT, iniciais inglesas para Variable Table) no software SIMATIC Manager, figura 22. Os sinais configurados na VAT possibilitam a habilitação do servodrive, envio de referência de velocidade e posição, execução de tarefas de posicionamento, dentre outros. Durante a execução das funções de posicionamento (JOG, HOMING e MOTION TASK) a monitoração dos sinais de referência e feedback possibilitaram avaliar o comportamento do servodrive, garantindo que o mesmo estava operando de acordo com os parâmetros previamente programados.

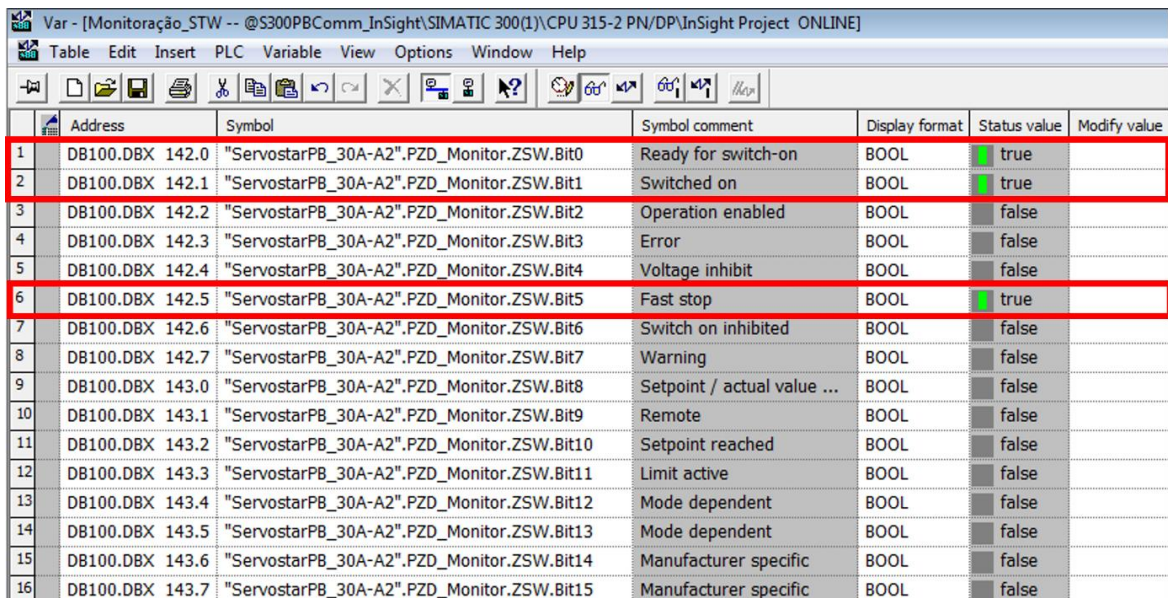
Figura 22. Testes em Bancada – VAT Software SIMATIC Manager

Address	Symbol	Symbol comment	Display format	Status value	Modify value
1	// COMANDOS PARA O DRIVE				
2	M 5.0	"SW_Enable"	Comando Software Enable	BOOL	
3	M 5.2	"FStop_Enable"	Comando Parada Rápida com Desabilitação do Drive	BOOL	
4	M 5.3	"FStop_Disable"	Comando Parada Rápida sem Desabilitação do Drive	BOOL	
5	M 5.1	"Cmd_Reset_Fault"	Comando Reset Falhas Alarmes	BOOL	
6	M 5.4	"Cmd_Init_Drv"	Comando Inicializar Drive Setar Modo de Operação	BOOL	
7	M 5.5	"Cmd_Accept_Values"	Comando Alterar Parâmetros	BOOL	
8	M 10.0	"Cmd_Man_Auto"	Seleção Automático / Manual [0=Man / 1=Auto] Lenze DB321.DBX6.0	BOOL	
9	M 10.1	"Cmd_Start_MT"	Sinal Iniciar Posicionamento Lenze DB321.DBX6.1	BOOL	
10	M 10.2	"Cmd_Pause_MT"	MT Pause [0-1 Interrompe MT / Continua 1-0] Lenze DB321.DBX6.2	BOOL	
11	M 10.3	"Cmd_Homing"	Inicia Manual Homing Lenze DB321.DBX6.4	BOOL	
12	M 10.4	"Cmd_Jog_For"	Inicia Movimento de JOG + Lenze DB321.DBX6.5	BOOL	
13	M 10.5	"Cmd_Jog_Back"	Inicia Movimento de JOG - Lenze DB321.DBX6.6	BOOL	
14					
15	// SINAIS PARA O DRIVE				
16	DB100.DBW 58	"ServostarPB_30A-A2".JOG_Speed	Speed for Jog Mode	HEX	
17	DB100.DBW 60	"ServostarPB_30A-A2".Ref_Speed	Speed for Reference Move	HEX	
18	DB100.DBW 62	"ServostarPB_30A-A2".Motion_Task_No	Number of Motion Task to be Started (0 = Direct Motion Task)	HEX	
19	DB100.DBW 64	"ServostarPB_30A-A2".Direct_MT_Type	Type of Direct Motion Task	HEX	
20	DB100.DBD 66	"ServostarPB_30A-A2".Direct_Vtarget	Speed Command of Direct Motion Task	HEX	
21	DB100.DBD 70	"ServostarPB_30A-A2".Direct_Starget	Position Command of Direct Motion Task	DEC	
22	DB100.DBW 80	"ServostarPB_30A-A2".Operation_Profile	Operation Mode Set With "Init_Drive"	HEX	
23					
24	// RECEBE SINAIS DO DRIVE				
25	M 10.6	"Status_Drive_Pronto"	Drive Pronto Lenze DB321.DBX16.0	BOOL	
26	M 10.7	"Status_Falha"	Falha Ativa no Drive Lenze DB321.DBX16.2	BOOL	
27	M 11.0	"Status_Ref_Ok"	Referência OK Lenze DB321.DBX16.3	BOOL	
28	M 11.1	"Status_MT_Active"	Posicionamento em Andamento DB321.DBX16.4	BOOL	
29	M 11.2	"Status_Speed0"	Velocidade = 0 Lenze DB321.DBX16.6	BOOL	
30	M 11.3	"Status_Em_Posição"	Eixo em Posição Lenze DB321.DBX17.6	BOOL	

Fonte: Próprio Autor

A figura 23, disponibilizada na sequência, ilustra a monitoração online da palavra de status do servodrive Kollmorgen S300. Com base no status individual de cada bit que compõe a palavra de status é determinado a condição atual do equipamento, conforme definição dada pela tabela ilustrada na figura 24 e extraída do manual “PROFIBUS DP Fieldbus Interface for S300 / S400 / S600 / S700” do fabricante Kollmorgen. Correlacionando as figura 23 e 24 determina-se o status do equipamento, nesta condição, em “Ready for Operation”.

Figura 23. Testes em Bancada – Monitoração Palavra de Status



	Address	Symbol	Symbol comment	Display format	Status value	Modify value
1	DB100.DBX 142.0	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit0	Ready for switch-on	BOOL	true	
2	DB100.DBX 142.1	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit1	Switched on	BOOL	true	
3	DB100.DBX 142.2	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit2	Operation enabled	BOOL	false	
4	DB100.DBX 142.3	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit3	Error	BOOL	false	
5	DB100.DBX 142.4	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit4	Voltage inhibit	BOOL	false	
6	DB100.DBX 142.5	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit5	Fast stop	BOOL	true	
7	DB100.DBX 142.6	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit6	Switch on inhibited	BOOL	false	
8	DB100.DBX 142.7	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit7	Warning	BOOL	false	
9	DB100.DBX 143.0	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit8	Setpoint / actual value ...	BOOL	false	
10	DB100.DBX 143.1	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit9	Remote	BOOL	false	
11	DB100.DBX 143.2	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit10	Setpoint reached	BOOL	false	
12	DB100.DBX 143.3	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit11	Limit active	BOOL	false	
13	DB100.DBX 143.4	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit12	Mode dependent	BOOL	false	
14	DB100.DBX 143.5	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit13	Mode dependent	BOOL	false	
15	DB100.DBX 143.6	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit14	Manufacturer specific	BOOL	false	
16	DB100.DBX 143.7	"ServostarPB_30A-A2".PZD_Monitor.ZSW.Bit15	Manufacturer specific	BOOL	false	

Fonte: Próprio Autor

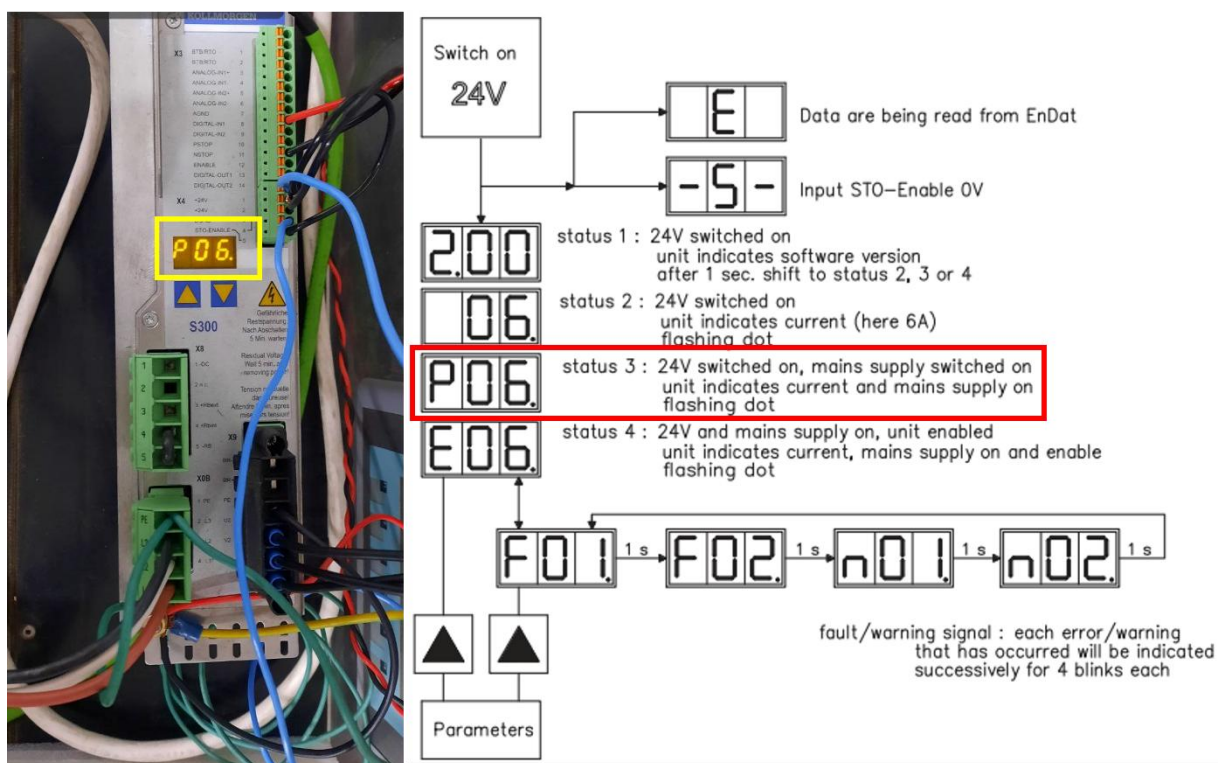
Figura 24. Status do Drive - Manual “PROFIBUS DP Fieldbus Interface for S300 / S400 / S600 / S700”

State	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Not ready for switch-on	0	X	X	0	0	0	0
Switch-on inhibit	1	X	X	0	0	0	0
Ready for switch-on	0	1	X	0	0	0	1
Ready for operation	0	1	X	0	0	1	1
Operation enabled	0	1	X	0	1	1	1
Error	0	X	X	1	X	X	X
Error response	0	X	X	1	0	0	0
Fast stop active	0	0	X	0	1	1	1

Fonte: Kollmorgen

A figura 25, apresentada na sequência, ilustra o status do servodrive Kollmorgen S300 durante a monitoração da palavra de status nas condições detalhadas anteriormente. O status “P06” valida as informações recebidas através da rede PROFIBUS. Nesta condição operacional o acionamento encontra-se alimentado pela tensão principal em 380Vca, 24Vcc presente nos terminais X3 / 12 (Controller Enable) e X4 / 5 (STO Enable) e ausente de condições de alarme e/ou falhas.

Figura 25. Testes em Bancada – Status P06 Servodrive Kollmorgen S300



Fonte: Próprio Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes funcionais que antecederam o retrofit efetivo do acionamento apresentaram resultados satisfatórios. As conexões elétricas e parametrização realizadas no servodrive Kollmorgen S300, foram suficientes e efetivas para mensurar e interpretar os sinais recebidos a partir do servomotor Lenze MCA13I41- RS0P5.

Nesta fase, o projeto encontra-se na etapa de implementação efetiva da solução proposta. A figura 26 apresenta a instalação do servodrive Kollmorgen em substituição ao servodrive Lenze, identificado na imagem à esquerda como “30A-A2”.

Figura 26. Instalação Servodrive Kollmorgen S300

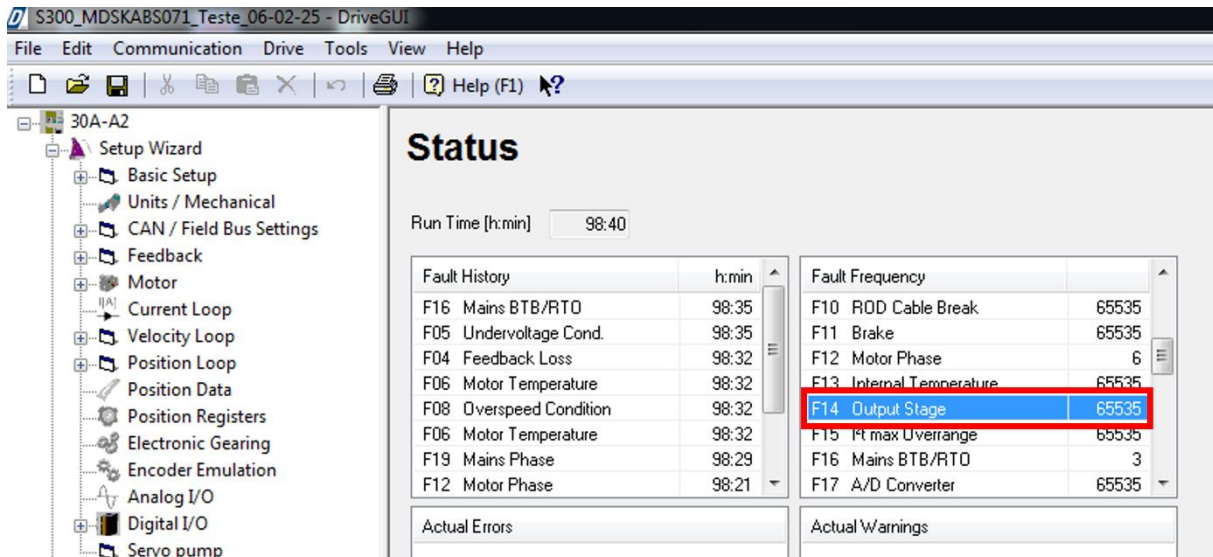


Fonte: Próprio Autor

Sucedendo a instalação mecânica e conexões de potência, comando e feedback para o servodrive Kollmorgen S300, iniciou-se o comissionamento da aplicação em seu ambiente industrial de instalação. No que tange a aquisição dos sinais em seus terminais de I/Os e comunicação com o CLP via rede PROFIBUS, o servodrive apresentou de forma igual aos testes em bancada, resultados satisfatórios. Porém, observou-se que ao realizar a habilitação do estágio de potência / saída do servodrive, o mesmo apresentava um comportamento anormal ao registrar a falha “F14 Output Stage” e reiniciar sua eletrônica repetidas vezes, conforme ilustrado na figura 27.

A falha F14 indica uma avaria no estágio de saída do servodrive. Como resposta o servodrive automaticamente reinicia sua eletrônica com o intuito de se auto proteger. Essa falha pode ser oriunda de, por exemplo, aterramento insuficiente.

Figura 27. Servodrive Kollmorgen S300 – Falha F14



Fonte: Próprio Autor

Após o registro da falha diversos testes foram desempenhados com o intuito de identificar a causa do defeito em questão. Dentre as verificações, podemos citar, por exemplo, a aferição da resistência de isolamento e resistência ôhmica do servomotor Lenze, conferência das conexões e valores de resistência nos pontos de aterramento, dentre outros. Após suscetíveis testes identificou-se que ao desconectar o cabo de potência do servomotor e posterior habilitação do estágio de saída do servodrive a falha não ocorria.

O servomotor Lenze modelo MCA13I41- RS0P5 opera com uma tensão de 205Vcc para liberação do freio mecânico. Considerando o cenário industrial de instalação do servomotor variáveis que poderiam ser menosprezadas nos testes em bancada, tornam-se influenciáveis à aplicação, por exemplo, distância do cabeamento elétrico entre servodrive e servomotor. Contabilizando estes fatores acredita-se que a tensão do freio está gerando ruídos e distúrbios no estágio de saída do servodrive Kollmorgen S300.

Em conjunto com o cabo de alimentação e enrolamento do servomotor, a saída de potência do servodrive forma um circuito oscilante. Características como capacidade e comprimento do cabo, indutância do motor, frequência e velocidade de

aumento de tensão determinam a tensão máxima no sistema. Encaminhamentos longos possibilitam o aparecimento de correntes de fuga que colocam em risco o estágio de saída do S300.

Objetivando sanar a avaria existente e disponibilizar o servodrives Kollmorgen S300 para uma operação confiável e satisfatória, adequações na instalação física estão sendo realizadas. Dentre as tratativas projetadas para solução da falha, considera-se a instalação de um indutor na saída do servodrives Kollmorgen S300. A tratativa apresentada está embasada nas recomendações para instalação elétrica apresentadas no manual de instruções “SERVOSTAR 300 Digital Servo Amplifier” do fabricante Kollmorgen.

REFERÊNCIAS

CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial**: controle do movimento e processos contínuos. 3. ed. Rio de Janeiro: Érica, 2013. 241 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519616>. Acesso em: 18 jan. 2025.

FILIPPO FILHO, Guilherme. **Automação de Processos e de Sistemas**. Rio de Janeiro: Érica, 2014. 145 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536518138/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

KOLLMORGEN. **PROFIBUS DP**: Fieldbus Interface for S300 / S400 / S600 / S700. 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.kollmorgen.com/sites/default/files/public_downloads/s300s700_profibus_e_11-2022.pdf. Acesso em: 15 nov. 2024.

KOLLMORGEN. **SERVOSTAR 300**: Digital Servo Amplifier S300 Instructions Manual. 2021. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.kollmorgen.com/sites/default/files/public_downloads/sr300_e_3.pdf. Acesso em: 01 nov. 2024.

LUGLI, Alexandre B.; SANTOS, Max Mauro D. **Redes Industriais para Automação Industrial - AS-I, PROFIBUS e PROFINET**. 2. ed. Rio de Janeiro: Érica, 2019. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536532042/>. Acesso em: 19 jan. 2025.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-1976-5>. Acesso em: 19 jan. 2025.

NEPIN ACESSÓRIOS INDUSTRIAIS. **Entendendo o conceito de Pirâmide da Automação Industrial**. 2023. Disponível em: <https://www.nepin.com.br/blog/solucoes-industriais/entendendo-o-conceito-de-piramide-da-automacao-industrial/>. Acesso em: 19 jan. 2025.

PENEDO, Sergio Ricardo Master. **Servoacionamento - Arquitetura e Aplicações**. Rio de Janeiro: Érica, 2014. 121 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536520278/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial: PLC: teoria e aplicações curso básico**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 298 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-2023-5>. Acesso em: 18 jan. 2025.