



**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS BETIM
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Reforma e Automação de um Torno CNC

Samantha Pereira de Souza

Betim – MG, Brasil

Dezembro de 2019



Reforma e Automação de um Torno CNC

Samantha Pereira de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, do Instituto Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Freitas

Betim – MG, Brasil

Dezembro de 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

S729r Souza, Samantha Pereira de
Reforma e Automação de um Torno CNC / Samantha Pereira
de Souza. – 2019.

46 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, 2019.

Orientação: prof. Leandro Freitas de Abreu.

1. Controle numérico. 2. Automação. 3. Controle automático.
4. Tornearia. I. Samantha Pereira de Souza. II. Título.

CDU: 681.

Samantha Pereira de Souza

REFORMA E AUTOMAÇÃO DE UM TORNO CNC

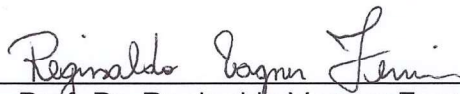
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Minas Gerais Campus Betim como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Betim, 13 de dezembro de 2019.

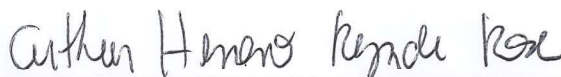
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Leandro Freitas
DAUTI – IFMG Campus Betim (orientador)



Prof. Dr. Reginaldo Vagner Ferreira
DAUTI – IFMG Campus Betim



Prof. Dr. Arthur Hermano Rezende Rosa
DAUTI – IFMG Campus Betim

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de me graduar no curso que sempre admirei, pela oportunidade de exercer os conhecimentos no trabalho afim de crescer profissionalmente. Aos meus colegas de trabalho que ajudaram na construção de conhecimento. Agradeço ao Instituto por fornecer condições para que esse ato possa ser concretizado. Aos professores pelos ensinamentos, experiências e conhecimentos repassados a mim de maneira efetiva. Ao orientador pela ajuda, ensinamento e compreensão durante a construção deste trabalho. Agradeço a minha família por me apoiar na profissão escolhida, pelo amor e por sempre acreditar ao máximo em mim. Aos meus amigos que me acompanharam e aconselharam durante este ano de atividades, sempre com paciência e carinho.

É de grande felicidade, poder dividir esta conquista com todos.

"O sucesso na vida vem não de ter as cartas certas, mas de jogar com as erradas corretamente."

Joshua Dool

Resumo

Para que um equipamento tenha seu desempenho explorado de forma a atingir um alto nível de eficiência, é necessário que o mesmo esteja conforme a necessidade do processo. É de característica de um torno CNC um alto nível de precisão e controle no processo de usinagem, características que são garantidas se o sistema da máquina atua de forma eficaz. Um equipamento CNC com defasagem na tecnologia de controle, incompatibilidade entre os módulos do sistema e modificações não padronizadas dificilmente atingirá o objetivo do processo.

Neste trabalho é apresentado o processo de reforma de um torno CNC e reestruturação de todo o sistema eletrônico, construção da lógica de CLP, configuração do CNC e outras particularidades do equipamento. Após a reforma a máquina apresenta maior integração entre CNC, CLP e inversores onde a comunicação entre os sistemas é completa e eficaz, o comissionamento e otimização dos eixos se torna mais compatível com a máquina e o processo, impactando em um menor índice de quebra e redução do tempo de manutenção corretiva.

Palavras-chaves: CNC, Automação, CLP, Torno, Fanuc.

Abstract

For an machine achieve a high level of efficiency and performace, the functionality must be according to the need of the process. It is expexted in a CNC lathe a high level of precision and control in the machining process, characteristics that are guaranteed if the machine system operates effectively. A CNC machine with a outdated control technology, incompatibility between system modules and non documentated modifications, hardly it gets the purpose of the process.

In this paper, the process of reforming a CNC lathe and the restructuring of the entire electronic system, the construction of the PLC logic, the CNC configuration and other particularities of the equipment are presented. After refurbishing the machine features better interface between CNC, PLC and inverters, better axes commissioning, lower break rate and corrective maintenance time.

Keywords: CNC, Automation, PLC, Lathe, Fanuc.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Representação de um torno CNC.	2
Figura 2 – Diagrama de comunicação do torno CNC.	6
Figura 3 – Exemplo de CNC.	7
Figura 4 – Construção e funcionamento do CLP.	8
Figura 5 – Servoacionamento.	10
Figura 6 – Encoder.	11
Figura 7 – Exemplo de comunicação dos dispositivos do torno CNC.	13
Figura 8 – Comunicação I/O.	19
Figura 9 – Parte da programação <i>ladder</i> para controle das marchas selecionadas.	23
Figura 10 – Painel geral antes da reforma.	27
Figura 11 – Novo painel geral.	28
Figura 12 – Painel de Operação antes da reforma.	29
Figura 13 – Painel de Operação.	29

Lista de tabelas

Tabela 1 – Lista de materiais para reforma.	15
Tabela 2 – Tabela de materiais do CNC.	17
Tabela 3 – Tabela de sinais do Comando CNC.	18
Tabela 4 – Divisão da lógica <i>ladder</i> do CLP.	22
Tabela 5 – Alguns parâmetros iniciais para configuração do CNC.	26

Sumário

Lista de ilustrações	III
Lista de tabelas	IV
1 Introdução	1
1.1 Justificativa	3
1.2 Objetivos do Trabalho de Conclusão de Curso	4
1.2.1 Objetivos específicos	5
1.3 Estrutura do texto	5
2 Referencial Teórico	6
2.1 CLP	7
2.2 Servomotores	8
2.3 Servoacionamento	9
2.4 Encoder	10
2.5 Periféricos	11
3 Metodologia	14
3.1 Tecnologia FANUC	17
3.1.1 Sinais de Interface CNC/PMC	17
3.2 Declaração de entradas e saídas (I/Os)	19
3.3 Projeto do sistema de comunicação.	20
3.4 Descrição de intertravamentos e lógica de acionamentos.	20
3.5 Programação do CLP	21
3.5.1 Nível 1	21
3.5.2 Nível 2	22
3.6 Testes em bancada	24
3.7 Parametrização do sistema	25
4 Análise de Resultados	27

5	Trabalhos futuros	31
6	Considerações Finais	32
7	Referências	33

1 Introdução

Grande parte dos vínculos empregatícios do Brasil é sustentado pelo ambiente industrial e, com o auxílio do avanço tecnológico, as atividades realizadas são cada vez mais controladas e precisas. Alguns processos, principalmente quando o resultado final é um produto, requerem um resultado de extrema qualidade e de baixas tolerâncias de variação. Em centros de usinagem esta exigência é estendida aos maquinários que, para obedecerem à rigidez dos padrões de qualidade do produto, também seguem normas estreitas relacionadas aos seus componentes.

A usinagem é conceituada por qualquer processo de conformação e personalização de uma matéria prima onde ocorra a retirada de material (DIN 8580, 2003). Quando o produto final é controlado, se torna uma usinagem de precisão, onde os padrões restringem a variação das dimensões do produto (SOUZA, 2011). A modelagem pode ser feita através de vários métodos como usinagem de precisão química, por eletro-erosão, por plasma e finalmente pela usinagem de precisão convencional, usando ferramentas como fresas, brocas, pastilhas e outras.

Atualmente os tornos CNC (Comando Numérico Computadorizado) são adaptáveis a muitos processos produtivos diferentes. A configuração de usinagem horizontal é a mais comum na indústria, porém no ramo automotivo as companhias começam a investir em tornos verticais (FERRARI, 2003). O torno executa a usinagem em peças cilíndricas através da retirada de material por contato com a ferramenta de corte. Vários fatores interferem diretamente no resultado final do produto, tais como a não consistência do valor da rotação do ferramental e a estabilidade do avanço da ferramenta. Estes e outros fatores validam se a máquina está apta a realizar determinado processo, e muitos destes são definidos pelo sistema de controle eletrônico do equipamento.

A Figura 1 mostra os principais componentes de um torno CNC, que além dos dispositivos de controle é composto também pelos seus dispositivos periféricos como esteira transportadora de cavacos, iluminação interna, porta automática, contra ponto, bomba de refrigeração, bomba hidráulica e castelo de ferramentas.

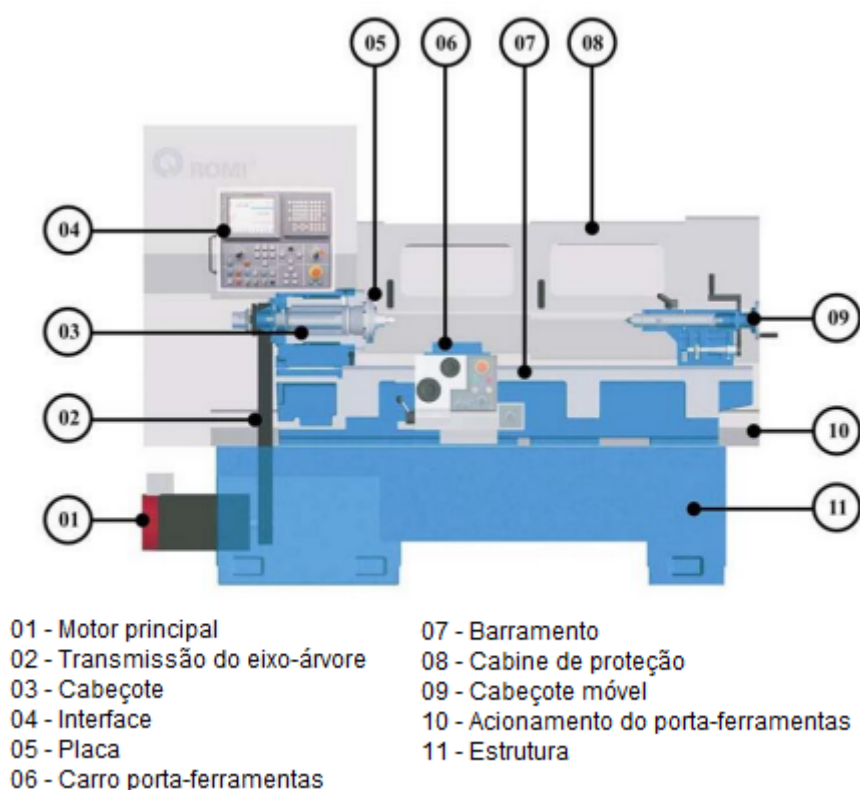


Figura 1 – Representação de um torno CNC.

Fonte: (GURVITZ, 2014)

Em um torno CNC, o controle e movimentos dos eixos da máquina são realizados por um controle eletrônico. Esta máquina tem em média uma precisão de pelo menos $3 \mu\text{m}$ no comando do eixo [3] e trabalha de forma precisa onde a peça cilíndrica é presa em um ferramental que, em alta rotação, ao entrar em contato com a ferramenta de corte e diante da programação do ciclo de usinagem, adquire o perfil desejado. Assim, para que a máquina siga os comandos programados, é necessário todo um sistema de interface entre os periféricos da máquina e o usuário, este sistema é composto por CNC e CLP (Controle Lógico Programável).

Dessa forma, ao inserir o programa de usinagem com os comandos em código G, o CNC reconhece a linguagem e envia ao CLP que verifica os periféricos e intertravamentos externos da máquina. Estando condizente com a lógica de CLP, o mesmo envia sinais de comunicação para os inversores que por sua vez acionam

os motores para que os eixos realizem os movimentos desejados. Os dispositivos periféricos do torno também são monitorados e acionados pelo CLP, que são os componentes da máquina externos ao controle CNC e dos Acionamentos dos eixos como bombas, luminárias, motores, sinaleiros e outros.

1.1 Justificativa

Em 1949, John T. Parsons projetou o primeiro torno CNC. À serviço da Força Aérea dos Estados Unidos, Parsons automatizou o processo de usinagem por torneamento integrando o equipamento com o conceito de Controle Numérico (WARD, 1968). O controle numérico é a realização de comandos através de códigos com letras e números que são armazenados na memória da máquina e são tratados e transformados em movimentos e comandos para atuação dos dispositivos da máquina, a evolução desta tecnologia é o controle numérico computadorizado.

Quando o programador desenvolve o código CN (Comando Numérico), o sistema CNC reconhece o código e o converte para comandos físicos que a máquina reconheça e execute a tarefa de maneira rápida e de alta repetibilidade. O controle é realizado via software o que reduz o tempo de correção nos movimentos e torna a monitoração dos dados durante o processo contínua. O torno CNC quando comparado ao torno convencional se destaca pela alta potência e controle dos movimentos, já que a intervenção humana durante o ciclo é mínima (KALPAKJIAN, 2014).

A tecnologia dos tornos CNC se expande em vários âmbitos, desde a construção física das máquinas até os dispositivos de controle e atuadores. Atualmente, existem tornos verticais e horizontais que são caracterizados pela posição em que é localizado o *spindle*, que é o acionamento principal do equipamento. Além dos tornos multi-fusos que possibilitam a usinagem de peças e ferramentais diferentes de forma simultânea. Isto claramente requer uma automação dos acionamentos e do sistema de controle do torno.

Os CNC's modernos possuem uma capacidade de controle e monitoramento de dados expandida, onde são disponibilizados para o usuário softwares de comissionamento, em que baseado em parâmetros da máquina, o software é capaz de simular condições e definir qual a configuração ideal dos controladores do equi-

pamento. É possível também através da lista de dados de máquina, configurar as características físicas do equipamento para que o controle seja eficaz, como dimensionamento de fusos e ferramentais, variação máxima de avanço dos eixos, velocidades por marcha, entre outros.

Além de todos os benefícios já citados da tecnologia em tornos, a manutenção de um equipamento CNC é dificultada se a composição eletrônica é ultrapassada, devido aos seguintes pontos:

- Substituição de componentes;
- Deficiência na documentação do equipamento;
- Dificuldade de assistência técnica;
- Interface de comunicação ineficiente;
- Controle de Alarmes.

A garantia que um torno CNC esteja condizente e apto para o cenário industrial é essencial para que o bom funcionamento do processo seja alcançado já que o desempenho do equipamento interfere diretamente no processo produtivo. Sendo assim a necessidade de manutenção, automação e reforma da máquina para condições melhores, uma das principais demandas da indústria.

1.2 Objetivos do Trabalho de Conclusão de Curso

O objetivo do trabalho é realizar a implementação, testes em bancada e comissionamento do sistema de automação de um torno CNC composto por três eixos sendo eles eixo X, eixo Z e *Spindle* que devem ser otimizados para o processo de usinagem e rosca. Desenvolver a comunicação e troca de dados entre CLP e CNC, assim como a parametrização dos inversores com base nas características e necessidades do produto. Além da integração dos demais componentes da máquina, como bombas, dispositivos de segurança, esteira transportadora e etc.

1.2.1 Objetivos específicos

- Realizar melhorias no processo e nas características físicas da máquina;
- Adaptar informações da interface homem-máquina para as necessidades do processo;
- Construir lógica de programação do CLP;

1.3 Estrutura do texto

Inicialmente são abordados os principais conceitos para compreensão do trabalho. No capítulo 2 são introduzidos os conceitos técnicos básicos dos principais componentes de um torno CNC, assim como a distribuição dos módulos que compõe o mesmo.

O capítulo seguinte, Metodologia, levanta os principais pontos e atividades realizadas para desenvolvimento do projeto. Recursos e técnicas utilizadas, descrevendo as principais ações tomadas.

No capítulo 4 é apresentado os resultados obtidos durante o trabalho, comparando a condição anterior com os ganhos no final do processo. Também são descritas outras ações que serão e estão sendo realizadas na reforma do torno.

Por último, o capítulo 6 aborda de forma resumida a visão de todo o trabalho.

2 Referencial Teórico

O conhecimento dos sistemas e dispositivos de controle do equipamento é necessário para que a complexidade do sistema se faça entendida e que seja perceptível os pontos a serem analisados durante o projeto de automação da máquina.

O ciclo de controle do sistema de um torno CNC segue o seguinte diagrama.

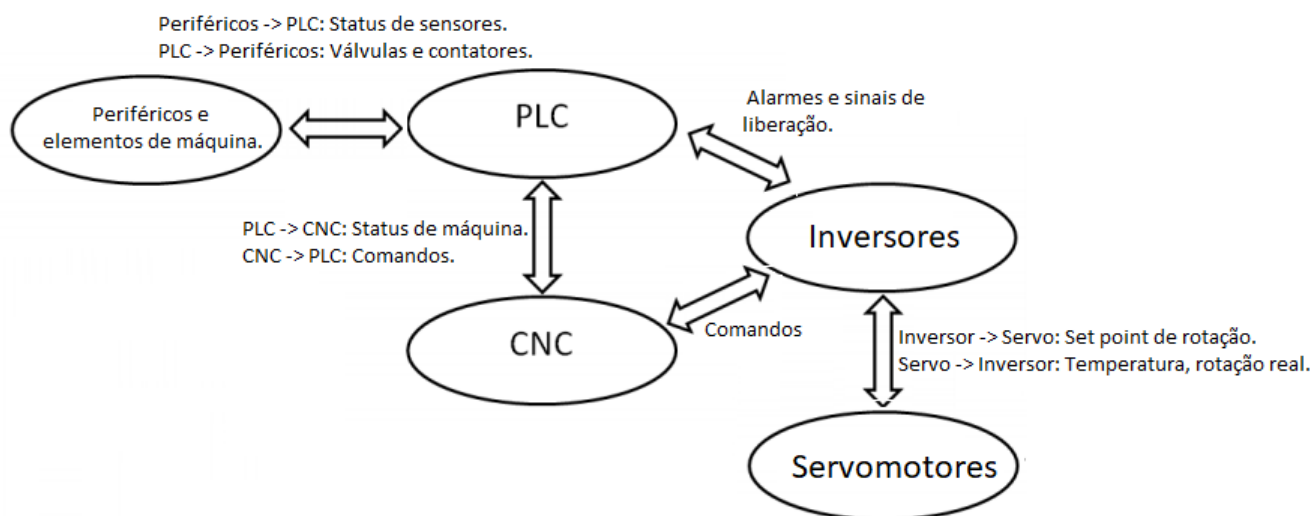


Figura 2 – Diagrama de comunicação do torno CNC.
Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 2 é uma representação dos subsistemas presentes no torno CNC, onde as diferentes partes da máquina trocam informações de forma direta ou indireta entre si, unificando o sistema e estado da máquina. O CLP recebe e controla os periféricos da máquina, que são componentes externos ao controle do CNC. O CLP também pode enviar alguns sinais simples para os inversores como sinais de liberação e recebe sinais de falha interna dos servoacionamentos. O controle e as palavras de comando recebidas pelos inversores são enviadas pelo CNC, que trata todo o dado definido pelo programador e, em concordância com os requisitos da máquina controlados pelo CLP, aciona o movimento dos eixos.



Figura 3 – Exemplo de CNC.

Fonte: (FANUC, 2014)

Como mostrado na Figura 3, o comando CNC possui teclados para navegação entre as telas onde as ações vão ser executadas, inserção e edição dos programas de usinagem, configuração do sistema, telas de simulação, e outras funções.

2.1 CLP

O CNC por si só não é capaz de comunicar com os sistemas de avanço dos eixos ou dos outros componentes eletromecânicos do torno, sendo assim há necessidade de integração com um comando lógico programável. O CLP surgiu com a necessidade de desenvolver um sistema de controle e acionamento robusto aplicável principalmente no ambiente industrial (FRANCHI, 2008). Através de uma programação lógica condicional é possível controlar dispositivos elétricos para comando de máquinas. O CLP é uma central de processamento, como representado na Figura 4, que possui cartões de sinais de entradas e saídas digitais e analógicas, onde com auxílio de um software é construída uma lógica que monitora os sinais de campo e realiza tomada de decisões para atuação dos sinais de saídas. Em um torno CNC, o CLP monitora os sinais dos sensores e *encoders* reconhecendo assim o estado atual da máquina e de seus periféricos, obedecendo à lógica programada e recebendo o comando do CNC, as saídas do CLP são acionadas para

que os componentes eletroeletrônicos da máquina realizem a tarefa solicitada pelo operador.

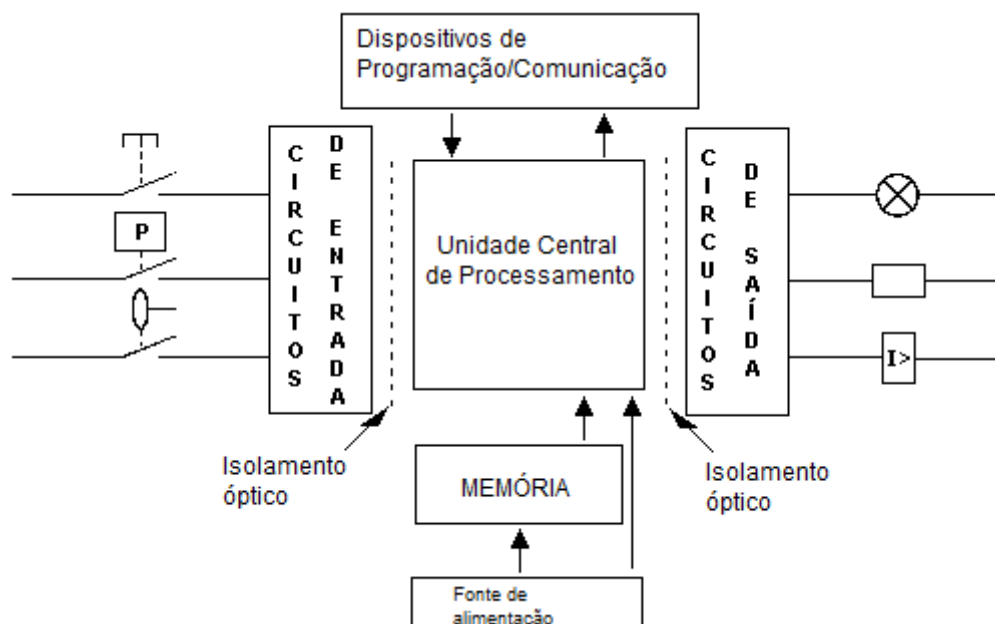


Figura 4 – Construção e funcionamento do CLP.

Fonte: Imagem Modificada

A dimensão e robustez do CLP é dependente do projeto em que é aplicado. A quantidade de entradas e saídas utilizadas, a necessidade de cartões de segurança, a implementação de leitura e escrita de dados analógicos, o tempo de processamento e outras características definem qual CLP irá satisfazer a aplicação.

Os cartões *Safety* são construídos com relés de segurança, para atender as normas de segurança e intertravamentos complexos, além do tempo de ciclo deste módulo ser reduzido quando comparado aos cartões de entrada e saída comuns, que por sua vez vão ser tratados com uma priorização diferentes pelo programa.

2.2 Servomotores

Alguns dos componentes controlados pelo conjunto CNC e CLP são os servomotores, que são responsáveis pelos movimentos dos eixos. A diferença para os motores comuns, é que no acionamento de um servomotor existe um controlador

que irá alterar o valor de rotação do eixo de acordo com o desejado, assim o mesmo não trabalha apenas em uma rotação fixa, onde esta grandeza pode variar dentro do range de trabalho do servomotor. Para que esse controle ocorra em malha fechada é necessário que haja um *encoder* acoplado ao servomotor.

Existem vários tipos e aplicações de servomotores, sendo que cada um possui características específicas, podendo ser um motor CC ou CA construídos em muitas configurações diferentes.

2.3 Servoacionamento

Acoplado ao eixo do motor há um sistema de transmissão, com uso de polias e correias, embreagens e caixa de engrenagens, ou em casos específicos o eixo do motor é ligado diretamente ao eixo movido da máquina (PAULI, 1996). Entre todas as formas de transmissão há um fuso interligado ao motor, que responde ao giro linear do seu eixo. Como abordado, o movimento dos eixos deve ser controlado de forma a manter a precisão da usinagem, tornando a partida direta do motor insuficiente. Assim os servomotores (Figura 5) são aplicados devido a sua capacidade de rápida resposta ao sistema de controle e potência elevada.

Para acionamento dos servomotores é necessário um *drive* de potência, que através dos comandos enviados pelo CNC seja possível adquirir a rotação desejada. Este controle é feito através de uma malha fechada (MOHAN, 1995), onde o drive recebe o *setpoint* de giro desejado para o motor, e então comanda o circuito de potência para que esta rotação seja atingida. O inversor de frequência é um componente eletrônico que tem por finalidade controlar o sinal de potência que será aplicado ao motor. Este dispositivo pode ser dividido em duas partes: controle e potência.

O sistema de potência do inversor é, de forma resumida, o chaveamento de semicondutores que irão alterar a forma da onda que alimenta o módulo, para o formato que será fornecido ao servomotor. Já o controlador do inversor de frequência tem como principal função ativar o chaveamento dos tiristores, alterando o ângulo de disparo considerando o valor desejado de corrente para variação da rotação do motor. Outras funções também são agregadas, como leitura dos sinais dos *encoders* e sensores que podem ser agregados aos servomotores, como sensor de temperatura.



Figura 5 – Servoacionamento.
Fonte: (SIEMENS, 2018).

2.4 Encoder

De forma paralela, um sensor de rotação realiza a leitura da rotação real do motor e retorna o dado para o *drive* que atualiza os parâmetros de controle do circuito de potência fechando o ciclo e realimentando o controlador. Possui um pequeno eixo (Figura 6) que é acoplado ao motor, e tem em sua construção um disco que possui marcações que são lidas por um sensor, assim, a qualquer movimento do motor, o sensor identifica a variação através das marcações do disco, e pela relação específica de cada *encoder* é possível relacionar com a velocidade ou avanço do dispositivo ao qual o mesmo está acoplado. O sensor retorna os pulsos lidos das divisões do disco, e conhecendo a quantidade de divisões totais do *encoder*, é identificada a rotação do motor. Existem dois tipos de *encoders* predominantes na indústria.

- Incremental: No disco do *encoder* incremental existe um marcador de "ponto zero", que define o ponto inicial da contagem dos pulsos. Então ao ligar o *encoder*, é necessário que o motor gire até que o ponto zero seja reconhecido para início da contagem correta do sistema.
- Absoluto: Ao *encoder* absoluto, é integrado um circuito eletrônico em que é

armazenado o valor de leitura anterior do *encoder*. Sendo uma vez referenciado, o mesmo não necessita que realize o posicionamento do motor para identificar o ponto de origem.



Figura 6 – Encoder.
Fonte: (FANUC, 2014).

2.5 Periféricos

Por fim a atuação de outros componentes do torno CNC também é controlada pelo CLP, como a bomba do óleo refrigerante que tem como função prolongar a vida útil da ferramenta, melhorar o acabamento da peça, retirar o excesso de cavaco durante o processo, e refrigerar e lubrificar o contato entre ferramenta e peça (RUNGE, 1990).

O conjunto de porta ferramentas do torno, mais conhecido como castelo, também é acionado pelo comando do CLP, que recebe do CNC qual é a posição da ferramenta solicitada para cada etapa do processo. O CLP monitora através de sensores a posição atual do castelo, e comparando com a ferramenta desejada utiliza a lógica direcional e decide o sentido de giro adequado para atingir a posição de forma mais rápida [GOMES, 2008]. Ainda em alguns tornos é exigido um sistema hidráulico, conseqüentemente uma bomba hidráulica, com motor e válvulas também controlados pelo CLP.

O painel de controle, sistema de abertura da porta, sistema de emergência, acionamento da esteira de cavacos, iluminação e outros acessórios também são integrados ao CLP e/ou CNC.

A característica do produto final irá definir como o processo de automati-

zação e comissionamento do torno deve ocorrer. A precisão e controle dos eixos são de extrema importância quando a peça a ser torneada tem tolerância restrita. Para que isso ocorra de maneira correta a integração entre CNC e CLP deve ser dinâmica e de resposta rápida. O CLP é a intermediação entre os comandos do CNC e a máquina, dessa forma o controle de todos os sistemas da máquina devem estar sincronizados para garantir que o processo ocorra de maneira controlada. Porém o formato de programação do CNC difere do CLP onde é necessária a conversão dos comandos através da implementação de funções M. O CNC gera a função M que é um gatilho para ativar uma memória no CLP, que é tratada pela lógica interna do controlador e assim ativa a saída desejada.

A comunicação com os inversores também ocorre através da troca de troca de palavras de dados. Mas além dos comandos, outra configuração importante nos inversores de um torno CNC é a parametrização. Quando instalado um inversor de frequência em um equipamento é necessário estudar a aplicação e definir quais são os principais fatores a serem controlados durante o processo, como por exemplo, tempo de aceleração e desaceleração do motor, velocidade máxima, torque, ganho, frequência, tensão de alimentação, entre outros. A parametrização pode ser realizada através do teclado do inversor, softwares de comissionamento, ou pelo próprio CNC.

A integração deste sistema ocorre através de diferentes canais de comunicação, adaptados para os dados que estão sendo transmitidos. Os fabricantes de CNC, buscam oferecer várias formas diferentes de comunicação, podendo assim integrar diferentes dispositivos ao sistema. Na Figura 7 é mostrado um exemplo de comunicação do torno identificando a integração de todas as partes do sistema.

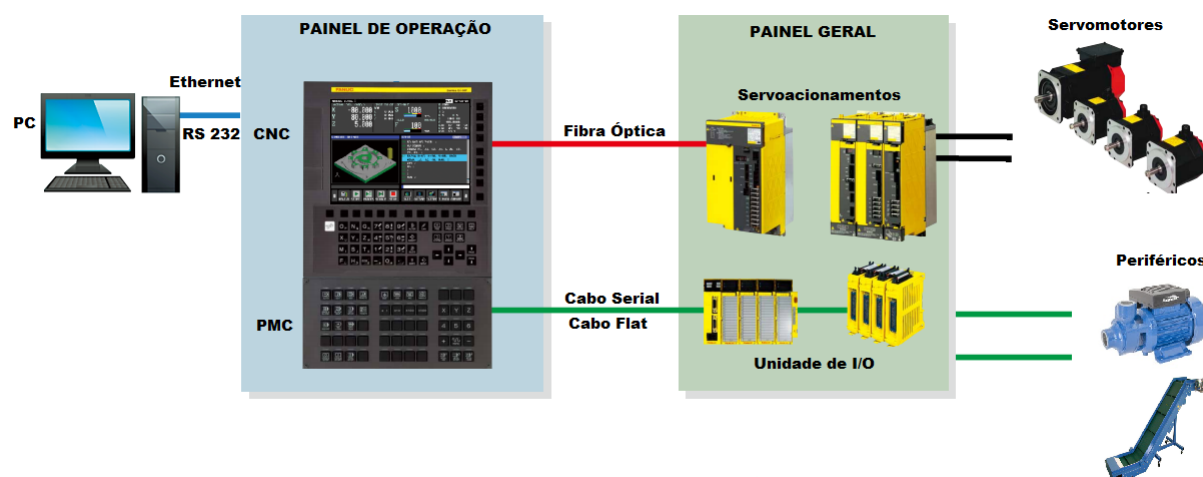


Figura 7 – Exemplo de comunicação dos dispositivos do torno CNC.

Fonte: (FANUC, 2014) (Imagem modificada).

Uma rede parte do CNC com os valores de *setpoint* dos motores até os servoacionamentos dos eixos. Todos os inversores são conectados nessa rede de forma serial, na interrupção da comunicação de um dos servos o CNC imediatamente identifica a falha. Já na comunicação do CLP com os dispositivos de campo são utilizados cartões de I/O (do inglês *Input/Output*) como intermediação.

Com esta resumida revisão teórica dos componentes de um torno CNC, é possível identificar a necessidade da compreensão de cada sistema, afim de aplicar os mesmos de maneira concreta e precisa. Por se tratar de um sistema que interliga diferentes dispositivos de controle e acessórios, os dados e comandos precisam ser ordenados, para que o código G do programa de usinagem possa ser traduzido em diferentes comandos para o torno CNC, de forma que o mesmo realize um processo conciso em que a qualidade seja refletida no produto final.

3 Metodologia

Tendo em vista a demanda da necessidade de renovação do sistema eletrônico da máquina, foram levantados alguns pontos a serem tratados para que a reforma possa ocorrer corretamente.

Inicialmente foi realizado o levantamento do novo *layout* da máquina, onde foi definido a realocação do painel, o reposicionamento da bomba hidráulica e do filtro de refrigeração magnético. A modificação do local do painel geral criou também a necessidade de abertura de uma vala no piso para passagem dos cabos, instalação de eletrodutos sob o piso para passagem dos cabos vindo do disjuntor geral para o transformador, elevação e fixação do painel. Estas atividades foram levantadas e o escopo repassado para a equipe de Engenharia Civil.

Também foram analisados e registrados os componentes elétricos, cabos e outros dispositivos da máquina para serem substituídos citados na tabela 1. Os cabos foram redimensionados tendo como base a corrente por ele percorrida, parâmetro que definido pela carga. Como os sinais de transferência entre CNC e CLP, que não utilizam fibra óptica e são transferidos em meio simples, são poucos foi utilizado apenas um cabo com 24 vias de 0,75mm para a transferência dessas informações.

Descrição	Quantidade	Valor unitario	Valor total
Bateria do servo	1	R\$ 260,30	R\$ 260,30
Cabo 16x0,75mm	10	R\$ 30,56	R\$ 305,60
Caixa botoeira 3 furos 22mm	2	R\$ 165,75	R\$ 331,50
Tampão 22 mm	3	R\$ 4,28	R\$ 12,84
Sensor indutivo 2mm	6	R\$ 154,46	R\$ 926,76
Cabo 30X1mm	10	R\$ 89,21	R\$ 892,10
Trilho para borne	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Canaleta 30x50	1	R\$ 9,36	R\$ 9,36
Borne SAK 2,5	50	R\$ 2,55	R\$ 127,50
Tomada redonda 10A	1	R\$ 8,28	R\$ 8,28
Coluna luminosa	1	R\$ 1.236,23	R\$ 1.236,23
Cabo 12x1mm	10	R\$ 30,56	R\$ 305,60
Botão preto 22mm	1	R\$ 55,69	R\$ 55,69
Botão verde 22mm	1	R\$ 55,69	R\$ 55,69
Botão vermelho 22mm	1	R\$ 55,69	R\$ 55,69
Tomada 10 pinos macho e fêmea	2	R\$ 197,62	R\$ 395,24
Cabo 5x1,5mm	10	R\$ 6,77	R\$ 67,70
Tomada industrial 2P+T Azul	2	R\$ 46,49	R\$ 92,98
Plug industrial 2P+T Azul	2	R\$ 35,24	R\$ 70,48
Cabo 4X1,5mm	37	R\$ 3,49	R\$ 129,13
Cabo 8X1mm	27	R\$ 6,88	R\$ 185,76
Cabo M12 (cabo para sensor) 5 m	5	R\$ 54,12	R\$ 270,60
Painel 300x300x200	1	R\$ 109,18	R\$ 109,18
Cabo 8X0,75mm	5	R\$ 10,12	R\$ 50,60
Chave de segurança	1	R\$ 2.409,54	R\$ 2.409,54
Cabo 4x1mm	10	R\$ 2,10	R\$ 21,00
Cabo 3X1,5mm	5	R\$ 2,68	R\$ 13,40
Cabo 4X1,5mm	7	R\$ 3,49	R\$ 24,43
Tomada 4 pinos macho e fêmea	1	R\$ 145,93	R\$ 145,93
Cabo M12 (cabo para sensor)	1	R\$ 195,12	R\$ 195,12
Flexível 2 1/2"metal	5	R\$ 21,23	R\$ 106,15
Flexível 1/2"metal	10	R\$ 2,67	R\$ 26,70
Flexível 3/4"metal	10	R\$ 22,52	R\$ 225,20
Box giratório 2 1/2"	2	R\$ 92,88	R\$ 185,76
Box giratório 1/2"	10	R\$ 8,86	R\$ 88,60
Box giratório 3/4"	10	R\$ 5,18	R\$ 51,80
Cantoneira 1"	6	R\$ 4,90	R\$ 29,40
Prensa cabo 3/4"	10	R\$ 4,25	R\$ 42,50
Prensa cabo 1/2"	10	R\$ 4,79	R\$ 47,90
Terminal de alumínio 95mm	8	R\$ 4,24	R\$ 33,92
Eletroduto 3 1/2"	5	R\$ 191,05	R\$ 955,25
PG 13,5 MM	5	R\$ 2,97	R\$ 14,85
Borracha para acabamento Eletroduto 3"	10	R\$ 45,87	R\$ 458,70
		TOTAL	R\$ 11.178,72

Tabela 1 – Lista de materiais para reforma.

Para substituição dos sensores do castelo de ferramentas, foi necessária a cotação da distância possível entre o sensor e o atuador, a altura de regulagem, e a distância da proteção lateral. Foi optado pela instalação de sensores com *led* para facilitar o ajuste do posicionamento. Os sensores do castelo atualmente são sensores indutivos cilíndricos, serão substituídos por modelos com conector M8 facilitando a substituição em caso de queima do componente. Devido a localização dos mesmos os cabos instalados serão com IP65 ou IP67 (IEC 60529, 2017).

Durante solicitações dos materiais, foi realizada um *gemba* (ir ao local e analisar o processo) para identificar possíveis pontos à melhorar no equipamento, os operadores da máquina foram consultados para que as falhas ou empecilhos possam ser eliminados, por exemplo não verificação da ferramenta correta durante usinagem.

Para realização deste projeto uma importante etapa é a capacitação em programação de equipamentos da empresa Fanuc, selecionada para os acionamentos e controle numérico devido a padronização das máquinas da linha e ao fator de custo-benefício. Foi fornecido um treinamento que tem em seu escopo, o estudo e a prática de programação do CNC, e prática de parametrização dos inversores de frequência.

Após conversa com a assistência da Fanuc, e analisada a necessidade do processo foi concluído que o sistema a ser utilizado é o comando FANUC 0iTF /motores e *drives* 440 Volts. A reforma inclui a instalação de um Comando Numérico, três servos-acionamentos, uma fonte de alimentação e três servo motores.

Os materiais citados na tabela 2 foram adquiridos pela empresa Vallourec Soluções Tubulares, proprietária da máquina a ser automatizada. A empresa também irá arcar com os custos dos treinamentos e mão de obra necessários na reforma.

	Componente	Referência	Preço(R\$)
1	Comando Numérico	0ITF-MCU70091-R00-(CNC)	63.372,86
2	Conversores (Servoacionamento)	0ITF-MCU70091-R00-(CONV)	73.143,75
3	Servomotor do eixo X	0ITF-MCU70091-2273-B200/0100	12.016,61
4	Servomotor do eixo Z	0ITF-MCU70091-2266-B500/0100	10.086,08
5	Servomotor do spindle	0ITF-MCU70091-2513-B203	33.016,14
		TOTAL:	181.549,36

Tabela 2 – Tabela de materiais do CNC.

3.1 Tecnologia FANUC

Como base para reforma foi necessária a realização de um treinamento fornecido pela FANUC, que é a fabricante dos acionamentos e CNC que serão instalados na máquina. O treinamento teve como objetivo citar as principais características da tecnologia, como padrão de programação do CLP, configuração de telas, configuração das chaves e controles externos, comissionamento dos eixos e comunicação entre CLP e CNC.

A metodologia usada foi focada na linha Fanuc OiF que será aplicada na reforma. O treinamento seguiu um passo a passo de *Start Up* do equipamento.

3.1.1 Sinais de Interface CNC/PMC

A FANUC utiliza da tecnologia PMC (*Programmable Machine Controller*) para suportar o CLP e integrar com as funções externas ao controle do servos. Estes endereços são transferidos entre CNC e PMC para indicar o estado real dos I/O's da máquina, que ficam armazenados na memória do CNC.

Símbolo	Tipo de Sinal
F	Sinal de entrada do CNC para PMC. (<i>Status</i>)
G	Sinal de saída do PMC para CNC.
X	Entrada da máquina para PMC.
Y	Saída do PMC para máquina.
R	Relé temporário interno. (Não retentivo)
E	Relé extra.
A	Mensagem.
T	Temporizador.
C	Contador.
K	<i>Keep Relay</i> .
D	Memória retentiva e dados.
M	Sinal entrada de PMC externo.
N	Sinal saída de PMC externo.
L	<i>Label</i> .
P	Número do subprograma.

Tabela 3 – Tabela de sinais do Comando CNC.

Os endereços X e Y são os I/O' de comunicação com os periféricos externos da máquina, botões de acionamentos, sensores, válvulas, relés e contadores. Estes sinais, mostrados na table 3 são tratados dentro do CLP onde alguns são convertidos em memórias R para que ocorra as tomadas de decisões. Para construção da lógica são utilizadas funções extras como temporizadores e contadores, sendo também possível criar alarmes utilizando os sinais 'A'.

Na *Table Data* que é a tabela com os parâmetros da máquina, são definidas as configurações do CNC, assim como a parametrização dos inversores do equipamento e características dos servomotores. Alguns status da máquina também podem ser monitorados através das funções F que podem ser utilizadas para identificação de falhas ou análise de comportamentos do equipamento.

Outro sinal importante é o código G, que é a programação utilizada para realizar os movimentos na máquina. Cada fabricante possui um padrão de funções G, onde o CLP reconhece os comandos solicitados.

3.2 Declaração de entradas e saídas (I/Os)

O sistema de comunicação é distribuído da seguinte forma:

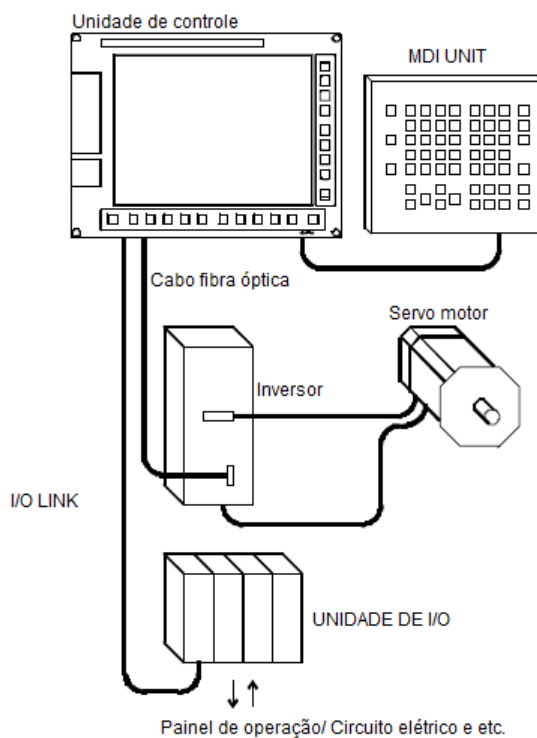


Figura 8 – Comunicação I/O.
Fonte: (FANUC, 2014)

Dentro da programação do CLP são definidos os I/O's que, destinados a sinais externos que serão lidos pelos cartões de leitura do PMC. A declaração do I/O é feita no mesmo ambiente de edição *Ladder*, onde para cada *slot* adicionado ao módulo de entradas e saídas deve ser definido o número e o endereço dos *bytes* a ele associados.

Para a aplicação em questão foi utilizado apenas um slot onde as entradas físicas provindas do campo, após passarem por uma placa de conversão para cabo flat, são direcionadas ao CLP para as *words* X0 à X11 e as saídas são distribuídas entre Y0 e Y8.

O teclado PMC, referenciado na figura 8 por *MDI Unit*, tem sua comunicação reservada nos *bits* compreendidos entre X96 e X111, e as saídas que são

utilizadas para os *leds* de sinalização das teclas habilitadas são armazenadas em Y96 e Y103.

3.3 Projeto do sistema de comunicação.

O sistema de um torno CNC possui diferentes dispositivos, cada um com um protocolo de comunicação diferente. A máquina possui um *layout* complexo para transmissão de dados para todos os comandos. A comunicação com o PMC para transferência do *ladder* é realizada através da porta Ethernet, utilizada apenas em transferência de dados.

Em uma placa de *Fast Ethernet* é adaptado o cartão de memória, contendo a configuração padronizada para o CNC, como telas e ecrãs. Este protocolo será utilizado para comunicação entre o CNC e estações externas. Um outro formato para comunicação externa via padrão serial RS232 para transferência de dados.

A rede de comunicação do torno engloba CNC, CLP, CPU, Fonte e *Drivers*. Os dados partem da CPU do CNC de forma serial, que devido a distância necessária até o painel geral, foi utilizado um conversor para fibra ótica. Na outra ponta o sinal é invertido e reconstruído em uma porta serial e é conectada a fonte PSM Fanuc. A rede tem continuidade no amplificador do *Spindle* e depois nos servomotores dos eixos. Por esse trecho da rede trafegam as configurações realizadas no comissionamento da máquina, tipo dos motores, sinal de liberação, sinais de rede estabelecida, e outros. Outra ramificação da rede é o protocolo em fibra ótica que representa a comunicação entre CLP e CNC, onde os dados são trocados.

3.4 Descrição de intertravamentos e lógica de acionamentos.

Para o funcionamento correto do torno, considerando também a segurança e preservação dos bens, alguns dos eventos da máquina devem ser limitados.

- Movimento dos eixos e execução do programa de usinagem não podem ocorrer com a porta aberta e castelo fora de posição;
- Máquina não movimenta os eixos se os limites de segurança estão atuados;

- Esteira transportadora de cavacos deve estar ligada durante usinagem;
- Após o giro do castelo deve se verificar se a ferramenta solicitada é a ferramenta posicionada;
- O programa de usinagem é interrompido se a refrigeração não estiver habilitada.

A implementação destas características é realizada na lógica *ladder*, garantindo os requisitos de funcionamento e segurança do equipamento.

3.5 Programação do CLP

A programação do CLP foi construída na linguagem *ladder* no software Fanuc Ladder III, obedecendo as peculiaridades do padrão FANUC, que inclui a programação dos acionamentos dos motores externos, botões de acionamentos, chave de segurança da porta, liberação dos inversores, luminárias, assim como comunicação entre CNC e CLP e outras funções do torno.

Partindo da lógica aplicada a máquina com o comando antigo, foram redefinidos os critérios de programação do funcionamento da máquina. O programa *ladder* foi dividido em dois níveis, sendo o primeiro comandos e funções gerais do equipamento e o segundo bloco composto pelas condições de chamadas dos subprogramas que vão ser definidos pelas aplicações. A máquina sempre inicia a leitura do Nível 1, então a escolha das condições aplicadas a cada bloco devem considerar a importância ao equipamento.

3.5.1 Nível 1

O tratamento do sinal de emergência deve ser incluído neste bloco que é o bloco *Main* e o primeiro a ser lido na lógica do CLP. O Sistema do Oi-F exige que o sinal de emergência *stop* seja atribuído ao endereço de entrada X8.4, o restante das entradas e saídas podem ser customizadas.

3.5.2 Nível 2

Neste nível serão distribuídos os programas, os blocos de função serão apenas chamados e condicionados quando necessário. Este tipo de organização assegura o bloqueio de toda a sequência de operações de maneira única, chamando a função apenas quando utilizada. Desta forma a lógica do PLC foi dividida de forma em que cada bloco trata um conjunto de dados do torno CNC, estruturado da seguinte forma:

Nº Sub Programa	Nome	Função
1	IO	Acionamento de dispositivos do Painel de Operação.
2	POP	Tratamento do teclado de operação do painel.
3	MOP	Condicionamento das chaves e teclas do CNC.
4	CNC	Tratamento das teclas e <i>leds</i> no CNC.
5	OVR	Codificação das chaves de <i>override</i> .
6	MFD	Controle de Máquina e código M
7	MCTL	Acionamento dos periféricos da máquina.
8	WFNC	Programa de usinagem.
9	ACTL	Comunicação com os servos dos eixos X e Z.
10	SPD	Comandos do <i>Spindle</i> .
11	TURR	Comandos do castelo de ferramentas.
12	MED	Condições dos periféricos em automático.
13	GEAR	Seleção das marchas.
14	ALM	Alarmes e mensagens.

Tabela 4 – Divisão da lógica *ladder* do CLP.

- Tratamento das teclas e comandos do painel:

Depois de definir as entradas e saídas referentes ao teclado operacional, a configuração das teclas que definem as funções do CNC, como manual, automático, MDA, JOG, referenciamento, incremento do movimento e seleção dos eixos entre outras, é realizada na atribuição de cada sinal a um sinal tipo 'R' que é tratado internamente no CLP.

O acionamento dos leds de indicação do painel também são atribuídas a uma memória 'R' que depois são transferidas em forma de palavras para as saídas Y. A transferência ocorre quando é utilizada a função *AND* para seleção dos bits a serem setados na *word*.

- Acionamento dos periféricos:

O dispositivos que são integrados a máquina que não fazem parte do sistema CNC/CLP/Acionamentos são tratados de forma individual. São condicionados diante das características de funcionamento de cada um, podendo ser acionamento de bombas, luminárias, motores, válvulas e outros.

O controle do castelo de ferramentas também é realizado de forma individual, leitura e tratamento dos sensores, acionamento das válvulas de sentido de giro e de desindexação. A posição da ferramenta posicionada no castelo é reconhecida através da contagem dos sensores. O castelo possui quatro sensores, e os atuadores são posicionados de forma que no giro os sensores são atuados de forma síncrona. Dois sensores tem funcionalidade de contadores, e o sentido de giro incrementa e decrementa a posição da ferramenta selecionada. Um sensor é de referência e sinaliza a posição da ferramenta 1, e o ultimo sensor atua apenas quando o castelo está indexado, ou seja travado e posicionado.

- Acionamento principal:

No bloco SPD (10) os sinais do *Spindle* são tratados e direcionados, é verificado e vigiado os sinais das marchas selecionados (figura 9) assim como a limitação de velocidade de cada marcha.

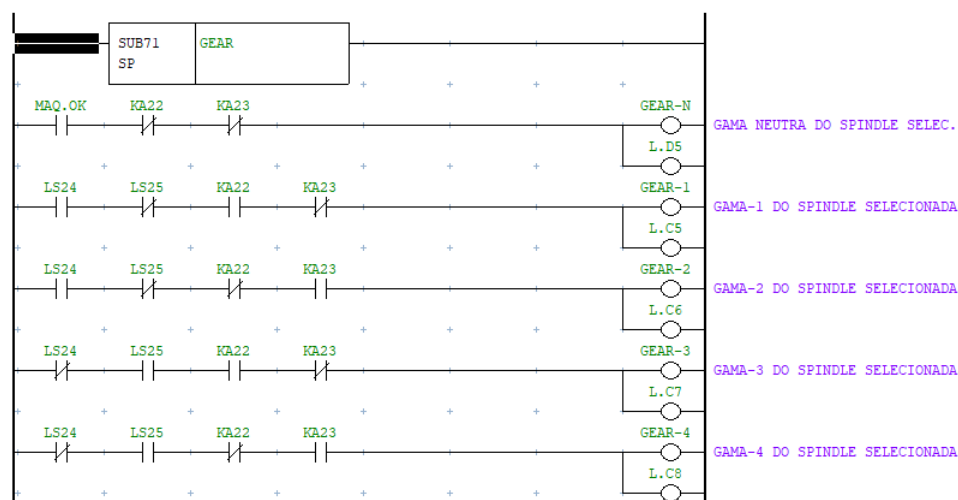


Figura 9 – Parte da programação *ladder* para controle das marchas selecionadas.
Fonte: Arquivo próprio.

- Alarmes e mensagens:

Algumas condições da máquina devem ser monitoradas e sinalizadas em caso de ocorrência. A maioria destes casos envolvem rompimento dos requisitos de segurança, do correto funcionamento do circuito elétrico e eletrônico ou são potenciais riscos para o processo. A lógica *ladder* aplicada neste bloco vigia alguns sinais importantes do processo, como sensores de fim de curso, sinais da chave de segurança da porta, sinais de falha dos inversores, e outros dispositivos do torno. A saída é uma memória de sinal 'A', em que em uma tabela é atribuído um texto a cada memória setada sendo este texto indicado na tela do CNC quando a memória é habilitada.

Se a condição for um alarme, o ciclo de funcionamento da máquina é interrompido e não é liberado até que a falha ou defeito seja eliminado. Para uma mensagem, a mesma é apenas um alerta não necessariamente bloqueando o equipamento. A mensagem também é utilizada como alerta para comandos incorretos ou indicações de nível baixo de óleo, porta aberta e outros.

3.6 Testes em bancada

Como pré-comissionamento da máquina e devido a indisponibilidade do equipamento inicialmente foram realizados testes em bancada, onde foi construído o painel geral da máquina seguindo as especificações do esquema elétrico, assim como o painel de operação.

A bancada foi montada provisoriamente para realização dos testes, criação da lógica, configuração do CNC e pré comissionamento dos eixos. Para que o circuito funcionasse corretamente de forma parcial já que alguns recursos da máquina não estavam disponíveis, foram necessárias pequenas alterações no circuito elétrico para validar a condição atual e eliminar intertravamentos do sistema.

O painel é alimentado com 440v que é distribuído apenas para os servoa-
cionamentos, e um transformador para 220v alimenta o restante do circuito que também utiliza de fontes 24v para alimentação dos comandos, dos sinais de campo e de alguns dispositivos. Para habilitar os comandos do painel de operação, foi criada uma régua de borne entre o painel de operação e o painel geral para alimentação e leitura dos sinais das chaves e botoeiras que poderiam incapacitar os testes.

A comunicação entre o módulo de CLP e CNC, é feita através de um comunicação serial porém devido a longa distância entre os dois dispositivos, foi necessária a implementação da fibra óptica na transferência dos dados e para isso foi instalado dois conversores um em cada extremidade.

Com o circuito elétrico pronto e a comunicação entre os dispositivos preparada, o primeiro teste realizado foi a verificação da montagem do painel ponto a ponto, em comparação com o esquema elétrico identificando e corrigindo as divergências encontradas. Ao ligar o equipamento o CNC apresenta alarmes devido ao mesmo não estar configurado e a falta da lógica do CLP para tratamento dos sinais.

A lógica de CLP foi construída no software FANUC LADDER III, e transferido para a CPU via Ethernet. Após transferência do programa, e habilitação do PMC é necessário realizar as configurações dos servoacionamentos utilizados, assim como o modelo dos motores para reconhecimento do CNC. Também é importante a parametrizar os dados de máquina, dos servos e do CLP.

3.7 Parametrização do sistema

A parametrização é uma parte importante do comissionamento do torno. Nesta etapa serão definidos o comportamento da máquina, curso e posicionamento dos eixos, característica de funcionamento e outras. Alguns destes parâmetros são pré estudados e definidos pelo fabricante da máquina baseado nas características básicas da mesma. A parametrização dos motores também recebem uma lista com valores ideais denominados de "*Default*". Também é possível achar os valores corretos para a instalação de forma mais específica através do comissionamento do motor, onde um *software* em comunicação direta com o inversor calcula os *set-points* dos principais parâmetros de ajuste.

Devido ao enorme número de parâmetros para configuração do sistema, serão apresentados os parâmetros básicos para instalação inicial da máquina.

Nº do Parâmetro	Descrição
Parâmetros Básicos	
0000	<i>Setting</i>
0020	Interface RS232
1000.3	Seta o movimento dos eixos para raio ou diâmetro.
2022	Sentido de giro . 111 ou -111.
Configuração FSSB	
1001.1	Seleção de movimento do eixo entre polegada e milímetro.
1013.1	Menor incremento. 0.001=0 e 0.01=1
1005.1	Sensor de referencia do eixo.
1006.0	Eixo linear=0 ou rotativo=1.
1006.3	Movimento do eixo em diâmetro=1 ou raio=0.
1008.2	Valores lineares=1 ou cíclicos=0.
1020	Nome do eixo.
1022	Sequencia dos eixos.
1023	Sequencia dos inversores.
1815.1	Seta encoder separado, diretamente no eixo.
1815.4 e 1815.5	Sinais de APC e APZ dos eixos.
1825	Ganho por motor.
1826	Tolerância do erro de posição.
Configuração coordenadas de máquina.	
1240	Valor do carregado na referencia .
1320 e 1321	Valores de curso máximo dos eixos, positivo e negativo.
1420	Define o valor do avanço rápido de cada eixo.
1421	Define o valor do avanço de cada eixo.
1423	Define o velocidade rápida em JOG de cada eixo.
1424	Define o velocidade rápida em Manuel de cada eixo.
1425	Define o velocidade retorno para referência de cada eixo.
1428	Define o velocidade para referenciar.

Tabela 5 – Alguns parâmetros iniciais para configuração do CNC.

4 Análise de Resultados

As condições iniciais do equipamento apresentavam várias circunstâncias impróprias para funcionamento e manutenção de um torno CNC, em um processo que exige precisão e consistência de produção. A substituição do painel geral da máquina (figura 10) proporcionou ganhos no tempo de atuação da manutenção corretiva além da padronização do sistema CNC do equipamento, compatibilidade entre os acionamentos, correspondência e regularidades diante do projeto.

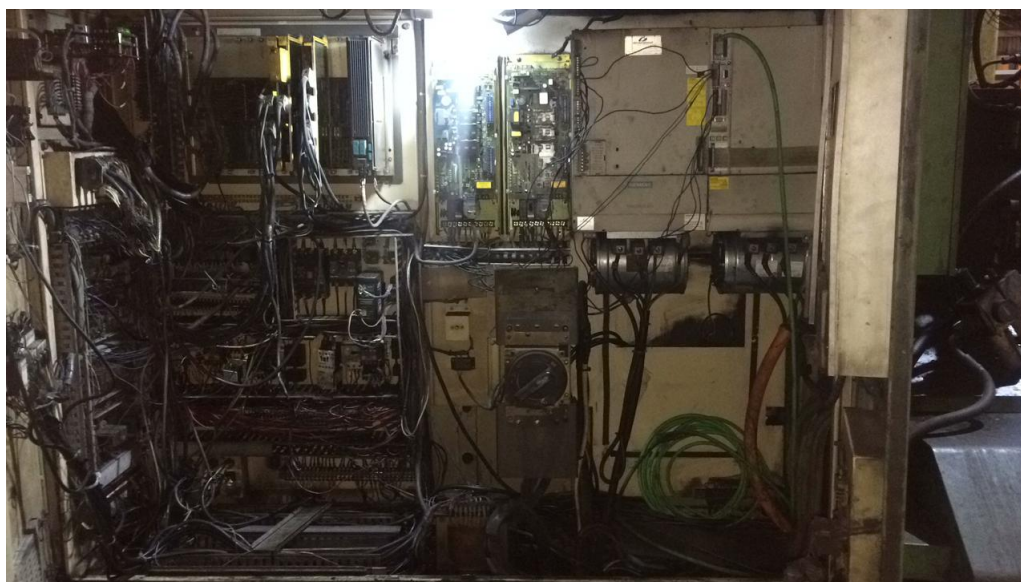


Figura 10 – Painel geral antes da reforma.
Diferentes acionamentos, desorganização e alteração do circuito original. Fonte:
Arquivo próprio.



Figura 11 – Novo painel geral.
Fonte: Arquivo próprio.

O painel de operação também foi substituído (figura 13). Anteriormente no painel da máquina (figura 12), as *labels* das botoeiras eram alemãs e alguns botões e chaves eram comandos obsoletos dificultando a operação do equipamento, o monitor era do modelo CRT (Tubo de raios catódicos) tornando a imagem de difícil leitura dependendo da luminosidade do ambiente, além das constantes falhas no *display*.



Figura 12 – Painel de Operação antes da reforma.
Fonte: Arquivo próprio.



Figura 13 – Painel de Operação.
Fonte: Arquivo próprio.

Devido ao acesso ao programa de CLP da máquina e a disponibilização do software para edição, foi possível realizar melhorias no funcionamento do equipamento, tais como:

- Instalação de chave de segurança na porta impedindo a abertura da mesma durante o ciclo, onde a lógica de CLP implantada exige a solicitação para abrir a porta, ação que só é concedida dentro de alguns requisitos de segurança;
- Atualização da lógica do castelo de ferramentas. Inclusão de prevenção de erro na contagem dos sensores e identificação da falha de reconhecimento de posição reduzindo o risco de colisão do equipamento;
- Regularização e inserção de dispositivos não originais da máquina na lógica CLP, como luminária interna, bomba de lubrificação centralizada e filtro de óleo refrigerante;
- Inclusão do circuito contador de peças;
- Inclusão do monitoramento dos sinais do acionamento do eixo principal (*Spindle*).

Um ganho mensurável é a redução da probabilidade de colisão de máquina. Anteriormente apesar do sistema Fanuc, o servo do acionamento principal era do fabricante Siemens, isto causava divergência na comunicação dos módulos e em caso de falha no *Spindle*, a placa de fixação da peça interrompia o giro porém os eixos não identificavam a falha continuando a usinagem causando esforço excessivo no equipamento, podendo danificar componentes mecânicos. Na padronização dos acionamentos, todo o sistema é interligado e as falhas são imediatamente identificadas e tratadas.

5 Trabalhos futuros

Além de toda as ações envolvendo o sistema CNC do torno, muitas condições indesejadas serão tratadas. Os cabos dos dispositivos da máquina estão ressecados e feridos devido a exposição a óleo e a sucata do processo podendo provocar curtos-circuitos no equipamento, estes serão substituídos e a proteção dos cabos reparada. O posicionamento atual do painel possibilita a transferência de óleo para dentro do painel, o mesmo será desacoplado da máquina e reposicionado.

Serão instaladas tomadas múltiplas industriais para conexão entre os cabos na caixa de passagem com os motores em campo facilitando o desacoplamento de alguns componentes em caso de manutenção. A esteira de cabos interna da máquina também será reparada.

Os componentes que serão reaproveitados como por exemplo luminária interna, motores trifásicos, bombas, válvulas e limites do câmbio serão revisados devido a boa condição e preservação do componente.

Atividades mecânicas também serão realizadas, como revisão dos fusos e rolamentos, usinagem do barramento do eixo Z, ajuste de chavetas, alinhamento do castelo e outras medições normativas.

Como atividade conclusiva da reforma serão revisados e reformulados todos os procedimentos da máquinas. Os procedimentos operacionais terá suas descrições atualizadas para o novo comando, e os procedimentos e manuais de manutenção reformulados para as novas atividades. Após a aprovação destes documentos, treinamento e capacitação dos envolvidos, o sistema de gestão utilizado na empresa para controle de procedimentos, manuais, esquemas elétricos e desenhos mecânicos será atualizado. Também será necessário o redimensionamento dos componentes da máquina no cadastro de materiais para requisição, indicando todos os dados do dispositivo assim como quantidade necessária de estoque, número que será quantizado baseado na probabilidade de quebra do componente, dificuldade de pronta entrega e impacto no processo produtivo.

6 Considerações Finais

A importância de garantir a eficiência de um maquinário dentro da indústria significa aumentar a produtividade, assim como qualidade, segurança e eficiência do processo.

A reforma e automação do torno CNC traz ganhos para o processo produtivo com a facilidade de interface homem e máquina, disponibilidade do equipamento e confiabilidade no processo. Para manutenção os ganhos são ainda maiores já que com o circuito elétrico da máquina padronizado, a atuação é mais eficiente e eficaz, o conhecimento de todo o sistema é documentado. A comunicação e correta transferência de dados entre todos os dispositivos da máquina refletem no bom funcionamento e controle do processo.

A lógica do CLP construída abrange todas as interfaces entre a máquina e o operador, garantindo uma resposta previsível dos comandos dados ao torno CNC. O comissionamento correto dos motores garante que a resposta dos eixos em relação ao programa de usinagem seja consistente ao ponto de refletir positivamente no produto final.

7 Referências

- [1] DIN - Deutsches Institut für Normung. DIN 8580. 2003. Fundamental Technical Standards Committee.
- [2] WARD, J.E., “Numerical Control of Machine Tools,” McGraw Hill Yearbook of Science and Technology, McGraw-Hill. New York: 1968.
- [3] BATALHA, Gilmar Ferreira. Processos de Fabricação - Módulo I: Processos de Fabricação. São Paulo.
- [4] KALPAKJIAN, Serope ; SCHMID, Steven R. .Manufacturing Engineering and Technology, 7ª edição. Singapura: Prentice Hall, 2014.
- [5] FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos. 1. ed. São Paulo: Érica, 2008.
- [6] PAULI, Evandro Armini de; ULIANA, Fernando Saulo. Noções Básicas de Elementos de Máquinas. Vitória: 1996.
- [7] MOHAN, Ned; UNDELAND, Tore M.; ROBBINS, William P. Power electronics : converters, applications, and desing. 2ª edição. New York : John Wiley and Sons, 1995.
- [8] RUNGE, P.R.F.; DUARTE, G.N. Lubrificantes nas Indústrias. Tribocconcept Editora Ltda. Carapicuíba-SP. P. 73-172, 1990.
- [9] GOMES, Lauro. Programador de torno CNC - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo: 2008.
- [10] FERRARI, Alfredo Vergilio Fuentes. A evolução dos tornos automáticos: do came ao CNC. São Paulo: 2003.
- [11] Umans, Stephen D., Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley, 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- [12] SEYBOLD,Jonathan; BÜLAU, André Bülau; FRITZ, Karl-Peter; FRANK, Alexander;SCHERJON, Cor; BURGHARTZ Joachim Burghartz; ZIMMERMANN,

André. Miniaturized Optical Encoder with Micro Structured Encoder Disc. MDPI. 2019.

[13] GURVITZ, Pedro Henrique Queiroz Koatz de. Conversão de Torno manual em CNC para Fabricação de Microssistemas. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

[14] Siemens Industry. Catalog D 31.1: SINAMICS Inverters for Single-Axis Drives, 2018. US: Edição 2018.

[15] FANUC Corporation. Catalog Fanuc Series Oi-MODEL F, 2014. Japão: Edição 2014.

[16] FANUC Corporation. Fanuc Series Oi-Model F - Maintenance Manual (B-64605EN/01), 2014. Japão: Edição 2014.

[17] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR IEC 60529. 2017. Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).

[18] SOUZA, João André de. Processos de Fabricação por Usinagem. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Departamento de Engenharia Mecânica, 2011.