

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE MATEMÁTICA

Erotide Rodrigues Pereira

**A MATEMÁTICA UTILIZADA PELOS TÉCNICOS
EM ELETROELETRÔNICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

Porto Alegre

2013

Erotide Rodrigues Pereira

**A MATEMÁTICA UTILIZADA PELOS TÉCNICOS
EM ELETROELETRÔNICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Matemática.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elisabete Zardo Búrigo

Porto Alegre

2013

Erotide Rodrigues Pereira

**A MATEMÁTICA UTILIZADA PELOS TÉCNICOS
EM ELETROELETRÔNICA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Matemática.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elisabete Zardo Búrigo

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Elisabeta D'Elia Gallicchio
Instituto de Matemática – UFRGS

Prof. Dr^a. Marilaine de Fraga Sant'Ana
Instituto de Matemática - UFRGS

Prof. Dr^a. Elisabete Zardo Búrigo - Orientadora
Instituto de Matemática - UFRGS

Porto Alegre, julho de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Elisabete Zardo Búrigo, por ter aceitado orientar esse trabalho, pela dedicação, disponibilidade e pelos ensinamentos que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Às professoras Elisabeta D'Elia Gallicchio e Marilaine de Fraga Sant'Ana, pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

Aos meus pais e demais familiares, em especial à minha falecida mãe, que apesar da sua baixa escolaridade sempre me estimulou a estudar.

À minha esposa, que sempre me motivou e apoiou nessa caminhada.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao corpo docente do Instituto de Matemática e da Faculdade de Educação, pela oportunidade e ensinamentos.

Aos colegas e amigos da empresa onde trabalho, que muito contribuíram na coleta das informações, sem as quais não seria possível a realização deste trabalho.

Devemos aprender durante toda a vida,
sem imaginar que a sabedoria
vem com a velhice.

Platão

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar, junto aos técnicos em eletroeletrônica do setor automotivo de uma indústria da região metropolitana de Porto Alegre, quais os conhecimentos matemáticos utilizados no dia-a-dia do seu ambiente de trabalho. A análise dos dados obtidos, através de entrevistas com técnicos em eletroeletrônica do setor automotivo, permite concluir que os conhecimentos matemáticos ajudam a garantir uma maior segurança e certeza na tomada de decisões, durante a resolução de problemas e proposição de melhorias no processo produtivo. Os conhecimentos matemáticos contribuem para o desenvolvimento de ferramentas gráficas para o monitoramento do tempo de ciclo das operações, e a interpretação desses dados permite a otimização e melhor acompanhamento do processo produtivo. O conhecimento das limitações e características do Controlador Lógico Programável (CLP), conseguido através da leitura dos manuais do produto, juntamente com os conhecimentos matemáticos, permite a detecção e correção de imprevisibilidades existentes na programação do software, tornando o processo mais confiável.

Palavras-chave: Ensino de Matemática, Ensino Técnico, Chão-de-Fábrica, Indústria Automobilística, Controlador Lógico Programável.

ABSTRACT

This work discusses the mathematical knowledge used in the day to day work environment of electronics technicians working in an automotive industry in the metropolitan area of Porto Alegre. From the analysis of the data obtained through interviews with some technicians it can be concluded that mathematical knowledge helps to ensure greater security and certainty in decision making during problem solving and improvements proposing in the production process. Mathematical skills contribute to the development of graphical tools for monitoring the cycle time of the operations, and interpretation of these data allows better monitoring and optimization of the production process. Knowledge of the characteristics and limitations of the Programmable Logic Controller (PLC), achieved by reading product manuals, along with the mathematical reasoning, allows the detection and correction of existing unpredictabilities in software programming, making the process more reliable.

Keywords: Teaching of Mathematics, Technical Education, Floor-to-Factory, Automobile Industry, Programmable Logic Controller.

LISTA DE SIGLAS

BOOL - operador booleano, somente 1 bit.

CLP - controlador lógico programável.

CNC - controle numérico computadorizado (*Computer Numeric Control*).

CTD - bobina do contador decrescente (*Count Down*).

CTU - bobina do contador crescente (*Count Up*).

CPU - unidade central de processamento (*Central Processing Unit*).

DINT - palavra duplo-inteira composta por 32 bits do tipo BOOL.

GEQ - instrução de comparação do CLP, se A maior ou igual a B faça.

GRT - instrução de comparação do CLP, se A maior B faça.

IHM - Interface Homem-Máquina (*Man Machine Interface*).

I/O - entradas/saídas do CLP (*Input/Output*).

INT - palavra composta por 16 bits do tipo BOOL.

JUMPER - salto, desvio na lógica de programação do CLP.

LER - Lesões por Esforços Repetitivos.

MOV - movimentar valores inteiros ou variáveis entre palavras no CLP.

NA - contato normalmente aberto.

NF - contato normalmente fechado.

OTE - energizar saída (*Output Energize*).

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais.

RAM - memória de acesso aleatório (*Random Access Memory*).

RES - bobina de reset (*Reset*).

ROM - memória de apenas leitura (*Read Only Memory*).

SINT - palavra composta por 8 bits do tipo BOOL.

SUB - instrução executa subtração no CLP.

TP - terminal de programação (*Teach Pendant*).

TCP - ponto central da ferramenta (*Tool Center Point*).

XIO - examinar se desligado (*Examine If Open*).

XIC - examinar se ligado (*Examine If Closed*).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha de montagem.	28
Figura 2 - Lógica de controle de ciclo usando temporizador retentivo.	28
Figura 3 - Histograma do tempo de ciclo de uma célula.....	29
Figura 4 - Composição física de um relé.	31
Figura 5 - Painel elétrico.....	32
Figura 6 - Guardlogix produto da Rockwell Automation.	32
Figura 7 - Estrutura básica de um controlador lógico programável.	33
Figura 8 - Funcionamento de um CLP.....	34
Figura 9 - Relé em repouso.....	35
Figura 10 - Relé em funcionamento.	35
Figura 11 - OTE (Bobina de acionamento).....	35
Figura 12 - XIO (Contato normalmente aberto).....	36
Figura 13 - XIC (Contato normalmente fechado).....	36
Figura 14 - Exemplo de programa <i>ladder</i> no RSLogix 5000 da Rockwell.	36
Figura 15 - Ligações físicas entre as entradas e saídas do CLP.	36
Figura 16 - Robô Industrial com 6 graus de liberdade.....	38
Figura 17 - Manipulador de seis eixos.....	39
Figura 18 - Controlador do Manipulador.....	39
Figura 19 - <i>Teach Pendant</i> do robô ABB.....	41
Figura 20 - <i>Spot Welding Servo Gun</i>	41
Figura 21 - Robô com <i>gripper</i>	41
Figura 22 - Sensores indutivos.....	42
Figura 23 - Garra de fixação.....	42
Figura 24 - Coordenadas da base.....	43
Figura 25 - Sistema de coordenadas global comum a dois robôs.....	43
Figura 26 - Mesa inclinada.	44
Figura 27 - TCP tool0 – Localizado no de face transversal ao eixo 6.	44
Figura 28 - Localização das Coordenadas do TCP - <i>Tool Center Point</i>	45
Figura 29 - Linha de prensa da estamperia.....	49
Figura 30 - Instrução SUB do CLP Logix5000 da Rockwell.	50
Figura 31 - Robô industrial com uma máquina de solda instalada no eixo seis.	51

Figura 32 - Principais componentes de uma máquina de solda ponto.....	52
Figura 33 - Esboço do processo de soldagem com a formação da lente de solda. ..	52
Figura 34 - Representação de um circuito de soldagem por resistência.....	55
Figura 35 - Sequência de soldagem de uma pinça de solda.....	56
Figura 36 - Gráfico de otimização de solda.....	58
Figura 37 - Definição de uma palavra do tipo SINT no CLP RSLogix 5000.	65
Figura 38 - Lógica com erro na atribuição de valores no CLP RSLogix 5000.	66
Figura 39 - Correção utilizando um comparador para reinicializar o contador.	66
Figura 40 - Exemplo de contagem no RSLogix 500.	68
Figura 41 - Representação dos limites do Contador.	68
Figura 42 - Exemplo de programa Correções na lógica.	69
Figura 43 - Lógica de atribuição de valores para o <i>Preset</i> Temporizador.	70
Figura 44 - Instrução GRT, verifica se o valor $A > B$	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Arquitetura básica de um CLP.....	33
Quadro 2 - Exemplo de instruções de programação do robô ABB.....	47
Quadro 3 - Exemplos de variáveis no RSLogix 5000.	64

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

A - Ampère, unidade de corrente.

h - hora, unidade de tempo.

Hz - Hertz, unidade de frequência que expressa o número de ciclos por segundo.

KA - quiloampère, unidade de corrente (1000 ampères).

min - minuto, unidade de tempo.

ms - milissegundos, unidade de tempo (10^{-3} segundos).

N - Newton, unidade de força.

s - segundo, unidade de tempo.

$\mu\Omega$ - micro ohm, unidade de resistência (10^{-6} ohm).

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	14
2 - A MATEMÁTICA UTILIZADA NO CHÃO-DE-FÁBRICA.....	17
3 - A MATEMÁTICA UTILIZADA NA ELABORAÇÃO DE MELHORIAS.....	20
3.1 - Proposições de melhorias pelos trabalhadores	20
3.2 - Melhorias propostas pelos entrevistados.....	25
3.2.1 - Acompanhamento das metas diárias de produção.....	25
3.2.2 - Histograma para monitoramento do tempo de ciclo das células	27
4 - CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP).....	31
4.1. Estrutura física de um CLP industrial	31
5 - A ROBÓTICA INDUSTRIAL.....	37
5.1 - Sistema de coordenadas de um robô Industrial.....	42
5.1.1 - Sistema de Coordenadas de Base	43
5.1.2 - Sistema de coordenadas global.....	43
5.1.3 - Sistema de coordenadas do punho	44
5.1.4 - Sistema de coordenadas da ferramenta.....	44
5.2 - Programação de um robô industrial	45
5.2.1 - Programação Estruturada de um robô industrial	46
6 - DECISÕES TOMADAS COM BASE NA MATEMÁTICA.....	48
6.1. Resolução de problemas utilizando o raciocínio matemático.....	48
6.2. Soldagem a ponto por resistência elétrica	50
7 - IMPREVISIBILIDADES	59
8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
9 - REFERÊNCIAS.....	74
APÊNDICE A - Transcrição da Entrevista A.....	76
APÊNDICE B - Transcrição da Entrevista B.....	85
APÊNDICE C - Transcrição da Entrevista C	87
APÊNDICE D - Transcrição da Entrevista D	94

1 - INTRODUÇÃO

O setor industrial brasileiro vem se destacando no cenário mundial, sendo o automotivo um dos principais responsáveis por esse crescimento, por ser um setor competitivo que movimentava a economia de um modo geral e, também, porque as empresas estão em constante aperfeiçoamento tecnológico.

Entretanto, há uma disparidade tecnológica entre os países desenvolvidos e os emergentes, em especial o Brasil, como reconhece o governo federal:

O progresso técnico penetrou transversalmente em diversos segmentos da estrutura produtiva desses Países, alterando seus padrões de organização e gerando um forte aumento da produtividade e uma acentuada redução dos custos unitários de produção. Em consequência, aumentaram extraordinariamente a brecha tecnológica e as assimetrias de competitividade entre esse núcleo mais avançado e as chamadas economias emergentes ou de menor desenvolvimento relativo (BRASIL, 2011, p. 11).

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação aponta para a necessidade do desenvolvimento de tecnologia no próprio país, que foi marcadamente visto apenas como usuário:

Por isso é fundamental avançar cada vez mais na incorporação do progresso técnico à produção industrial, que esteve baseado historicamente na utilização, via importação ou investimento estrangeiro direto, de equipamentos e tecnologias já disponíveis ou geradas em outros Países. O avanço da industrialização tem que se apoiar fundamentalmente, no desenvolvimento científico e tecnológico endógeno e em sua incorporação crescente ao processo produtivo (BRASIL, 2011, p. 10).

A indústria automotiva está em pleno desenvolvimento e, por possuir um aparato tecnológico avançado, exige profissionais qualificados nos mais diversos setores que a compõem. Porém, a mão de obra qualificada não vem acompanhando esse crescimento, em especial na área técnica.

A disparidade tecnológica soma-se à defasagem existente entre a tecnologia instalada nas indústrias e a tecnologia oferecida pelas escolas técnicas, que muitas vezes não conseguem acompanhar a evolução tecnológica, pelo alto custo envolvido e o baixo investimento na educação técnica.

Este fato contribui fortemente para uma formação deficitária do técnico. Acredito que algumas características essenciais para o pleno desenvolvimento de um técnico dessa área são o raciocínio, a facilidade com cálculos, a memorização

de processos, o trabalho em equipe, a dedicação, a dinâmica, a concentração, o trabalho sob pressão, dentre outras. A educação matemática tem, portanto, um papel importante na formação desses profissionais.

O autor deste trabalho é formado em Técnico em Automação Industrial e atua, há 11 anos, na indústria automobilística, como Técnico em Eletroeletrônica. A Licenciatura em Matemática permitiu aprender com maior facilidade os conhecimentos necessários para um melhor desempenho como técnico. A motivação para a realização desta pesquisa deveu-se a situações que este técnico vivenciou e observou no chão-de-fábrica, nas quais os conhecimentos matemáticos facilitaram o raciocínio lógico-matemático, extremamente necessário para o entendimento da tecnologia instalada em uma indústria automobilística.

Sendo assim, este autor tem como propósito verificar, junto aos técnicos em eletroeletrônica do setor automotivo de uma indústria da Região Metropolitana de Porto Alegre, quais os conhecimentos matemáticos utilizados no seu dia-a-dia em ambiente de trabalho.

Com esse objetivo, foram entrevistados técnicos em eletrônica de uma indústria do setor automotivo da Região Metropolitana de Porto Alegre e foram realizadas observações do cotidiano do trabalho no setor de manutenção da empresa. O trabalho apresenta a análise realizada a partir dessas entrevistas e observações.

O capítulo 2 registra a motivação para o estudo, estabelecendo relações entre a matemática utilizada no chão-de-fábrica e as propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o ensino de matemática.

O capítulo 3 traz alguns exemplos de matemática, empregada na elaboração de melhorias citados pelos entrevistados, extremamente importantes para o desenvolvimento profissional dos técnicos e otimização do processo.

O capítulo 4 aborda de maneira resumida a estrutura física e o funcionamento do Controlador Lógico Programável (CLP).

No capítulo 5, a estrutura física é apresentada, bem como alguns conceitos básicos de um robô industrial.

O capítulo 6 apresenta algumas características de um transformador de solda ponto, exemplos de resolução de problemas fazendo uso da matemática, citados pelos entrevistados, e a otimização dos tempos de soldagem através de gráficos.

O capítulo 7 relata exemplos de detecção e resolução de imprevisibilidades no chão-de-fábrica.

As Considerações Finais apresentam os principais resultados do trabalho.

2 - A MATEMÁTICA UTILIZADA NO CHÃO-DE-FÁBRICA

A competitividade no setor automotivo sempre foi muito acirrada e a globalização do mercado obrigou às indústrias a tornarem seus processos produtivos cada vez mais eficientes e enxutos. Essa eficiência foi conseguida com altos investimentos em tecnologia. Isso vem exigindo dos profissionais da área técnica um maior dinamismo e uma boa base de ensino matemático, o qual facilitará o entendimento de uma série de tecnologias que, até então, eram novidades para os mesmos.

Em muitas situações-problema, na indústria automobilística, a matemática não está presente na resolução de um problema que envolve cálculos, mas o raciocínio lógico-matemático está presente nas mais diversas situações do dia-a-dia envolvendo o controle dos robôs e processos através do Controlador Lógico Programável (CLP), que é utilizado no gerenciamento do processo produtivo. A educação matemática tem, portanto, um papel importante na formação desses profissionais.

Laudares (2004) destaca a proximidade existente entre a matemática e a educação tecnológica:

Nessa atual sociedade do conhecimento onde o científico está vinculado ao raciocínio causal, organizado, sistêmico e lógico, a Matemática acontece como requisito conceitual científico. Se fazer ciência é matematizar os fenômenos, realizando sua leitura e compreensão pelo raciocínio lógico-dedutivo, essência da estruturação Matemática, a educação tecnológica ou para tecnologia se faz numa interação estreita com a educação Matemática (LAUDARES, 2004, p. 4).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais da Matemática Ensino Fundamental (PCN) destacam uma diversidade de potencialidades da educação matemática:

A Matemática comporta um amplo campo de relações, regularidades e coerências que despertam a curiosidade e instigam a capacidade de generalizar, projetar, prever e abstrair, favorecendo a estruturação do pensamento e o desenvolvimento do raciocínio lógico (BRASIL, 1997, p. 20).

Todas essas qualidades podem contribuir de maneira positiva para a formação do técnico.

Os PCN da Matemática ressaltam a necessidade de ser trabalhada com o aluno a agilização do raciocínio lógico, visando resolver problemas do cotidiano e do trabalho.

[...] é importante que a Matemática desempenhe, equilibrada e indissociavelmente, seu papel na formação de capacidades intelectuais, na estruturação do pensamento, na agilização do raciocínio dedutivo do aluno, na sua aplicação a problemas, situações da vida cotidiana e atividades do mundo do trabalho e no apoio à construção de conhecimentos em outras áreas curriculares (BRASIL, 1997, p. 21).

De uma forma mais abrangente, os PCN destacam as qualificações necessárias para o aluno enfrentar o mercado de trabalho e a importância de formar cidadãos críticos, capazes de lidar com as novas tecnologias do mercado de trabalho:

Um ensino de qualidade, que busca formar cidadãos capazes de interferir criticamente na realidade para transformá-la, deve também contemplar o desenvolvimento de capacidades que possibilitem adaptações às complexas condições e alternativas de trabalho que temos hoje e a lidar com a rapidez na produção e na circulação de novos conhecimentos e informações, que têm sido avassaladores e crescentes. A formação escolar deve possibilitar aos alunos condições para desenvolver competência e consciência profissional, mas não restringir-se ao ensino de habilidades imediatamente demandadas pelo mercado de trabalho (BRASIL, 1997, p. 31).

Entretanto, as potencialidades de cada aluno nem sempre são exploradas. Alguns professores, muitas vezes, apenas expõem o conteúdo no quadro-negro, sem investigar e explorar situações em que os alunos sejam postos a pensar, refletir sobre algo novo a eles. Os problemas que, geralmente, são propostos têm soluções conhecidas e, muitas vezes, os professores exigem que o problema seja solucionado da mesma forma como foi ensinado em aula. Entretanto deveríamos explorar essas situações para que os alunos propusessem outras formas de pensar o problema, impactando diretamente a sua formação.

De acordo com Costa e Alvarenga (2010), os alunos do ensino médio são estimulados a resolver de forma mecânica uma série de exercícios de fixação e a decorar macetes, regras, devido à metodologia adotada por alguns professores em sala de aula, o que acaba não os estimulando a raciocinar.

D'Ambrosio (2010) complementa dizendo que:

Em nenhum momento no processo escolar, numa aula de matemática geram-se situações em que o aluno deva ser criativo, ou onde o aluno esteja motivado a solucionar um problema pela curiosidade criada pela situação em si ou pelo próprio desafio do problema (D'AMBROSIO, 2010, p. 2).

Isso acarretará sérias dificuldades quando o aluno se inserir no ensino técnico ou superior, onde lhe será exigida capacidade de demonstração e de entendimento do conteúdo visto no ensino médio, algo com que poucos alunos tiveram oportunidade de se deparar na escola.

Os PCN complementam articulando que a construção do conhecimento não se dá apenas na escola, mas nas relações sociais de cada aluno com os demais meios que compõem a sociedade.

Os alunos não contam exclusivamente com o contexto escolar para a construção de conhecimento sobre conteúdos considerados escolares. A mídia, a família, a igreja, os amigos, são também fontes de influência educativa que incidem sobre o processo de construção de significado desses conteúdos. Essas influências sociais normalmente somam-se ao processo de aprendizagem escolar, contribuindo para consolidá-lo; por isso é importante que a escola as considere e as integre ao trabalho (BRASIL, 1997, p. 36).

Não podemos deixar de valorizar e tentar entender o método ou a estratégia que o aluno utilizou para resolver determinado problema. Cada aluno elabora sua estratégia, e temos que procurar aproveitar esse conhecimento prévio do aluno para, gradativamente, inserir a matemática acadêmica; senão, correremos o risco do discurso excludente que muitos profissionais da área de matemática têm: o de que a matemática é complicada.

Nesse sentido, muitas pesquisas vêm sendo realizadas nos mais diversos ramos do conhecimento, com o objetivo de identificar a matemática utilizada no dia-a-dia para desempenhar as tarefas diárias no âmbito social e do trabalho, e como os profissionais adquirem esse conhecimento matemático, seja ele de maneira formal ou informal.

Esta pesquisa busca identificar quais os conhecimentos matemáticos necessários no dia-a-dia para o desenvolvimento profissional dos técnicos em eletrônica da indústria automotiva. Os instrumentos utilizados para coleta das informações foram entrevistas semiestruturadas e observação do cotidiano do setor de manutenção. Os entrevistados são referidos por letras (A, B, C, D) de modo a preservar seu anonimato.

3 - A MATEMÁTICA UTILIZADA NA ELABORAÇÃO DE MELHORIAS

3.1 - Proposições de melhorias pelos trabalhadores

O processo produtivo de uma indústria envolve uma série de fatores que impactam diretamente no resultado final do investimento do seu capital ao longo do ano. A indústria automotiva, nos moldes atuais, trabalha com tecnologia de ponta, visando tornar seu processo produtivo cada vez mais flexível e eficiente.

De acordo com Cantares (2010), a visão das montadoras é única sobre um fator essencial: atender às demandas do mercado de forma competitiva, com produtos em escala de produção rápida e com máximo nível de qualidade, o que só é possível por meio da modernização dos processos produtivos (Ibid., p. 17).

Rosário evidencia a necessidade da inovação tecnológica das indústrias:

Nesse ambiente competitivo, a capacidade de inovar tornou-se essencial. Não inovar é ficar para trás. Se for verdade que a inovação tem riscos, o imobilismo tem muito mais. Basta recordar exemplos conhecidos de empresas que pararam no tempo e que agora clamam por apoio para sustentar unidades industriais e postos de trabalho (ROSÁRIO, 2005, p. 4).

Quando a indústria brasileira ainda não possuía um alto nível de automação, quem ditava o ritmo de trabalho era o operador, para atingir suas metas produtivas. Muitas das tarefas exigiam esforço físico e total dedicação dos trabalhadores em respeitar o tempo de ciclo da célula, gerando uma série de doenças ocupacionais, devido à repetitividade de movimentos, excesso de esforço físico, condições insalubres de trabalho.

Conforme Franzoi (1991) destaca, havia certa contrariedade, por parte dos trabalhadores, com relação à inovação tecnológica, expressa em uma série de documentos. Eles não eram contra a inovação tecnológica, desde que fosse possível a sua intervenção para que a tecnologia não se voltasse contra eles, pois havia o receio de demissões, da substituição completa do trabalhador pela tecnologia.

Para Cantares (2010), na visão dos executivos, essa etapa já foi superada, pois a automação contribui diretamente na redução de lesões aos operadores e no aumento da produtividade, aumentando assim a motivação dos trabalhadores. A automação teve seu início na Revolução Industrial e vem contribuindo, desde então,

na eficiência e qualidade das operações, assumindo, assim, trabalhos que exigem repetitividade e o uso em excesso do esforço físico dos operadores (CANTARES, 2010, p. 17).

Porém, antes havia um maior espaço para o trabalhador no plano de ideias, visando melhorar seu processo produtivo e suas condições de trabalho: a produtividade estava diretamente atrelada ao operador.

A importância e o conhecimento do trabalhador são destacados por Franzoi (1991):

[...] no centro do processo de trabalho há um trabalhador que, lutando contra sua objetivação, constrói conhecimento a cada desafio que lhe é lançado. Tenta mostrar que não existe a possibilidade de uma separação total entre trabalho manual e intelectual. Isto não significa apologia ao posto de trabalho, mas ao trabalhador. Não se trata de negar que, no modo de produção capitalista, o saber do trabalhador foi sendo, pouco a pouco, e cada vez mais, condensado na máquina (FRANZOI, 1991, p. 130).

Hoje, na indústria automotiva, o nível de automação em determinadas plantas chega aos 90%; dessa forma, a empresa acaba dependendo menos do conhecimento do trabalhador. Um robô está sempre à total disposição da empresa, e não reclama do trabalho. A automação ajuda a resolver parte dos problemas das condições insalubres, doenças ocupacionais, como as Lesões por Esforços Repetitivos (LER), melhorando de certa forma as condições de trabalho. Assim, resta aos operários de produção funções teoricamente simples, que exigem pouco esforço físico, se comparadas aos processos de trabalho do passado, a colocação de peças em esteiras, por exemplo, tarefas rotineiras que pouco agregam aos funcionários. Mas, quem passa a dar o ritmo de trabalho é a máquina e não mais o trabalhador: os tempos de ciclo passam a ser bem mais apertados.

Essa mudança tecnológica passou a exigir uma formação de técnicos com uma preparação específica, para o entendimento do processo e manutenção dos equipamentos eletroeletrônicos, envolvidos na indústria, de um modo geral.

Grande parte da tecnologia instalada na indústria automotiva, hoje, é importada, tais como robôs, CLP, Interface Homem-Máquina (IHM), controlador de solda, inversor de frequência, dentre outros. Todos esses equipamentos compõem um alto investimento para sua instalação, manutenção e reposição. Saber como funciona a integração de toda essa tecnologia é essencial para garantir o

funcionamento do processo e para a proposição de melhorias por parte dos técnicos.

Mas, sem dúvida, um dos maiores valores das empresas de um modo geral, felizmente, continua sendo o capital humano com suas ideias, dinamismo, formas distintas de avaliar um problema, trabalho em grupo, tomada de decisões. Sem isso, não adianta nada ter uma marca de renome, altos investimentos, tecnologia de ponta, porque a manutenção dessa marca continua dependendo fortemente do conhecimento humano.

A importância da presença humana no chão-de-fábrica e as características que os profissionais precisam ter são destacadas por Silvio Illi, gerente da planta industrial da Ford em SBC:

No entanto, apesar de toda a evolução tecnológica, a presença do homem é imprescindível para criar e controlar a máquina. O mercado está em busca de profissionais dinâmicos que se atualizam com rapidez, facilidade e dominem as novas tecnologias (apud CANTARES, 2010, p. 17).

Franzoi (1991) reconhece o saber que cada trabalhador carrega consigo em seu estudo:

[...] a existência e importância do conhecimento informal do trabalhador eram explicitadas apenas por parte dos trabalhadores, através de greves-padrão, expressão máxima de sua existência e importância. O Modelo Japonês, tem como grande mérito, reconhecer explicitamente a importância deste conhecimento, bem como a incompletude da Gerência. A partir desta nova concepção, o chão-de-fábrica torna-se uma importante instância de produção de conhecimento. Assim, técnicos e engenheiros passam a circular neste espaço, buscando ali complementar seu saber (FRANZOI, 1991, p. 130).

Porém, durante a resolução de um problema no processo produtivo, às vezes, esse conhecimento do operador acaba sendo ignorado por alguns técnicos de manutenção. Com sua experiência no chão-de-fábrica, o operador sabe ou tem ideia do que ocorreu, conhece o ciclo do equipamento. Os operadores podem não ter o conhecimento técnico, contudo, o conhecimento do processo conta muito, pois convivem com ele diariamente.

Muitos problemas no processo produtivo, relativos ao setor de manutenção, já deixaram de ser resolvidos com maior eficiência, pelo simples fato de não se seguir a linha de raciocínio que o operador tinha sinalizado inicialmente. Ainda existe certa resistência dos técnicos de um modo geral em aceitar sugestões dos operadores,

devido ao fato de eles entenderem que têm a formação adequada e acreditam possuir um maior domínio das questões ligadas à área de manutenção.

Cabe ao manutentor¹, filtrar as sugestões provenientes dos operadores e não, simplesmente, ignorá-las pela falta de humildade. Aquela pode não ser a resposta ao problema, mas, quem sabe, seja a melhor direção a seguir. Porém, a integração dos setores de manutenção e produção é de vital importância para o funcionamento do processo produtivo; isso fica evidenciado na proposição de melhorias.

A busca incessante, pela melhoria da qualidade do produto, só é possível através do Programa de Melhorias Contínuas, que teve sua origem no modelo Japonês através do *kaizen*², que perdura por muitos anos nas indústrias, pois traz um ótimo lucro e um baixo custo (FRANZOI, 1991). Em contrapartida, as equipes se motivam pelo reconhecimento dado pela empresa a propostas de novas ideias que é de vital importância na indústria pelo fato de aproveitar o conhecimento dos operadores e manutentores. Durante sua convivência diária com o processo, o operador conhece os problemas e o que mais dificulta o bom andamento do processo. A autora também destaca o *kaizen* como uma importante ferramenta para o desenvolvimento de melhorias no processo produtivo:

O *kaizen* comporta um rol de invenções dos trabalhadores, que vai desde simples melhorias na área de limpeza, até dispositivos que reduzem tempos de *set-up*³ ou mecanismos de controle de produção. No final do ano é feito um “Encontro *kaizen*” que mostra as principais invenções através de vídeos elaborados pelos próprios grupos responsáveis pelas mesmas (FRANZOI, 1991, p. 98).

As possibilidades de melhoria no setor produtivo são inúmeras. Dentre elas, podemos citar a redução de desperdício, segurança, tempo de ciclo, redução de custo, redução do consumo de energia (elétrica, hidráulica, ar comprimido), melhoria na sinalização de falhas, ergonomia⁴, mudanças de *layout*⁵, etc.

Grande parte das sugestões de melhoria do processo produtivo é advinda das equipes de produção e manutenção. Essas sugestões só tomam forma, devido ao

¹ Manutentor: pessoa encarregada de fazer manutenção em equipamentos e máquinas.

² *Kaizen*: sistema utilizado pelos japoneses no período pós-guerra tinha como objetivo principal a melhoria contínua dos processos, envolvendo todos desde gerentes a operários.

³ *Set-up*: é o tempo decorrido para a troca (ferramenta, programa, equipamento) de um processo em execução até a inicialização do próximo processo.

⁴ Ergonomia: é a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral de um sistema.

⁵ *Layout*: arranjar ou o rearranjar máquinas ou equipamentos até se obter a disposição mais agradável.

envolvimento e dedicação das pessoas que compõem o corpo técnico do chão-de-fábrica que não somente realiza tarefas corriqueiras, mas propõe melhorias, com a finalidade de resolver o problema ou as falhas, no processo, que ocorrem com muita frequência, podendo tornar seu dia-a-dia no trabalho mais prazeroso e seguro, conforme é ressaltado por Franzoi (1993, p. 99).

A equipe de *kaizen* geralmente é composta por operadores que se destacam, recebendo a indicação para atuar, exclusivamente, no processo de melhoria contínua da empresa. Há um reconhecimento, por parte da empresa, sobre a importância do *kaizen* e do conhecimento informal dos trabalhadores, conforme o depoimento de um gerente:

A participação dos operadores (se o clima de sua empresa o permitir) é recomendável na implantação e indispensável no aperfeiçoamento pós-implantação. Existem boas razões organizacionais para montar as equipes desta forma [...] e pelo menos uma boa razão estritamente técnica: quem realmente conhece a fábrica é o pessoal da produção. Você vai se espantar com a aparentemente infundável sequência de excelentes ideias que o pessoal vai dar se a oportunidade for dada. Tempos de *set-up* reduzidos, drasticamente, processos simplificados por dispositivos simples e engenhosos, operações desnecessárias eliminadas, máquinas reaproveitadas, projetos que ficam anos nas gavetas reativados, [...] você verá milagres acontecendo (apud FRANZOI, 1991, p. 91).

As sugestões provenientes do *kaizen* são muito importantes, pois realizam melhorias que diminuem a caminhada do operador, melhoram a ergonomia dos equipamentos, melhoram o *layout*, tornando o ambiente de trabalho para o operador mais agradável.

Porém, algumas melhorias propostas pelo pessoal de produção requerem um conhecimento mais específico e técnico dos equipamentos envolvidos no processo para sua implementação. Cabe, muitas vezes, ao setor de manutenção avaliar em uma conversa direta com o autor da melhoria se ela é viável ou não. Em alguns casos, é necessário um cálculo do custo de implementação, mas grande parte das ideias requer um investimento baixíssimo.

As sugestões geralmente propõem a melhoria nas sinalizações visuais, sinalização sonora, alteração de um ponto de solda de uma operação manual para uma operação automática de forma que melhore a ergonomia, dentre outras.

As melhorias do grupo de manutenção geralmente são elaboradas e implementadas logo em seguida, muitas vezes o próprio grupo se organiza,

seleciona o material necessário ou as modificações na lógica do CLP ou robô, pelo fácil acesso aos materiais e ferramentas. Há uma liberdade para modificações e alterações no processo por parte da empresa, isso motiva o pessoal a dar sugestões.

Muitas melhorias do setor de manutenção utilizam a matemática na sua implementação; a seguir serão destacadas algumas melhorias propostas pelos entrevistados.

3.2 - Melhorias propostas pelos entrevistados

Nas entrevistas, os técnicos mencionaram exemplos de uso do conhecimento matemático na proposição de melhorias. Seguem alguns desses exemplos.

3.2.1 - Acompanhamento das metas diárias de produção

Com o objetivo de acompanhar o bom andamento do processo produtivo, o entrevistado A propôs no seu setor o uso de um cálculo matemático vinculado a uma planilha de Excel e ao CLP.

Calcular a projeção do turno, se a gente vai ficar devendo ou vai ficar sobrando, isso aí é um cálculo que eu já cansei de fazer. (Entrevistado A).

Antes de começar a entender o cálculo da projeção do turno, precisamos entender o significado de Tempo de Ciclo. Isso vai ao encontro de Franzoi (1991), quando salienta que “O tempo sempre foi um elemento no conflito entre Capital e Trabalho no chão-de-fábrica”.

Nas linhas produtivas de uma indústria automotiva, na área de funilaria, onde é executada toda a parte de soldagem das chapas do carro e dimensional da carroceria, o processo é dividido em células de trabalho, em que cada uma fica responsável por uma etapa do processo que vai desde a adição de peças, soldagem, adição de adesivo estrutural, operações manuais, dentre outras operações. Cada operação demanda um tempo para ser executada e, a esse tempo, chamamos de Tempo de Ciclo.

O tempo de ciclo de todas as células deve ser igual ou próximo, pois os processos são interdependentes. Não adianta o tempo de ciclo da célula posterior

terminar o seu processo em 75 segundos e a célula, anterior a ela, demorar 87 segundos, por exemplo. Isso acarretará um atraso em todo o processo. Nesse caso, será necessário um rebalanceamento do processo de forma que os tempos fiquem o mais próximo possível. No caso de termos uma célula gargalo⁶, isso acarretará um atraso em todo o processo, passando ela a ser referência de tempo de ciclo.

As metas diárias são calculadas baseadas no tempo de ciclo das células, como por exemplo, em uma planta que tem um tempo de ciclo de suas células de 75 segundos e em que o horário produtivo no turno da manhã se inicia às 07h00min e o fim do turno se encerra às 16h48min. Calculando o tempo nesse intervalo, obtemos um total de 9 horas e 48 minutos, descontando desse tempo 1 hora de intervalo de almoço, 12 minutos do café da manhã e 12 minutos do café da tarde, teremos um total de 504 minutos durante os quais a planta efetivamente trabalhará. Tendo o Tempo de Ciclo de 75 segundos e o Tempo Disponível para o trabalho 504 minutos, podemos calcular a Meta diária de produção.

$$\text{Meta} = (\text{Tempo Disponível}) / (\text{Tempo de Ciclo})$$

$$\text{Meta} = \frac{(504 \times 60)}{75} = 403,2 \text{ Carros}$$

O cálculo, proposto pelo entrevistado A, foi desenvolvido em uma planilha de Excel vinculada diretamente com as informações do CLP. Dividindo a Meta de 403,2 Carros pelo Tempo Disponível de 504 minutos, obtemos uma Razão de 0,8 Carros/minuto. A contagem de unidades prontas de uma produção ocorre geralmente na última etapa do processo; a cada vez que uma unidade é feita, o CLP, através de um contador cumulativo, registra essa unidade e totaliza a quantidade de unidades feitas no decorrer do turno de produção, e armazena esse dado em “Produção Atual”.

Através do CLP podemos vincular a planilha do Excel a produção do turno, de modo que, conforme o tempo vai passando, o número de carros produzidos vai sendo acumulado em Tempo Decorrido, e a Produção Atual vai também sendo atualizada conforme o processo ocorre. Dessa forma, podemos calcular:

$$\text{Projeção} = \text{Razão} \times \text{Tempo Decorrido.}$$

⁶ Gargalo: são todos os pontos dentro de um sistema industrial que limitam a capacidade final de produção.

Na planilha, a “Produção Real” foi considerada como a diferença Produção Atual – Projeção.

Se o Tempo Decorrido for de 148 minutos, teremos uma Projeção igual a $0,8 \times 148 = 118,4$ Carros. A Projeção nos dá a quantidade de unidades se não houver nenhuma quebra na linha de produção, ou seja, se tudo transcorrer como previsto inicialmente. No Tempo Decorrido de 148 minutos, se a Produção Atual é 91 Carros, temos Produção Real = $91 - 118,4 = -27,4$ Carros.

Nesse caso, o sistema está negativo, deixou-se de produzir 27 Carros, nesse intervalo de tempo, devido a motivos que vão desde a quebra de equipamento, atraso na entrega de materiais, falta de energia na planta, erro na tomada de decisões. Esse cálculo é dinâmico, como cita o entrevistado A, pois os valores são enviados do CLP para o Excel em tempo real e, dessa forma, é possível fazer uma projeção a cada hora de produção para saber em qual horário houve mais problemas no processo produtivo.

3.2.2 - Histograma para monitoramento do tempo de ciclo das células

O sincronismo entre as células e equipamentos envolvidos na linha de produção impacta diretamente o alcance da meta estabelecida por hora. Uma das dificuldades é encontrar os gargalos existentes ao longo do processo, devido à quantidade excessiva de equipamentos envolvidos (Figura 1). Com o propósito de melhorar a visualização desse processo, o entrevistado D propôs a inserção dessa série de dados em gráficos.

Onde a gente pegava o tempo de ciclo de cada célula, de cada parte de uma operação, da operação e da célula. E colocava isso aí numa linha de tempo, e a partir dessa linha de tempo a gente tinha um gráfico chamado histograma. (Entrevistado D).

Uma célula na indústria automotiva pode ser totalmente automatizada ou envolver a intervenção do homem, como adição de peças a esteiras, soldagem manual. Em uma célula automatizada, o CLP controla a movimentação da carroceria de uma célula de trabalho para outra, quando o robô iniciará seu ciclo de trabalho, ou seja, a tomada de decisões dos seus periféricos é feita pelo CLP. O robô, a mesa de movimentação e elevação da carroceria, os grampos de fixação da carroceria, são exemplos de periféricos do CLP. Quando se projeta uma célula de trabalho, o seu tempo de ciclo é conhecido, porém, ao longo do tempo, o desgaste do

equipamento, a falta de manutenção, modificações na lógica do robô ou do CLP podem alterar o tempo de ciclo.



Figura 1 - Linha de montagem.

Fonte: <http://logisticsweek.com/technology/2011/06/hyundai-heavy-aims-for-global-top3-industrial-robot-manufacturer-by-2014/>

A medição de um ciclo completo de uma célula ocorre, quando uma carroceria é totalmente transportada para uma mesa e, logo após, o posicionador que prende o *skid*⁷ recebe o comando de fechamento do CLP. Quando o sinal de posicionador fechado for verdadeiro, se inicia a contagem do tempo.

Quando todas as operações que ocorrem a partir desse evento, que vão desde o fechamento dos grampos de fixação da carroceria até a aplicação dos pontos de solda pelo robô e a saída completa da unidade, o temporizador zera sua contagem de tempo. A medição do tempo de ciclo é efetuada pelo CLP, fazendo o uso do temporizador retentivo, que controla o tempo decorrido a operação. A figura 2 ilustra uma lógica projetada utilizando o programa Logix5000 da Rockwell, em que o temporizador controla o tempo de ciclo da célula, estipulado em 70 segundos.

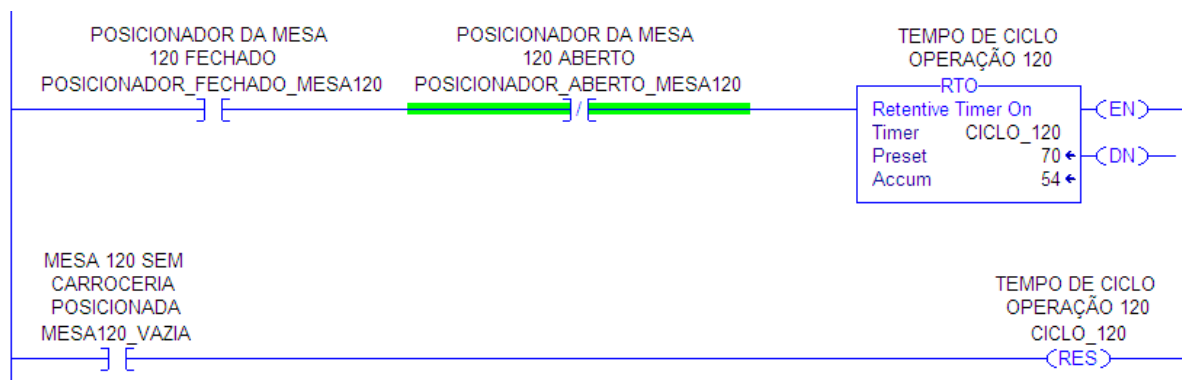


Figura 2 - Lógica de controle de ciclo usando temporizador retentivo.

⁷ *Skid*: estrutura que conecta a carroceria no setor de funilaria ao transportador, movimentando-se através das células automáticas e manuais.

Com o uso do Excel ou de um programa desenvolvido pelo usuário, é possível armazenar os dados de ciclo de cada unidade soldada gerando um histograma, como ilustra a figura 3. O entrevistado D destaca que, a partir do histograma:

[...] tu conseguias ver a repetitividade do processo, e tu conseguias ver exatamente quando o processo, ele começa a tender a aumentar seu ciclo, ou tender a diminuir seu ciclo, por exemplo, por alguma melhoria. E a partir daí a gente conseguia avaliar [...] os gargalos e redistribuir os trabalhos [...] (Entrevistado D).

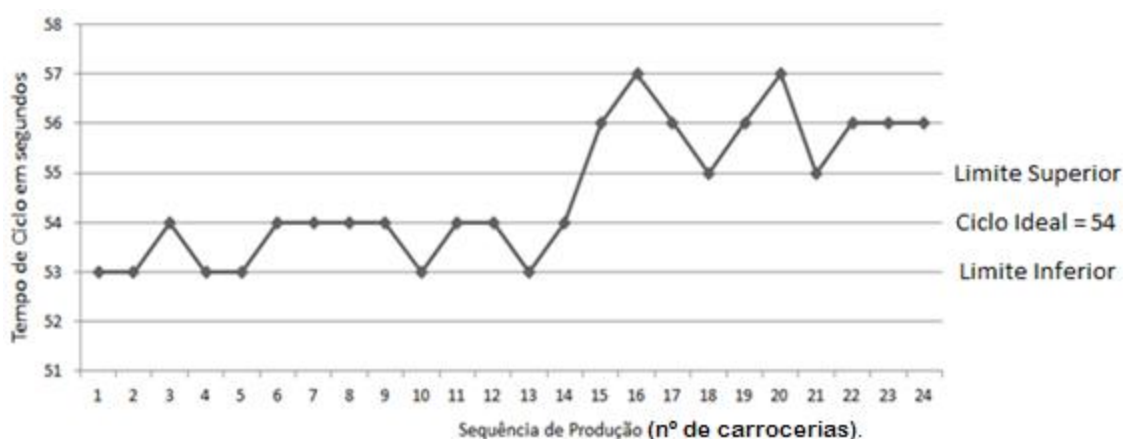


Figura 3 - Histograma do tempo de ciclo de uma célula.

O histograma da figura 3 representa as informações de uma situação real, onde 54 segundos é o tempo de ciclo ideal da célula. O tempo de ciclo, entre a 1ª e a 14ª carroceria, se manteve dentro dos limites aceitáveis. Porém, entre a 15ª a 24ª carroceria houve algum evento no processo que resultou no aumento do tempo de ciclo, o qual se manteve acima do esperado.

A partir desses dados, uma análise deverá ser feita nos prováveis causadores desse aumento do tempo de ciclo. Quando a célula é composta por robôs, o acompanhamento do tempo de ciclo de cada robô deve ser feito individualmente. Muitas vezes, o aumento do tempo de ciclo ocorre porque foi necessário efetuar um *by-pass*⁸ nos sensores que monitoram a abertura e fechamento da pinça de solda; quando o *by-pass* está ativo, esse controle passa a ser efetuado em função do tempo.

Uma linha de soldagem é um processo complexo, que envolve uma série de equipamentos que impactam diretamente a produtividade; dada a complexidade,

⁸ *By-pass*: contornar, desviar, burlar alguma condição lógica no software do CLP.

somente a partir do histograma é possível identificar a variação do ciclo de uma célula ou de um equipamento específico.

A análise desses dados possibilita a identificação dos gargalos e a proposição de melhorias, com o intuito de equalizar os ciclos das operações envolvidas no processo. O aprendizado adquirido pelo técnico, fazendo uso de novas ferramentas e recursos conseguidos através de experiências, leitura de manuais, motivam e estimulam a equipe de manutenção a enfrentar novos desafios e a propor novas melhorias.

O sucesso na profissão de técnico e seu crescimento profissional está diretamente ligado não somente à execução de tarefas corriqueiras, mas, em propor melhorias dos processos produtivos, redução de custos e no trabalho em equipe.

No passado, em muitas empresas, principalmente no setor de manutenção, poucos profissionais detinham o conhecimento da resolução de problemas ou implementação de melhorias. E esse conhecimento não era transmitido aos colegas. Havia certo receio, por parte de muitos profissionais, em perder seus empregos e, em muitos casos, a própria empresa contribuía para esse sistema, pagava o treinamento para apenas uma pessoa de confiança, temendo que esse profissional deixasse a empresa, pois estava qualificado, o que poderia lhe garantir um melhor salário ou valorização profissional.

Essa prática influenciava diretamente no desenvolvimento do setor de manutenção. Porém, essa realidade vem mudando. Hoje o trabalho coletivo é plenamente incentivado nas indústrias, e o conhecimento aprendido, ou situação que um profissional vivenciou, é transmitido para os demais colegas. O trabalho coletivo contribui efetivamente para a qualificação profissional no setor industrial, pois, em muitas situações do dia-a-dia, somente o conhecimento técnico não resolve e a experiência conta muito.

A experiência e o conhecimento adquirido devem ser transferidos sempre que possível, pois evita a sobrecarga de trabalho, contribui para a eficiência do setor, colabora e motiva o desenvolvimento dos demais profissionais. Diversos problemas, que ocorrem no dia-a-dia no setor de manutenção, não podem ser resolvidos por apenas uma pessoa, mas é necessário muitas vezes uma equipe, que elabore uma estratégia de trabalho mais segura e mais eficiente.

4 - CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

4.1. Estrutura física de um CLP industrial

A globalização da economia provocou uma competição acirrada pela conquista de clientes e mercados de um modo geral. A economia brasileira vive um momento de estabilidade, o consumidor com poder aquisitivo e a facilidade do crédito, colocam o Brasil imerso nessa competição de mercado. A evolução da microeletrônica possibilitou uma grande evolução na tecnologia instalada no chão-de-fábrica.

No passado, grande parte da tecnologia instalada nas indústrias tinha sua base de funcionamento no relé, responsável pelo controle e acionamento dos equipamentos envolvidos no processo. O relé é uma chave comandada por uma bobina que controla os contatos elétricos a ele associados, conforme figura 4 (RIBEIRO, 2001, p. 29).

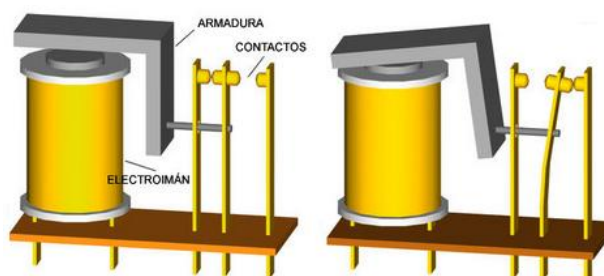


Figura 4 - Composição física de um relé.

Fonte: <http://www.hardware.com.br/comunidade/duvida-projeto/968791/>

Os painéis elétricos, dependendo da complexidade do processo ou do equipamento, possuíam uma grande quantidade de relés ou contactoras interligadas por fios. Durante a correção de um problema, ou mesmo na manutenção do painel elétrico, é de extrema importância a identificação dos fios e o esquema elétrico atualizado (diagrama elétrico). O conhecimento dos componentes instalados no painel elétrico e a facilidade na interpretação do diagrama elétrico por parte do técnico agilizam a resolução do problema devido à quantidade de interconexões existentes. O painel elétrico representado na figura 5 exemplifica a quantidade de fios interligados entre as contactoras.



Figura 5 - Painel elétrico.

Fonte: <http://cidadesaopaulo.olx.com.br/quadro-eletrico-miotto-iid-213829248>

A quantidade excessiva de acionamentos das contactoras ou relés provoca o desgaste mecânico dos contatos, causando mau contato nas interligações elétricas, em muitos casos difíceis de se detectar, somado à dificuldade de se efetuar uma modificação na sequência de acionamentos. Com base no funcionamento dos relés, foi desenvolvido pela General Motors em 1968 o Controlador Lógico Programável (CLP), que nasceu da dificuldade de se modificar a lógica de controle dos painéis elétricos. Essas mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro (PINTO, 2008, p. 31).

O desenvolvimento do Controlador Lógico Programável (figura 6) foi, sem dúvida, o grande avanço da automação industrial, pela sua importância no gerenciamento de uma máquina ou célula de trabalho.



Figura 6 - Guardlogix produto da Rockwell Automation.

Fonte: <http://ab.rockwellautomation.com/pt/Programmable-Controllers/GuardLogix-Controllers-with-Safety>

Rosário (2005) conceitua o CLP como um “dispositivo físico, eletrônico, que possui uma memória interna programável capaz de armazenar sequências de instruções lógicas binárias, além de outros comandos”.

Atualmente no mercado existe uma série de marcas que desenvolvem e produzem o CLP, porém, a estrutura de *hardware*⁹ e *software*¹⁰ dos controladores é

⁹ *Hardware*: é a parte física do computador, ou seja, o conjunto de aparatos eletrônicos, peças e equipamentos que fazem o computador funcionar.

muito similar, o que facilita o entendimento de um técnico e adaptação de um modelo para outro.

De acordo com Rosário (2005), a estrutura básica de um CLP (figura 7) é composta pelos componentes representados no Quadro 1.

Quadro 1 - Arquitetura básica de um CLP.
Fonte: Rosário, (2005), p. 284.

- a) Fonte de alimentação, responsável pelo fornecimento de alimentação à CPU e aos circuitos de entrada e saída;
- b) CPU – Unidade Central de Processamento, composta dos circuitos internos, processador, memórias (RAM e ROM);
- c) Circuitos de entrada e saída, responsáveis pelo recebimento e envio de sinais, que podem ser digitais ou analógicos.

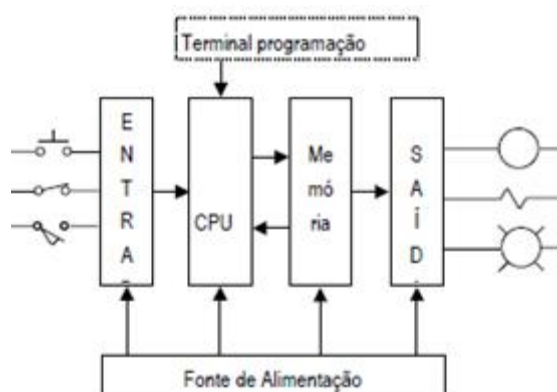


Figura 7 - Estrutura básica de um controlador lógico programável.
Fonte: Ribeiro, (2001), p. 201.

O Controlador faz a leitura contínua do estado das entradas através do módulo de entradas, atualiza a lógica desenvolvida pelo usuário que está armazenada na memória do CLP e faz as intervenções nas variáveis de saída através do módulo de saída, se necessário conforme programado, conforme figura 8.

¹⁰ *Software*: é a parte lógica do computador, instrução de execução, redirecionamento e execução das atividades lógicas das máquinas.

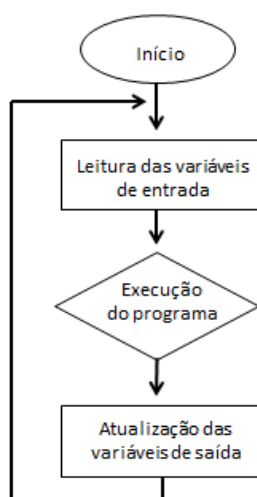


Figura 8 - Funcionamento de um CLP.
Fonte: Rosário, (2005), p. 284.

Os módulos de entrada/saída (E/S), também chamados de módulos I/O (*input e output*), constituem o elo físico entre o processo externo e a Unidade Central de Processamento (CPU) do CLP (RIBEIRO, 1992). Cada cartão de um módulo de entrada ou saída possui um número de pontos que determina quantos bits estão disponíveis, o número de pontos geralmente é um múltiplo de oito, 8 bits, 16 bits, 32 bits.

Os terminais dos módulos de entradas recebem sinais externos, oriundos tanto de fontes pertencentes ao processo controlado como de comandos gerados pelo operador (ROSÁRIO, 2005). Esses sinais podem ser digitais - chaves, sensores indutivos, botoeiras de emergência, fotocélulas; ou analógicos, relativos à vazão, nível, posição.

Já os terminais dos módulos de saída servem para realizar intervenção direta no processo, fornecendo tensões para energizar relés, válvulas, motores, lâmpadas.

A lógica de programação em linguagem *ladder*¹¹ (diagrama de relés) é baseada em símbolos e esquemas elétricos, tais como relés, contatos e bobinas proporcionando um entendimento intuitivo das funções de intertravamento (ROSÁRIO, 2005, p. 51).

O *software* utilizado para a programação do CLP disponibiliza uma série de instruções básicas e avançadas. Na linguagem *ladder*, cada contato pode assumir

¹¹ *Ladder*: é um auxílio gráfico para programação do CLP no qual as funções lógicas são representadas através de contatos e bobinas, de modo análogo a um esquema elétrico com os contatos dos sensores e atuadores.

dois estados, aberto e fechado. Isso representa uma variável booleana, ou seja, uma variável que assume dois estados, verdadeiro ou falso (ROSÁRIO, 2005, p. 209).

Um relé possui uma bobina e associados a ele contatos Normalmente Abertos (NA) ou Normalmente Fechados (NF). Quando o relé está em repouso, ou seja, sem alimentação na sua bobina, o contato NF está acionado e o contato NA está desconectado, conforme figura 9.

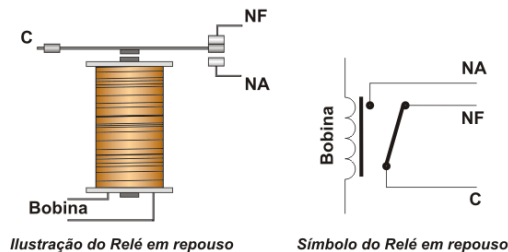


Figura 9 - Relé em repouso.

Fonte: <http://eduhonorio.blogspot.com.br/2012/11/rele-o-que-e-e-como-usar.html>

Quando se alimenta a bobina do relé, cria-se um campo magnético que atrai o contato, causando uma inversão na posição dos contatos, o contato NF fica aberto e o contato NA é acionado, como ilustra a figura 10.

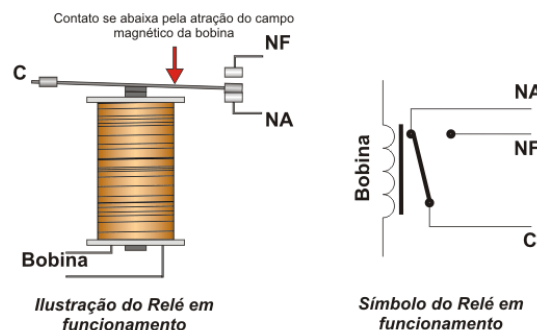


Figura 10 - Relé em funcionamento.

Fonte: <http://eduhonorio.blogspot.com.br/2012/11/rele-o-que-e-e-como-usar.html>

O acionamento de uma bobina na linguagem *ladder* funciona da mesma forma que o relé. O fabricante Rockwell representa a bobina do relé na linguagem *ladder* pela bobina de acionamento (OTE), figura 11. O contato NA do relé é representado no CLP como contato normalmente aberto (XIO) figura 12, e está associado ao valor binário "1". O contato NF do relé é representado no CLP como contato normalmente fechado (XIC), está vinculado ao valor binário "0" (Figura 13).



Figura 11 - OTE (Bobina de acionamento).



Figura 12 - XIO (Contato normalmente aberto).



Figura 13 - XIC (Contato normalmente fechado).

Toda bobina OTE na linguagem *ladder* possui, vinculados a si, contatos XIC e XIO que respeitam o estado lógico da bobina. A figura 14 representa um exemplo de programa em diagrama *ladder*.

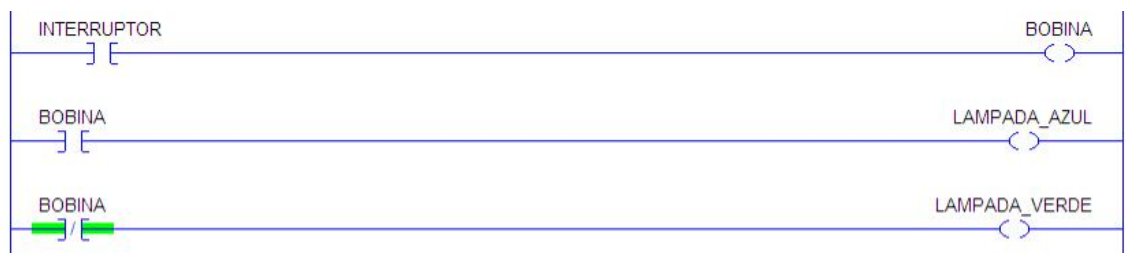


Figura 14 - Exemplo de programa *ladder* no RSLogix 5000 da Rockwell.

As Lâmpadas Azul e Verde representam saídas físicas. O contato XIO do interruptor representa uma entrada física. Ao ser acionado o interruptor, a entrada física do CLP recebe 24 V e seu estado passa a ser verdadeiro (nível lógico “1”). O estado inicial do diagrama *ladder*, ou seja, sem o acionamento do interruptor, deixará a Lâmpada Verde acesa e a Lâmpada Azul apagada. Quando o interruptor é acionado, a bobina passa ao nível lógico “1” e automaticamente seus contatos invertem seu estado inicial. Nesse caso, a Lâmpada Azul será ligada e a Lâmpada Verde irá se apagar. A figura 15 representa as conexões entre os sinais de entrada, no caso o Interruptor, e os sinais de saída, que são as lâmpadas.

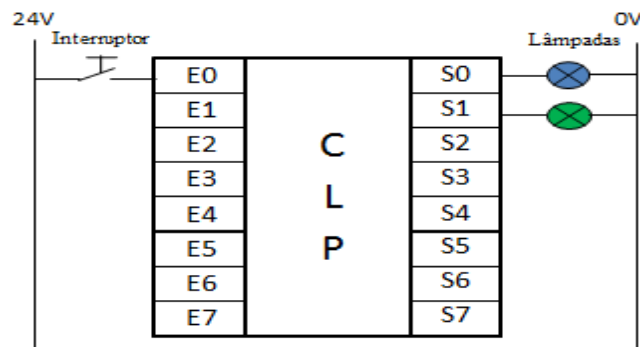


Figura 15 - Ligações físicas entre as entradas e saídas do CLP.

5 - A ROBÓTICA INDUSTRIAL

No passado, a figura do robô foi retratada pelo cinema em desenhos e filmes como uma cópia fiel do ser humano, com movimentos perfeitos, tomada de decisões, visão e fala perfeita. Já obtivemos ótimos avanços do uso da robótica na medicina, porém o desenvolvimento de robôs similares ao ser humano ainda não foi totalmente alcançado. Houve uma grande evolução nesse sentido nos últimos anos, porém ainda falta muito para isso se concretizar.

O desenvolvimento de sistemas mecânicos eficientes e o constante avanço da eletroeletrônica ajudaram a acelerar o desenvolvimento dos robôs industriais e vem há muito tempo contribuindo para a melhoria na qualidade e flexibilidade dos processos industriais. De acordo com Rosário:

No início dos anos 60, os primeiros robôs começaram a ser usados com o objetivo de substituir o homem em tarefas que ele não podia realizar, as quais envolviam condições desagradáveis tipicamente com altos níveis de calor, ruídos, gases tóxicos, esforço físico extremo, trabalhos tediosos e monótonos (ROSÁRIO, 2005, p.154).

Essa substituição gradativa do ser humano pelos robôs nas tarefas acima citadas foi, sem dúvida, uma grande evolução, pois ajudou a preservar as condições físicas e de saúde do ser humano, com que as pessoas acabam convivendo pelo resto de suas vidas. Além disso, havia uma série de processos na Justiça do Trabalho contra as empresas por parte dos trabalhadores, devido a uma série de lesões e doenças ocupacionais das quais os trabalhadores eram acometidos. Rosário evidencia uma série de benefícios decorrentes do uso da robótica na indústria:

[...] o aumento da produtividade, a melhoria e a consistência na qualidade final do produto, a minimização das operações, a menor demanda de contratação de mão-de-obra especializada, que é difícil de encontrar, a contabilidade no processo, a facilidade na programação e no uso dos robôs, a operação em ambientes difíceis e perigosos ou em tarefas desagradáveis e repetitivas para o ser humano e, finalmente, a capacidade de trabalho por longos períodos sem interrupção (ROSÁRIO, 2005, p. 154).

A inserção da robótica na indústria trouxe grandes benefícios no que se refere à saúde do trabalhador, porém é inevitável a substituição gradativa dos postos de trabalho pela automação e a robótica. As limitações de movimentos, da memória e do aprendizado são destacadas como desvantagens dos robôs em relação ao ser humano (ROSÁRIO, 2005, p. 158). Além disso, os robôs industriais seguem uma

programação preestabelecida e rígida; a tomada de decisões, melhorias e consertos no equipamento dependem dos conhecimentos do ser humano.

Há uma série de empresas pioneiras no desenvolvimento e produção dos robôs industriais, como ABB Robotics, Fanuc Ltd, Comau SPA, Kuka Roboter GmbH, dentre outras, porém o princípio de funcionamento dos modelos citados é basicamente o mesmo, mudando apenas alguns recursos. A aplicação da robótica nos processos industriais é ampla, na manipulação de peças, medição, aplicação de adesivo, laser, soldagem, pintura, usinagem, montagem, dentre outras.

Atualmente, na indústria automotiva, o robô participa praticamente de todas as etapas de montagem de um carro, funilaria, pintura e montagem geral. Em 1989, quase 65% dos robôs instalados no Brasil eram utilizados na indústria automobilística, principalmente na soldagem por resistência dos pontos de solda (ROSÁRIO, 2005, p. 162).

A funilaria é a área onde ocorre a instalação do maior número de robôs, pela complexidade do processo e quantidade de pontos que um carro recebe na etapa de soldagem; um carro popular recebe em média 2500 pontos de solda.

Rosário (2005) conceitua um robô industrial como um sistema eletromecânico, normalmente com seis graus de liberdade, que permite um posicionamento espacial de uma ferramenta terminal (posição e orientação).

Já o manual do produto da Fanuc Robotics conceitua um robô como:

Uma série de ligações mecânicas acionadas por servomotores. A área em cada junção entre as ligações é uma joint (articulação), ou eixo. Os primeiros três eixos compõem os eixos principais. Os últimos três eixos são os eixos secundários. Um robô é classificado pelo número de eixos principais lineares e rotativos. Os eixos principais (1, 2 e 3) e os eixos secundários (4, 5 e 6) movem o ferramental na extremidade do braço do robô. Os movimentos são torção rotativa, para cima e para baixo e de lado a lado (FANUC ARCTOOL, 2004, p. 30).

A figura 16 mostra um robô industrial com seis graus de liberdade, com seus eixos principais e secundários.

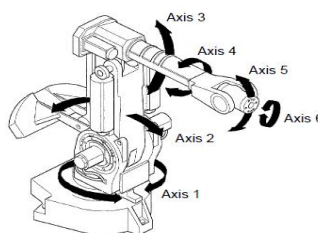


Figura 16 - Robô Industrial com 6 graus de liberdade.
Fonte: ABB IRB 6400R, (2013), p. 17.

De acordo com a empresa ABB, a estrutura física de um robô industrial é composta por duas partes principais: um manipulador (figura 17) e um controlador (figura 18).

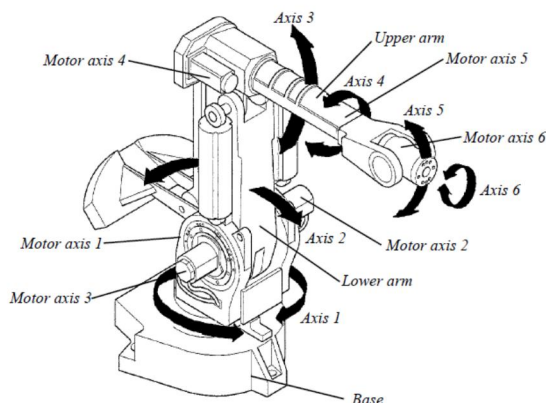


Figura 17 - Manipulador de seis eixos.
Fonte: ABB IRB 6400R, (2013), p. 15.

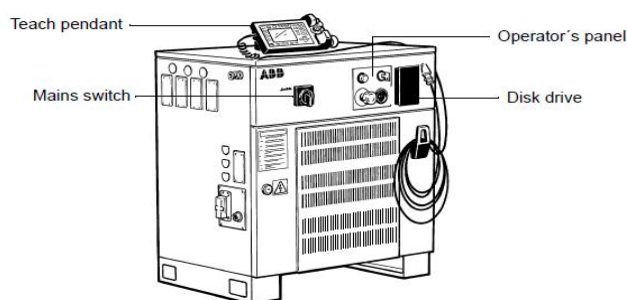


Figura 18 - Controlador do Manipulador.
Fonte: ABB IRB 6400R, (2013), p. 15.

A função do manipulador, unidade mecânica composta por seis eixos, é executar movimentos no espaço, transferindo objetos e ferramentas acopladas na face do eixo seis do robô (ROSÁRIO, 2005, p. 166). O manipulador executa tarefas, a partir de um programa preestabelecido ou de uma movimentação manual do robô, sob o comando do controlador, que é responsável pelo acionamento e controle dos servomotores conectados a cada eixo do robô, pelo controle do sensoriamento, pela tomada de decisões do próprio robô, ou sob o comando do CLP, que controla uma célula robotizada e o armazenamento da memória do programa.

O controlador contém a fonte de alimentação, os *drives*¹² de acionamento e controle dos motores dos eixos, o sistema de circuitos de controle de segurança, o

¹² *Drives*: usados para controlar a velocidade e o torque do motor.

*Teach Pendant*¹³ (TP) e a memória. A memória é responsável pelo armazenamento do *software* e as configurações estabelecidas pelo usuário.

Cada eixo do manipulador mecânico possui, acoplado em si, um servomotor que fica responsável pela movimentação e frenagem do eixo, conforme os comandos do controlador. Segundo a empresa FANUC, o servossistema é um sistema complexo que compreende várias unidades que interagem com diferentes partes do sistema - tanto de *hardware* como de *software*. O servomotor tem como função controlar o torque, a velocidade e o posicionamento dos eixos do braço robótico. Quando é executada uma movimentação manual do robô através do TP ou de uma programação pré-estabelecida, o controlador do robô deve calcular a trajetória e enviar o acionamento para os servomotores.

A precisão dos movimentos e repetitividade com altas velocidades só é conseguida com um sistema em malha fechada. Cada servomotor possui acoplado em seu eixo um *encoder*¹⁴, sensor de posição angular, que informa ao controlador a posição atual do robô, e sua função é realimentar a malha de controle para informação do posicionamento atual do servomotor; eventuais erros de posicionamentos serão corrigidos, garantindo assim precisão nos movimentos.

O TP, representado na figura 19, é um dispositivo portátil da interface do operador que exibe os menus do *software*, conectado diretamente com a CPU principal do controlador. O TP permite ao usuário movimentar o robô, criar e editar programas, configurar o sistema, visualizar falhas.

O técnico necessita ter uma boa familiaridade com uma série de menus e teclas do TP, pois é necessário fazer uma série de intervenções durante o processo produtivo às vezes, se faz necessário mover o robô manualmente, acionar saídas e selecionar rotinas de movimentação do robô. Outro complicador é que tanto as descrições das falhas quanto os menus estão redigidos em inglês, geralmente as empresas nacionais acabam por não comprar pacotes do *software* dos robôs com a versão em português.

¹³ *Teach Pendant*: é um dispositivo utilizado para controlar e programar remotamente um robô industrial.

¹⁴ *Encoder*: são transdutores de movimento capazes de converter movimentos lineares ou angulares em informações elétricas que podem ser transformadas em informações binárias e trabalhadas por um programa que converta as informações passadas em algo que possa ser entendido como distância, velocidade, etc.

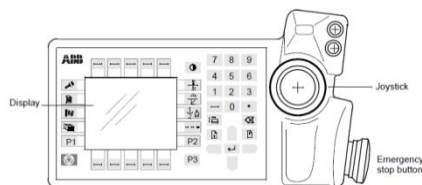


Figura 19 - *Teach Pendant* do robô ABB.
Fonte: ABB IRB 6400R, (2013), p. 17.

Um robô necessita a instalação no punho da face do eixo 6 de uma ferramenta terminal (*end effector*) ou dispositivo para executar as tarefas às quais ele foi destinado:

A ferramenta terminal (*end effector*) consiste em um sistema montado na extremidade do vínculo mais distante da base do robô, cuja tarefa é agarrar objetos e/ou transferi-los de um lugar para outro. São exemplos de ferramentas terminais a pistola de solda, as garras e os pulverizadores de tinta, sistemas com ventosas utilizadas em *pallets* etc (ROSÁRIO, 2005, p. 185).

As figuras a seguir mostram alguns exemplos de ferramentas instaladas no punho do robô *Spot Welding Servo Gun* (Figura 20) e um robô industrial com *gripper*¹⁵ para movimentação de peças (Figura 21).



Figura 20 - *Spot Welding Servo Gun*.
Fonte: <http://portuguese.alibaba.com/product-free-img/welding-gun-robotic-servo-gun-111655544.html>

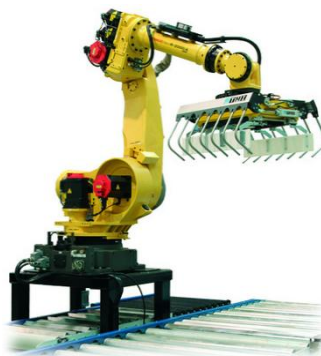


Figura 21 - Robô com *gripper*.
Fonte: <http://www.logismarket.com.mx/tmi/robot-paletizador/2001914968-1179567273-p.html>

¹⁵ *Gripper*: ferramenta terminal conectada ao eixo 6 do robô com grampos ou ventosas utilizado para manipular peças nas células.

Para executar uma ação e verificar se a ação foi executada com sucesso, o robô necessita de periféricos de acionamento que serão controlados pelas saídas digitais do robô; vinculado a cada atuador existem sensores que monitoram se os grampos estão abertos ou fechados; os sensores fornecem sinais para as entradas digitais dos robôs.

Os atuadores podem ser pneumáticos, hidráulicos, elétricos, dentre outros. Um robô industrial com *gripper* possui instalados sensores indutivos (Figura 22) que têm por função identificar a presença da peça e seu posicionamento. Primeiramente, o robô verifica se não possui fixado em seu *gripper* uma peça e se os grampos não estão abertos; se estiverem fechados, ele “manda” abrir e verifica a confirmação de que estão abertos através dos sensores que estão associados a cada grampo que compõe o *gripper*.

Em seguida, o robô se aproxima, verifica se as presenças de peça estão conforme o esperado e faz o acionamento da válvula pneumática de fechamento dos grampos (Figura 23). Se os grampos confirmarem o sinal de fechado de todos os grampos, o programa autoriza o robô a seguir seu programa.



Figura 22 - Sensores indutivos.

Fonte: <http://ab.rockwellautomation.com/pt/Sensors-Switches/Inductive-Proximity-Sensors/871TS-Washdown-Proximity-Sensors>



Figura 23 - Garra de fixação.

Fonte: http://www.tuenkers.com/d3/d3_product_detail.cfm?productID=P0013028.

5.1 - Sistema de coordenadas de um robô Industrial

Um robô industrial utiliza na sua orientação e movimentação um sistema de coordenadas retangulares (x , y , z). Conforme a ABB IRC5:

Um sistema de coordenadas define um plano ou espaço por eixo a partir de um ponto fixo, chamado de origem. Os destinos e as posições do robô são localizados por meio de medições ao longo dos eixos dos sistemas de coordenadas (ABB IRC5, 2003, p. 333).

Conforme o manual da ABB, um robô utiliza diversos sistemas de coordenadas, sendo cada um adequado para a programação ou movimentação manual de um robô.

5.1.1 - Sistema de Coordenadas de Base

Tem seu ponto zero localizado na base do robô, o eixo Z coincide com o eixo 1, conforme a figura 24.

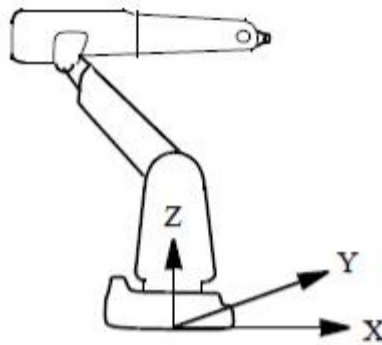


Figura 24 - Coordenadas da base.
Fonte: ABB, (2013), p. 121.

5.1.2 - Sistema de coordenadas global

Coincide com o sistema de coordenadas de base, se este não for definido especificamente. Se o robô estiver montado acima do solo (suspensão), conforme a figura 25, o sistema de coordenadas global facilita a programação.

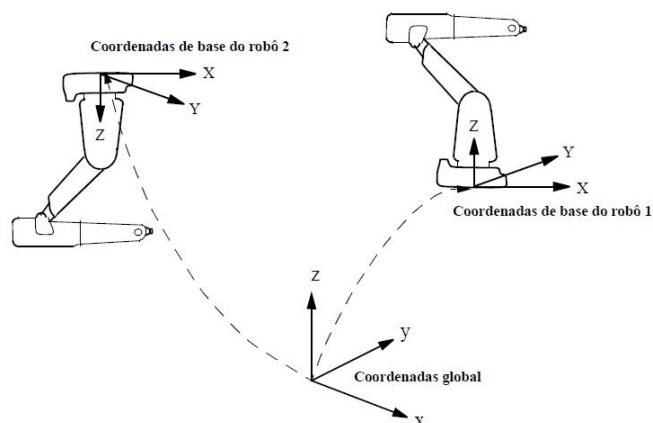


Figura 25 - Sistema de coordenadas global comum a dois robôs.
Fonte: ABB, (2013), p. 122.

O robô permite criar uma série de sistemas de coordenadas do usuário, de forma que facilitem ao programador movimentar o robô durante a sua programação. No caso de um dispositivo que possui uma inclinação (Figura 26), o programador encontrará dificuldades utilizando as coordenadas globais; para facilitar é possível criar um sistema de coordenadas cartesianas relativo ao plano inclinado da mesa.



Figura 26 - Mesa inclinada.

Fonte: <http://www.fem.unicamp.br/~hermini/Robotica/livro/cap.10.pdf>

5.1.3 - Sistema de coordenadas do punho

A origem do sistema de coordenadas fica localizada no centro da face transversal ao eixo 6 do robô e o eixo Z coincide com o eixo 6 do robô (tool0), conforme figura 27. Essa referência já vem definida pelo fabricante e não pode ser modificada.

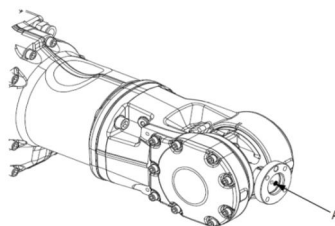


Figura 27 - TCP tool0 – Localizado no de face transversal ao eixo 6.

Fonte: ABB IRC5, (2013), p. 154.

5.1.4 - Sistema de coordenadas da ferramenta

Conhecido como TCP (*Tool Center Point*), ponto central da ferramenta. O TCP informa ao robô as características principais da ferramenta (massa, dimensão etc.), para que o sistema possa calcular o melhor desempenho do robô (ROSÁRIO, 2005, p. 194). O robô move o TCP (Figura 28) para as posições programadas quando executa programas.

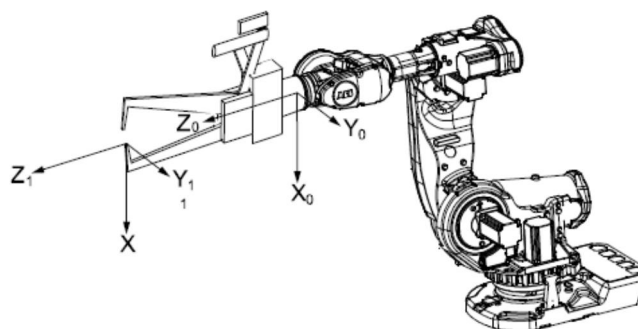


Figura 28 - Localização das Coordenadas do TCP - Tool Center Point.
Fonte: ABB IRC5, (2013), p. 14.

5.2 - Programação de um robô industrial

Com os recursos disponíveis em robô industrial, é possível programar uma célula robotizada, sem o uso de um CLP para gerenciar as tarefas, pois o seu controlador disponibiliza o uso de entradas e saídas para acionar e monitorar o processo, o que torna o processo mais barato. Para Rosário:

Programar significa estabelecer uma sequência de operações a serem executadas pelo robô. A programação das tarefas pode ser realizada por meio de uma programação por aprendizagem ou a partir de uma linguagem de programação (ROSÁRIO, 2005, p. 196).

A sequência de operações descreve o trabalho do robô, que vai desde o acionamento de saídas para fechamento de grampos, movimentação, verificação de sensores, dentre outras.

A programação de um robô industrial pode ser feita de maneira *off-line* ou via programação manual pelo TP. A programação *off-line* necessita de um *software* específico através do qual se pode simular a construção do dispositivo, das peças e do *layout*. Nesse sistema é possível se obter o tempo de ciclo do robô e prever certas interferências entre a ferramenta do robô e o dispositivo que podem ser previstas antes mesmo da construção dos dispositivos e ferramentas. Esse sistema vem sendo amplamente adotado, pois necessita de pequenos ajustes no programa para sua implementação na prática.

Já na programação manual a gravação e o posicionamento dos pontos de solda devem ser feitos um a um, e exigem um bom conhecimento do programador no manuseio do TP e conhecimento das trajetórias do robô. Problemas de interferência com o dispositivo são vistos somente durante a programação, correndo

o risco de atraso na entrega do projeto muitas vezes, pois uma ferramenta pode ter sido mal dimensionada, não servindo para aquela aplicação.

Os robôs ABB utilizam a linguagem de programação Rapid, que possui sua estrutura baseada na linguagem de programação computacional Pascal (ROSÁRIO, 2005, p. 200).

Quando é necessário criar um programa ou adicionar uma nova linha de movimento, primeiramente é necessário escolher o TCP da ferramenta que está sendo utilizada, a partir daí é possível posicionar o robô no espaço e gravar as coordenadas do ponto através dos comandos de movimentação do robô:

- MoveC: o TCP move-se através de uma trajetória circular.
- MoveJ: movimento eixo a eixo (junta).
- MoveL: movimento linear, o TCP move-se através de uma trajetória linear na direção de cada um dos três eixos cartesianos (x, y, z).

As instruções de movimento possuem uma série de argumentos responsáveis pela velocidade, posição desejada, precisão do movimento e a ferramenta que foi utilizada para gravar o ponto.

Por exemplo, na instrução "MoveL *, v300, fine, tool0" para o robô ABB, o símbolo "*" representa um ponto genérico que contém as coordenadas, "v300" é a velocidade de 300 mm/s com que o robô irá se movimentar, o argumento "fine" irá habilitar para a execução da instrução seguinte somente quando o movimento estiver exatamente na posição desejada, e "tool0" é o TCP com o qual foi programado e gravado o ponto "*".

Existe uma série de outros comandos de movimentos, porém esses comandos de movimentação são os mais utilizados.

5.2.1 - Programação Estruturada de um robô industrial

Os conhecimentos da lógica de programação de computadores são importantes para o entendimento da programação estruturada utilizada pelos robôs industriais. A tomada de decisões pelo robô é feita através de leitura de suas entradas. Os robôs industriais disponibilizam uma série de instruções para sua programação, aqui serão apresentadas apenas algumas instruções básicas com o intuito de dar a ideia do funcionamento de um robô industrial.

Para a execução de cálculos matemáticos, é necessário declarar as variáveis no início do programa, variáveis locais ou globais. Podem ser declaradas como constante, como variável numérica, *string*, dentre outras. Na declaração “CONST num $v := 2$ ”, a variável v recebe o valor numérico 2, e o valor de v é inalterado, durante toda a execução do programa.

As instruções representadas no Quadro 2 são utilizadas no controle, repetições, saltos, ao ligar/desligar saídas e verificar sinais:

Quadro 2 - Exemplo de instruções de programação do robô ABB.
Fonte: ABB, (2013), p.707.

1 - MAIN ROUTINE: todo programa deve ter uma rotina principal.

2 - IF – THEN: executa uma ou mais instruções se as condições foram satisfeitas.

```

VAR num StyleA;
VAR num StyleB;
IF di4= 1 THEN
    StyleA := StyleA +1;
ELSE
    StyleB := StyleB +1;
ENDIF

```

3 - WHILE: Repete uma sequência de instruções diferentes enquanto uma dada condição estiver satisfeita. No exemplo a seguir a variável “Contador” sofre incremento de 1 unidade enquanto seu valor é menor que 100.

```

VAR num Contador;
WHILE Contador < 100 DO
    Contador := contador + 1;
ENDWHILE

```

4 - GOTO: salta no programa para um LABEL específico, sendo LABEL o nome do endereço.

5 - Reset: utilizado para desligar uma saída digital (nível lógico “0”).

6 - Set: utilizado para ligar uma saída digital (nível lógico “1”).

7 - WaitDI: esperar até que a entrada satisfaça as condições lógicas.

6 - DECISÕES TOMADAS COM BASE NA MATEMÁTICA

A dinâmica de trabalho do setor de manutenção na indústria automotiva exige da equipe um trabalho preventivo e corretivo dos equipamentos para o correto funcionamento do processo produtivo. Nas ocorrências não previstas de quebra ou de parada dos equipamentos, a matemática auxilia na tomada de decisões que contribuem na redução do tempo de parada.

6.1. Resolução de problemas utilizando o raciocínio matemático

A tomada de decisões por parte do técnico está imersa em uma série de riscos tais como o choque elétrico, esmagamento, corte, que podem causar acidentes fatais. O conhecimento das instalações elétricas e dos equipamentos ajuda a minimizar estes riscos. O entrevistado D evidencia a importância da matemática na resolução de problemas:

[...] isso foi resolvido de forma muito simples, mas na hora da pressão para resolver você precisa ter um conhecimento matemático, uma linha de raciocínio muito segura (Entrevistado D).

Durante a troca de um sensor de posicionamento, um *Encoder* de uma prensa, o técnico encontrou problemas na leitura após a instalação, os conhecimentos matemáticos foram extremamente úteis, como relatados a seguir.

Segundo Matias (2002), o *Encoder* é um transdutor¹⁶ que converte um movimento angular ou linear em uma série de pulsos digitais elétricos. Esses pulsos gerados podem ser usados para determinar velocidade, taxa de aceleração, distância, rotação, posição ou direção.

O *Encoder* é utilizado em máquinas de Comando Numérico Computadorizado (CNC), controle de posição dos eixos dos robôs, controle de velocidade e posicionamentos de motores elétricos. Na área de estamparia, onde são conformadas as chapas que compõem a estrutura de um carro, a prensa é uma máquina composta por uma série de operações que exige o perfeito sincronismo do sistema mecânico para o correto funcionamento. O *Encoder* é responsável pela informação do posicionamento das partes móveis da prensa. A figura 29 ilustra uma

¹⁶ Transdutor: qualquer dispositivo capaz de transformar um tipo de sinal em outro tipo, com o objetivo de transformar uma forma de energia em outra, possibilitar o controle de um processo ou fenômeno, realizar uma medição.

prensa utilizada na estampagem das chapas de um automóvel, uma máquina de grande porte que possui ferramentas de estampagem das peças que pesam, em média, três toneladas.

O entrevistado D relatou um problema resolvido fazendo uso da matemática:

Nós instalamos um Encoder na estamparia, que quando a gente foi botar a máquina pra funcionar, o Encoder tava configurado ao contrário, ele girava para o sentido horário e contava um valor em ângulo no sentido horário (Entrevistado D).



Figura 29 - Linha de prensa da estamparia.

Fonte: http://www.sofir.it/bra/prodotti-soluzioni/Logistica_Installazioni.php

Dada a complexidade e dimensões da prensa, muitas vezes identificar um problema demanda tempo, pois um erro pode acarretar uma parada de dias ou semanas em uma planta. Ao substituir o *Encoder* que estava com defeito, foi detectada a informação incorreta de posicionamento angular do motor.

Essa configuração poderia ser alterada facilmente, porém, conforme foi relatado pelo entrevistado D, a empresa não possuía o *software* necessário para a configuração rápida do problema.

Foi necessário tomar outro rumo para a resolução do problema, então o entrevistado D detectou que:

[...], por exemplo, quando desse 360°, a gente não queria 360°, a gente queria 0°. Quando desse 10° a gente não queria 10°, a gente queria 350°, isso foi resolvido de forma muito simples, mas na hora da pressão para resolver você precisa ter o que, precisa ter conhecimento matemático, uma linha de raciocínio muito segura (Entrevistado D).

O problema foi solucionado fazendo uso da instrução SUB (subtração) no CLP, $VALOR_CORRETO = (360^\circ - VALOR_LEITURA)$, do *Encoder*, conforme a

figura 30. O entrevistado utilizou conhecimentos matemáticos dos ângulos replementares, cuja soma resulta 360° , e conhecimentos algébricos.

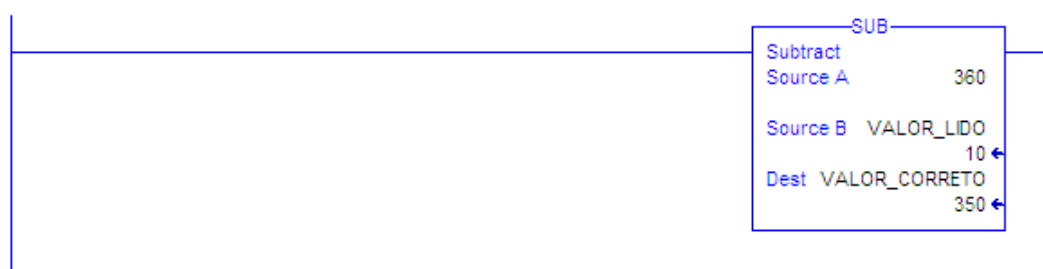


Figura 30 - Instrução SUB do CLP Logix5000 da Rockwell.

Uma resolução incorreta desse problema envolveria uma série de riscos que poderiam ocasionar um acidente ou a quebra do equipamento por um longo período. As peças que compõem uma prensa, que vão desde a ferramenta de estampagem até peças da máquina, na sua maioria, são importadas e demandam um tempo para a entrega, porém o correto entendimento do problema e os conhecimentos matemáticos do entrevistado D forneceram o alicerce necessário para ele tomar essa difícil decisão.

6.2. Soldagem a ponto por resistência elétrica

Um dos grandes avanços tecnológicos da indústria automotiva foi, sem dúvida, o desenvolvimento da solda ponto por resistência elétrica para a união das chapas da estrutura do carro. O processo de solda por resistência possui um baixo custo, se comparado aos outros métodos de solda, pois não há a necessidade de adição de material e nem um gás de proteção.

A soldagem das chapas se configura em uma das etapas mais importantes do setor de funilaria, pois garante o dimensional, segurança e a qualidade. Pontos soltos ou defeituosos em uma carroceria podem ocasionar acidentes fatais, ruídos, cortes pelo excesso de rebarbas. A figura 31 mostra um equipamento de solda por resistência elétrica instalado no eixo 6 de um robô.



Figura 31 - Robô industrial com uma máquina de solda instalada no eixo seis.

Fonte: <http://www.directindustry.com/prod/comau-robotics/spot-welding-robots-15481-548334.html>

A parametrização¹⁷ dos equipamentos de solda durante a instalação de um projeto na indústria automobilística fica a cargo da engenharia que valida a eficiência dos parâmetros.

Traçando um paralelo com a matemática, podemos relacionar a parametrização de solda com as equações paramétricas da Geometria Analítica, em que as coordenadas dos pontos de uma curva são dadas em função de uma variável independente t , denominada parâmetro. A parametrização da soldagem define os valores ideais dos tempos de soldagem expressos em uma unidade comum que é o ciclo. Outros equipamentos utilizam a parametrização como, por exemplo, o comando CNC, o CLP e a robótica.

O setor de produção monitora diariamente a qualidade da soldagem através de testes manuais dos pontos e informa ao setor de manutenção caso alguma avaria nos pontos seja detectada. Já o setor de manutenção fica responsável pelo controle dos parâmetros de solda e manutenção dos equipamentos.

Um equipamento de solda por resistência é composto por um controlador responsável pela parametrização de solda, por um sistema mecânico e um circuito elétrico. A figura 32 representa uma máquina de solda ponto e alguns dos principais componentes do circuito elétrico e mecânico. O Servomotor tem por função exercer força sobre os eletrodos que ficam em contato com as chapas a serem soldadas e pelo transformador que fornece corrente aos eletrodos.

¹⁷ Parametrização: definição dos valores ideais dos dados de solda.

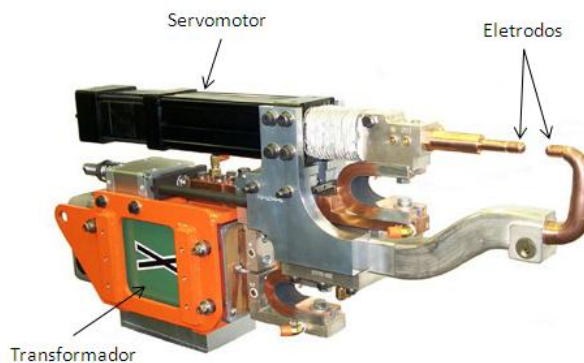


Figura 32 - Principais componentes de uma máquina de solda ponto.
 Fonte: http://www.weldtechcorp.com/welding_concepts/weldsolutions_tff.html

O processo de soldagem envolve uma série de variáveis que interferem na qualidade da solda. A resistência entre chapas, corrente, tipo de chapa a ser soldada, espessura da chapa, tempo de solda, força entre os eletrodos, refrigeração dos eletrodos, fresagem, são exemplos de variáveis do processo de solda por resistência.

O princípio de soldagem por resistência se baseia na lei de Joule, que pode ser expressa por:

$$Q = K \times R \times I^2 \times t.$$

Isto é a quantidade de calor (Q) gerado é diretamente proporcional à resistência entre as chapas (R), ao quadrado da corrente elétrica (I) e ao tempo de solda (t). (BRACARENSE, 2000, p. 2).

A intensidade de corrente (I), o tempo de fluxo de corrente (t) e a força entre os eletrodos se caracterizam como os principais parâmetros para a formação da lente de solda (Figura 33).

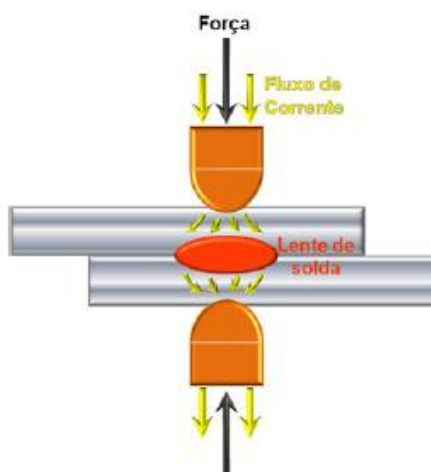


Figura 33 - Esboço do processo de soldagem com a formação da lente de solda.
 Fonte: Nascimento, (2013), p.6.

De acordo com Nascimento (2008), a resistência elétrica no circuito de corrente é o fator governante da soldagem, pois ela determina os valores demandados para outros parâmetros. A força entre os eletrodos determina a resistência entre as chapas que varia entre 50 e 500 $\mu\Omega$. A figura 33 mostra os eletrodos aplicando uma força entre as chapas.

A corrente de soldagem utilizada na solda por resistência na indústria automobilística pode atingir valores superiores a 12 KA.

Durante a resolução de um problema durante a soldagem de um ponto de solda, o técnico por vezes opta por alterar o valor da corrente de soldagem, sem analisar as outras variáveis do processo de solda. Analisando a lei de Joule, dada por $Q = R \times I^2 \times t$, podemos observar que a quantidade de calor Q é diretamente proporcional ao quadrado da corrente I .

Os níveis de corrente na solda por resistência são elevados, por exemplo, se $I = 7 \text{ KA} = 7 \times 10^3 \text{ A}$, teremos:

$$Q = R \times (7 \times 10^3)^2 \times t = 49 \times 10^6 \times R \times t.$$

Se alterarmos o valor de I para $10 \text{ KA} = 10^4 \text{ A}$, teremos:

$$Q = R \times (10^4)^2 \times t = 10^8 \times R \times t.$$

Podemos concluir que um aumento da corrente I de 42,85% causa um aumento de 104,06% na quantidade Q de calor gerado, pois $(1,4285)^2 = 2,04061225$. Uma alteração de maneira errada pode causar uma série de problemas no circuito de solda, eletrodos colados, ponto furado, projeção de material, podendo causar acidentes.

Esses erros são muitas vezes cometidos por desconhecimento da fórmula matemática que rege a solda por resistência, ou pelo fato de a corrente de trabalho da solda ser dada em $\text{KA} = 10^3$ amperes.

Para conseguir suportar e transformar os elevados níveis de corrente de trabalho dos equipamentos de solda se faz necessário a utilização de um transformador.

O transformador é responsável pela elevação de corrente, por exemplo, em um dado transformador, uma corrente no primário de 100 A é transformada em 5000 A no secundário (NASCIMENTO, 2008).

O entrevistado A evidenciou a necessidade de cálculos matemáticos para o correto entendimento do funcionamento e resolução de problemas de um transformador:

[...] eu preciso saber se a corrente que está saindo do secundário está correta com que está entrando no primário, então eu preciso fazer um cálculo (Entrevistado A).

De acordo com Instruments (2001), a relação de espiras de um transformador é definida como a razão entre o número de espiras no primário e o número de espiras no secundário. Dividindo-se o número de espiras do primário (N_P) pelo número de espiras do secundário (N_S), obtemos um valor constante que determina a relação do transformador (R_T), que vem fornecido pelo fabricante:

$$R_T = \frac{N_P}{N_S}$$

A relação de tensão de um transformador ideal é diretamente proporcional à relação entre as espiras:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

A razão entre as correntes, num transformador de corrente ideal, é inversamente proporcional à relação entre as espiras:

$$\frac{I_P}{I_S} = \frac{N_S}{N_P}$$

Daí temos que:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S} = \frac{V_S}{V_P}$$

Por exemplo, durante a análise de um problema em um transformador onde está programado, no controlador de solda, uma corrente no secundário de $I_S = 10.5 \text{ KA}$, sabe-se dos dados do fabricante que a relação do transformador é $R_T = 72$, logo podemos encontrar a corrente do primário I_P :

$$\begin{aligned} R_T &= \frac{I_S}{I_P} \\ 72 &= \frac{10500}{I_P} \\ I_P &= \frac{10500}{72} \\ I_P &= 145,83 \text{ A} \end{aligned}$$

O circuito de soldagem de um equipamento de solda por resistência (Figura 34) possui uma série de conexões elétricas que podem causar um mau contato ou fuga de corrente, nesse caso é necessário avaliar com cautela qual componente do circuito está com problema.

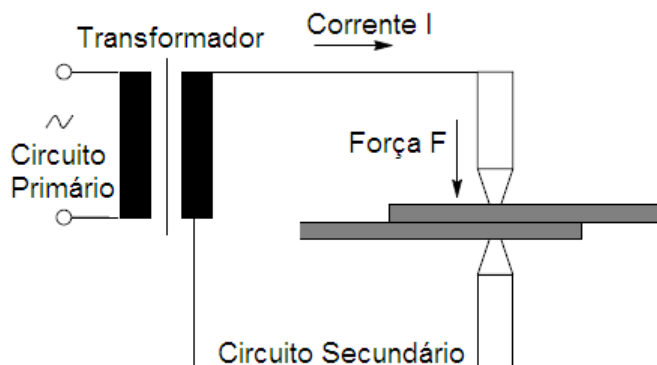


Figura 34 - Representação de um circuito de soldagem por resistência.

Fonte: http://www.boschrexroth.com/modules/BRMV2PDFDownload.dll/1070087121_01.pdf?db=brmv2&lvid=1152487&mvid=8449&clid=20&sid=4FB98BA95DEEDFAB7F6421A20D23B141&sch=M&id=8449,20,1152487.

Em um segundo exemplo, o equipamento fornece uma corrente de 115A no primário do transformador (I_p). Sabendo que a relação de transformação do transformador em questão é $R_T = 72$, parâmetro fornecido pelo fabricante, pode-se calcular a eficiência do circuito de solda.

$$R_T = \frac{I_s}{I_p}$$

$$72 = \frac{I_s}{115}$$

$$I_s = 72 \times 115$$

$$I_s = 8280 \text{ A}$$

$$I_s = 8,28 \text{ KA}$$

A medição da corrente do secundário (corrente entre os eletrodos) se faz necessária para avaliar a efetividade do circuito de solda. Vamos supor que, usando um medidor de corrente foi medida entre os eletrodos uma corrente no secundário do transformador de 6,2 KA.

Nesse caso, o transformador deveria estar fornecendo as correntes $I_p = 115 \text{ A}$ e $I_s = 8,28 \text{ KA}$. Assim, tem-se nesse caso uma perda de corrente considerável no circuito de solda de $8,28 - 6,2 = 2,08 \text{ KA}$, deve-se avaliar o circuito do secundário e qual componente do circuito está causando essa perda de corrente.

O cálculo da eficiência do transformador se faz necessário, pois uma tomada de decisão incorreta pode acarretar uma parada significativa no processo.

Os parâmetros do ciclo de solda envolvem uma série de etapas importantes para se conseguir uma solda de qualidade, conforme a representação na figura 35.

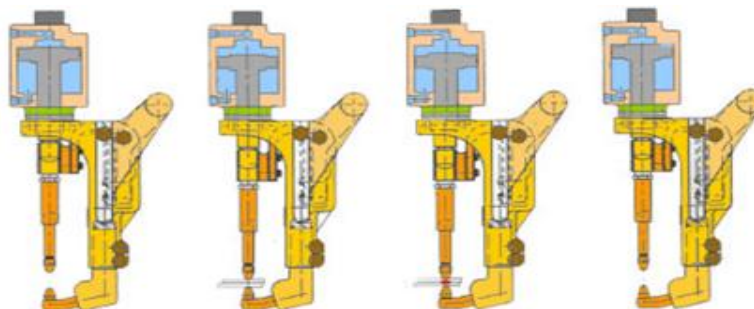


Figura 35 - Sequência de soldagem de uma pinça de solda.
Fonte: <http://www.weldtechcorp.com/documentation/ml00273r1-2.pdf>

O parâmetro pré-pressão é o tempo necessário para o servomotor fechar os eletrodos até as chapas a serem soldadas. A pressão é o tempo necessário para se estabilizar a força programada entre os eletrodos. Caso o tempo de pré-pressão esteja parametrizado de maneira errada, pode ocorrer de se disparar a solda antes do tempo, danificando os eletrodos ou furando as chapas. A tabela 1.1 mostra um exemplo de parametrização de solda.

		1ª Corrente (KA)				
		6				
				2ª Corrente (KA)		
				11		
Prpr	Pr	1º Tempo Solda	1ª Rsfr	1º Tempo Solda	Pspr	
15	10	8	5	30	3	

Tabela 1.1 – Parametrização de solda (tempo dado em ciclos).

Em seguida, é aplicada a corrente de solda nos eletrodos durante o tempo necessário para que a solda forme a “lentilha de solda”, designado como tempo de solda. O tempo de pós-pressão é responsável pela garantia da união das chapas, pois entre as chapas há um espaçamento, e ao término da solda, a lentilha de solda ainda quente, pode vir a soltar-se. Por outro lado com o tempo de pós-pressão a solda resfria e garante a união das chapas.

A unidade de tempo adotada por alguns fabricantes nos controladores de solda é o ciclo, baseado no ciclo da rede elétrica que, no caso do Brasil, é 60 Hz, 60 Hz = 60 ciclos/s (alguns países adotam o ciclo da rede 50 Hz).

No exemplo da tabela 1.1, o tempo de $P_{rpr} = 25$ ciclos. Temos a equação da física, período (T) é igual ao inverso da frequência (f).

$$T = \frac{1}{f}$$

A conversão de ciclos de solda para segundo permite ao técnico um parâmetro melhor, pois o tempo de ciclo da célula ou do robô é medido em segundos. O tempo de um ciclo de solda, em segundos, é dado por:

$$T = \frac{1}{60} \text{ de segundos} = 0,0166 \text{ segundos.}$$

Para encontrarmos o tempo total de solda, em segundos, devemos somar todos os tempos envolvidos em um ciclo de solda, o qual chamaremos de C_s . Multiplicando-se C_s por T, obtemos o tempo total gasto em segundos (T_s) em um ciclo de solda. Logo:

$$T_s = C_s \times T = C_s \times \frac{1}{60}$$

$$T_s = \frac{C_s}{60}$$

Somando os tempos envolvidos no exemplo de ciclo de solda da tabela 1.1, temos um total de 71 ciclos de solda. Convertendo os ciclos de solda para segundos obteremos:

$$T_s = \frac{C_s}{60} = \frac{71}{60} = 1,1833 \text{ segundos.}$$

Nesse caso, cada ponto de solda aplicado pelo robô gastará 1,1833 segundos. Caso esse robô aplique um total de 25 pontos na estrutura de um carro, teremos um tempo total de $25 \times 1,1833 = 29,58$ segundos gastos para a soldagem desse robô. Um tempo de 29,58 segundos, em uma célula que tem um tempo de ciclo de 54 segundos, se caracteriza como um tempo considerável, pois outras etapas estão envolvidas para compor o tempo total de ciclo de uma célula.

O controle de tempo por ciclos de solda é difícil para o técnico, pois ele não tem uma noção exata do tempo. Hoje os controladores mais modernos já trabalham com os tempos em milissegundos (ms).

Os tempos de solda interferem diretamente no tempo de ciclo do robô. Frequentemente, não se faz um estudo de cada caso, e esses tempos acabam sendo superdimensionados, ocasionando um atraso de tempo desnecessário. O tempo de pressão (P_r) pode ser otimizado fazendo-se uso de um programa que mede a força entre os eletrodos do robô e traça um gráfico, indicando o tempo ideal para a estabilização da força, conforme o gráfico da figura 36.

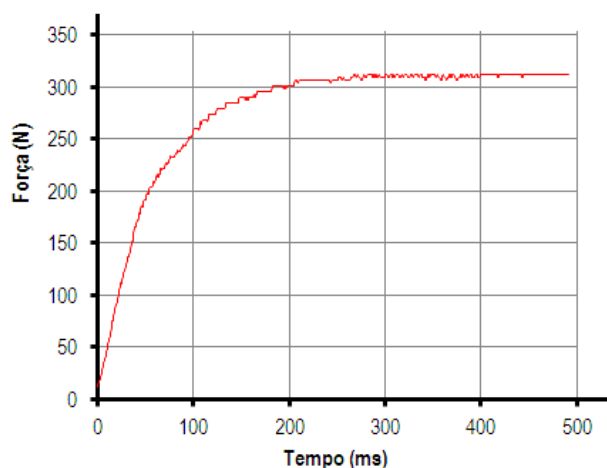


Figura 36 - Gráfico de otimização de solda.
Fonte: <http://www.medar.com.br/servicos.html>

No exemplo da figura 36, a análise gráfica permite identificar que a força entre os eletrodos de 300 N estabilizou em 200 ms. Sendo assim, qualquer tempo maior que 200 ms envolve desperdício de tempo no ciclo de solda do robô.

O entendimento, por parte do técnico em manutenção dos cálculos e tempos envolvidos na soldagem, contribui para melhorar a eficiência do setor de manutenção tanto na otimização do processo de solda, que melhora o tempo de ciclo das células, como identificação de um problema no circuito de solda, afim de que seja resolvido da forma mais eficiente possível.

Neste capítulo foi possível perceber a necessidade de se trabalhar na escola conceitos relativos à conversão de unidades, interpretação gráfica, manipulação de fórmulas matemáticas e porcentagem.

7 - IMPREVISIBILIDADES

A necessidade de produtividade e a competitividade acirrada, existente na indústria de um modo geral, obrigam as empresas a se adaptarem às novas tecnologias visando sua sobrevivência na economia globalizada. Em especial, na indústria automotiva, a constante atualização tecnológica, somada à flexibilização do processo produtivo, possibilitou uma redução drástica no tempo de lançamento de um novo projeto, exigindo melhor planejamento e execução.

Mas, é inevitável o surgimento de problemas devido à dimensão do projeto, que serão, de fato, detectados apenas no pós-projeto, permitindo uma visão mais ampla da detecção de “gargalos” e da efetividade do processo. Problemas no processo e em equipamentos recém-lançados pelo fabricante só começam a aparecer quando o sistema começa efetivamente a produzir.

A instalação e a programação dos robôs, do CLP, IHM e demais periféricos durante o projeto, é efetuada por empresas contratadas, sob a supervisão do setor de engenharia. A aproximação entre o setor de manutenção e de engenharia possibilita aos técnicos do setor de manutenção uma supervisão da instalação/programação, correção de diversos problemas, melhorias, aprendizado e a integração entre setores durante a execução do projeto representando, um avanço considerável.

No passado, a integração entre os setores era bem precária. O setor de engenharia apenas instalava o novo projeto, sem consultar ou ouvir o setor de manutenção. A integração entre os setores, durante o projeto, permite ao setor de manutenção assimilar com maior facilidade e maior embasamento as novas tecnologias, o que é complementado através de treinamentos proporcionados pela empresa e a pela constante atualização através da leitura de manuais.

Durante o projeto, na programação do CLP ou robôs, por exemplo, algumas situações não previstas ou mesmo esquecidas. Estas só virão a aparecer durante o processo produtivo. A imprevisibilidade pode envolver riscos de segurança que podem ocasionar acidentes fatais. A instalação inadequada, erros de projeto ou mesmo a omissão das condições mecânicas dos equipamentos envolvidos no projeto, podem ocasionar a quebra dos equipamentos ou até paradas não programadas.

Essas situações colocam em destaque a experiência do técnico, vinculada a uma série de características destacadas por Ferretti et al. (2003) tais como as novas características exigidas ao novo perfil profissional pretendido, devido ao aumento da competitividade e produtividade do mercado:

[...] capacidade de abstração, de raciocínio, de domínio de símbolos e de linguagem matemática para a interpretação e implementação de modelos e antecipação de problemas, aleatórios e imprevisíveis; iniciativa, responsabilidade, compromisso, cooperação, interesse, criatividade, capacidade de decisão, disposição para o trabalho em equipe, capacidade de visualização das regras de organização, das relações de mercado etc (FERRETTI et. al, 2003, p. 7).

Tais características são essenciais para o técnico assimilar a quantidade de informações necessárias para entender o funcionamento da lógica de programação do CLP, robôs, sensores, atuadores e demais periféricos instalados em uma planta industrial. O entendimento da integração de todo esse aparato tecnológico, através de treinamento, e de leitura de manuais do fabricante, somados à experiência, qualifica o técnico a identificar anomalias e a propor melhorias no processo produtivo.

O profissional do ramo de manutenção eletroeletrônica exercita diariamente o seu raciocínio lógico-matemático. Grande parte da tecnologia instalada no chão-de-fábrica baseia-se no raciocínio lógico-matemático e os conhecimentos matemáticos contribuem de maneira efetiva no acúmulo de conhecimento de cada profissional, conforme destacam os entrevistados:

Em resumo, a matemática na verdade desenvolve o raciocínio lógico nas soluções de problemas. Não a matemática propriamente dita, mas todo o conceito que ela traz por trás, fazer a pessoa pensar. (Entrevistado C).

Na minha profissão a matemática é importante para cálculos de corrente usa bastante, algoritmos, cálculos de algoritmos no CLP, robótica né. Alguns cálculos têm que ser feitos para se poder ter mais exatidão, né, nas tarefas. Também no processo, porque a gente trabalha com produtividade, então precisa saber alguns tempos de máquina para poder ter uma efetividade melhor [...]. Às vezes a gente nem percebe, mas a gente passa o dia todo até calculando, vivendo em função de cálculo, então é muito importante (Entrevistado A).

É total, basicamente, na nossa profissão, que é uma profissão de raciocínio, e muito ligada à lógica, os conceitos matemáticos, é direto. Desde a parte mais simples, regrinha de três, até as partes mais elaboradas (Entrevistado D).

A análise das respostas dos entrevistados evidencia a importância da matemática na ampliação do raciocínio lógico-matemático do técnico. O desenvolvimento técnico se dá de maneira gradativa, devido à grande quantidade de informações, das quais o técnico necessita, no seu dia-a-dia, para resolver tarefas corriqueiras e no entendimento mais detalhado do funcionamento dos diversos equipamentos envolvidos na linha de montagem. O acúmulo de conhecimento, gerado pelo aprendizado diário, na prática direta dá segurança e um maior embasamento na tomada de decisões. Portanto, a experiência ajuda a fazer a diferença.

O entrevistado B destaca a importância da matemática para o entendimento do raciocínio lógico necessário na prática:

Eu acho que quem tem conhecimentos matemáticos vai aprender muito mais fácil que a pessoa que fizer ao contrário, faz o prático e depois os conhecimentos matemáticos. O cara tem que ter os conceitos matemáticos para poder entender o raciocínio lógico (Entrevistado B).

Nas atividades desenvolvidas pelo técnico em eletroeletrônica na indústria, há pouco espaço para a tentativa e erro. No que tange às questões ligadas à segurança e à quebra do equipamento, o conhecimento matemático contribui para a resposta segura e para um maior embasamento teórico na análise e resolução do problema, conforme ressalta Búrigo (2004):

A matemática escolar aparece como instrumento necessário à manutenção e ao controle das máquinas, que exigem crescentemente a formação em eletrônica, além dos conhecimentos de mecânica, hidráulica, pneumática. O conhecimento construído através da experimentação, da tentativa, do ajuste, dá cada vez mais lugar ao conhecimento validado pela teoria (BÚRIGO, 2004, p. 1).

A resolução por tentativa e erro geralmente ocorre pelo desconhecimento do equipamento ou por atitudes desesperadas pela solução do problema. O reconhecimento dos erros e limitações por parte do técnico se caracterizam como o primeiro passo na busca pelo conhecimento. Todo erro, ou tomada de decisão equivocada não deve ser ignorado: se de fato o técnico entender o porquê ocorreu o erro, ele jamais esquecerá. Aprender com os erros dos outros é um aprendizado muito rico, pois ajuda a reestruturar a forma de atuar em uma nova intervenção e serve de experiência.

O setor de manutenção geralmente trabalha sob pressão por produção, que exige do técnico não somente conhecimento, mas maturidade e foco no problema.

Saber lidar com tais situações é algo que se aprende com a experiência. Cada pessoa tem uma reação quando isso ocorre: algumas não se afetam, enquanto outras se travam totalmente, a ponto de não terem segurança no que estão fazendo. Aprender a se desligar de pressões externas e fazer uma análise crítica da situação ajuda a tomar decisões com maior segurança. Absorver pressões externas pode ocasionar novos problemas ou resultar em acidentes, devido a atitudes tomadas por impulso.

Os conhecimentos matemáticos contribuem não somente no desenvolvimento do raciocínio do técnico, mas também na memorização e entendimento dos diversos menus e manuais dos *softwares* que, geralmente, não têm tradução no nosso idioma, e estão redigidas em inglês. Conforme ressalta o entrevistado A:

Tem que ter a prática e conhecimento matemático, o português, inglês, e a parte técnica, que não pode parar de ler nunca. Tem que estar sempre vivo no cérebro aquele negócio ali de como fazer, porque é muito rápido, as coisas acontecem rápido, a gente não tem tempo para pensar: Bah, eu vou lá pegar meu manual para ver como é que funciona aquilo [...] eu tenho que já saber na hora. Eu tenho que tomar uma decisão, tem que ter senso de urgência. O cara tem que saber ler, tem que ter um raciocínio bom (Entrevistado A).

A busca pelo conhecimento, somada à inquietação causada pela curiosidade do entendimento da tecnologia instalada e, o interesse em não se limitar a ser um simples usuário do sistema ou a tornar-se escravo dele, realizando tarefas corriqueiras geralmente de fácil solução, motivam o técnico a entender de fato os recursos oferecidos pelo equipamento.

E o entendimento leva o técnico a procurar respostas, de tal forma que o setor de manutenção busque a máxima eficiência e torne seu ambiente de trabalho agradável. A leitura dos manuais do fabricante dos equipamentos permite ao técnico buscar o conhecimento de uma maneira orientada, conforme destaca o entrevistado C:

[...] através da leitura de manual, necessariamente tu não precisas saber matemática, a matemática te dá o horizonte, mas ela não te diz o que fazer. O manual já te diz o que fazer, ele não te ensina a pensar, te ensina a agir. O técnico tem que estar sempre buscando informações para se desenvolver (Entrevistado C).

O entendimento dos recursos e limitações dos equipamentos, através da leitura de manuais, possibilita ao técnico uma gama maior de ações em problemas não previstos. O conhecimento matemático e o entendimento do processo produtivo

permitem ao técnico identificar problemas na lógica de programação do CLP, de modo a resolver imprevisibilidades contidas no pós-projeto de uma planta industrial.

De acordo com Búrigo (2004), em entrevistas com trabalhadores estudantes, as máquinas aparecem como as principais responsáveis pelas imprevisibilidades do processo produtivo, que exigem tomadas de decisões pelos trabalhadores.

Os entrevistados desta pesquisa destacam situações em que se faz necessário. A implementação de segurança na lógica de programação do CLP, com a finalidade de evitar paradas.

A importância da matemática no entendimento da base de funcionamento do CLP fica evidenciada pelo entrevistado C:

Na verdade, o que acontece é que as pessoas não conhecem muito a estrutura lógica de um CLP, então elas acabavam, por não ter conhecimento matemático, não conseguindo bloquear funções matemáticas que poderiam travar um CLP. Eles acabavam não fazendo isso por não conhecerem a base de um CLP, e a base de um CLP nada mais é que matemática pura (Entrevistado C).

O entrevistado A reitera a necessidade de conhecimentos básicos do CLP, apontando a necessidade de configurações seguras na lógica do CLP de forma que garanta o pleno funcionamento do processo:

Uma é entendimento básico, às vezes, que falta de saber que, por exemplo, eu não posso dividir por zero, e às vezes o cara não bota uma segurança, verificações de cálculos básicos que o CLP não consegue interpretar, daí tem que colocar uma segurança para que ele não dê falha. Então esse tipo de dificuldade, às vezes eles pegam mais na prática, tipo virando um paradigma, eu tenho que fazer uma segurança aqui, mas às vezes nem sabe porque está fazendo aquela segurança (Entrevistado A).

A solução de problemas de configuração segura no programa do CLP requerer conhecimentos básicos da matemática, como ressalta o entrevistado C:

É baseado em cálculo matemático de 4ª série, que é o quê? Fazer uma comparação se um número é maior ou menor que o outro, criar um limite, um limite matemático, para que libere a variável para receber um valor quando estiver dentro de um padrão pré-estabelecido. Na verdade é bloqueio de lógica, é matemática simples, nada muito complexo (Entrevistado C).

Durante o desenvolvimento do programa do CLP, o usuário, por não conhecer as limitações matemáticas e regras impostas pelo fabricante, acaba possibilitando situações no programa que colocam o controlador em falha e, por consequência,

todo o processo produtivo. O entrevistado C menciona o entendimento das variáveis do CLP, conhecendo os valores máximo e mínimo que cada variável pode assumir:

Um dos problemas que a gente percebe na parte de estrutura básica de um CLP [...]. Mas vamos citar um CLP, as pessoas não sabem! Elas sabem o que é uma variável. Mas elas não sabem o que essa variável faz internamente num equipamento eletrônico, um exemplo simples, o que é um duplo-inteiro, na cabeça das pessoas é uma palavra que tem um monte de bits, eles não sabem qual o limite máximo e qual o limite mínimo, que essa palavra pode atingir. [...] quando eles manipulam bit a bit, não têm grandes problemas. (Entrevistado C).

Os limites máximo e mínimo citados pelo entrevistado C, podem ser considerados como os extremos do domínio de uma variável. No caso da variável do CLP do tipo SINT o seu domínio é $D = \{x \in \mathbb{Z} / -128 \leq x \leq 128\}$.

O CLP RSLogix 5000 possui uma série de bits ou palavras que podem ser declaradas. Durante a criação de uma *Tag*¹⁸, é necessário dar um nome e declarar o tipo de variável. O Quadro 3 representa alguns exemplos de variáveis no RSLogix 5000.

Quadro 3 - Exemplos de variáveis no RSLogix 5000.
Fonte: LOGIX5000, (2013), p. 44.

- a – BOOL: operador booleano, somente 1 bit, verdadeiro ou falso.
- b – SINT: palavra composta por 8 bits do tipo BOOL, os valores limites aceitáveis são -128 a +128.
- c – INT: palavra composta por 16 bits, os valores limites aceitáveis são -32.768 a +32.767.
- d – DINT: palavra duplo-inteira composta por 32 bits, os valores limites aceitáveis são -2.147.483.648 a +2.147.483.647.

Existe uma série de outras variáveis disponíveis pelo controlador RSLogix 5000, porém aqui trataremos apenas as das variáveis listadas anteriormente. Uma das primeiras etapas, na definição de uma *Tag*, é saber o *range*¹⁹ de trabalho que a variável precisará. No caso de uma variável utilizada para monitorar os sinais de saída do robô que utiliza 128 bits utilizando uma variável INT

¹⁸ *Tag*: etiqueta, nome dado a um bit ou variável durante a programação do CLP.

¹⁹ *Range*: intervalo que contém os valores que uma variável pode assumir.

de 16 bits, temos que calcular $128/16 = 8$, logo precisaremos de 8 palavras do tipo INT para o CLP monitorar os sinais de saída do robô.

A figura 37 apresenta a variável FREQUENCIA_MOTOR declarada como SINT (-128 a +128). A frequência do motor em questão está limitada ao máximo de 100 Hz pelo inversor de frequência, logo uma Tag do tipo SINT é o suficiente para armazenar os dados de frequência do motor.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Ty	Class	Description	Constant
FREQUENCIA_MOTOR	36		Decimal	SINT	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	<input type="checkbox"/>
FREQUENCIA_MOTOR.0	0		Decimal	BOOL	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	
FREQUENCIA_MOTOR.1	0		Decimal	BOOL	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	
FREQUENCIA_MOTOR.2	1		Decimal	BOOL	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	
FREQUENCIA_MOTOR.3	0		Decimal	BOOL	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	
FREQUENCIA_MOTOR.4	0		Decimal	BOOL	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	
FREQUENCIA_MOTOR.5	1		Decimal	BOOL	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	
FREQUENCIA_MOTOR.6	0		Decimal	BOOL	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	
FREQUENCIA_MOTOR.7	0		Decimal	BOOL	Standard	Monitora a Frequencia do Motor	

Figura 37 - Definição de uma palavra do tipo SINT no CLP RSLogix 5000.

O preço da CPU de um CLP, assim como o de um computador, está diretamente associado à sua capacidade de memória. Cada palavra ocupa uma quantidade de memória e o controle por parte do técnico durante a criação de uma Tag, de forma que ela seja a mais adequada, ajuda a controlar a capacidade de memória disponível do CLP.

O entrevistado C destaca o problema quando, se atribui valores para as palavras, ocorrem falhas, pois ultrapassam a faixa de trabalho das variáveis:

Os problemas acontecem quando eles começam a atribuir valores para dentro dessas palavras inteiras e duplo-inteiras [...] o CLP tem que reconhecer isso, e tem que estar dentro da faixa de trabalho dele, quando ele ultrapassa essa faixa de trabalho tu acaba gerando [...] um colapso no programa (Entrevistado C).

A figura 38 apresenta o exemplo de um problema encontrado no pós-projeto, no qual o erro foi atribuir o valor de uma variável do tipo DINT para uma variável INT. No caso, o contador CONTADOR_NUMERO_SEQUENCIAL é uma Tag do tipo DINT, ou seja, comporta valores entre (-2.147.483.648 a +2.147.483.647) e o NUMERO_SEQUENCIAL_ESTRUTURA é uma Tag do tipo INT (-32.768 a +32.767). A contagem é incrementada a cada estrutura do carro depositada pelo robô 60R1 e a variável CONTADOR_NUMERO_SEQUENCIAL.ACC armazena os valores acumulados pelo contador.

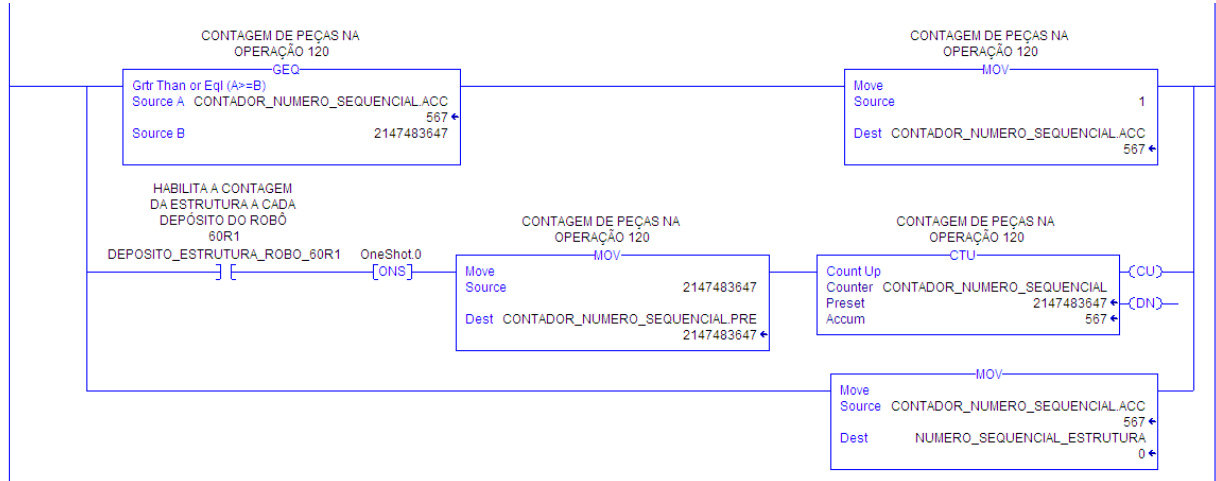


Figura 38 - Lógica com erro na atribuição de valores no CLP RSLogix 5000.

Através da instrução MOV, figura 38, o CLP atribui os valores do CONTADOR_NUMERO_SEQUENCIAL.ACC para a variável do tipo INT NUMERO_SEQUENCIAL_ESTRUTURA. Esse problema só foi detectado com o passar dos dias, conforme a produção de peças foi aumentando até o contador de peças atingir o valor de 32.767, o valor máximo que a variável inteira NUMERO_SEQUENCIAL_ESTRUTURA suporta. A partir daí, o CLP torna esse valor negativo, vindo a gerar problemas na lógica, pois o sistema foi programado para receber valores positivos na variável NUMERO_SEQUENCIAL_ESTRUTURA.

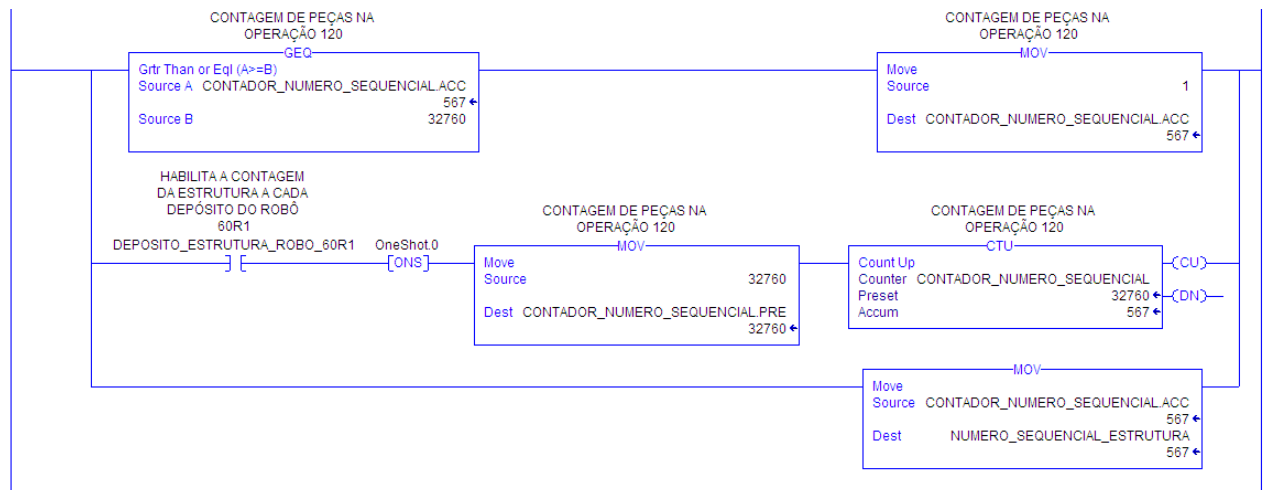


Figura 39 - Correção utilizando um comparador para reinicializar o contador.

A correção desse problema seria criar a Tag NUMERO_SEQUENCIAL_ESTRUTURA do tipo DINT, ou seja, compatibilizar o tipo

de variáveis. Porém, com a linha rodando, essa modificação demoraria um maior tempo. Então o técnico, sabendo dos limites da palavra INT (-32.768 a +32.767), limitou o *Preset*²⁰ do CONTADOR_NUMERO_SEQUENCIAL ao valor 32.760, e criou uma comparação do acumulado do contador com o valor 32.760, ou seja, um valor inferior ao máximo suportado por uma palavra do tipo INT.

Caso o acumulado do contador seja maior ou igual (instrução GEQ) ao valor 32.760, o valor 1 é atribuído ao acumulado do contador, afim de que inicie novamente sua contagem, conforme descrito na figura 39. Dessa forma, o problema foi evitado fazendo-se uso de conceitos básicos do CLP e de conceitos matemáticos.

Outro tipo de erros cometidos ou esquecidos durante a programação do CLP ocorre geralmente na programação de lógicas que envolvem contadores, temporizadores e funções matemáticas.

Existem duas instruções responsáveis pela contagem no CLP da Rockwell: o CTU incrementa valores e o CTD decrementa valores, no CLP modelo RSLogix 500, o contador possui uma palavra de 16 bits . O contador monitora constantemente sua entrada. Caso haja uma oscilação do sinal de entrada de falso para verdadeiro, o valor acumulado do contador é incrementado (CTU) ou decrementado (CTD) de uma unidade.

Primeiramente, faz-se necessário nomear o contador e, em seguida, fornecer valores de *Preset* que determinam se o acumulado do contador alcançar o valor de *Preset*, o bit DN do contador é ativado, informando que a contagem requerida foi realizada, conforme figura 40. Para deixar o acumulador em zero, para o início de uma nova contagem, faz-se necessário acionar a bobina de *Reset* (RES) do contador.

²⁰ *Preset*: valor numérico que define o valor desejado de contagem ou de tempo.

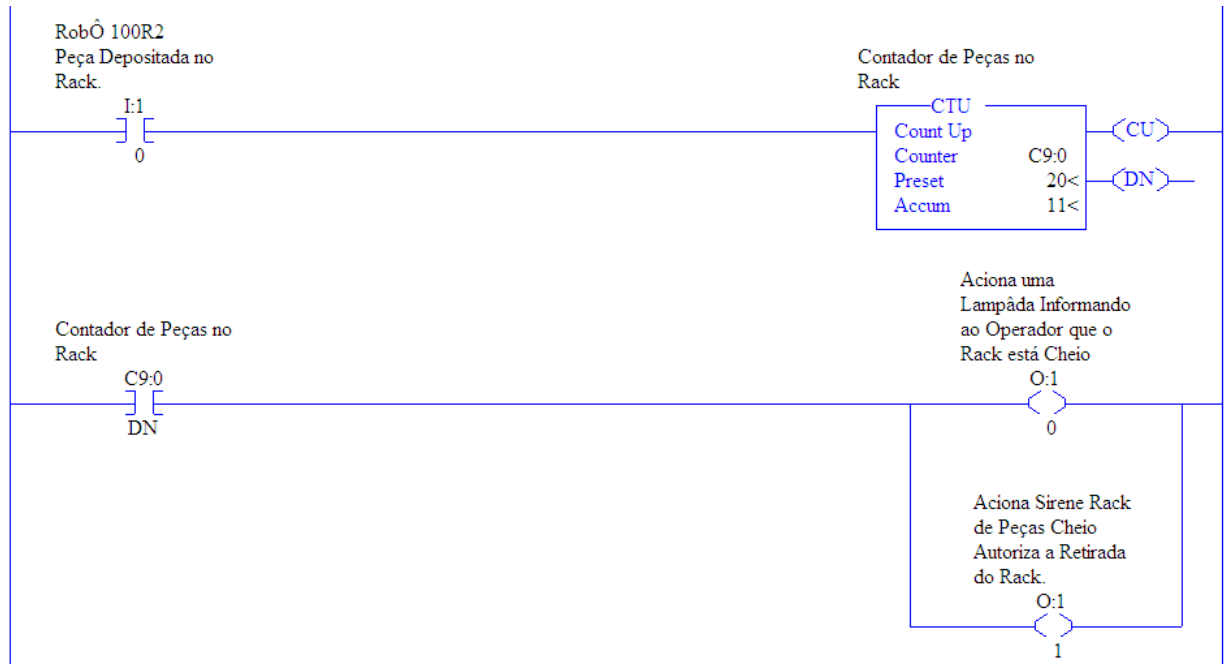


Figura 40 - Exemplo de contagem no RSLogix 500.

O valor acumulado do contador deve permanecer entre -32.768 a $+32.767$; caso a contagem (CTU) ultrapassar o valor $+32.767$, o bit *overflow* (OV) de status do contador se torna verdadeiro, indicando que o valor limite do contador foi atingido. Caso a contagem fique abaixo de -32.768 , o bit *underflow* (UV) de status se torna verdadeiro, conforme desenho esquemático na figura 41.

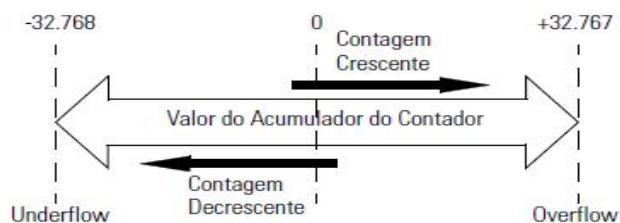


Figura 41 - Representação dos limites do Contador.

Fonte: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1762-rm001_pt-p.pdf

A figura 40 apresenta um contador que controla a quantidade de peças depositadas por um robô em um *rack*²¹ que informa ao operador, através de uma lâmpada e um alarme sonoro, quando o *rack* estiver cheio e deve ser retirado. O robô informa o CLP através da entrada I:1/0. Cada peça depositada no *rack*, cada vez que a entrada I:1/0 oscila de falso para verdadeiro o contador é incrementado, até atingir o valor *Preset*, no caso 20. Quando o valor de *Preset* for igual ao

²¹ *Rack*: dispositivo para armazenamento e transporte de peças no chão-de-fábrica.

acumulado, o bit C9:0/DN se torna verdadeiro, acionando a lâmpada e a sirene; informando ao operador que o *rack* de peças está cheio.

O contador da lógica, exemplificada na figura 40, apresenta algumas vulnerabilidades que podem impedir o seu correto funcionamento. A lógica não apresenta um *Reset* para o acumulador do contador C9:0, ou seja, ele incrementará indefinidamente até atingir o valor máximo *overflow*. O contador está configurado por um valor constante, escrito diretamente no C9:0.PRE do contador. O ideal seria escrever o valor diretamente no *Preset*, utilizando a instrução MOV. A instrução MOV faz a atribuição de um valor constante para o *Preset* do contador, por exemplo. Dessa forma, o usuário deverá editar o programa para alterar o valor.

Outro fato é que, se esse valor for alterado, a sinalização visual e sonora não funcionará corretamente, causando um atraso na retirada do *rack* cheio pelo operador. Normalmente, o operador se preocupa com mais de uma operação e a sinalização visual e sonora são seu guia mais importante. A figura 42 mostra as correções necessárias para tornar a lógica confiável, evitando assim imprevisibilidades que causam atraso no processo produtivo.



Figura 42 - Exemplo de programa Correções na lógica.

No caso dos temporizadores, exige-se um cuidado especial ao manipular valores para o acumulador e *Preset* do temporizador, pois este somente aceita valores positivos. Caso haja uma atribuição de um valor negativo, ocorre uma

parada no CLP. A figura 43 mostra um exemplo de uma lógica que atribui valores para o *Preset* do temporizador conforme o modelo recebido pela operação 30.

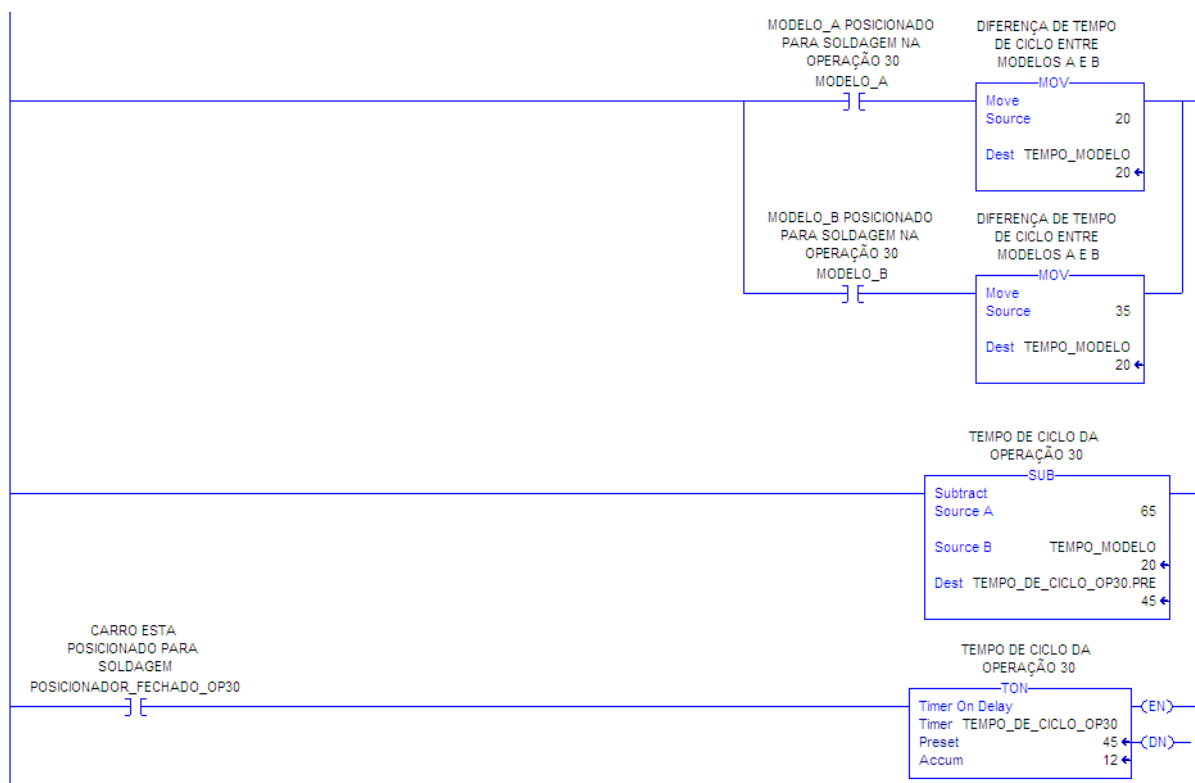


Figura 43 - Lógica de atribuição de valores para o *Preset* Temporizador.

Caso o modelo seja o **MODELO_A**, a variável **TEMPO_MODELO** recebe o valor 20. Caso seja o **MODELO_B**, a variável **TEMPO_MODELO** recebe o valor 35.

Seguindo a lógica, utilizando a instrução **SUB**, é realizada uma subtração de $(65 - \text{TEMPO_MODELO})$. O resultado dessa operação é enviado para o *Preset* do temporizador **TEMPO_DE_CICLO_OP30.PRE**.

Caso os valores atribuídos, para a variável **TEMPO_MODELO** sejam alterados, a realização da subtração envolve risco e pode ocasionar uma parada no CLP, pois a alteração dos valores da variável **TEMPO_MODELO** pode resultar em valores negativos, que, ao serem atribuídos para o *Preset* de um temporizador, colocam o CLP em falha. A figura 44 mostra uma modificação na lógica, de modo que antes da subtração é verificado se o valor **TEMPO_MODELO** (instrução **GRT**), é maior que 65; se for maior, a operação não é realizada, evitando-se assim a parada no CLP.

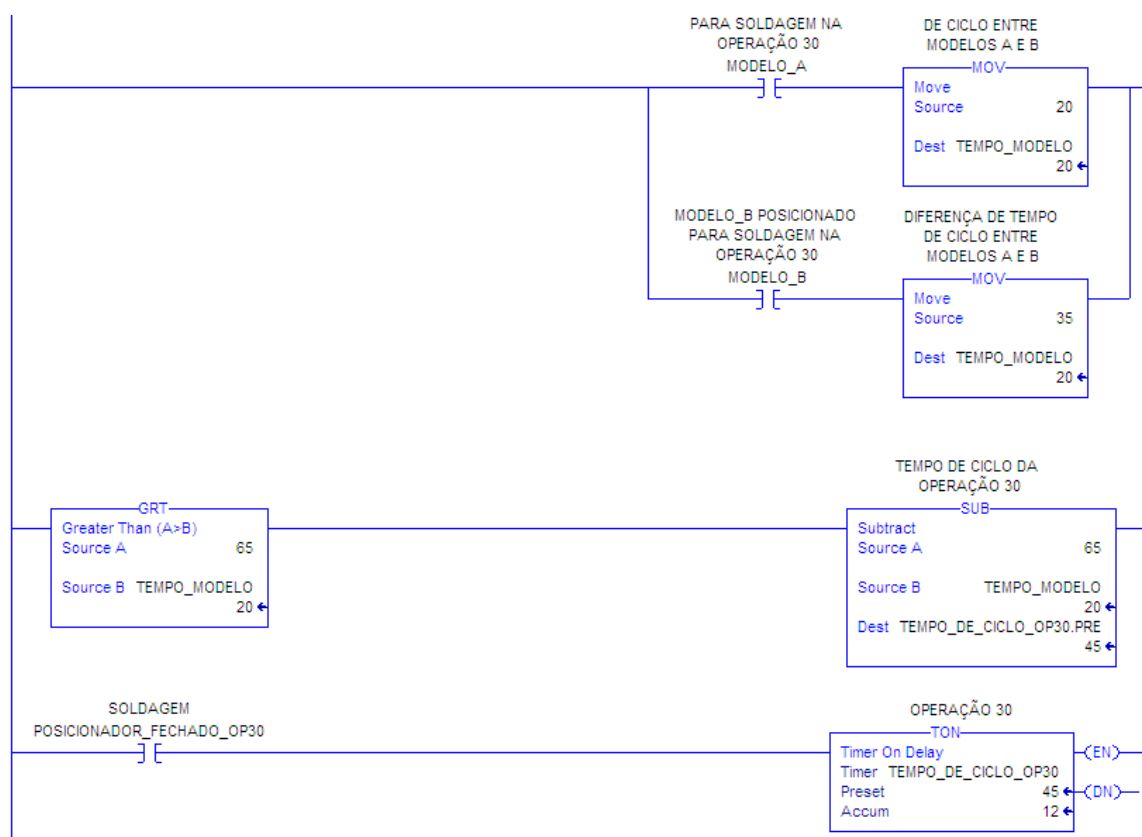


Figura 44 - Instrução GRT, verifica se o valor $A > B$.

A análise das entrevistas permitiu identificar uma série de situações frequentemente de difícil detecção ou solução que, por vezes, passam despercebidas pelo técnico durante uma alteração no programa do CLP. A leitura dos manuais do fabricante e os conhecimentos matemáticos facilitam, sem dúvida, o entendimento dos domínios das variáveis fixados pelo fabricante. Durante a tomada de decisões, o raciocínio matemático permite ao técnico uma maior segurança e rapidez na solução do problema, mesmo que seja uma solução de forma momentânea e não a definitiva.

Ao final deste capítulo, relativo às imprevisibilidades no chão-de-fábrica, percebe-se a importância do entendimento do domínio de uma variável no CLP, das comparações numéricas e do raciocínio lógico.

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de manutenção, em uma indústria automobilística, envolve diversas situações cuja compreensão é extremamente necessária para o domínio, por parte do técnico do sistema de manufatura. O CLP, robótica, transformador de solda e o controlador de solda, são exemplos de equipamentos presentes no chão-de-fábrica. A leitura dos manuais técnicos permite ao manutentor entender o funcionamento, as vulnerabilidades e possibilidades oferecidas pelos equipamentos. Os conceitos matemáticos facilitam o entendimento da integração existente entre os tipos de equipamento.

O técnico, no seu ambiente de trabalho, está exposto a uma série de riscos lesivos à saúde. Algumas decisões tomadas pelo técnico exigem o profundo conhecimento da lógica e do funcionamento dos equipamentos envolvidos. A resolução por tentativa e erro pode ocasionar a quebra do equipamento e gerar acidentes, em alguns casos até fatais.

A análise dos dados, obtidos através de entrevistas com técnicos em eletroeletrônica do setor automotivo, permite concluir que os conhecimentos matemáticos ajudam a garantir uma maior segurança e certeza na tomada de decisões, durante a resolução de problemas e proposição de melhorias no processo produtivo.

Quando da instalação de um novo projeto e no pós-projeto, uma série de situações não previstas ou vulnerabilidades, na programação dos equipamentos, somente serão detectadas quando o sistema estiver em funcionamento, ocasionando perdas na produtividade. Em determinadas situações, não se tem o sensor adequado para ser substituído, fazem-se necessárias adaptações na lógica de programação do CLP que somente serão possíveis através de cálculos matemáticos.

O conhecimento das limitações e características do CLP, conseguidos através da leitura dos manuais do produto, juntamente com os conhecimentos matemáticos, permitem a detecção e correção de imprevisibilidades existentes na programação do software, tornando o processo confiável.

Os conhecimentos matemáticos contribuem para o desenvolvimento de ferramentas gráficas para o monitoramento do tempo de ciclo das operações, e a

interpretação desses dados permite a otimização e melhor acompanhamento do processo produtivo.

A eficiência da linha de produção se dá através do monitoramento dos tempos de ciclo dos diversos equipamentos envolvidos no processo produtivo. A quantidade de equipamentos envolvidos produz uma maior dificuldade de monitoramento; a geração do histograma de cada equipamento ou célula produtiva permite um acompanhamento gráfico da tendência do ciclo das células.

A análise desses dados possibilita a identificação de gargalos e a proposição de melhorias, com o intuito de equalizar os ciclos das operações envolvidas no processo. A interpretação gráfica, da equalização da força de cada equipamento de solda, auxilia de forma efetiva na otimização dos tempos de soldagem.

Esta pesquisa buscou elencar alguns conhecimentos matemáticos presentes na atividade dos técnicos em eletrônica no chão-de-fábrica. A matemática utilizada no dia-a-dia do técnico, geralmente, envolve raciocínio lógico, álgebra, cálculos de soma, subtração, multiplicação e divisão, estudo e representação gráfica de funções sem os quais ficará reduzida a gama de recursos de aprendizagem e resolução de problemas. O *hardware* e a programação dos equipamentos envolvem cálculos matemáticos bem mais complexos como, por exemplo, o estudo da cinemática de um robô industrial.

O resultado desta pesquisa indica a necessidade de uma formação escolar adequada, na educação básica, requisito necessário para uma formação técnica de qualidade e posterior desenvolvimento profissional no ambiente de trabalho.

9 - REFERÊNCIAS

ABB. **Rapid reference manual**. Disponível em: < <http://rab.ict.pwr.wroc.pl/irb1400/overviewrev1.pdf> >. Acesso em: 03 mai. 2013.

ABB IRB6400R. **Product On-line Manual IRB 6400R**. Disponível em: < http://pergatory.mit.edu/kinematiccouplings/case_studies/abb_robotics/general/6400r%20product%20manual.pdf >. Acesso em: 23 abr. 2013.

ABB IRC5. **Manual de operação IRC5 com flexpendant**. Disponível em: <http://www.ieeta.pt/~jmsilva/roboticaESTGA/abb_pt_IRC5flexpendant.pdf >. Acesso em: 10 mai. 2013.

BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Processo de soldagem por resistência**. Disponível em: < ftp://ftp.demec.ufmg.br/lrss/ProcessosSoldagem_Pos/TEXTOS/07TextoRW.pdf >. Acesso em: 27 mai. 2013.

BRASIL. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012 – 2015**. Disponível em: < <http://livroaberto.ibict.br/docs/218981.pdf> >. Acesso em: 02 jun. 2013.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Introdução aos parâmetros curriculares nacionais**, Brasil: MEC, 1997.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros curriculares nacionais da matemática**, Brasil: MEC, 1997.

BÚRIGO, Elisabete Zardo. **Matemática na escola e na fábrica por trabalhadores metalúrgicos**. Disponível em: <<http://www2.fe.usp.br/~etnomat/site-antigo/anais/CO30.html> >. Acesso em: 06 jun. 2013.

CANTARES, Clébio Cavagnolle. **Revista INOVABCD**. Disponível em: < <http://www.revinova.com.br/arquivos/edicoes/1316628646.pdf> >. Acesso em: 23 abr. 2013.

COSTA, José; ALVARENGA, Karly. **Experiências da monitoria que conduzem a reflexões sobre o cálculo diferencial e integral na UFS – SE**. Disponível em: < http://www.educonufs.com.br/IVcoloquio/cdcoloquio/eixo_06/E6-25.pdf >. Acesso em: 28 dez. 2012.

D'AMBROSIO, Beatriz. **Como ensinar matemática hoje?**. Disponível em: < http://educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/MATEMATICA/Artigo_Beatriz.pdf >. Acesso em: 17 dez. 2012.

FANUC. **Controlador sistema R-j3/b manual de configuração e de operações do equipamento de soldagem a arco Arctool**. Michigan, 2004.

FERRETTI, Celso João; ZIBAS, Dagmar L.; TARTUCE, Gisela Lobo B.P.; SILVA Jr, João dos Reis Silva. **Escola e fábrica: vozes de Trabalhadores em uma indústria de ponta**. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cp/n118/16833.pdf> >. Acesso em: 01 jun. 2013.

FRANZOI, Naira Lisboa. **O modelo japonês e o conhecimento informal do Trabalhador no chão-de-fábrica**. Porto Alegre: 1991. 139 f.

INSTRUMENTS, Voltech. **Turns ratio**. Disponível em: < [http://0071c19.netsolhost.com/support/articles/59/Turns%20Ratio%20\(104-113\).pdf](http://0071c19.netsolhost.com/support/articles/59/Turns%20Ratio%20(104-113).pdf) >. Acesso em: 30 mai. 2013.

LAUDARES, João Bosco. **Educação matemática e educação tecnológica – O tratamento da matemática em cursos tecnológicos da Puc minas**. Disponível em: < <http://www.sbem.com.br/files/viii/pdf/04/CC00991350600.pdf> >. Acesso em: 16 jun. 2013.

LOGIX5000. **Logix5000 Controller Design Considerations**. Disponível em: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1756-rm094_-en-p.pdf >. Acesso em: 12 jun. 2013.

MATIAS, Juliano. **Encoders**. Disponível em: < <http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/281> >. Acesso em: 27 mai. 2013.

NASCIMENTO, Vinicius Castanheira do. **Seleção de parâmetros de soldagem a ponto por resistência, baseado na medição da resistência elétrica entre chapas**. Disponível em: < <http://penelope.dr.ufu.br/bitstream/123456789/22/1/Sele%C3%A7%C3%A3oParametrosSoldagem.pdf> >. Acesso em: 30 mai. 2013.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação industrial**. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda., 2001.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação Industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009.

_____, João Maurício. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

APÊNDICE A - Transcrição da Entrevista A

Nome: Entrevistado A

Profissão: Técnico em Eletrônica

1. Qual a importância da matemática no dia-a-dia durante o exercício da profissão?

A - Na minha profissão a matemática é importante para cálculos de corrente, usa bastante, algoritmos, cálculos de algoritmos no CLP, robótica. Alguns cálculos têm que ser feitos para poder ter mais exatidão nas tarefas. Também no processo, porque a gente trabalha com produtividade então precisa saber alguns tempos de máquina para poder ter uma efetividade melhor, precisa ter bastante cálculo, então no nosso dia-a-dia praticamente é lidar com bastante cálculo até. Às vezes a gente nem percebe, mas a gente passa o dia todo até calculando, vivendo em função de cálculo, então é muito importante.

Erótide: A utilização de fórmulas e cálculos matemáticos ou da física ocorre com muita frequência no dia-a-dia? Pode citar algum exemplo?

A - Da física eu acho que não, mas cálculo de algoritmo, por exemplo, eu preciso saber se a corrente que está saindo do secundário está correta com a que está entrando no primário, então eu preciso fazer um cálculo. Se a potência que estava dando no limite de um motor, se ele estava correto com a informação da tensão. Daí tu tens que fazer um cálculo ali para ver certinho se a eficiência está correta ou se é aquilo mesmo que está aparente, esse tipo de cálculo é bem usado, mas assim na física não tem muito, acho que uso praticamente nada.

Erótide: Exemplo então seria o cálculo de potência. Teria mais algum exemplo que tu te recordas?

A - Cálculo de produção, produtivo. Saber se eu vou terminar o turno devendo, se eu vou terminar o turno é sobrando com eficiência, para saber qual a minha célula que tem problema de tempo, qual a minha célula mais problemática. Tudo isso aí é feito através de cálculo, não tem outro jeito, é só calculando.

2. Qual a área exige mais conhecimentos matemáticos, é a CLP, robótica, parametrização de solda? Cite alguns exemplos?

A - Desses ai que tu falou, o que exige mais cálculos é o processo de solda, na área que eu trabalho. Mas no envolvimento geral eu acho que o processo de produção envolve mais cálculo. Porque esses cálculos na automatização, já é cálculo meio assim pronto. Não precisa ficar calculando muito. Mas no processo tem ficar praticamente com uma calculadora na mão, para entender qual o comportamento que está tendo no dia-a-dia. Na automação praticamente o cálculo já está pronto, só se eu tiver que fazer uma programação nova aí eu tenho que fazer um cálculo, mas fora isso daí já é pronto, então eu passo mais tempo calculando o processo.

Erotide: Na interpretação, por exemplo, do CLP lá às vezes tem um CPT, um somatório.

A - Esses cálculos eu preciso ter um conhecimento de cálculo para não parar um sistema por falha, o cálculo dividir por zero, um valor negativo ser dividido, esse aí é um exemplo no CLP.

Erotide: E no dia-a-dia tu vê pela tua experiência que o pessoal tem dificuldade para interpretar esse tipo de cálculo matemático?

A - Bastante, bha!! Bastante.

Erotide: Que tipo de dificuldade tu enxergas, tu podes citar alguma coisa?

A - Uma é entendimento básico às vezes que falta de saber que, por exemplo, eu não posso dividir por zero e às vezes o cara não bota uma segurança, verificações de cálculos básicos que o CLP não consegue interpretar, daí tem que colocar uma segurança para que ele não dê falha então esse tipo de dificuldade às vezes eles pegam mais na prática, tipo virando um paradigma, eu tenho que fazer uma segurança aqui, mas às vezes nem sabe porque está fazendo aquela segurança. Ou criar uma matriz com indexação e não se tocar que tem que colocar, saber que vai ser feito um cálculo e aquele valor que vai ser calculado vai ter que estar constando na matriz, muitas vezes faz mais na prática que no entendimento, no dia-a-dia o pessoal tem dificuldade com isso aí.

Erotide: E, por exemplo, quando tem uma EQU, uma comparação, maior, menor, parece ser uma coisa simples pra gente, mas o pessoal encontra dificuldade.

A - Essa aí é muito básica, eu já estou dizendo assim de coisas mais complexas, até de calcular uma booleana com a outra, tem sistemas de paridade lá nosso que faz calculo de booleana e o pessoal nem sabe pra que serve aquilo ali, na verdade é um cálculo booleano para identificar um erro, ele não sabe somar ou às vezes um valor decimal de uma palavra ele não sabe porque aquele valor é negativo, não sabe como que se forma aquele valor, e aí acaba fazendo as coisas mais numa receita de bolo do que propriamente entendendo, porque tá tudo pronto na automação, se precisar fazer alguma coisa fora disso aí, não consegue, se não tiver uma base.

3. A Matemática vista na escola é suficiente para se realizar um curso técnico com qualidade?

A - Não, não, claro que não. Até porque, é que na minha época se for contar o primário, com certeza não é suficiente. É que eu fiz o segundo grau junto com a escola técnica, então daí não dá para eu ter uma base se o segundo grau é suficiente. Mas o primário com certeza não é. Da primeira até a oitava série ou até o nono ano que nem agora o cara aprende a fazer cálculo, mas sem saber o porquê que é feito o cálculo. Aprende coisinhas que é assim porque é assim, nunca aprende o porquê que é assim. Só vai saber depois em uma faculdade fazendo uma engenharia que você vai entender as coisas novas. Com as coisas que são repetitivas no dia-a-dia tu vais te sair bem, mas quando surgir uma coisa nova tu vais ficar parado porque tu não entendes o porquê que é assim.

Erotide: Como é que funcionava, por exemplo, se havia uma integração das matérias física e matemática com o teu curso técnico ou era dividido?

A - Tinha integração, tinha a ver. A física e a matemática, era tudo voltado para o curso técnico por isso eu não tenho como dizer se o primário... primário eu sei que não é, mas o segundo grau na minha época era voltado para o curso técnico, agora eu não sei como é que é.

Erotide: Era período integral ou era só um turno?

A - Era um turno normal. Hoje tu fazes três anos de segundo grau e dois de técnico, antes tu fazias dois de segundo grau e dois de técnico tudo junto, quatro anos seguidos, é que antes era voltado para o curso técnico, hoje eu já não sei, talvez seja voltado para a faculdade.

Erotide: Tu sugeres uma maior ênfase em algum conteúdo específico?

A - Eu acho que física, física é importante porque apesar do cara não usar no dia-a-dia, mas é importante entender algumas coisas como se relacionam, a parte de elétrica, de eletrônica, semicondutores, então é importante o cara entender alguns conceitos bem da natureza, para o cara poder entender. Então a física eu acho que é fraco, não sei na faculdade, mas no primeiro e segundo grau é fraco. A matemática ainda dá para levar.

4. Tu podes citar alguma melhoria no processo produtivo que você precisou se utilizar da matemática?

A – Bah, muitas coisas.

Erotide – Dá um exemplo?

A - Principalmente alguma coisa simples, por exemplo, calcular a projeção do turno se a gente vai ficar devendo ou vai ficar sobrando, isso aí é um cálculo que eu já cansei de fazer.

Erotide – Como é que tu faz esse cálculo?

A - É meio pensativo, eu tenho um “x” de horas do dia, e eu preciso saber quantos carros vou fazer nesse dia, então eu vou ter que dividir esses carros pelas horas disponíveis e ver quanto que daria naquele tempo e durante a hora eu tenho que saber se já cheguei, em um minuto, a quantos carros eu deveria ter, então o cálculo é feito dinamicamente. Eu particiono, quanto que dá, eu deveria ter meio carro, somando e dando um inteiro vai dar um carro, então é um cálculo meio particionado e afora que tu tens que saber calcular isso e colocar em um papel é fácil né, mas às vezes colocar em uma planilha de Excel que ele não entende que dezesseis horas, dezesseis e dez, o que é dezesseis e dez para ele, as vezes tu tens que formatar isso aí, o CLP menos ainda, aí tu tens que fazer uma multiplicação

por cem, faz um cálculo para deixar ele inteiro e tem que fazer inúmeros cálculos. Eu tenho que saber quando terminar duas e vinte eu não tenho uma hora inteira eu tenho vinte minutos então eu tenho que decrementar, fazer vários cálculos para ele entender quantos minutos eu tenho no decorrente do dia, então é um cálculo bem crítico, então eu tenho que entender que uma hora tem sessenta minutos e dezesseis e dez para o CLP ele tem que entender que é quatro hora e dez da tarde, então são vários cálculos que têm que ser feitos.

Erotide: Aí nesse caso se tiver uma perda de produção de uma hora daí o teu cálculo muda todo.

A - Não, aí fica calculando dinamicamente, se eu faço mil carros em tanto tempo, em uma hora eu tenho que ter tanto se não tem ou tá devendo ou está sobrando. Fora cálculo de robô, contadores que contam quantas vezes deu uma falha de solda, quantas vezes deu uma falha, quantas vezes ele pode fazer o loop. É cálculo o dia todo praticamente, só que às vezes a gente nem percebe.

Erotide: E tu encontrou dificuldades em algumas destas situações, ah, eu fui lá implementar uma ideia aí eu precisei e tive dificuldade, tive que consultar, sei lá, tem alguma situação que tu pode citar?

A - Tenho cara, tenho. O robô principalmente... O robô ele é bem arcaico em números inteiros e às vezes eu tenho dificuldades de transformar alguns valores e às vezes falta um pouco de conhecimento mais de conhecer de saber como é que funciona o cálculo. Para poder fazer um cálculo mais preciso aí tu acabas até estacionando e não conseguindo fazer porque tu não conheces. Mas assim de cabeça eu não me lembro de alguma vez eu precisar ler para fazer algum cálculo.

5. Você aprendeu esse saber de matemática na escola técnica onde se formou?

A - Acho que foi mais no dia-a-dia, mais lendo como é que faz cálculo, planilha de Excel é um cara que te ajuda a fazer bastante cálculo, te mostra bastante coisa. Mas as básicas claro aí é na escola, fazer raiz, fazer fração, saber como é que funcionam as frações. Mas no dia-a-dia foi muito mais do que na escola. Na escola é mais o básico.

Erotide: No dia-a-dia se utiliza muito raciocínio lógico matemático na resolução de problema de linguagem *ladder*, robótica por exemplo. Seria o nosso dia-a-dia, no nosso dia-a-dia a gente convive diariamente é mais raciocínio lógico, interpretação do *ladder*. Você acredita que o conhecimento em matemática facilita o entendimento desse processo?

A - Sim várias vezes, para tu transformar, tu tens um circuito grande lá e tu precisas trabalhar com ele, a gente não usa muito disso, mas em outras empresas por não ter espaço e memória, as vezes tu precisava fazer um cálculo booleano para poder diminuir o tamanho do arquivo, isso eu já fiz algumas vezes já. Hoje em dia como a gente tem espaço para tudo, a tecnologia é mais favorável a isso, então tu não precisas fazer, não importa o tamanho do arquivo. Mas antigamente eu me lembro de quando eu comecei a mexer com CLP, às vezes alguma coisa a gente tinha que fazer trazer aquela booleana para o papel, eu calcular e ver do jeito, o mesmo, fazer ter o mesmo efeito com menos, simplificar o circuito. E o circuito simplificado é feito através de cálculo. Nesse caso aí, mas hoje em dia a gente nem usa muito isso ai. Hoje até faço um pouco mais na intuição, é mais prático do que fazer cálculo, dificilmente eu vou fazer um cálculo pra isso. E pelo que vejo em programas que têm hoje já rodando, o pessoal não se importa nem um pouquinho com tipo de arquivamento, são coisas grandes e não tem preocupação nenhuma com isso. Mas uns anos atrás era bem preocupante, e o pessoal tinha que fazer cálculo para poder programar um CLP, o espaço de memória era menor.

Erotide: É possível desenvolver tais conhecimentos lógicos apenas na prática ou é necessário que o técnico estude conceitos matemáticos que facilitarão seu raciocínio? Esse raciocínio que eu entendo seria tu vais lá pro *ladder* e analisa que tem que estar esse bit em “1” mais esse bit em “1” para esse evento ocorrer, seria entendimento do *ladder* no nosso dia-a-dia, essas sequências lógicas.

A - Hoje eles aprendem no dia-a-dia a dia. Hoje noventa por cento não sabe que tem que ter um cálculo para poder fazer uma linha de programa, vai ali e coloca o que tem que ser feito, nem sabe que ali tem um cálculo para fazer. Então o processador da CPU faz cálculo matemático para poder fazer aquela linha de programa, então mais é na prática, não precisa trazer nenhuma bagagem de

matemática para poder fazer um *ladder*. Não precisa nem robô, nada. Vou te dizer que hoje a parte administrativa de uma empresa o pessoal precisa saber muito mais de cálculo do que quem trabalha na área de automação, porque já vem pronto, não precisa fazer cálculo, na área de automação, mas na elétrica, eletrônica ai precisa, mas a automação não precisa. Quem trabalha na área de automação e que não é gerenciador, e que trabalha em projetos, um projetista precisa saber também. Mas o técnico que trabalha na área de automação não precisa.

Erotide: Dá um exemplo, no dia-a-dia nosso a gente memoriza muita coisa, o robô lá parte primeiro, aquele grampo fecha tal momento, tem um monte de sequências que tem que memorizar e tem que vincular isso com o software o *ladder* e tu acreditas que a matemática ajuda a facilitar isso? Vou dar um exemplo, o cara tem uma facilidade em matemática existe uma garantia de que ele vai ter uma facilidade para entender esse processo? Conseguir vincular, essa que é a ideia, pegar, por exemplo, o robô lá, para ele partir precisa desse sinal, entendeu?

A - Até acho que ajuda, a matemática é muito raciocínio lógico, principalmente quem calcula rápido, ela tem um raciocínio lógico para poder encurtar caminho para fazer um cálculo rápido. Então acredito que aquela pessoa que tem bastante prática com cálculo facilite, facilite mais se tiver prática também com automação. Se ele estiver no mesmo nível que um programador que não tem um bom conhecimento de matemática, com certeza aquele cara que tem entendimento mais matemático vai se sair bem melhor, vai ter um entendimento melhor, ele usa mais o cérebro para raciocinar, porque o software é todo em cima de raciocínio. E cada programador programa diferente um do outro, não tem um padrão, até tenta-se ter um padrão para poder padronizar, manter um padrão. Mas um programador não programa igual ao outro porque o raciocínio lógico dele não é igual ao do outro, nunca vai ser, nunca vai ser. Então quem tem prática com matemática, não em função do cálculo, deixar bem claro não é em função do cálculo, é em função do raciocínio, pois ele tem uma prática de muito raciocínio por utilizar matemática, mas não por causa do cálculo, mas por causa do raciocínio.

Erotide – É nosso dia-a-dia é bem tumultuado, a gente tem que ter uma boa base no inglês, é uma dificuldade a mais, pois são poucas as pessoas no nosso setor que

sabem o inglês, saber interpretar o ladder, saber fisicamente como o sistema se comporta, tem que vincular o CLP com o robô, mais a solda. É uma série de coisas.

A - Tem que ter a prática e conhecimento matemático, o português, inglês, e a parte técnica que não pode parar de ler nunca. Tem que estar sempre vivo no cérebro aquele negócio ali de como fazer, porque é muito rápido, as coisas acontecem rápido, a gente não tem tempo para pensar: “Bah, eu vou lá pegar meu manual para ver como é que funciona aquilo, não tem, eu tenho que já saber na hora”. Eu tenho que tomar uma decisão, tem que ter senso de urgência. O cara tem que saber ler, tem que ter um raciocínio bom.

Erotide – E interpretação gráfica, tem muito, ocorre de pegar um gráfico para interpretar?

A – É, hoje em dia tem, tem muita interpretação de gráfico, bastante até, muitas vezes quando está ocorrendo um problema na linha, às vezes uma coisa que não é visual, tu precisas carregar ele para um gráfico e saber analisar o que está ocorrendo no gráfico. Tem que saber ler o gráfico, além de montar ele, tem que saber ler ele, isso ocorre bastante, porque às vezes os problemas, eles não são visuais e como é que tu fazes para tornar ele visual, tu botas ele num gráfico. Então tu tens que saber interpretar um gráfico, um osciloscópio, uma planilha, um *trend* do CLP, um histograma, tem que saber entender esse tipo de coisa. Saber onde é o “X”, o “Y”, tem que ter o entendimento de gráfico, senão o problema vai persistir e tu nunca vais achar, por que o olho humano não percebe algumas coisas na automação mesmo. E às vezes tu tens que mandar alguma coisa pra desenhar, tipo assim, “máquina desenha pra mim o que tá acontecendo contigo, porque ver eu não tou conseguindo ver”, daí como é que ela vai falar contigo, é através de um gráfico, através de uma lâmpada, se tu já previamente sabes do problema, é através de uma lâmpada, de uma sinalização, mas muitas coisas não são previstas, ocorrem sem previsão, e aí o único jeito que eu sei é colocar num gráfico pra entender, criar uma planilha de Excel, aqui oh, a solda chega aqui nesse ponto ela falha, por que ela falha? Por que oh, a tensão tá mais alta e a corrente tá aqui, então pode ter alguma isolamento. E são coisas que tu tens que analisar cuidadosamente para poder entender o problema, então tu também tens que saber interpretação de gráfico. E a maioria das pessoas não sabe fazer isso, tem dificuldade, não sei se por uma base

ruim na escola, mas tem dificuldade também para interpretar gráfico, até para montar uma planilha, também tem dificuldade.

APÊNDICE B - Transcrição da Entrevista B

Nome: Entrevistado B

Profissão: Técnico em Eletrônica

1. Qual a importância da matemática no dia-a-dia durante o exercício da profissão? A utilização de fórmulas e cálculos matemáticos ou da física ocorre com muita frequência no dia-a-dia? Podes citar algum exemplo?

B - A matemática no nosso dia-a-dia é tudo. A gente tem dificuldade, pois o conteúdo da matemática básica é muito fraco, como você vai resolver uma integral se você não aprendeu a transformar uma raiz quadrada em potenciação ou vice-versa?, trava todo o cálculo, se soubesse a matemática básica, o restante seria simples.

2. Qual a área exige mais conhecimentos matemáticos, é a CLP, robótica, parametrização de solda? Cite alguns exemplos.

B - Na nossa área o CLP, pois na robótica os cálculos já estão todos embutidos, você não tem acesso. Por exemplo, no CLP quando você vai fazer uma planta papeleira, você usa muito o extrator de raiz quadrada para gramatura de papel, usa muito PID para controle das bombas e tudo isso tem que ser calculado.

3. A Matemática vista na escola é suficiente para se realizar um curso técnico com qualidade? Tu sugeres uma maior ênfase em algum conteúdo específico?

B - Não, desde quando me formei até o terceiro grau a nossa matemática foi muito vaga, no máximo uma função de segundo grau, e não tinha uma explicação do porquê e para que seria utilizado, não prendendo a atenção dos alunos. Deveria ser dada uma ênfase maior na matemática básica, dessa forma facilitaria os próximos passos de matemática no curso técnico.

4. Tu podes citar alguma melhoria no processo produtivo que você precisou se utilizar da matemática? Você encontrou dificuldades?

B - Onde eu tive bastante problemas foi na configuração dos elevadores, eu precisava muito PID e cálculos muitos precisos pois qualquer mínimo valor que você mudasse colocava tudo a perder, tive bastante dificuldade para calcular as derivadas e integrais. Para resolver isso parti da tabela que vem com o equipamento, o passo

seguinte foi inserir esses valores nos cálculos que estavam sendo feitos. No manual de programação da rockwell do inversor mostra todas as etapas desse cálculo.

Erotide: Podes citar alguma aplicação onde você teve que utilizar matemática para resolver um problema?

B - Tive um problema na fundição Tupi no controle de vazão da bomba com inversor onde tinha que controlar a velocidade da bomba para manter a pressão nas tubulações. Tive que desenvolver uma espécie de regra de três onde tinha a pressão da bomba que variava a velocidade, tinha um controlador analógico da bomba onde variava a velocidade de inversor de frequência para manter um controlador de pressão da tubulação, como não tinha um controlador PID, foi desenvolvida essas contas matemáticas tudo dentro de PLC.

5. Você aprendeu esses saberes de Matemática na escola técnica onde se formou? No dia-a-dia do trabalho? Ou em outro lugar? Cite, por favor, onde ocorreu isso?

B - Nos dois eu aprendi tanto na escola técnica quanto no dia-a-dia, para sanar as dificuldades da matemática básica tive que procurar em livros e através de outros colegas de trabalho.

6. No dia-a-dia se utiliza muito raciocínio lógico matemático na resolução de problema de linguagem *ladder*, robótica por exemplo. Seria o nosso dia-a-dia, no nosso dia-a-dia a gente convive diariamente é mais raciocínio lógico, interpretação do *ladder*. Você acredita que o conhecimento em matemática facilita o entendimento desse processo?

B – Acredito, a gente usa no dia-a-dia. Eu acho que quem tem conhecimentos matemáticos vai aprender muito mais fácil que a pessoa que fizer ao contrário, fizer o prático depois os conhecimentos matemáticos. O cara tem que ter os conceitos matemáticos para poder entender o raciocínio lógico.

APÊNDICE C - Transcrição da Entrevista C

Nome: Entrevistado C

Profissão: Técnico em Eletrônica

1. Qual a importância da matemática no dia-a-dia durante o exercício da profissão? A utilização de fórmulas e cálculos matemáticos ou da física ocorre com muita frequência no dia-a-dia? Pode citar algum exemplo?

C - Em resumo, a matemática na verdade desenvolve o raciocínio lógico nas soluções de problemas. Não a matemática propriamente dita, mas todo o conceito que ela traz por trás, fazer a pessoa pensar. A dificuldade encontrada pelos técnicos recém-formados é fazer álgebra, fazer manipulação de fórmulas.

Erótide: Fórmulas de que tipo, a matemática básica?

C - Não, fórmulas em geral, toda vez que tu envolves dentro da matemática do candidato, do aluno ou do técnico, onde tu colocas letra eles têm dificuldade, dificuldade em desenvolver a conta. O pessoal tá mais acostumado a enxergar números e não letras, valores, algo que eles conseguem definir.

Erótide: E no nosso dia-a-dia esses conhecimentos fazem muita falta? Para entender?

C - Para entender sim, para pensar também, mas no dia-a-dia que eu posso dizer, tu tens outras ferramentas além da matemática para conseguir buscar esse conhecimento.

Erótide: E quais seriam essas outras ferramentas? Podes citar um exemplo?

C - Claro, através da leitura de manual, necessariamente tu não precisas saber matemática, a matemática te dá o horizonte, mas ela não te diz o que fazer, o manual já te diz o que fazer, ele não te ensina a pensar, te ensina a agir. O técnico tem que estar sempre buscando informações para se desenvolver.

2. Qual a área exige mais conhecimentos matemáticos, é a CLP, robótica, parametrização de solda? Cite alguns exemplos.

C - Eu trabalho bastante com CLP, pouco com robótica e já trabalhei um pouco com parametrização de solda. Na minha opinião parametrização é o que

envolve mais cálculos, porque como se trata de solda e como se trata de segurança de uma pessoa, pois essa solda é efetuada no carro no caso dessa empresa, o que que eu sugiro?, não fazer isso por tentativa e erro, fazer um estudo, por que se tu fizeres um estudo toda a parametrização envolve uma grande engenharia de cálculo. Agora a parte de CLP também envolve bastante cálculo, mas é algo que se tu cometeres um erro tu não vais matar uma pessoa, por exemplo, tu vais só comprometer, tu vais quebrar um equipamento, tu vais danificar um carro, mas tu consegues correr atrás. Então necessariamente tu não precisas ter uma gama de conhecimento de cálculo, podes fazer por tentativa e erro. Parametrização eu já não aceito um situação dessas, fazer tentativa e erro, e sim acertar na primeira vez, através de um estudo.

Erotide: E no CLP, a matemática que o técnico precisa ter para entender uma função matemáticas por mais simples que seja?

C - Bom aí nós podemos partir para mapa de Carnot, simplificação. Mas o mais importante na minha opinião no CLP é o cara saber fazer a conversão de números, passar de decimal para binário, para octal, para hexadecimal e assim sucessivamente.

3. A Matemática vista na escola é suficiente para se realizar um curso técnico com qualidade?

C - Depende da escola, mas em geral não. A matemática da escola ela não te ensina muitas vezes o porquê, ela não te ensina manipular fórmulas. Ela te dá às fórmulas pré-prontas e é aquilo que tu usas durante o teu curso de segundo grau. E, no entanto, se ela ensinasse a manipular fórmulas, eu acho que a resposta seria melhor dos alunos. Ia ter um aproveitamento melhor, porque ao invés dele estar estudando como manipular fórmulas, ele iria estudar os conceitos do curso técnico e não matemática fundamental.

Erotide: E no teu caso, a tua formação técnica foi feita após o segundo grau ou foi junto com o segundo grau?

C - Foram juntos os dois.

Erotide: E tu achas que isso foi bom, foi benéfico?

C - Não muito benéfico, porque além de teres que te dedicar pra aula técnica, tu também tinhas que te dedicar paras as aulas do segundo grau. Porque o curso era junto. Então ele se tornava muito mais puxado, as matérias eram mais pesadas e os professores cobravam muito. E de contrapartida tu não tinhas muito tempo pra estudar e como todo mundo tinha o mesmo nível de conhecimento tu não tinhas pra quem fazer pergunta quando tu tinhas dúvida, a não ser os professores.

Erotide: Era período integral ou era só meio turno?

C - Só meio turno, e aí o que acontecia?, mesmo tu tendo meio turno a maioria das pessoas trabalhava, mas não trabalhava na área. Então tu não tens uma segunda pessoa para recorrer ou buscar algum auxílio.

Erotide: Tu sugeres uma maior ênfase em algum conteúdo específico?

C - Sim, principalmente manipular valores, como tirar um número de uma raiz, como fazer um polinômio, que são as coisas simples da matemática, mas é o que mais a gente mais precisa, por exemplo, pra fazer uma derivada. Que a derivada por si só é uma matemática simples de se resolver, ela se torna complexa na medida em que tu precisa fazer a manipulação dos valores e aí se tu não consegue fazer o algebrismo tu não consegue resolver a tua conta.

4. Tu podes citar alguma melhoria no processo produtivo que você precisou se utilizar da matemática? Você encontrou dificuldades?

C - Eu já programei IHM baseada em fundamentos da matemática, obviamente eu não mantive esse padrão por que as pessoas não conseguiam compreender, desenvolvi muitos cálculos matemáticos baseados em regras de três. E na verdade todos esses programas que eu utilizei pensando na matemática, eu também tive que pensar no técnico que viria a olhar o programa, e eu tive que pensar na forma mais rápida para que ele entendesse, então muitas vezes ao invés de utilizar um cálculo matemático complexo, eu usava vários cálculos matemáticos simples que no final das contas me geravam esse cálculo complexo. Por exemplo, fazer um proporcional, integral e derivativo, então eu fazia por soma e subtração, e no final das contas dava o mesmo resultado pra mim. Mas porque eu fazia isso pensando no outro técnico que viria tentar resolver um problema de IHM, ou

melhorar aquilo que eu tinha feito, ele vai abrir meu IHM entender o programa que eu fiz e poder resolver.

Erotide: Então tu tenta utilizar nos seu programas basicamente soma, subtração, multiplicação e divisão? Por quê?

C - Isso a matemática mais básica, em função do próximo, sempre em função do próximo. Por que normalmente aqui a gente programa assim, sempre em função do próximo pra não deixar um programa muito complexo a ponto da pessoa que vai olhar não conseguir resolver.

5. Você aprendeu esses saberes de Matemática na escola técnica onde se formou? No dia-a-dia do trabalho? Ou em outro lugar? Cite, por favor, onde ocorreu isso?

C - Eu aprendi em outro lugar, vou dizer assim, na minha escola técnica eu aprendi o suficiente para fazer o curso, mas não era o suficiente para eu poder desenvolver algo mais além do curso. Então quando eu comecei a cursar a faculdade eu tive que retomar todos os conceitos básicos da 6^a, 7^a série, inclusive da 4^a série que era domínio, imagem, números reais, números complexos, tive que retomar tudo isso daí. Só que eu tive que retomar de uma forma exaustiva, entender o porquê tudo isso acontecia pra poder desenvolver as minhas contas. Porque quando eu comecei a aprender limites, derivadas, integrais, eu precisei de toda essa matemática básica e o que eu tive no meu curso técnico não foi o suficiente.

Erotide: A matemática básica é um dos nossos maiores problemas?

C - A matemática fundamental, por incrível que pareça, porque a fórmula de baskara é o que tu menos vês no ensino superior, mas, por exemplo, tirar um número da raiz, isso é uma das coisas mais comuns e é o que o pessoal tem mais dificuldade, tirar um número de uma fração, resolver uma fração, trabalhar com uma fração, isso se torna difícil para as pessoas que não estão acostumadas a fazer álgebra de matemática.

6. No dia-a-dia se utiliza muito raciocínio lógico matemático na resolução de problema de linguagem *ladder*, robótica por exemplo. Seria o nosso dia-a-dia,

no nosso dia-a-dia a gente convive diariamente é mais com raciocínio lógico, interpretação do *ladder*. Você acredita que o conhecimento em matemática facilita o entendimento desse processo?

C - Com certeza, na verdade todo conhecimento facilita, independente da área que tu tenhas conhecimento, conhecimento traz conhecimento. Então quanto mais tu aprendes mais tu consegues te desenvolver, não importa a área, e a matemática é uma das melhores ferramentas que a gente tem pra desenvolver raciocínio, raciocínio lógico, independente da área em que a gente vai atuar, é só uma ferramenta, e a gente pode utilizar ela para nosso benefício. Eu utilizo muito fazendo software, muita programação, eu uso raciocínio lógico, mas eu não uso os fundamentos da matemática, eu não uso uma multiplicação, mas eu uso a ideia lógica para desenvolver um programa lógico.

Erotide: É possível desenvolver tais conhecimentos lógicos apenas na prática ou é necessário que o técnico estude conceitos matemáticos que facilitarão o seu raciocínio?

C - Isso tudo depende do aluno, depende da pessoa. No meu caso, eu não sou uma pessoa autodidata, então eu preciso sempre de alguém me dando aquele leve empurrãozinho, eu sou uma pessoa muito persistente, e eu aprendo rápido. Mas eu não sou uma pessoa, que tem, assim, aquela vontade de aprender sozinho, na verdade eu busco o conhecimento quando eu necessito dele. Então muitas vezes eu acabo não buscando o conhecimento e acabo precisando daquele empurrãozinho. Mas no geral o que eu vejo é que as pessoas, muitos querem aprender, mas não tem essa índole, não tem qualificação para conseguir buscar essas informações sozinhas, e muitas vezes não porque o cara é uma pessoa que tem uma menor capacidade intelectual, é porque ele não tem base nenhuma. E aí entra aquilo que eu falei no início, o conhecimento gera conhecimento, então quanto mais tu aprendes, mais fácil fica pra tu aprenderes a matéria seguinte. Mas quando tu não sabes nada, tu não consegues sair do lugar, é que nem tu aprenderes a ler e escrever, se tu não tiveres uma pessoa que te ensine, sozinho tu não vais conseguir. Tu podes até criar a tua própria linguagem, mas com certeza a tua linguagem vai ser restrita, porque o nosso conhecimento que a gente tem hoje é um conhecimento que vem de mil anos atrás, não vai ser em 10 ou 20 anos que uma pessoa sozinha vai

aprender o que a gente aprendeu em mil anos, em milhões de pessoas. Na minha opinião.

Erotide: A CPU do CLP, hoje em dia nós não temos mais aquele problema, se eu colocar um número negativo no contador, de travar a CPU. Mas no passado, às pessoas na hora de elaborar uma lógica para prever isso, o pessoal tinha dificuldade?

C - Na verdade, o que acontece é que as pessoas não conhecem muito a estrutura lógica de um CLP, então elas acabavam não por não ter conhecimento matemático, não conseguindo bloquear funções matemáticas que poderiam travar um CLP. Eles acabavam não fazendo isso por não conhecerem a base de um CLP, e a base de um CLP nada mais é que matemática pura. Então o que acontecia?, o pessoal programava aquilo que era necessário para a rotina de programa, e, no entanto, as pessoas que já têm mais habilidade em trabalhar com programação, o programa por si só é um programa simples, mas o bloqueio que se constrói em volta desse programa simples é que é a chave para fazer o programa funcionar de forma eficiente. E como é feito esse programa? É baseado em cálculo matemática de 4ª série, que é o quê?, fazer uma comparação se um número é maior ou menor que o outro, criar um limite, um limite matemático, para que libere a variável para receber um valor quando estiver dentro de um padrão pré-estabelecido. Na verdade é bloqueio de lógica, é matemática simples, nada muito complexo. Mas o que impede as pessoas de trabalharem em cima desse raciocínio é a base que elas têm sobre o equipamento, e também a própria base fundamental da matemática.

Um dos problemas que a gente percebe na parte de estrutura básica de um CLP, por exemplo, mas isso serve para qualquer equipamento eletrônico. Mas vamos citar um CLP, as pessoas não sabem! Elas sabem o que é uma variável, mas elas não sabem o que essa variável faz internamente num equipamento eletrônico, um exemplo simples, o que é um duplo-inteiro, na cabeça das pessoas é uma palavra que tem um monte de bits, eles não sabem qual o limite máximo e qual o limite mínimo, que essa palavra pode atingir. E quando eles começam a manipular esses valores, quando eles manipulam bit a bit, não têm grandes problemas. Os problemas acontecem quando eles começam a movimentar valores para dentro dessas palavras inteiras e duplo-inteiras, daí o que acontece?, o CLP tem que

reconhecer isso, e tem que estar dentro da faixa de trabalho dele, quando ele ultrapassa essa faixa de trabalho tu acaba gerando o quê?, um colapso no programa. E o que acontece com a CPU? Como ela tem uma segunda CPU, uma redundância na parte, na estrutura de programação, ela trava o programa, gerando a falha na CPU. Então, isso vem ao encontro de tudo que a gente falou no início, a matemática fundamental, é saber trabalhar com um *bit*, uma *word*, o que é uma palavra, o que é um duplo inteiro, de quanto a quanto vão esses ranges. Fazer conversão de binário para decimal, octal. Que essa matéria não é vista no segundo grau, mas é vista no curso técnico, e às vezes o curso técnico não dá uma ênfase tão grande pra essa matéria, por que a gente não consegue desenvolver o algebrismo, quem dirá conseguir compreender o que é um bit, o que é um octal, isso se torna complexo.

APÊNDICE D - Transcrição da Entrevista D

Nome: Entrevistado D

Profissão: Técnico em Mecânica

1. Qual a importância da matemática no dia-a-dia durante o exercício da profissão?

D - É total basicamente, na nossa profissão que é uma profissão de raciocínio e muito ligada à lógica, os conceitos matemáticos é direto. Desde a parte mais simples, regrinha de três até as partes mais elaboradas. Como calcular algum ângulo, ou calcular alguma proporção desse valor para inserir em algum cálculo, alguma fórmula. A utilização, por exemplo, de um módulo analógico que envolve transformações de valores, que envolve inclusive um raciocínio referente a atrasos de resposta, quer dizer envolve muita coisa. É claro que a gente tem instruções no PLC que fazem isso, mas ao passo que a gente tem instruções, se não souber como elas funcionam fica muito mais difícil trabalhar com elas, que á PID – Proporcional Integral e Derivativo é uma delas. Mas quando tu tens, por exemplo, um processo que não exige tanto, tu podes ao invés de usar o PID, fazer uma instrução, criar uma instrução, um grupo de comandos simulando um PID mais simples que possa ser acessível a outros colegas, para eles poderem entender melhor e agir melhor em cima do problema.

Em casos específicos, por exemplo, que tem que controlar temperatura, que não é o caso aqui, na Pintura aí sim tu é obrigado a usar um PID. Tu precisas do *BIAS*, tu precisa dos ganhos Proporcional – Integral – Derivativo, tu realmente precisas disso trabalhando para que tu possas ter um controle preciso. Mas, por exemplo, situações como a barra transportadora, a gente tirou fora o PID que tinha, mesmo porque era malha aberta a gente não tinha *feedback*, não tinha nem porque existir, e colocou um sistema um pouquinho diferente, mais proporcional, na verdade nem um pouco integral e nem derivativo, mais proporcional mesmo. Então essa pra mim é a importância, na verdade é muito mais profundo, porque a minha filha agora está num colégio particular, ela tá na 4ª série e ela tá tendo raciocínio matemático, então aquelas historinhas matemáticas, “fulaninho tem não sei quantas maçãs” e ela consegue desenvolver esse raciocínio.

Na época, eu estudei em colégio público, eu não tive isso, eu te afirmo que não tive isso. E realmente isso tem um impacto, teve na vida um impacto muito grande e eu vejo que o raciocínio dela para as coisas lógicas, falando especificamente de matemática, sem envolver outras matérias, mas o raciocínio dela lógico é muito mais interessante assim, para a idade dela. Comparando com a minha formação, de como eu era na minha idade, é muito mais aparente assim a imaginação dela.

Voltando aqui para o trabalho, vou dar um exemplo em que a gente usou um raciocínio matemático muito interessante. Nós instalamos um Encoder no Press, que quando a gente foi botar a máquina pra funcionar o Encoder tá configurado ao contrário, ele girava para o sentido horário e contava um valor em ângulo no sentido horário. Mas a gente queria ao contrário, por exemplo, quando desse 360° a gente não queria 360, a gente queria 0°. Quando desse 10° a gente não queria 10°, a gente queria 350°, isso foi resolvido de forma muito simples, mas na hora da pressão para resolver você precisa ter o quê, precisa ter um conhecimento matemático, uma linha de raciocínio muito segura. O que a gente fez? Uma subtração “360° - Valor da Leitura”, 360° menos o Valor lido pelo Encoder, então rapidamente assim um cálculo fácil, como é que chega nisso? Regra de três, então foi rápido, o pessoal que estava na volta ficou “nossa”. Por que a gente precisava rodar rápido, se a gente fosse configurar o Encoder, a gente não tinha o EDS (*Electronic Datasheet*) do Encoder dele, iria demorar muito mais. Se não fosse o uso da matemática, nós teríamos uma parada muito mais alarmante.

Puxa, teria muito mais exemplos pra te citar, por exemplo, o uso da matemática para trabalhos de reaproveitamento de códigos indiretos no caso, como se fosse ponteiros lá em C (linguagem de programação), que também a gente também tem no PLC que exige um raciocínio matemático, basicamente a parte mais utilizada é soma e subtração, se a gente for pensar bem. O trabalho com números binários, eu faço entrevistas com os técnicos que vêm trabalhar aqui, se a pessoa não conhece nem o número decimal direito ela vai entender um número binário, número hexadecimal, número octal, ela vai entender? Não entende, não entende. E é importante para o trabalho? Muito importante para a pessoa, dá uma contribuição realmente, resolver problemas. Não simplesmente vai ser um cara que vai correr de

um lado para outro carregando peças, trocando peças. Então teria muito mais exemplos, mas eu vou ficar nesses aqui.

Erotide: A utilização de fórmulas e cálculos matemáticos ou da física ocorre com muita frequência no dia-a-dia? Pode citar algum exemplo?

D - Cara, bastante, por exemplo, conversão de newtons para quilograma-força, lei de ohm, calcular em quanto tempo tu queres que um equipamento desacelere, por exemplo, o *skid* tá batendo lá, ou então quando tu tens duas mesas transportadoras com redutores de relação diferentes, tu vais fazer matemática, ah, é regra de três? É, mas se tu não aplicares corretamente vai dar porcaria, então quer dizer, realmente o uso das fórmulas matemáticas e de física é muito grande. Cálculo de potência, torque, será que eu posso aplicar essa velocidade maior, será que o inversor vai aguentar o motor, tem torque suficiente pra isso? Consegue funcionar acima de 80 Hertz de frequência? Tudo isso, se tu não tiveres um raciocínio matemático, se tu não utilizares fórmulas, tu vais quebrar a cara na prática. E quebrar a cara é o menos mau, o pior é quebrar o equipamento, porque daí para a linha. O uso das fórmulas matemáticas, acontece, depende da época, tu usas muitas vezes por dia, em outras tu usas duas vezes por semana, mas ocorre.

2. Qual a área exige mais conhecimentos matemáticos, é a CLP, robótica, parametrização de solda? Cite alguns exemplos.

D - Eu diria assim que é bem equilibrado, por exemplo, no CLP tu tens vários itens que te exigem um raciocínio matemático. Por exemplo, nas instruções do CLP, cada instrução consome um pouquinho de memória e cada instrução custa para o processamento "x" nano segundos, ah, mas isso no CLP tá sobrando? Mas quando não tá sobrando? Tu vais ter que otimizar isso. Então, quer dizer, tu usas muita matemática. Por exemplo, o CLP, os mais modernos, eles não trazem qual o dia da semana, como é que tu fazes isso para calcular o dia da semana? Não criei, puxei da internet, tem um algoritmo que te diz o dia da semana certinho, incluindo anos bissextos. Claro que parece mágica, a gente sabe que não é, é matemática, não foi a gente que criou, a gente apenas usa esse algoritmo. Muito interessante, não parei para ver como ele foi estruturado. Então digo eu acho que é muito equilibrado, robótica, o robô se movimenta no espaço utilizando um plano cartesiano, mas na

verdade ele movimenta o ponto central da ferramenta ao longo desse plano cartesiano. De que forma ele faz isso? Através dos ângulos dos eixos, então nós temos o nosso robô clássico de 6 eixos, mas existem robôs de mais de 6 eixos para o mesmo grupo, por exemplo tem robô de pintura com 4 a 5 eixos no mesmo grupo. Então se a gente for parar para pensar quando a gente planeja, faz o planejamento da movimentação, temos que pensar nos ângulos dos eixos, os ângulos dos eixos são em degradianos, ABB em degradianos. A FANUC, não sei se usa gradianos ou degradianos? Para ângulo de eixo, mas esse ângulo, ele surge, na verdade, do pulso do Encoder, o Encoder gera uma contagem de pulsos e o robô faz o cálculo matemático para saber qual o ângulo em que está cada braço robótico. E isso é importante quando tu vais trabalhar com posicionamento, com instruções avançadas, por exemplo, não tem aqui na empresa, mas eu já prestei trabalho aí fora, *palletwear* (Palletização), é maravilhoso o algoritmo. Porque tu dizes assim, “minha caixa tem tal tamanho, eu quero um espaço entre caixas de tantos milímetros, o meu pallet tem tal tamanho e eu quero uma pilha de tantas caixas de altura”. Tu marcas o primeiro ponto, e o resto o robô faz sozinho. Claro, tu vais dizer que amarração que tu queres, é fenomenal o uso da matemática nessa aplicação.

Na robótica, concluindo, o robô ele também executa lógica, mas diferente do CLP que executa uma lógica na verdade geralmente esquema *Ladder*, o robô geralmente executa uma lógica que é chamada estruturada, então uma linha embaixo da outra, escrita em linguagem chamada natural. Mas claro, com a sintaxe e semântica utilizada pelo próprio equipamento, mas dá pra fazer muita coisa no robô usando raciocínios matemáticos. Eu falei do *Palletizer*, que na verdade é desenvolvida pelas empresas, a ABB tem um, a FANUC tem outro. Mas nada impede de eu pegar e não querer comprar esse adicional, e eu querer fazer um *Palletizer*. Eu desenvolver. Tem instruções, por exemplo, de Offset, tu tens um movimento que tu queres que ele incremente, a cada ciclo ele incremente tantos milímetros. Então, quer dizer, tem muita aplicação.

Parametrização de solda, aí é física, utiliza muito física. Muita coleta de dados e também se utiliza matemática. Talvez não tanto matemática quanto a física em si, mas sim, tu vais ter que medir o fluxo da água, tem que verificar a força dos eletrodos, o diâmetro da lentilha dos eletrodos, o diâmetro da lentilha da solda, análise de ultrassom para verificar a qualidade do ponto de solda. Então, quer dizer,

têm muitas informações que têm que ser capturadas e tem um processo de análise tanto física quanto matemática bem longa aí. Inclusive para determinar a vida útil de um eletrodo consumível, quantos pontos ele pode dar a cada intervalo de fresagem, quanto ele deve fresar, quanto de material ele deve tirar da ponta do eletrodo. E por incrível que pareça isso é uma coisa muito importante, nosso mestre [...] nosso doutorando em solda que nos dá suporte aqui, ele é um cara que nos abriu muitos horizontes pro assunto solda ponto. É uma coisa de certa forma complexa à primeira vista, mas de segunda vista é como ele fala: “Não solda porque Deus não quer. Deus criou as leis da natureza, as leis da física e se tu utilizares elas de maneira correta as coisas funcionam.” Então essa frase é muito interessante.

Inversores tu não colocaste aqui, mas inversores tu acabas utilizando principalmente em controles de malha fechada, porque inversor tu também fazes controle de malha fechada. Onde ele pega um Encoder do eixo do robô, para cuidar do torque, aplicação de corrente motor. Ele pega, por exemplo, uma régua resistiva ou no nosso caso o *Versacoder*, para ver posicionamento. Então o inversor, ele faz toda essa jogada e claro, ele tem os blocos prontos dentro dele, como eu falei anteriormente, é interessante eu saber como funciona isso, como é um PID, para quando tu fores lá colocar um valor de *BIAS*, tu saberes o que está fazendo. O *Dispensertool*, aplicação de adesivo, nossa, é incrível o protocolo de tempo tem, deve ter uns 15 parâmetros diferentes de protocolo de tempo. Cada um com uma função, por exemplo, tem o parâmetro *ant-time* que ele serve para adiantar o comando que o robô vai dar, baseado no atraso mecânico da aplicação do adesivo, então olha que interessante, são valores de milissegundos aí, nós estamos falando em 0,1 segundos, 0,05 segundos. São valores bem pequenos aí que devem ser calibrados da melhor forma pra tu teres uma aplicação correta, proporcional ao resultado que tu queres. Utilizando o protocolo de tempo, fazendo uma boa calibração do equipamento.

Parametrização de *StudWelder*, tem o tempo de queda, tem os tempos de aplicação, a corrente e a tensão necessária para o arco-voltaico e fundir o material do pino com a chapa. Nossa, é física e matemática, raciocínio físico e matemático direto.

3. A Matemática vista na escola é suficiente para se realizar um curso técnico com qualidade?

D – Cara, essa pergunta é muito delicada, porque se tu está falando em ensino público vamos ter que conversar de um jeito, se tu tá falando de ensino particular nós vamos conversar de outro, porque que eu digo isso, a minha filha está estudando numa escola particular a qual eu não tive oportunidade de fazer, então, não sei qual a ênfase tu queres dar?

Erotide: Vamos dar ênfase para escola pública que foi a que você frequentou?

D - O que eu posso dizer da escola pública? Ela não dá foco na aplicação, na aplicabilidade, e não dando foco na aplicação, de que forma eu vou usar? Tem uma quebra do interesse, então na verdade todos os assuntos matemáticos são importantes, não existe um assunto que mais importante que o outro. O que é importante mesmo é mostrar para o aluno que ele pode utilizar isso no seu dia-a-dia. E aí, por exemplo, tu não vai querer pegar um aluno de aluno de escola pública e querer mostrar para ele, por exemplo, o que é importante num cálculo estrutural de um prédio saber!!!. Por exemplo, regra de três, como usar. Não, tu vais pegar a realidade daquela região, eu acho, pegar uma região de pescadores, vamos falar de barco, de flutuabilidade, vamos tentar construir um raciocínio e construir um ensino baseado no que tem disponível ali naquela população. Quantos peixes tu pescou. Bha, quantos por cento de carne eu obtenho no peixe, quantos por cento eu boto fora, qual a perda, quanto meu pai pesca. Uma região específica, uma região lá em que as pessoas têm mais acesso à tecnologia coisa e tal, vamos entender como que é a velocidade quando eu dou um download, quando eu mando uma mensagem no Facebook, porque eu não sou contra as redes sociais mas eu acho que o pessoal diz que sabe informática, mas se tu fores ver as pessoas só sabem mexer em Facebook e essas outras redes sociais aí, o que em minha opinião socialmente talvez agregue alguma coisa, não sei. Mas na prática pra se construir um país forte, isso não agrega nada, nada, entendeu? Então nós temos uma motivação para essa pessoa entender a matemática, usar no seu dia-a-dia, numa culinária, num cálculo de uma receita. É claro que receita culinária a gente sabe não é bem lógico, tem alguma coisa ali, uns segredinhos, um toque do chef. Mas tentar trazer isso pra dentro, e não só a matemática, mas englobar assuntos de geografia, história.

Interdisciplinaridade. Tu vais falar de geografia, tu vais falar de densidade populacional, cara, eu não vi nada disso na escola. Eu fui conhecer fuso horário quando eu tava fazendo o curso técnico entendeu, olha, vê se pode isso. Então, é claro que não vou culpar a escola, mas, por exemplo, a culpa foi minha. Porque eu não me motivei a aprender esse tipo de coisa, porque pra mim não era importante, eu fui ver que era importante quando eu entrei para o mercado de trabalho. E aí tu vai ver, puxa, eu não sei nada disso. Meu Deus como é que se faz isso? Como é que isso acontece? Como é que o avião voa? O que é empuxo? Olha quanta informação que eu não tive lá atrás que hoje eu “olho com outros olhos”, se eu tivesse esse conhecimento lá atrás eu estaria em outra posição hierárquica na empresa.

Não só eu como tantas outras pessoas estariam aí contribuindo mais para o progresso do país, porque a mão de obra hoje, a qualificação é péssima, é terrível. Vêm técnicos aqui que não sabem nem aplicar uma fórmula de lei de ohm, lei de Kirchhoff, circuitos de malhas, não conseguem visualizar esse tipo de coisa. Culpa deles, culpa das pessoas? Eu acho que sim, pois elas não buscaram. Mas também, o que aconteceu lá nas séries iniciais? Qual foi a motivação? Qual foi o prêmio da pessoa para aprender a desenvolver aquela matemática, aquele raciocínio físico, de conhecer as coisas. Eu acho que tem que ter a gratificação, e a gratificação muitas vezes é a pessoa ver que consegue mensurar coisas a partir de um papel e na prática isso funciona. Então a experimentação prática, isso motiva. Eu acho que tem que trazer motivação.

Erotide: Tu tiveste algum referencial familiar para te orientar a fazer teu curso técnico, ir para área da automação, trabalhar na indústria?

D - Na verdade, tive, mas não dá pra dizer que foi forte, foi muito vasto. Na verdade eu acabei tendendo para a área de automação, por aptidão mesmo, por capacidade intrínseca sabe. Ninguém me disse: “faz elétrica, faz mecânica”, foi uma coisa que eu fui caminhando e foi me atraindo pra esse lado. Por isso eu acabei tendenciado para essa área, ouvia falar que o mecânico ganhava bem. Claro, salário bom. Na época era pré-adolescente, adolescente, “puxa, quero ganhar um salário bom”. Mas depois eu fui enxergando a coisa como ela é, e aí eu me dei por conta o quanto eu não aproveitei os meus professores. E aí eu volto a dizer: Um pouco de

culpa minha? Sim com certeza, mas talvez também um pouco de culpa dos professores, eu acho. Ou até do sistema de educação que não motiva a pessoa, não dá um sentido pra aprender aquilo. A coisa mais brutal, eu gostava muito do plano cartesiano, é interessante fazer curvas, retas, aquela fórmula que gera uma parábola. Só que nunca um professor explicou que uma parábola ela serve, por exemplo, para amplificar as ondas do satélite, eu fui entender um tempo depois. E como as ondas batem na parábola e refletem no mesmo ponto, cara, isso é incrível. Olha, se na época se introduzisse um assunto de parábola dessa forma, é só uma opinião sabe, será que não despertaria o interesse de uns 60% da turma? Não sei, é claro é muito complicado, teria que ser um pedagogo mesmo para estar afirmando esse tipo de coisa, uma pesquisa mais extensa, mas é isso que eu enxergo do meu ponto de vista.

4. Tu podes citar alguma melhoria no processo produtivo que você precisou se utilizar da matemática? Você encontrou dificuldades?

D - Melhoria, por exemplo, de tempo de ciclo. A gente criou uma ferramenta aqui, daí não se tu vais poder citar o nome no teu trabalho, mas é uma ferramenta talvez sim porque eu acho que é global, TipTop (*Input Output In Process*). Onde a gente pegava o tempo de ciclo de cada célula, de cada parte de uma operação, da operação e da célula. E colocava isso aí numa linha de tempo, e a partir dessa linha de tempo a gente tinha um gráfico chamado Histograma. Mas o Histograma não de barras, o gráfico de linhas, de pontos. E aí tu conseguias ver a repetibilidade do processo, e tu conseguias ver exatamente quando o processo começava tendenciar a aumentar seu ciclo, ou tendenciar a diminuir seu ciclo por exemplo, por alguma melhoria. E a partir daí a gente conseguiu avaliar o bottleneck, os gargalos, e redistribuir trabalhos, então a matemática utilizada aí foi muito simples, mas ao mesmo tempo ela se torna complexa pelo amontoado de equipamentos e pela forma de tu trazeres isso para o ambiente gráfico, para ficar mais fácil de enxergar. Então, não adianta tu teres uma tabela com um monte de números, não funciona. Tu tens que ter uma coisa gráfica, para conseguir enxergar onde está pegando de forma direta, não olhando números, que acabam embaralhando a gente. O uso da estatística nesse caso é importante, a estatística e de gráficos.

Outra que eu posso citar de melhoria, por exemplo, que me ajudou muito a fazer um processo que levaria o dia todo, a fazer em meia hora. É calcular o ponto central da ferramenta, eu tenho uma ferramenta de tamanho "X", ângulo "X" e eu troquei essa ferramenta, coloquei uma ferramenta menor com um ângulo diferente. Como é que eu vou ensinar isso para o robô? Eu deveria fazer um novo TCP e realocar todos os pontos do robô, mas eu posso na verdade utilizar a matemática para subtrair essa diferença da ferramenta e colocar nos movimentos. Então, quer dizer, eu faço isso numa planilha de Excel, mas só que tem que fazer certo. Então eu vou trabalhar com o quê? Com fórmulas, lá, de triângulo retângulo e com soma e subtração, ou seja, dizer para o robô qual é o novo ponto de ferramenta dele, baseado no ponto anterior. Então, eu vou tomar as medidas, e claro, daí eu não vou medir com paquímetro, eu vou botar o robô num ponto conhecido. Depois vou trocar a ferramenta, vou mandar o robô para o ponto conhecido, ele não vai ir naturalmente, eu vou anotar os valores da posição atual do robô. Vou levar ele manualmente até o ponto em que era para ele estar, e vou ver a diferença. Olha só que maravilha, dá certo. Então qual a dificuldade que eu tive? Sinceramente não tive dificuldade, mas claro no início da carreira tive muitas, mas aí a gente vai estudando e reaprendendo. Como eu, tendo que cursar engenharia elétrica, cursei metade, então eu sofri muito com cálculo. Que também eu também não concorde muito com o estilo de ensino da faculdade, porque aprendi integral, mas me deram razões para eu me motivar a aprender integral. E depois eu fui descobrir que integral tem um monte de coisas bacanas, por exemplo, cálculo de áreas, volume. Coisas que não são enfatizadas quando tu aprendes um cálculo A ou B, ou cálculo I, II e III, etc. Só jogam o conteúdo e tu tens que achar maravilhoso aquele conteúdo. Uma coisa maluca, somatório, integral, derivada, puxa, eu tive dificuldade, mas de repente aquele rapaz que veio de uma escola particular sentou lá e que barbada, que doce.

5. Você aprendeu esses saberes de Matemática na escola técnica onde se formou? No dia-a-dia do trabalho? Ou em outro lugar? Cite, por favor, onde ocorreu isso?

D - Bem legal isso cara, não vou dizer que eu não aprendi nada no meu primeiro e segundo grau, aprendi. Mas aprendi de forma muito caótica, por que eu digo caótica? Eu sabia fazer para passar, mas eu não entendi o que eu tava fazendo

efetivamente. E aí no curso técnico eu comecei a começar a entender, mas não foi o suficiente, eu precisei sofrer muito na prática para desenvolver uma forma de pensar diferente. O que eu digo uma forma de pensar diferente? Não é o simples fato de tu usar aquela fórmula matemática, por exemplo, do triângulo retângulo eu tenho que entender da onde saiu aquilo. Daí tu vais ver que aquilo saiu de uma circunferência dividida em quadrantes, que tu vai lá faz uma reta e tira a tangente e tudo aquilo. Ah, isso é importante? Pra mim é muito importante, daí tu abstrai tudo. Não de que forma ensinar isso no segundo grau? De hoje em dia, mas eu acho daquela circunferência, de análise daquela circunferência nasce tudo, até o comportamento de uma senoide eu posso avaliar.

Erotide: Dessa forma tu não precisas decorar uma série de fórmulas, entendeu.

D - Exatamente, tu não vais pegar um papelzinho e aplicar aquela fórmula, não. Tu vais até usar aquela fórmula, tu vais ter ela anotada, eu acho ridículo decorar fórmula. Mas tu vais saber de onde saiu, e se tu encontrares alguma dificuldade, se tu encontrares algum ponto de discordância, tu podes inferir em cima daquilo ali. Tu pode desenvolver outro caminho, puxa não tá funcionando isso aqui, por que será? Há mas eu acho que não é um triângulo retângulo, é outro tipo de fórmula, como é que eu vou conseguir calcular a partir disso, e aí tu vai conseguir achar o caminho. Então por isso que eu digo, eu sofri muito, o curso técnico me ajudou. Mas realmente o que me forçou a me desenvolver foi o fato de eu precisar profissionalmente e entrar numa faculdade, e aí foi o limítrofe, ou tu aprendes ou tu fazes e tu rodas, tu não vais ter o teu diploma e as consequências são seriíssimas.

6. No dia-a-dia se utiliza muito raciocínio lógico matemático na resolução de problema de linguagem *ladder*, robótica por exemplo. Seria o nosso dia-a-dia, no nosso dia-a-dia a gente convive diariamente é mais com raciocínio lógico, interpretação do *ladder*. Você acredita que o conhecimento em matemática facilita o entendimento desse processo?

D - Essa pergunta é muito interessante, eu entrevisto pessoas que vêm de fora para cá. Eu vou dar o braço a torcer que têm algumas pessoas que não tem um conhecimento teórico, que eu acho que seria o ideal. Mas conseguem dar a resposta no nosso chão-de-fábrica, na nossa realidade de forma aceitável até às vezes superando as nossas expectativas. E essas pessoas às vezes não têm às vezes a

teoria por trás apoiando elas, muita teoria, tem que ter um conhecimento básico de matemática para poder fazer as coisas no dia-a-dia. Dou o braço a torcer, mas na grande maioria dos casos, as pessoas vêm aqui sem uma preparação teórica e na hora que tu vai fazer um teste prático: “Isso faz muito tempo que eu vi, mas na prática eu sei” e na hora que tu vai fazer um teste prático e tu dá por exemplo um circuito para ele analisar, e manda ele fazer um procedimento hipotético para trabalhar com cargas de grande energia, corrente, tensão que podem gerar um acidente fatal. E se a pessoa comete um erro gravíssimo, que coloca em risco a vida dele e dos colegas. E aí tu vê como fez falta aquele conhecimento, para aquele cara que acha que ele tem conhecimento na prática, ele é bom na prática talvez em apertar um parafuso. Até apertar um parafuso é problemático, por que se tu deres um torque excessivo tu quebras o parafuso, tu cisalhas o parafuso. Se tu deres um torque menor que o necessário, para aquela aplicação, no futuro tu vais ter aquele parafuso arreventado por fricção ou por vibração. Então eu entrevistei pessoas que, por exemplo, me falaram o seguinte: “Olha eu tô optando por mecânica, eu fiz elétrica, mas tô optando por mecânica porque é mais fácil.” Mecânica não é mais fácil, é fácil que nem eu falei apertar um parafuso, cavar um buraco, cortar um pedaço de ferro. Que não é ferro, é aço. Então isso é mais fácil, mas até para cortar tu tens que ter um conhecimento. Cortar dentro do esquadro, ou cortar no ângulo para a fixação que tu vais colocar. De que forma tu vais fazer isso? Eu vou cortar um pedaço de metalon para fazer uma mão francesa para ajudar na sustentação, se tu fizeres uma mão francesa com o ângulo errado a pessoa vai subir lá e vai desabar tudo. Eu acho que o processo de conhecimento teórico ele é extremamente casado com um bom profissional na prática, tem exceções? Cara tem exceções, mas tu vais ver as exceções e começar a conversar com essas pessoas, tu vais ver que elas têm um conhecimento delas lógico e matemático que tá lá latente. E no momento que tu explicares pra ela alguma coisa de matemática e de física ela vai entender. Não vai ser uma conversa de louco, então de certa forma aquela pessoa na verdade tem aquilo adormecido dentro dela, só falta a informação, ou seja, o casamento da informação. Aquele cara que por experiência ele dá aquele torque assim, ele pega no meio da chave e dá aquele torque de tal jeito. Na verdade aquilo ali é experiência que ele adquiriu com o tempo, mas na verdade ele tá dando um torque de acordo com a especificação daquele equipamento que ele conhece que vamos supor que

seja 50N, ele não precisa um torquímetro para estar avaliando isso porque ele aprendeu na prática. Mas se tu apresentares para ele um torquímetro e conversares com ele sobre força ele vai subir um degrau. Então é possível sim desenvolver conhecimento apenas na prática, eu tendencio um pouco a dizer que sim, se tu fores avaliar há alguns anos atrás, grandes obras de engenharia aí, que ocorreram há milhares de anos atrás como é que os caras me fizeram pontes? Existiu então talvez um conhecimento de experimentação, tentaram fazer, não deu certo. Ou então alguém começou a colocar isso no papel, a gente tem aí vários relatos. Acho que sim tem uma tendência de ser possível, mas se a gente for estudar a fundo, aquele técnico, a gente vai ver que ele tem no seu íntimo um bom conhecimento matemático, só não tá desenvolvido de forma teórica, mas tá ali.