

Processo de automatização de uma fresadora: um estudo de melhoria contínua baseado na metodologia do ciclo PDCA

Sérgio Luis Wendt (UNIVILLE) sergio.wendt@univille.br
Custodio da Cunha Alves (UNIVILLE) custodio.alves@univille.br
Claiton Emílio do Amaral (UNIVILLE/UFSC) claiton.emilio@univille.net
Elisa Henning (UDESC) elisa.henning@gmail.com
Altair Carlos da Cruz (UNIVILLE/UDESC) altaircruz@yahoo.com.br

Resumo:

As organizações atualmente estão enfrentando uma nova economia globalizada motivada por desafios cada vez mais exigentes. Hoje, seus concorrentes podem estar em qualquer lugar do planeta e a sobrevivência no mercado está condicionada a melhoria contínua da fabricação de seus produtos e prestação de serviços. Neste contexto de extrema concorrência, as organizações utilizam cada vez mais diferentes metodologias, abordagens e ferramentas estatísticas para melhoria contínua de seus processos. Este artigo utiliza a metodologia do ciclo PDCA no gerenciamento de melhoria contínua do processo de automatização de uma fresadora numa indústria do setor metal mecânico da região norte do estado de Santa Catarina. Para aplicação correta dessa metodologia as ferramentas de análise e de melhoria contínua são formatadas e adaptadas de acordo com a necessidade e demandas da equipe, através da coleta de dados, análise dos casos, implementação de ações e monitoramento de todo o processo de automatização. Os resultados decorrentes dessa metodologia contribuíram positivamente na melhoria contínua do processo de fresamento, algo que evidencia o melhor aproveitamento tecnológico da fresadora para incrementar a qualidade deste processo aliado ao bem estar dos operadores dessa máquina no ambiente trabalho.

Palavras chave: Melhoria contínua, Ciclo PDCA e Automatização.

Process automation of a milling machine: a study of continuous improvement methodology based on the PDCA cycle

Abstract

Organizations today are facing new challenges driven by the global economy increasingly demanding. Today, your competitors can be anywhere on the planet and survive in the market is subject to continuous improvement in manufacturing its products and services. In this context of extreme competition, organizations are increasingly using different methodologies, approaches and statistical tools for continuous improvement of its processes. This article uses the methodology of PDCA cycle in managing continuous process improvement of automation of a milling machine of a company of the sector metal mechanic, located in the northern region of Santa Catarina State.

To correct application of this methodology analysis tools and continuous improvement are formatted and adapted according to the needs and demands of the team, through data collection, analysis of cases, implementing actions and monitoring of the whole process automation. The outcomes of this methodology contributed positively in the continuous improvement of the milling process, something that reflects the best use of technology to increase the milling quality of this process coupled with the well being of this machine operators work environment.

Key-words: Continuous improvement, PDCA Cycle and Automation.

1. Introdução

A internacionalização crescente da economia, caracterizada por um mercado global extremamente agressivo tem estimulado cada vez mais a indústria moderna a adotar políticas

que possam assegurar a sua sobrevivência e competitividade através da tomada de decisões de suas atividades de gestão que estimulem a melhoria contínua de seus produtos e processos. Isso implica em processos mais eficientes para produzir produtos e serviços que possam reduzir custos e satisfazer continuamente as necessidades e expectativas de seus clientes.

A implementação e manutenção da filosofia de melhoria contínua numa organização implica a presença de metodologias que de forma disciplinada e contínua, a promova. Adotar um programa *Kaizen* aplicando o ciclo PDCA como metodologia suporte à melhoria contínua é um importante passo para por em prática soluções aos problemas. É a forma mais eficiente para implementar a melhoria contínua de forma sustentável.

Neste trabalho propõe-se a metodologia do ciclo PDCA como suporte no gerenciamento da melhoria contínua no processo de automatização de uma fresadora que opera numa empresa do setor metal mecânico da região norte do estado de Santa Catarina. A aplicação desta metodologia no processo de automatização tem sido fundamental para a redução dos impactos ergonômicos decorrentes de movimentos repetitivos do usuário na operação desta máquina e por consequência o aumento de produtividade e qualidade dessa empresa.

Este artigo está estruturado em sete seções, incluindo a presente introdução. A seção 2 aborda a melhoria contínua e a filosofia *kaizen* como um importante passo para por em prática soluções aos problemas. A seção 3 apresenta a metodologia PDCA como uma técnica de tomada de decisões aplicada para atingir metas de melhoria contínua incorporada na cultura da organização. Um breve referencial teórico sobre processos de usinagem com destaque ao fresamento que é processo de fabricação mecânica por usinagem é apresentado na seção 4. A seção 5 apresenta o processo de automatização da fresadora envolvendo os tópicos tais como o histórico, o processo produtivo, os componentes essenciais utilizadas nesse processo e os resultados obtidos. A seção 6 aborda o desenvolvimento do projeto de melhoria contínua para automatização da fresadora em estudo através da aplicação da metodologia PDCA e, finalmente, a seção 7 apresenta as considerações finais.

2. Melhoria Contínua e Filosofia Kaizen

A melhoria contínua é considerada como uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade das organizações, uma vez que não se pode ignorar sua importância na antecipação de qualquer cenário de mudança. Por isso, é fundamental enquanto raiz de desenvolvimento permanente numa organização.

A melhoria contínua refere-se tanto às melhorias incrementais que são pequenas e graduais, como às grandes e rápidas melhorias. Essas melhorias segundo Evans & Lindsay (2001), podem tomar uma ou várias formas, como:

- a) aumentar o valor para o cliente por meio de produtos e serviços novos e melhorados;
- b) redução de erros, não conformidades, desperdícios e respectivos custos;
- c) aumento da produtividade e eficácia no uso de todos os recursos;
- d) melhoria da responsabilidade e do desempenho do ciclo de tempo em processos, como a resolução de reclamações de clientes ou a introdução de novos produtos.

A implementação e manutenção da filosofia de melhoria contínua numa organização implica a presença de metodologias que de forma disciplinada e contínua promove seu sucesso. O Ciclo PDCA é uma dessas metodologias de suporte à melhoria contínua, considerada como uma importante ferramenta para o sucesso das soluções de manufatura enxuta (PETTERSEN, 2009).

A melhoria contínua através do *Kaizen* é uma filosofia pautada no esforço continuado, em soluções baratas com base no empenho pessoal, no envolvimento de todos e na premissa central de combate aos desperdícios. Os caracteres da palavra *Kaizen* de origem japonesa

conforme Sharma & Moody (2003) conforme figura 1, significam mudar e melhorar.



Fonte: Sharma & Moody (2003)
Figura 1 – Kaizen

Num ambiente de trabalho, o *kaizen* significa um processo de melhoria contínua envolvendo todos, mas, de um modo geral a filosofia *kaizen* defende uma melhoria não só num ambiente empresarial como também na vida pessoal e na vida social (IMAI, 1986). Esta filosofia não visa tão somente ganhos de produtividade, redução de custos e eliminação de desperdícios. Visa, sobretudo, a melhoria contínua das condições de trabalho do homem, buscando sua total interação com os processos de manufatura, aumentando a sua satisfação.

Tal como muitas das abordagens de gestão, a melhoria contínua não é uma solução rápida, tanto para implementar, quanto para fornecer resultados uma vez que aos poucos, as melhorias surgem, dando tempo a todos para se ajustarem e aprenderem. Cada pequeno incremento dado no sentido de melhoria contínua é apoiado num ciclo de melhoria contínua, designado por ciclo PDCA. Este ciclo é repetido continuamente até que a perfeição seja alcançada (PINTO, 2009).

3. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (**Plan-Do-Check-Act**) conhecido como o ciclo de melhoria contínua ou ciclo de Deming foi originalmente desenvolvido por Walter Shewhart em 1930. No entanto, só a partir de 1950 com Edwards Deming no Japão, é que o ciclo começa a ser popularizado (DEMING, 1986 & SHEWHART, 1986). É uma metodologia que tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e resolução de problemas organizacionais. A premissa deste ciclo é que um plano é implementado, testado cuja ação é tomada com base nos resultados.

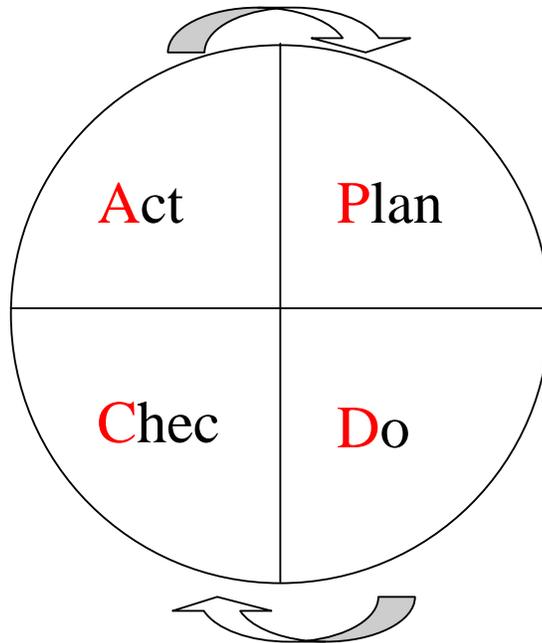
Atualmente, poucas metodologias de gestão mostram-se tão eficazes no gerenciamento de melhoria contínua como o método PDCA cuja correta aplicação conduz a ações sistemáticas que dinamizam a obtenção de bons resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações. Este método é usado para aprender fazendo e experimentando com melhorias, examinar o que é aprendido e implementar esta aprendizagem nos esforços de aperfeiçoamento (STOCKLEIN, 2005).

O ciclo PDCA (círculo de Deming) é mais do que apenas uma ferramenta de qualidade. É um conceito fundamental para melhoria contínua de processo incorporado na cultura da organização. Como é simples de entender é importante que seja amplamente utilizado em ambientes organizacionais que buscam o aprimoramento contínuo de seus processos (SOKOVIC *et al.*, 2010).

Conforme Werkema (2006), o ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões aplicado para atingir as metas necessárias a sobrevivência de uma organização. Portanto, quanto mais informações (fatos, dados e conhecimentos) forem agregados ao método maiores serão as chances de alcance das metas.

O PDCA é constituído por quatro fases (**Plan, Do, Check e Act**) estruturadas de maneira

cíclica, e por isso, possuindo uma característica de aplicação contínua e constante. Cada quadrante do círculo é representado por uma fase que deve ser aplicada para que a seguinte possa ser realizada. Conforme figura 2, o ciclo PDCA segue o espírito de melhoria contínua, onde o processo pode ser sempre reavaliado, sendo reiniciado no início de cada novo ciclo, um novo processo de mudança.

**Plan (Planejar)**

Planejar metas, objetivos, métodos, procedimentos e padrões

Do (Fazer)

Executar as tarefas planejadas

Check (Verificar)

Verificar os resultados das tarefas executadas

Act (Atuar)

Agir corretivamente e/ou para melhorar

Fonte: Adaptado de Werkema (2006)
Figura 2 – Ciclo PDCA

Para que o PDCA, conhecido como uma poderosa metodologia de melhoria contínua, possa contribuir para melhoria da qualidade, suas quatro fases devem ser executadas repetidamente.

- Primeira Fase: **Plan** (Planejar)

Esta fase é caracterizada pela implementação de um plano de ações e está dividida em duas etapas:

- 1) A primeira consiste em definir o que se quer, com a finalidade de planejar o que será realizado. Este planejamento envolve a definição de objetivos, estratégias e ações, os quais devem ser claramente quantificáveis (objetivos);
- 2) A segunda consiste em definir quais os métodos que serão utilizados para se atingir os objetivos traçados.

- Segunda Fase: **Do** (Fazer)

Caracteriza-se pela execução do que foi planejado e, da mesma forma que a primeira fase, está dividida em duas etapas:

1. Consiste em capacitar a organização para que a implementação do que foi planejado possa ocorrer. Envolve, portanto aprendizagem individual e organizacional;
2. Consiste em implementar o que foi planejado.

- Terceira Fase: **Check** (Verificar)

Esta fase consiste em verificar, comparando os dados obtidos na execução com o que foi

estabelecido no plano, com a finalidade de verificar se os resultados estão sendo atingidos conforme o que foi planejado. A diferença entre o desejável (planejado) e o resultado real alcançado constitui um problema a ser resolvido. Dessa forma, esta etapa envolve a coleta de dados do processo e a comparação destes com os do padrão e a análise dos dados do processo fornece ações relevantes à próxima etapa. Nesta fase os problemas deverão ser vistos abertamente e avaliados de modo real. Além disso, os obstáculos deverão ser quebrados e o medo eliminado, o que fará com que as pessoas declarem abertamente o que se passa de errado e dêem sugestões do que deverá ser feito a partir desse momento (LOGOTHETIS, 1992).

- Quarta Fase: Action (Atuar)

Esta fase consiste em agir, ou melhor, fazer as correções necessárias com o intuito de evitar que a repetição do problema venha a ocorrer. Podem ser ações corretivas ou de melhorias que tenham sido verificadas como necessárias na fase anterior. Envolve a procura por melhoria contínua até se atingir o padrão, sendo que essa procura da solução dos problemas, por sua vez, orienta para a necessidade de autonomia; o preenchimento das lacunas de conhecimento necessário à solução do problema, permitindo a criação de novos conhecimentos e a nova padronização. O aspecto mais importante do PDCA está nesta fase, após a conclusão de um projeto, quando o ciclo começa novamente seu aperfeiçoamento de melhorias (SOKOVIC *et al.*, 2010).

4. Processos de Usinagem

A usinagem representa papel fundamental nos processos de fabricação dos mais variados ramos da indústria mecânica.

Os processos de usinagem podem ser definidos como sendo a ciência de remoção de material na forma de cavaco conferindo a peça forma, dimensão e acabamento ou uma combinação qualquer destes três itens. Muito embora o princípio da remoção destes cavacos seja o mesmo, com o surgimento de novas máquinas controladas por computador o avanço na tecnologia de usinagem em geral, tem se tornado cada dia mais eficiente transferindo a responsabilidade do sucesso da operação, do operador para o programador da peça ou projetista. Toda a tecnologia tem como objetivo a combinação de máquinas e ferramentas para transformar matéria-prima bruta em peças com alguma forma e dimensão especificada, a cada dia de maneira mais econômica e prática, a níveis exigidos para sua aplicação.

São processos básicos de usinagem: torneamento, fresamento, aplainamento, furação, serramento, brochamento, mandrilhamento e retificação (DINIZ, 1999). Dentre esses processos de usinagem, o fresamento constitui um dos mais importantes por sua produtividade e flexibilidade.

4.1 Fresamento

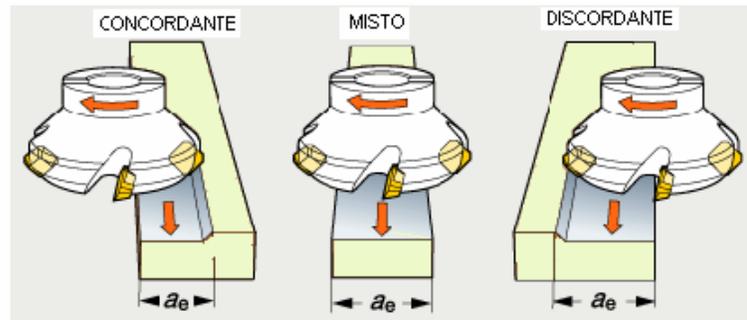
O fresamento é um processo de fabricação mecânica por usinagem, realizado em máquinas, ferramentas do tipo fresadoras com ferramentas específicas. Os avanços tecnológicos nas áreas de ferramentas e equipamentos tornam o fresamento cada vez mais abrangente e competitivo, atingindo níveis de tolerâncias dimensionais cada vez mais exigentes.

O fresamento consiste na retirada do excesso de metal ou sobre metal da superfície de uma peça bruta,, a fim de dar a esta uma forma, acabamento e dimensões desejadas. Dentre as principais operações de fresamento pode-se citar:

a) Fresamento frontal ou de topo

Processo de fresamento destinado a obtenção de superfície plana, curvilínea ou canaleta

perpendicular ao eixo de rotação de ferramenta, (figura 3). No fresamento frontal, a superfície usinada resulta na ação combinada dos gumes localizados na periferia e na face frontal da fresa. Segundo Stemmer (1992) o fresamento frontal pela sua alta produtividade, deve ser utilizado sempre que possível e que o diâmetro da fresa frontal deve ser maior que a largura a ser fresada. Neste tipo de fresagem a superfície usinada deixada pelos dentes da ferramenta, que pode variar em função do avanço por dente.



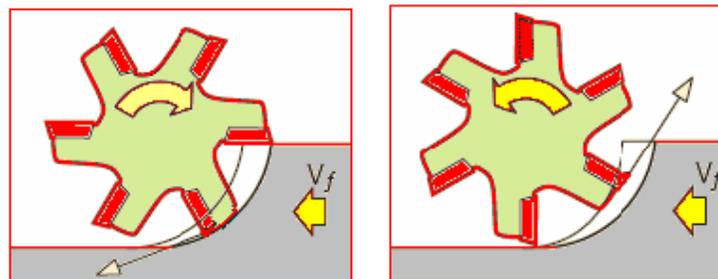
Fonte: Stemmer (1992)

Figura 3 - Fresamento frontal ou de topo

b) Fresamento tangencial

Processo de fresamento destinado a obtenção de superfície plana e paralela ao eixo de rotação da ferramenta, que de acordo com a direção de corte e de avanço pode ser dividido em duas classes concordante e discordante.

- Fresamento tangencial concordante quando o movimento de avanço tiver o mesmo sentido de movimento do dente da fresa. Neste movimento o esforço de corte tende a empurrar a peça sobre a base da mesa, (figura 4). Segundo Stemmer (1992) a fresagem tangencial concordante apresenta as seguintes vantagens: menor desgaste, melhor acabamento superficial e menor força de potência para o avanço.
- Fresamento tangencial discordante quando o movimento de avanço é contrário ao movimento de giro do dente de giro da fresa, (figura 4). Neste movimento o esforço de corte tende a arrancar a peça da mesa da máquina. Conforme Stemmer (1992) na fresagem concordante a força de corte entra na peça forçando contra a mesa, enquanto que na fresa discordante esta força de corte tende a levantar a peça, fazendo com que as peças finas possam vibrar.



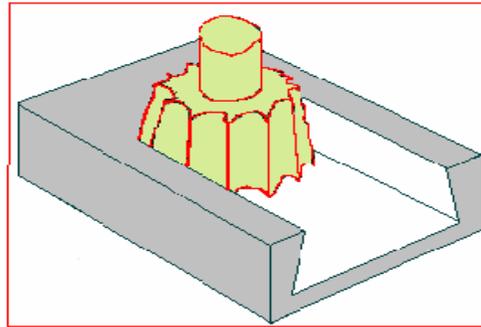
Fonte: Stemmer (1992)

Figura 4 - Fresamentos tangenciais concordante e discordante

c) Fresamento de perfil

É um processo de fresamento utilizado para abrir canais, superfícies côncavas, convexas e engrenagens em geral. Uma aplicação bastante difundida deste fresamento é o fresagem onde

é utilizada uma ferramenta angular e realizada uma usinagem trapezoidal chamada “calda de andorinha” conforme (figura 5), perfil utilizado na construção de guias para elementos de máquinas.



Fonte: Stemmer (1992)

Figura 5 - Fresamento frontal ou de topo

4.2 Fresadora

A fresadora é uma máquina de movimento contínuo, destinada à usinagem de materiais, onde se removem os cavacos por meio de uma ferramenta de corte chamada fresa. Esta contém gumes que têm forma de cunha para que sejam introduzidos no material. Seus movimentos de avanço são realizados pela máquina de fresar, ou seja, pela fresadora.

5. Processo de Automatização de uma Fresadora

O projeto de melhoria na automatização da fresadora proposta neste trabalho tem como objetivos aumentar a produtividade e qualidade do fresamento do canal de óleo do eixo excêntrico dessa máquina e otimizar o bem estar do operador com a redução dos impactos ergonômicos e morais causados por horas de trabalho repetitivo. Os benefícios que a automatização desta fresadora trará incluem determinadas ações tais como a modificação e/ou substituição de alguns componentes essenciais para executar as melhorias. Além disso, ilustrar também os esquemas elétricos de comando e controle e a programação de CLP (Controlador Lógico-Programável) necessária para instruir o usuário quanto ao correto funcionamento da fresadora.

A proposta de automatização desta fresadora se constitui basicamente em melhorias elétricas e substituição de CLP. Para conduzir o processo de melhoria na automatização da fresadora proposta neste trabalho é aplicada uma abordagem que inclui o gerenciamento de melhoria contínua tendo como base a metodologia do ciclo PDCA. Por isso, algumas ações preliminares referente ao estudo da fresadora e de seu processo automatização são realizadas tais como: apresentação do histórico e função da fresadora, análise do processo produtivo, apresentação dos componentes utilizados para desenvolver as melhorias na automatização da fresadora em estudo e elaboração dos circuitos pneumáticos, elétricos e de controle.

A justificativa de melhoria contínua a partir do processo de automatização se fundamenta principalmente na automatização de determinadas operações dessa fresadora para reduzir os impactos ergonômicos decorrentes de movimentos repetitivos que possam gerar insatisfação do usuário da máquina e por consequência uma possível queda de produtividade e qualidade.

O procedimento de operação desta fresadora sem a automatização proposta envolve o operador trabalhar nessa máquina durante oito horas executando movimentos tais como pegar a peça na caixa, colocar no fixador e apertar o botão de fixação. Além disso, apertar o comando bi-manual e aguardar o fresamento da peça, operações estas repetidas ao longo da

jornada de trabalho que podem ser prejudiciais ao corpo. A proposta de automatização se constitui na simplificação dessas operações. Com isso, o operador apenas coloca a peça na fresadora e o restante do processo será totalmente automatizado, desde a fixação até a expulsão da peça.

5.1 Histórico da Fresadora

A empresa cujo processo de fabricação mecânica é operado por esta fresadora na usinagem de peças é uma indústria do setor metal mecânico localizada no norte do estado de Santa Catarina.

A fresadora, objeto de estudo deste trabalho foi projetada pela empresa citada em 1984, época em que confeccionava em suas instalações máquinas para o processo produtivo de sua fábrica. Sua implantação ocorreu em 1985 junto ao processo de fabricação do eixo com função de fresar o canal de óleo do eixo excêntrico. Essa implantação foi fundamental para a fabricação de compressores que utilizam lubrificação interna e externa do eixo e agregados (cilindro, pistão, mancal e biela). Esta fresadora tem como referência “máquina de fresar rasgo de óleo eixo excêntrico” cujas características seguem os padrões de fresadora vertical com processos manuais.

5.2 Processo Produtivo da Fresadora

A fresadora fresa o canal de óleo do eixo excêntrico com uma capacidade de produção de 553 peças por hora com o tempo de ciclo igual a 6,5 segundos com etapas de processo que inclui carga estimada de 1,8 segundos, usinagem de 3,2 segundos e descarga de 0,5 segundos. Sua operação foi dimensionada para usinar com a função centrar e facear peças com modelo de eixo excêntrico com dureza do material ferro cinzento. Esta operação é controlada pelo procedimento operacional que tem como objetivo padronizar o procedimento de controle deste processo. Nesta operação, ações corretivas devem ser tomadas quando os resultados esperados não forem atingidos. Para tal, deve-se regular a profundidade do canal através do limitador de curso no cabeçote da fresa.

5.3 Ergonomia e Aspectos Ergonômicos no Ambiente de Trabalho

Ergonomia é o conjunto dos conhecimentos científicos relativos ao trabalhador e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, de segurança e eficácia (WISNER, 1972). O objetivo prático da ergonomia é a adaptação do posto de trabalho, dos instrumentos, das máquinas, dos horários, do meio ambiente às exigências do homem.

Os aspectos ergonômicos aplicáveis a máquinas e equipamentos estabelecem que devem ser projetados e construídos levando em consideração principalmente as exigências posturais, cognitivas, movimentos e esforços físicos demandadas pelos operadores para evitar lesões decorrentes de movimentos repetitivos. Essas lesões no ambiente de trabalho constituem-se num dos mais sérios problemas de saúde enfrentados pelos trabalhadores e seus sindicatos nos últimos anos no Brasil e no mundo. Neste cenário, estudar o trabalhador como ator social no trabalho repetitivo faz com que se compreenda o trabalho na sua totalidade e haja interação com seus componentes: instrumentos, artefatos, organização do trabalho, materiais e competência dos trabalhadores (GONÇALVES & CAMAROTTO, 2008).

5.4 Componentes Essenciais do Processo de Automatização da Fresadora

a) Controlador Lógico Programável (CLP) é um dispositivo microprocessador que tem como principais funções relações lógicas, operações matemáticas, armazenamento de dados, comparação e temporização. A unidade central de processamento (CPU) conhecida como o cérebro que controla todas as ações de uma CLP é constituída por um processador, memórias

e um sistema de interligação. A capacidade do CLP é relacionada com a qualidade do processador nele empregado que é denominado como microprocessador ou micro controlador, dependendo do caso. Sua principal função é o gerenciamento do sistema composto pelo CLP.

O sistema de entrada/saída (interfaces) é responsável para realizar a conexão física entre a CPU e o mundo externo por meio de vários tipos de circuitos.

b) Sensor é um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal. Um sensor nem sempre tem as características necessárias para ser utilizado em um sistema de controle; isso normalmente ocorre quando o sinal de saída deve ser manipulado antes da sua leitura de controle. Geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador.

c) Atuadores ou Cilindros Pneumáticos são elementos mecânicos que por meio de movimentos lineares ou rotativos transformam a energia cinética gerada pelo ar pressurizado em expansão, em energia mecânica, produzindo trabalho (FIALHO, 2007). As válvulas são atuadores que ao receberem um impulso pneumático mecânico ou elétrico, permitem que haja fluxo de ar pressurizado em apenas um sentido para alimentar determinados elementos mediante ajuste mecânico ou elétrico.

d) Disjuntor é um dispositivo eletromecânico que permite proteger uma determinada instalação elétrica com curtos-circuitos ou sobrecargas. Esse dispositivo tem como objetivo, cessar a corrente elétrica em um circuito, semelhante aos fusíveis, porém com maior precisão.

e) Relé é um dispositivo eletromagnético que normalmente acionado com energia relativamente baixa faz com que uma armadura móvel ferromagnética abra ou feche um ou vários pares de contatos elétricos. Os dispositivos de partida de motores em corrente contínua ou alternada são equipados com relés projetados para assegurar a correta operação dos motores durante as condições de partida ou operação.

f) Contador é um dispositivo capaz de cortar a corrente elétrica de um receptor ou instalação, com a possibilidade de serem operados remotamente. É um elemento que se destina a estabelecer ou interromper a passagem de corrente, no circuito potência ou no circuito de comando.

g) Motor Elétrico é uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica usualmente disponibilizada num eixo em rotação. Essa energia é usada no acionamento de diversos tipos de equipamentos, tais como, transporte de fluidos compressíveis, processamento de materiais metálicos e não metálicos, manipulação de cargas e processamento de materiais metálicos e não metálicos.

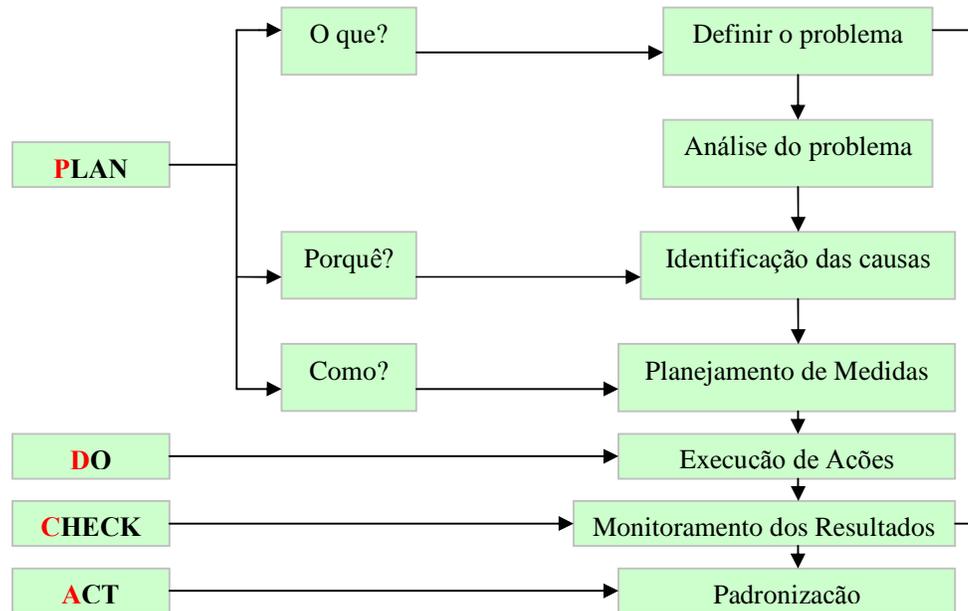
6. Desenvolvimento do projeto de melhoria contínua para automatização da fresadora

Atualmente com economia global, o sucesso das organizações depende da sua capacidade e rapidez de se adaptar e implementar metodologias de melhoria contínua para seus processos. Como resultado, as organizações procuram incessantemente novas ferramentas de gestão, que as orientem para uma maior competitividade através da qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços.

Neste trabalho é utilizado os conceitos e as metodologias de melhoria contínua para reduzir os impactos dos prejuízos com as perdas relacionadas tanto a problemas ergonômicos resultantes de lesões por movimentos repetitivos de operadores da fresadora em estudo quanto a possível queda de produtividade e qualidade. Para tal é aplicada a metodologia do ciclo PDCA para o gerenciamento de melhoria contínua no processo de automatização da fresadora em estudo e as ferramentas estatísticas adequadas para atingir os objetivos propostos.

Aplicando a metodologia correta com base no ciclo PDCA, a fase inicial teve como base a

análise das causas, baseado na solução do problema com o ataque às causas que deram origem ao problema, tentando desta forma solucionar o problema. O ciclo PDCA neste trabalho conforme figura 6 envolveu as quatro fases distintas e todas elas importantes para o processo de melhoria contínua.



Fonte Primária
Figura 6 - Etapas do ciclo PDCA

Na primeira fase do Ciclo PDCA, definiu-se o problema a ser abordado. Atualmente, o objetivo deste projeto de melhoria contínua, era reduzir o impacto dos prejuízos coma as perdas resultantes de problemas ergonômicos e por conseqüência a possível queda de produtividade e qualidade. Foi estruturado um plano de trabalho para abordar este tema. Além disso, efetuou-se uma coleta de dados e registros para que o sistema pudesse ser auditado e avaliado. Numa fase posterior, foram implementadas ações e efetuado o monitoramento das ações implementadas. Se os resultados obtidos forem positivos, as ações são padronizadas para a fresadora em estudo.

PLAN - 1ª Fase de implantação do ciclo PDCA

Inicialmente realizou-se um diagnóstico para verificar o estado atual das condições operacionais e de produtividade desta fresadora. O objetivo deste diagnóstico foi o de encontrar e identificar claramente um problema e a partir deste ponto caminhar para a resolução do mesmo. No diagnóstico realizado constatou-se que além do aspecto visual o processo produtivo operacional atual da fresadora era ultrapassado e prejudicial à saúde do operador, devido ao excesso e complexidade dos seus movimentos.

Durante um período de seis meses realizou-se coleta de dados para analisar e identificar os prejuízos decorrentes de impactos ergonômicos e o estudo para propor a automatização da fresadora. Os resultados desta análise foram identificados com ferramentas estatísticas tais como o gráfico de pareto ilustrando a síntese dos prejuízos ergonômicos decorrente de movimentos repetitivos do processo de operação da operadora. Para tal, foram formadas equipes *Jishuken* envolvendo grupos trabalho tanto da área de Segurança do Trabalho quanto da área de Projetos e Automatização para atuar no processo de automatização da fresadora.

O *Jishuken* utilizado na análise de automatização da fresadora é uma ferramenta utilizada por

grupos de trabalho para resumir a abordagem usada ao atacar uma perda de produção ou prejuízo em particular. A aplicação sistemática do *Jishuken* pode auxiliar no desenvolvimento organizacional, estimular a inovação e atingir resultados efetivos. Desta forma foi traçada o relato do grupo de trabalho e o progresso das atividades.

Para a análise da causa ou das causas de prejuízo foi usado o Diagrama de Causa e Efeito. Este diagrama serve para evidenciar, classificar e correlacionar às possíveis causas de um problema. Serve também para orientar e focalizar a discussão sobre o problema em questão. Finalmente, o diagrama e a discussão dos argumentos ajudaram na tomada de novas decisões e de ações futuras. Para complementar esta análise, as equipes *Jishuken* utilizaram a ferramenta dos “Cinco Porquês”. Assim, após esta fase e onde se encontraram as causas potenciais dos prejuízos identificados, seguiu-se a segunda fase do PDCA, a fase **Do**.

DO - 2ª Fase de implantação do ciclo PDCA

Usando a ferramenta “Cinco Porquês”, foram definidas as ações para as causas-raiz identificadas para o tipo de problema especificado no Diagrama de Causa e Efeito. Além disso, as equipes de trabalho *Jishuken* procuraram pesquisar e analisar possíveis soluções e planejarem medidas corretivas ou preventivas de acordo com a análise efetuada nos “Cinco Porquês”. O planejamento das ações foi visível, simples e eficaz considerado como uma boa ferramenta de planejamento que incluiu cinco campos que podiam ser preenchidos: Ação preventiva (longo prazo); Data de cumprimento da ação preventiva; Ação corretiva (curto prazo); Data de cumprimento da ação corretiva e Responsável.

Para implementar as ações as equipes *Jishuken* elaboram um organograma com datas e atribuições que deveriam ser seguidas para conduzir a automatização da fresadora em estudo. As ações corretivas e preventivas foram implementadas. Para a execução das ações selecionou-se as pessoas envolvidas diretamente com o problema em questão.

CHECK - 3ª Fase de implantação do ciclo PDCA

Após a fase de discussão e implementação de ações propostas pelas equipes de trabalho, foi iniciada uma monitoramento através do registro diário da produção, incidindo principalmente nas perdas referente a impactos ergonômicos. Todas as medidas implementadas foram monitoradas. É importante ressaltar que ao longo desta metodologia efetuou-se também o monitoramento e auditorias mensais aos registros efetuados pela equipe responsável na base de dados.

ACT- 4ª Fase de implantação do ciclo PDCA

Nesta fase as equipes *Jishuken* ao fazerem a análise de cada prejuízo, incidiram, sobretudo, num prejuízo específico. No caso da equipe *Jishuken* da área de Segurança do Trabalho as análises incidiram em prejuízos referentes a prejuízos de horas de afastamento de operadores com lesões decorrentes de movimentos repetitivos de operação da fresadora em estudo. Esta fase do ciclo PDCA serviu para padronizar as ações corretivas, mas principalmente para padronizar as ações preventivas, ampliando o foco das análises para outras situações, tentando consolidar os procedimentos de trabalho e tornar estes métodos irreversíveis como ferramenta de análise e melhoria.

6.1 Resultados obtidos com Melhoria para o Processo de Automatização

Os resultados obtidos com a melhoria do processo de automatização da fresadora incluem além da redução dos impactos ergonômicos resultante de movimentos operacionais repetitivos, a otimização do processo e o aspecto visual da fresadora conforme a seguir:

- Melhorias Elétricas: retirada do comando bi-manual e a implantação de um sensor de presença e da cortina de segurança. Ao colocar o eixo pinça, o sensor será ativado, mas a

máquina não entrará em funcionamento antes que o operador retire sua mão da máquina, habilitando o atuador da cortina de segurança.

- Implantação do CLP S7-200: implantação do CLP S7-200, CPU 224 de Siemens, para o comando da fresadora. Com isso, o CLP receberá sinais de botões, sensores através de suas entradas que acionarão as saídas, para movimentação dos cilindros, pinça e motor.
- Esquema elétrico de comando: alterar o esquema elétrico de potência que tem como função informar a instalação física do motor, CLP, fonte e suas proteções como contactora e disjuntores, fazendo com que seja realizada de forma segura.
- Melhorias Mecânicas: melhorias efetuadas para implementar a expulsão automática da peça, se faz necessário a implantação de um atuador linear com haste longa e uma calha por onde será direcionado o eixo até uma caixa onde serão colocadas as peças já fresadas.

7. Considerações Finais

Os resultados obtidos com a implantação desse projeto de automatização da fresadora em estudo contribuíram positivamente na melhoria contínua do processo de fresamento, algo que evidencia o melhor aproveitamento tecnológico da fresadora para incrementar a qualidade deste processo aliado ao bem estar dos operadores dessa máquina no ambiente trabalho obtido com a redução dos impactos ergonômicos decorrentes de movimentos operacionais repetitivos.

Referências

- DEMING, W.E. *Out of the Crisis*. Cambridge: MIT, 1986.
- DINIZ, A.E. *Tecnologia da usinagem dos metais*. Editora MM, São Paulo, 1999.
- EVANS, J.R. & LINDSAY, W. R. *The Management and Control of Quality*. Australia: South Western., 2001.
- FIALHO, A. B. *Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamentos e Análise*. 5. ed. São Paulo: Érica, 2007.
- GONÇALVES, J.M.; CAMAROTTO, J.A. *Discussão sobre os aspectos cognitivos envolvidos no trabalho repetitivo*. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 2008.
- IMAI, M. *Kaizen: the Key to Japan's competitive success*. New York: McGraw-Hill., 1986
- LOGOTHETIS, N. *Managing for Total Quality: from Deming to Taguchi and SPC*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.
- PETTERSEN, J. *Defining lean production: some conceptual and practical issues*. The TQM Journal, 2, p. 127-142, 2009.
- PINTO, J.P. *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. 3ª Ed. Lidel - Edições Técnicas, 2009.
- SANCHES, I. *Implementation of a Diabetic Visual Foot Assessment in a Primary Care Setting*. The Internet Journal of Advanced Nursing Practice. 10(2), 2009.
- SHARMA, A. MOODY, P. E. *A Máquina Perfeita; Como vencer na nova economia produzindo com menos recursos*. Trad. Maria Lúcia G. Leite Rosa. 1.ed. São Paulo : Prentice Hall, 2003.
- SHEWHART, W. A. *Economic control of quality of manufactured products*. São Paulo: ASQPR, 1986.
- SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K.K. *Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, v. 43 (1), pp.473-483, 2010.
- STEMMER, C. E. *Ferramentas de Corte II. Série Didática da Editora da UFSC*, Florianópolis, 1992.
- STOCKLEIN, M. *Quality improvement systems, theories, and tools*. Chicago: Health Administration Press; 2005.
- WERKEMA, C. *Ferramentas estatísticas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte, MG: Werkema Editora Ltda., 2006.
- WISNER A. *Le diagnostic en ergonomie ou le choix des modeles operantes en situation reelle de travail*. Rapport n° 28; Paris; Misitere de L'education Nationale, 1972.