

PROCESSO DE AUTOMATIZAÇÃO DE UMA FRESADORA: UM ESTUDO DE MELHORIA CONTÍNUA BASEADO NA METODOLOGIA DO CICLO PDCA

Camila Corrêa Ricardo¹

Custódio da Cunha Alves²

Elisa Henning³

Sergio Luis Wendt⁴

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 **Plan-Do-Check-Act** (PDCA) no processo de automatização de uma fresadora numa indústria do setor metal mecânico da região norte do estado de Santa Catarina. Para aplicação correta desta 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. Houve um aumento da qualidade deste processo, aliado a um maior bem estar dos operadores desta máquina, no ambiente trabalho.

Palavras chave: Melhoria contínua. Ciclo PDCA. Automatização.

¹ Graduanda, e-mail: milaaricardo@hotmail.com

² Doutor, e-mail: custodio.alves@gmail.com

³ Doutora, e-mail: elisa.henning@gmail.com

⁴ Graduando, e-mail: sergio.wendt@univille.br

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 estimulando a melhoria contínua de seus produtos e processos. Por outro lado, o mercado interno, em constante evolução, não é diferente. Assim, processos devem ser 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 implicam na presença de metodologias que de forma disciplinada e contínua, a promovam. Adotar um programa *Kaizen*, aplicando o ciclo **Plan-Do-Check-Act** (PDCA) como metodologia de suporte à melhoria contínua, é um importante passo para por em prática soluções aos problemas. Esta é uma forma mais eficiente para praticar a melhoria contínua de forma sustentável.

O objetivo geral deste artigo é mostrar como a utilização da metodologia do ciclo PDCA pode auxiliar na redução dos impactos ergonômicos decorrentes de movimentos repetitivos dos operadores de uma fresadora. Esses movimentos podem gerar insatisfação do operador da máquina e por consequência uma possível queda de produtividade e qualidade. A metodologia PDCA foi aplicada 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. Como resultado destas ações está o aumento de produtividade dos operadores e consequente melhoria da qualidade, não só de produtos, mas também no ambiente fabril.

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. Na Seção 5 são descritos os procedimentos metodológicos adotados. A Seção 6 apresenta o processo de automatização da fresadora envolvendo tópicos tais como o histórico, o processo produtivo, os componentes essenciais utilizadas nesse processo e os resultados obtidos. A Seção 7 aborda o desenvolvimento do projeto de melhoria contínua para automatização da fresadora em estudo através da aplicação da metodologia PDCA e, finalmente, a Seção 8 apresenta as conclusões e 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.

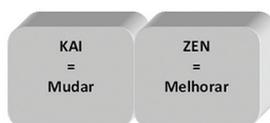
A melhoria contínua refere-se tanto às melhorias incrementais que são pequenas e graduais, como às grandes e rápidas melhorias. Essas melhorias segundo Evans e Lindsay (2001), podem tomar uma ou várias formas, como:

- 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 implantação e manutenção da filosofia de melhoria contínua numa organização implicam na utilização de metodologias que de forma disciplinada e contínua garantem o seu sucesso. O Ciclo PDCA é uma dessas metodologias de suporte à melhoria contínua, sendo considerada 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 Figura 1, significam mudar e melhorar (SHARMA; MOODY, 2003).

Figura 1: Kaizen



Fonte: Sharma e Moody (2003)

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). Portanto, 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 assim 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 implantado e testado, sendo a ação 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 se fundamenta no aprendizado contínuo, a partir do "aprender fazendo" e experimentando com melhorias, examinar o que é aprendido e implementar esta aprendizagem nos esforços de aperfeiçoamento (STOCKLEIN, 2005).

O ciclo PDCA 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, PAVLETIC e PIPAN, 2010).

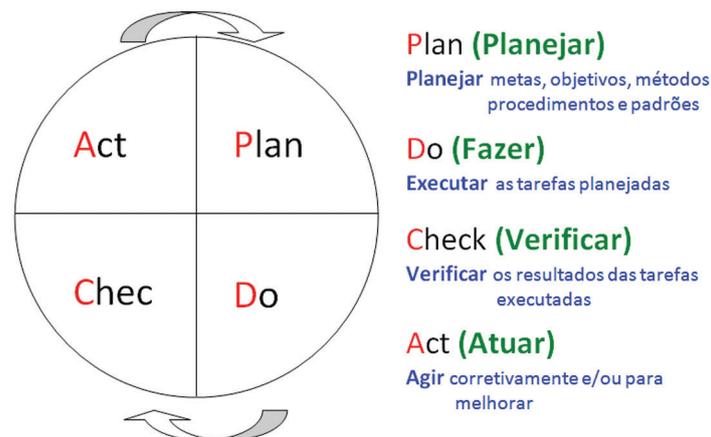
Conforme Werkema (2006), o ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões aplicado para atingir as metas necessárias à sobrevivência de uma organização. Portanto, quanto mais informações (fatos, dados e conhecimentos) forem agregadas ao método, maiores serão as chances de alcance das metas.

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 ciclo é representado por uma fase que deve ser aplicada para que a seguinte possa ser realizada. De acordo com a 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.

Para que o PDCA possa contribuir para melhoria da qualidade, suas quatro fases devem ser executadas repetidamente. A Primeira Fase (*Plan* - Planejar) é caracterizada pela implementação de um plano de ações e está dividida em duas etapas:

- a) 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);
- b) na segunda etapa são definidos quais os métodos que serão utilizados para se atingir os objetivos traçados.

Figura 2: Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Werkema (2006)

A Segunda Fase (*Do* – Fazer) consiste em definir quais os métodos que serão utilizados para se atingir os objetivos traçados. Caracteriza-se pela execução do que foi planejado e da mesma forma que a primeira fase, está dividida em duas etapas:

- a) capacitar a organização para que a implantação do que foi planejado possa ocorrer, envolvendo, portanto aprendizagem individual e organizacional;
- b) realizar o que foi planejado.

A Terceira Fase (*Check* - Verificar) 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).

A Quarta Fase (*Action* - Atuar) 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, PAVLETIC e PIPAN, 2010).

4 PROCESSOS DE USINAGEM

A usinagem tem um papel fundamental nos processos de fabricação de diversos ramos da indústria mecânica. Os processos de usinagem podem ser definidos como sendo a ciência de remoção de material na forma de cavaco conferindo à 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, em níveis exigidos para sua aplicação (DINIZ, 1999).

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

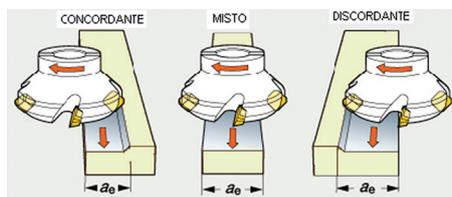
4.1 Fresamento

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.

De acordo com Souto (2007) no fresamento, a relação entre o sentido de rotação da ferramenta e o avanço da peça é de grande importância. De acordo com o sentido de rotação da ferramenta e o avanço da peça, classifica-se entre o fresamento concordante e o fresamento discordante. No fresamento discordante o avanço e o movimento de corte têm sentidos contrários, enquanto que no fresamento concordante eles apresentam o mesmo sentido. Porém, de acordo com posição da fresa relacionada à peça, um processo de fresamento pode apresentar uma parte concordante e outra discordante, ou seja, misto. Dentre as principais operações de fresamento pode-se citar:

- a) fresamento frontal ou de topo: processo de fresamento destinado à 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 fresamento a superfície usinada deixada pelos gumes da ferramenta, que pode variar em função do avanço por dente;

Figura 3: Fresamento frontal ou de topo

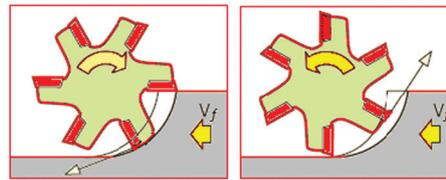


Fonte: Stemmer (1992)

- b) fresamento tangencial: processo de fresamento destinado à 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, descritas anteriormente. No fresamento tangencial concordante o esforço de corte tende a empurrar a peça sobre a base da mesa (Figura 4). Segundo Stemmer (1992) a fresamento tangencial concordante apresenta

as seguintes vantagens: menor desgaste, melhor acabamento da superfície usinada e menor força de fresamento para o avanço. Já no fresamento tangencial discordante (Figura 4) o movimento o esforço de corte tende a extrair a peça da mesa da máquina. Conforme Stemmer (1992) na fresamento 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;

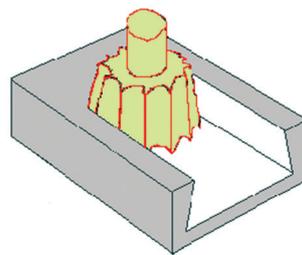
Figura 4: Fresamentos tangenciais concordante e discordante



Fonte: Stemmer (1992)

- 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 processo é o fresamento 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.

Figura 5: Fresamento frontal ou de topo



Fonte: Stemmer (1992)

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.

4.2.1 Tipos de fresadoras

As fresadoras, de acordo com Stemmer (1992) e Diniz, Marcondes e Coppini (2000) podem ser classificadas de diversas formas, sendo que as principais levam em consideração:

- a) o tipo avanço: manual e automática (hidráulica ou elétrica);
- b) a estrutura: de oficina e de produção;
- c) a posição do eixo-árvore: horizontal, vertical, universal, etc;
- d) a aplicação: convencional, pantográfica copiadora, etc.

E, segundo os autores, para realizar as operações de fresamento utilizam-se basicamente três tipos de fresadora:

- a) vertical: principais características: coluna soldada na base, console para movimento vertical, máquina horizontal, máquina vertical e pequeno porte. Alguns exemplos de operações de usinagem que podem ser executadas com fresa vertical: fresamento (frontal, de canto a 90° , de ranhura em T, de canais, etc.) e faceamento;
- b) horizontal: principais características: coluna para movimentação vertical, mesa com carro transversal, deslocamento vertical não altera a movimentação do carro transversal, boa qualidade de usinagem. Alguns exemplos de operações de usinagem que podem ser executadas com fresa horizontal: fresamento de formas complexas, periférico ou tangencial, de canais, de rosca, etc;
- c) universal: principais características: mesa, base giratória, cabeçote de fresamento flexível; usinagem em todas as direções com ferramentas de geometrias complexas; fabricação de pequenas e média peças e potência de 2 a 15 kW. Alguns exemplos de operações de usinagem que podem ser executadas com fresa universal com cabeçote vertical instalado: fresamento frontal, de canto a 90° , de ranhura em T, de canais, etc. formas complexas, periférico ou tangencial, de canais, de rosca, etc.

4.2.2 Histórico da fresadora

A fresadora, objeto deste trabalho, foi projetada no ano de 1984 pela organização na qual era operada, numa época em que a própria empresa confeccionava máquinas para o seu processo produtivo. Sua implantação ocorreu no ano de 1985 junto ao processo de fabricação do eixo, com função de fresar o canal de óleo de um eixo excêntrico. A implantação contribuiu para a fabricação de certo tipo de compressor que em sua utilização necessitava da 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. Com esta máquina são executados preferencialmente trabalhos de fresagem frontal.

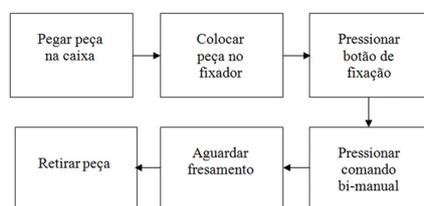
5 PROCESSO DE AUTOMATIZAÇÃO DE UMA FRESADORA

Como colocado anteriormente projeto de melhoria na automatização da fresadora teve como objetivos aumentar a produtividade e qualidade do serviço de fresamento, bem como melhorar o bem estar do operador com a redução dos impactos ergonômicos e morais causados por horas de trabalho repetitivo. As ações deste processo incluem a modificação e/ou substituição de alguns componentes essenciais para executar as melhorias.

A proposta de automatização se constitui basicamente em melhorias elétricas e na substituição de CLP (Controlador Lógico-Programável) existente. A programação de CLP é se faz necessária para instruir o usuário quanto ao correto funcionamento da fresadora. Por isso, algumas ações preliminares referentes 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.

O procedimento de operação sem a automatização proposta leva o operador a trabalhar nessa máquina durante oito horas, executando movimentos como retirar a peça na caixa, colocar no fixador e pressionar o botão de fixação (Figura 6). Além disto, pressionar 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 isto, o operador apenas coloca a peça na fresadora e o restante do processo será totalmente automatizado, desde a fixação até a expulsão da peça.

Figura 6: Fluxograma do procedimento de operação antes da automatização



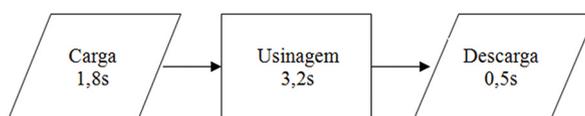
Fonte: Dos autores

5.1 Caracterização do processo

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 entra no processo de fabricação do eixo de um compressor. Ela fresa o canal de óleo do eixo excêntrico, tem uma capacidade de produção de 553 peças por hora com o tempo de ciclo de 6,5 segundos. As etapas de processo incluem carga estimada de 1,8 segundos, usinagem de 3,2 segundos e descarga de 0,5 segundos (Figura 7). Sua operação foi dimensionada para usinar com a função centrar e facear peças com modelo de eixo excêntrico com dureza do material ferro cinzento.

Figura 7: Fluxograma do processo de fresamento



Fonte: Dos autores

Esta operação é controlada por um 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.

5.2 Aspectos Ergonômicos no Ambiente de Trabalho da fresadora

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.

Aspectos ergonômicos aplicáveis a máquinas e equipamentos, neste caso a fresadora, estabelecem que devam ser projetados e construídos levando em consideração principalmente as exigências posturais, cognitivas, movimentos e esforços físicos demandados pelos operadores para evitar lesões decorrentes de movimentos repetitivos. Estas lesões no ambiente de trabalho constituem-se num dos mais sérios problemas de saúde enfrentados pelos trabalhadores. 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). Ressalta-se que o bem estar do operador é um dos fatores que influencia diretamente e indiretamente na qualidade do produto final.

5.3 Componentes Essenciais do Processo de Automatização da Fresadora

Os componentes essenciais neste processo estão descritos a seguir:

- 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) que controla todas as ações de uma CLP é constituída por um processador, memórias e um sistema de interligação. A capacidade do CLP está relacionada com a qualidade do processador nele empregado, que é denominado como microprocessador ou micro controlador, conforme o 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 diversos tipos de circuitos (SILVEIRA; SANTOS, 1998);
- b) sensor: é um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal. Geralmente está interligado juntamente com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador (SILVEIRA; SANTOS, 1998);
- c) atuadores ou Cilindros Pneumáticos: são elementos mecânicos que através 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 (SILVEIRA; SANTOS, 1998);
- 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 (SILVEIRA; SANTOS, 1998);
- 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 mais 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 (SILVEIRA; SANTOS, 1998);
- f) contador: é um dispositivo capaz de cortar a corrente elétrica de um receptor ou instalação, com a possibilidade de ser operado remotamente. Se destina a estabelecer ou interromper a passagem de corrente, no circuito potência ou no circuito de comando (SILVEIRA; SANTOS, 1998);

- 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 vários tipos de equipamentos, tais como, transporte de fluidos compressíveis, processamento de materiais metálicos e não metálicos e manipulação de cargas (SILVEIRA; SANTOS, 1998).

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho é considerado uma pesquisa aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática direcionados à solução de problemas específicos (GIL, 2010) visando solucionar problemas concretos e imediatos encontrados na realidade (BARROS; LEHFELD, 2000). Quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho é também uma pesquisa bibliográfica, feita com material já publicado, como livros, artigos em periódicos, além de material disponibilizado na Internet. No desenvolvimento do trabalho será aplicado o PDCA, já conceituado anteriormente.

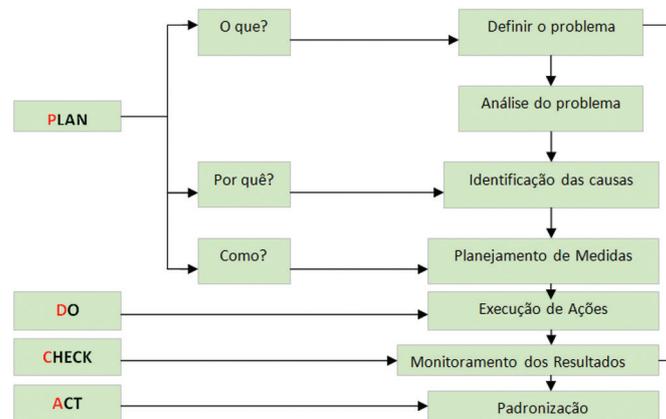
7 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE MELHORIA CONTÍNUA PARA AUTOMATIZAÇÃO DA FRESADORA

Neste trabalho são utilizados 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, quanto a possível queda de produtividade e qualidade. Para tal fim 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 com base no ciclo PDCA, a fase inicial teve como base a análise das causas e baseando na solução do problema como o ataque às causas que deram origem ao problema, tentando desta forma solucionar o problema. O ciclo PDCA neste trabalho, conforme Figura 8, envolveu as quatro fases distintas e todas elas importantes para o processo de melhoria contínua.

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 com as perdas resultantes de problemas ergonômicos e por consequência 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 as ações e efetuado o monitoramento destas. Se os resultados obtidos forem positivos, as ações são padronizadas para a fresadora em estudo.

Figura 8: Etapas do ciclo PDCA



Fonte: Dos autores

7.1 Fase de implantação do ciclo PDCA (PLAN)

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, 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**.

7.2 Fase de implantação do ciclo PDCA (DO)

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 incluiu cinco campos a serem preenchidos: Ação preventiva (longo prazo); Data de cumprimento da ação preventiva; Ação corretiva (curto prazo); Data de cumprimento da ação corretiva e Responsável.

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

7.3 Fase de implantação do ciclo PDCA (CHECK)

Após a fase de discussão e implementação de ações propostas pelas equipes de trabalho, foi iniciado um 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.

7.4 Fase de implantação do ciclo PDCA (ACT)

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.

7.5 Resultados Obtidos com Melhoria para o Processo de Automatização

Os resultados obtidos com o processo de automatização da fresadora indicam que os objetivos foram atingidos. Houve redução dos impactos ergonômicos resultante de movimentos operacionais repetitivos, o processo foi otimizado e também melhorou-se o aspecto visual da fresadora. Além dos avanços anteriormente citados, algumas ações resultaram em melhorias adicionais, conforme a seguir:

- a) 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 entra em funcionamento antes que o operador retire sua mão da máquina, habilitando o atuador da cortina de segurança;
- b) implantação do CLP S7-200: implantação do CLP S7-200, CPU 224, 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;
- c) esquema elétrico de comando: alteração do 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 esta ação seja realizada de forma segura;
- d) melhorias Mecânicas: alguns aprimoramentos foram efetuados para garantir a expulsão automática da peça. Foi necessária a implantação de um atuador linear por onde é direcionado o eixo até o local onde serão armazenadas as peças já fresadas.

Em relação ao desempenho da máquina, alguns resultados referentes ao tempo de operação podem ser visualizados na Tabela 1. Estes sinalizam que, especificamente para a fresadora em análise, a automatização resultou em aumento de produtividade. Houve diminuição do tempo de operação e aumento de produção em cerca de 100 peças por ciclo.

Tabela 1: Tempo de operação na fresadora antes e depois do processo de automatização

	Antes	Depois
Carga estimada	1,8 segundos	1,5 segundos
Usinagem	3,2 segundos	2,8 segundos
Tempo de descarga	1,5 segundos	0,7 segundos
Tempo de ciclo total	6,5 segundos	5,5 segundos

Fonte: Dos autores

E, com a automatização diminuiu-se do número de operações realizadas pelo operador, de acordo com o exposto na Seção 5. Como consequência, houve redução dos impactos ergonômicos, processo tornou-se menos repetitivo, não acarretando em fadiga operacional.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou conceitos de ferramentas utilizadas para melhoria contínua no processo de automatização da fresadora, aplicada em uma empresa do setor metal mecânico da região norte do estado de Santa Catarina.

Os resultados obtidos com a implantação deste projeto de automatização da fresadora em estudo contribuíram positivamente na melhoria contínua do processo de fresamento. Evidencia-se o melhor aproveitamento tecnológico da fresadora para melhorar a qualidade do processo aliado ao bem estar dos operadores desta máquina no ambiente trabalho. Isto foi possível a com a redução dos impactos ergonômicos decorrentes de movimentos operacionais repetitivos.

A continuidade dos trabalhos envolve o acompanhamento do processo produtivo. E ainda na linha da metodologia PDCA, pretende-se aumentar a capacidade produtiva deste para aproximadamente 1000 (mil) peças por hora. Também seria recomendável analisar as mudanças ergonômicas ocorridas, considerando tanto os aspectos quantitativos como qualitativos.

AUTOMATION PROCESS OF A MILL: A STUDY ON CONTINUOUS IMPROVEMENT BASED ON METHODOLOGIES OF THE PDCA CYCLE

ABSTRACT

Organizations nowadays are facing a new global economy driven by increasingly demanding challenges. Today, your competitors can be anywhere on the planet and the survival in the market is subject to the continuous improvement in manufacturing your products and in providing services. In this context of extreme competition, organizations are increasingly using different methodologies, approaches and statistical tools to continuously improve their processes. This article uses the methodology of the PDCA cycle in the process of automation of a milling machine in the metal mechanic

industry in the northern region of the state of Santa Catarina. For correct application of this methodology the analysis and continuous improvement tools are formatted and adapted according to the needs and demands of staff, through data collection, analysis of cases, implementing actions and monitoring of the whole automation process. The outcomes of this methodology contributed positively to the continuous improvement of the milling process, something that reflects the best technological use of milling. There was an increase in the quality of this process, combined with a larger welfare of this machine operators, in the work environment.

Keywords: Continuous improvement. PDCA cycle. Automation.

REFERÊNCIAS

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia:** um guia para a Iniciação Científica. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

DEMING, W.E. **Out of the Crisis.** Cambridge: MIT, 1986.

DINIZ, A. E. **Tecnologia da usinagem dos metais.** São Paulo: Editora MM, 1999.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais.** São Paulo: Artliber, 2000.

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.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, J.M.; CAMAROTTO, J.A. Discussão sobre os aspectos cognitivos envolvidos no trabalho repetitivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, ABEPRO, 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**, v.2, p. 127-142, 2009.

PINTO, J.P. **Pensamento Lean**: a filosofia das organizações vencedoras. 3. ed. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, 2009.

SHARMA, A. MOODY, P. E. **A Máquina Perfeita**: como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. 1.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHEWHART, W. A. **Economic control of quality of manufactured products**. São Paulo: ASQPR, 1986.

SILVEIRA, P.R.; SANTOS, W.E. **Automação e controle discreto**. 6. ed. São Paulo: Érica, 1998.

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, n.1, p. 473-483, 2010.

SOUTO, U. B. **Monitoramento do desgaste de ferramenta no processo de fresamento via emissão acústica**. 2007. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

STEMMER, C. E. **Ferramentas de Corte I e II**. Florianópolis: Editora da UFSC, 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: Werkema Editora Ltda., 2006.

WISNER A. **Le diagnostic en ergonomie ou le choix des modeles operantes en situation reelle de travail**. Rapport nº 28, Paris: Minisitere de L'education Nationale, 1972.

SOBRE OS AUTORES



**Camila Corrêa
 Ricardo**

Graduanda de Engenharia de Produção e Sistemas no Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Cursando Técnico em Qualidade na Faculdade de Tecnologia Assessoritec. Bolsista do Laboratório de Pesquisa e Ensino em Qualidade (LABQ) no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas do CCT/UDESC.



**Custodio da Cunha
 Alves**

Graduado em Matemática pela mesma universidade. Doutor e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Docente da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) e nos cursos de Pós-Graduação do SENAI - SC. Trabalhou na Empresa Brasileira de Compressores S.A. - EMBRACO no período de 1989 a 1998 onde desempenhou funções na área de Controle da Qualidade. Atualmente é professor dos cursos de Engenharia de Produção e Mecânica da UNIVILLE.



Elisa Henning

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (1992), mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010). Atualmente é docente da Universidade do Estado de Santa Catarina. Desenvolve pesquisa na área de educação estatística e controle estatístico de qualidade.



Sergio Luis Wendt

Graduando em Engenharia de Produção Mecânica da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). É também Técnico em Mecatrônica formado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Joinville. Atualmente é Eletricista Eletrônico na Companhia Whirlpool Sociedade Anônima.