

# PROPOSTA DE UM PROJETO CONCEITUAL PARA ALINHAMENTO DE BLOCOS DE AÇO DE GRANDES DIMENSÕES EM FRESADORA CNC

## PROPOSAL OF A CONCEPTUAL DESIGN FOR ALIGNMENT OF LARGE STEEL BLOCKS IN CNC ROUTER

ADELSON FERREIRA DE LIMA

e-mail: 21adelson@gmail.com

AGOSTINHO JOSÉ DE SOUZA JUNIOR

e-mail: ajsj21@gmail.com

AKIRA ARAKAKI

e-mail: akira\_arakaki@hotmail.com

RAINER EBERLE

e-mail: rainereberle@ig.com.br

SIDNEY BARBOSA RODRIGUES

e-mail: sbr\_barbosa@hotmail.com

SIMONE CANESTRARO

e-mail: sicatzz@hotmail.com

---

Alunos de graduação do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial do  
Centro Universitário Curitiba - UNICURITIBA

GIULIANO CESAR BREDÁ DE SOUZA

---

Professor e coordenador do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial do  
Centro Universitário Curitiba – UNICURITIBA  
e-mail: coord.producao@unicuritiba.edu.br

### SUMÁRIO

RESUMO.....	73
ABSTRACT.....	73
1 INTRODUÇÃO .....	73
2 METODOLOGIA .....	73
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	74
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	79
5. CONCLUSÃO .....	87
6. REFERÊNCIAS.....	87

## RESUMO

Este artigo apresenta um estudo acadêmico da aplicação de ferramentas de desenvolvimento de produtos voltado a uma empresa de usinagem de blocos de aço de grandes dimensões, apresentando desde o levantamento das necessidades do cliente, até a proposição de um projeto conceitual para resolução do problema ergonômico inerente à operação de alinhamento dos blocos de aço em fresadoras CNC (*Controle Numérico Computadorizado*).

Palavras-Chave: Desenvolvimento de Produtos. Projeto Conceitual

## ABSTRACT

This article presents a academic study of a products development tools aimed at a company of machining steel blocks of large dimensions, from the survey of operator needs, to propose a conceptual design to solving the ergonomic problem on the alignment operation of the steel blocks in a CNC (Computer Numerical Control) milling.

Key words: Product development. Survey of customer needs. Conceptual design

## 1 INTRODUÇÃO

Não é incomum verificar no mercado que há um aumento na quantidade de empresas se depara, em algum momento, com um *trade-off* clássico: aumento de produtividade *versus* a qualidade de vida dos funcionários. A busca pelo aumento de produtividade por meio da redução de tempos de operação pode levar as empresas a negligenciar o fator humano como principal ator em todo este processo produtivo. Isso leva os operadores, invariavelmente, a um alto nível de estresse, expondo-os a lesões por esforços repetitivos (LER) ou até mesmo a doenças osteoarticulares relacionadas ao trabalho (DORT).

Para resolver esta equação entre qualidade de vida e aumento de produtividade, o estudo buscou analisar um posto de trabalho no setor de usinagem de uma empresa no Estado do Paraná, buscando informações sobre as atividades desenvolvidas no *setup* de peças usinadas em máquinas de grande porte. Para tanto, foram utilizados questionários para o levantamento dos problemas e necessidades dos operadores e o levantamento da importância deste *trade-off* para a empresa. A pesquisa abrange um estudo ergonômico do posto de trabalho pelo método Suzanne Rodgers e a cronoanálise do *setup* de peças acima de sete toneladas. Por fim, é apresentada a proposta de um projeto conceitual contemplando a utilização de uma automação industrial simples e um estudo de custos de implantação e ganhos produtivos advindos da proposição do novo produto.

## 2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada uma breve análise das atividades realizadas no setor de usinagem, sendo identificado um risco potencial à saúde dos operadores na atividade de alinhamento dos blocos de aço de grandes dimensões. Esta atividade precede a usinagem e, devido à natureza e meios disponíveis para sua realização, é responsável por um grande tempo de *setup* advindos das suas grandes dimensões.

Durante o estudo das oportunidades de intervenção, foram levantadas as necessidades dos funcionários através do questionário apresentado na seção de análise dos resultados, sendo então estes resultados comparados ao questionário aplicado à gestão para verificar se as necessidades dos operadores estavam alinhadas às necessidades da empresa. Após a obtenção de nove questionários preenchidos pelos operadores, os dados foram tabulados para verificar quais eram os principais problemas relacionados ao *setup* das máquinas e os potenciais riscos que envolviam a atividade de alinhamento dos blocos para usinagem.

Frente aos resultados preliminares – levantados pelos questionários –, houve a necessidade da realização de um estudo ergonômico para compreender e analisar os riscos inerentes a esta atividade, para determinação dos pontos passíveis de automação. Para o estudo ergonômico foi utilizado o método de Suzanne Rodgers, onde foi possível detectar o impacto ergonômico da atividade de *setup* nas máquinas operatrizes. Este método verifica as operações que envolvem o grupamento muscular de pescoço, costas, ombros, braços e antebraços, punhos, mãos e dedos, pernas, joelhos e pés, classificando o nível de esforço, tempo de esforço e esforço por minuto, gerando uma combinação de índices que determinam o risco da atividade no posto de trabalho, apresentado na seção análise de resultados.

Para verificação do tempo despendido no *setup* da operação, foi realizada a cronoanálise, da colocação do bloco na mesa da máquina, a fixação, o alinhamento e sua centralização.

Para o desenvolvimento do projeto conceitual foram realizadas a formulação neutra, a modelagem funcional e a matriz morfológica para determinar os princípios de solução para a automação planejada.

Em auxílio ao desenvolvimento do produto, foi confeccionado um modelo 3D no software CAD SolidWorks para análise do dispositivo de deslocamento do atuador hidráulico. Com base na modelagem 3D, o protótipo físico foi confeccionado e uma nova cronoanálise foi realizada para o levantamento dos novos tempos de *setup*.

Também foi realizada uma nova avaliação ergonômica para verificação da efetividade das alterações advindas da automação da operação de alinhamentos dos blocos de aço.

Por fim, foi realizado o cálculo de investimento para automação da operação de alinhamento nos postos de trabalho.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Como já conhecido por grande parte do setor industrial, a ergonomia tem um papel relevante na qualidade de vida de funcionários. Conforme Lida (2005, p.3) a ergonomia “(...) procura reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores, durante o seu relacionamento com esse sistema produtivo”.

Lida (2005, p.3) ainda complementa que “a ergonomia estuda os diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo” e “procura reduzir as suas conseqüências nocivas ao trabalhador”. Colaborando com essa idéia, Corrêa e Corrêa (2009, p.357) afirmam que “seja

qual for o trabalho, sempre implicará pessoas interagindo com recursos físicos. A forma como ocorrem essas interações pode tornar o trabalho simples ou impossível de realizar”.

O estudo ergonômico foi desenvolvido pelo método de Suzanne Rodgers, que consiste na análise do nível de esforço contínuo, ou seja, sua intensidade bem como o tempo de esforço e sua frequência. O estudo é realizado na observação das atividades *in loco*, que possibilita a geração um índice que, lançado nas tabelas específicas deste método gera uma classificação de tipo de risco. Esta classificação pode ser caracterizada como verde (risco irrelevante), amarelo (risco moderado), vermelho (risco alto) e púrpuro (risco muito alto). Desta forma, é necessário investigar se de fato há um risco ergonômico e se este é potencialmente prejudicial à qualidade de vida dos operadores. Ver figura 1.

Grupamento Muscular Avaliado	Nível de Esforço		Tempo de Esforço		Esforço por Minuto		Resultado Obtido
	1 - Leve	2 - Moderado	3 - Pesado	1 - 0 a 6 seg	2 - 7 a 20 seg	3 - + de 20 seg	
	D	E	D	E	D	E	
<b>Pescoço</b>							
<b>Costas</b>							
<b>Ombros</b>							
<b>Braços e antebraços</b>							
<b>Punhos, mãos e dedos</b>							
<b>Pernas, joelhos e pés</b>							

<b>GRUPO A Verde</b>		
Outras Combinações		
<b>GRUPO B Amarelo</b>		
123	231	222
132	213	232
213	312	
<b>GRUPO C Vermelho</b>		
223	321	233
313	133	322
<b>GRUPO D Púrpura</b>		
323	331	332
333	X4X ou XX4	

Figura 1. Tabela para avaliação ergonômica pelo método Suzanne Rodgers  
 Fonte: Adaptado de Cruz Filho, (2007, p. 14-17)

Mesmo sendo identificado por meio de visitas, é fundamental realizar um levantamento das opiniões dos operadores, para que o estudo e a proposição de solução sejam corretamente orientados às necessidades dos clientes. Neste caso: os operadores. Uma forma eficaz de levantar os dados referentes às necessidades dos clientes se dá por meio de questionários estruturados, que para Cheng (2007, p.122) “Estes dados devem ser obtidos com amostras de clientes representativas do público-alvo, utilizando levantamentos por questionários”. O mesmo autor destaca que mesmo havendo poucos ou apenas um cliente, a pesquisa deve ser realizada com a população total. Os questionários são uma fonte segura para garantir o atendimento das necessidades dos clientes, além de se tratar, segundo Camp (2002, p.79) “... de um método para garantir que todas as perguntas de interesse sejam documentadas”.

Com as necessidades evidenciadas pelos questionários é possível fazer um projeto conceitual que para Rozenfeld (2006, p236.) é a transformação das informações obtidas no Projeto Informacional em projeto. É o momento em que a equipe busca, cria, representa e seleciona soluções para o problema do projeto. Já Back (2008, p.77), ressalta que “para atingir o propósito da fase são realizadas diversas tarefas que buscam, primeiramente, estabelecer a estrutura funcional do produto.” Comenta ainda que esta atividade envolve a definição da função global e suas subfunções”.

Após definida a função global e suas subfunções é necessário montar a matriz morfológica que visa à busca das várias alternativas para a solução do problema. Segundo Rozenfeld (2006, p249) ela "constitui de uma abordagem estruturada para a geração de alternativas de solução para o problema do projeto, aumentando a área de pesquisa de soluções para um determinado problema de projeto".

Se constatado o problema ergonômico deve-se fazer uso da automação para buscar soluções e/ou para minimizá-los. Para Fialho (2007, p.13) "os automatismos são, em contrapartida, os meios, instrumentos, máquinas, processos de trabalho, ferramentas ou recursos graças aos quais a ação do humano, em um determinado processo, fica reduzida, eliminada ou potencializada".

Para entender a automação é necessário diferenciar o controlador, os sensores e os atuadores. Segundo Silva (2007, p.3) o controlador "é o elemento responsável pelo acionamento dos atuadores, levando em conta o estado das entradas (sensores) e as instruções do programa inserido em sua memória". Já os sensores "são os elementos que fornecem informações sobre o sistema, correspondendo às entradas do controlador". Por fim, os atuadores "são os dispositivos responsáveis pela realização de trabalho no processo ao qual está se aplicando a automação".

Dentro dos controladores destaca-se o CLP pela grande gama de recursos que o mesmo oferece por tanto

O controlador lógico programável é um dispositivo microprocessador concebido para o ambiente industrial, sendo altamente versátil no modo de programação. Entre suas principais funções temos: relações lógicas, matemáticas, números inteiros e binários, ponto flutuante (reais), operações trigonométricas, aritméticas, transporte, armazenamento de dados, comparação, temporização, contagem e sequenciamento. Capelli (2007, p.23)

Para o funcionamento do CLP são necessários sensores que transformam as variações de grandezas físicas em informações para um sistema. Capelli (2007, p129.) ressalta que "esses dispositivos também constituem toda a base da automação, seja ela industrial predial (doméstica) ou comercial".

Para melhor compreensão destes componentes e sua relação faz-se necessário compreender o funcionamento de máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado). Capelli (2007, p.189) as define como.

(...) um computador dedicado ao controle de movimentos dos eixos de uma máquina operatriz. O movimento de cada eixo é traduzido em grandezas numéricas por dispositivos especiais e, então processado pelo CNC, Por sua vez, o CNC é programado com o formato da peça que deve ser usinada, e por meio de interfaces comanda os servomotores para executar os movimentos coordenados.

Várias máquinas possuem um comando numérico. As mais conhecidas são fresas, tornos e retificas. Todos esses equipamentos estão inseridos em um sistema de produção, voltados para a manufatura.

Fresadora é uma máquina operatriz destinada a diversos tipos de usinagem nos mais diversos tipos de materiais, com o movimento simultâneo de sua ferramenta chamado de fresa, com a mesa onde está fixado o material a ser usinado que se denomina de peça.

O torno é uma máquina operatriz destinada à usinagem de peças, onde a mesma é fixada na placa que trabalha em rotação e a ferramenta se desloca no sentido horizontal formando o perfil da mesma.

A retífica é uma máquina destinada ao acabamento de peças, principalmente as que necessitam de tolerâncias apertadas e acabamentos finos através do rebolo que é um aglomerado abrasivo.

Há ainda as operações de usinagem, definidas por Ferraresi (1970, p.25) como

(...) aquelas que, ao conferir a peça, a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação qualquer destes três itens, produzem cavaco. Definimos cavacos, a porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular.

Todos esses equipamentos estão inseridos em um sistema de produção, voltados para a manufatura.

Em um mundo cada vez mais competitivo as empresas estão sujeitas, diariamente, a uma redução no seu percentual de participação no mercado. Por isso, há a necessidade constante de buscarem um melhor planejamento de suas atividades. Entre vários pontos do planejamento está a capacidade de produção. Segundo Moreira (2004, p.149) “chamamos de capacidade à quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos numa unidade produtiva”. Para Hayes (2008, p.101)

(...) a capacidade de produção é geralmente difícil de definir e de ser medida com acurácia, já que representa uma interação complexa de espaço físico, equipamento, taxas de produção, recursos humanos, capacitações do sistema, políticas da empresa e a taxa de confiança dos fornecedores. Como resultado, a capacidade normalmente pode ser alterada de diversas maneiras.

Com relação à capacidade, não se deve esquecer o planejamento se diferencia da prática. Para fins de cálculo, deve-se levar em consideração não apenas a capacidade do projeto, mas sim a capacidade real. Que é o que realmente pode-se produzir.

Segundo Hayes (2008, p.102) “a capacidade real da operação é a consequência de diversos problemas não planejados que a impedem de operar como esperado”. De acordo com o mesmo autor (id., p.132)

A melhor estratégia para uma determinada empresa depende de vários fatores, incluindo o seu tamanho, sua tolerância para com os riscos, a estrutura competitiva de sua indústria e sua habilidade de diferenciar-se naquela indústria (ou alternativamente, em influenciar o comportamento de seus concorrentes). Gerentes podem se iludir ao pensar que seus concorrentes responderão “racionalmente” para um aumento de capacidade antecipada. Ao invés disso, estes concorrentes podem decidir aumentar capacidade e esperar que alguma

outra empresa – um “tolo ainda maior” – reduza sua capacidade ou ainda saia da indústria.

Outro aspecto relevante é a questão da previsão da demanda. Para Moreira (2004, p.317) a previsão da demanda é “um processo racional de busca de informações acerca do valor de um item ou de um conjunto de itens. Tanto quanto possível a previsão deve fornecer também informações sobre qualidade e a localização (lugar onde serão necessários) dos produtos no futuro”.

O que encontramos na indústria atualmente é a questão dos equipamentos serem muito dependentes da operação humana. Mas, por outro lado, existem vários outros pequenos equipamentos que, em conjunto com as máquinas, exercem um papel muito importante na questão da superprodução.

Segundo Hino (2009, p.46) a “superprodução é o pior de todos os desperdícios”. O autor orienta para que as empresas equipem “todas as suas máquinas de alta-rotação com funções automáticas de desligamento”. O mesmo autor (2009, p.47) apresenta

A ideia de Ohno de “automação com um elemento humano” (...) mecanismos que evitassem que máquinas de alta rotação ou velocidade apresentassem defeitos, devido a um dispositivo que as parasse automaticamente quando ocorresse alguma falha de fabricação. Mais tarde, essa noção foi associada à ideia de um “cordão interruptor” para os operários, ao longo da linha de produção. Tais dispositivos evidenciam para todos quais são as etapas do processo que geram mais defeitos e, portanto, tornam possível a condução de investigações rápidas sobre as causas primárias e a implementação de ações preventivas.

Para Paranhos Filho (2007, p.12) “o sistema de produção é a parte mais importante do grupo de atividades de uma empresa, que por esse motivo deve ser administrada para utilizar eficientemente os recursos disponíveis e atingir o objetivo a que se propõe”.

Para melhor análise do sistema de produção é necessário compreender o que é capacidade, que Moreira (2004, p.149) descreve como “quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos numa unidade produtiva, num dado intervalo de tempo”.

Alguns fatores influenciam em sistema de produção. Paranhos Filho (2007, p.196) esclarece que:

O gestor da produção, ao considerar o objetivo da produção, de entrega do produto no prazo e da rápida reação a alterações de volume, necessita gerenciar a capacidade instalada e a estrutura do setor de manufatura, para que por meio de ações dirigidas possa responder à demanda no menor prazo e no menor custo.

Todos os conceitos de produção partem para auxiliar o planejamento estratégico que visa um horizonte de até cinco anos à frente, visando o melhor caminho para a empresa se firmar, bem como aumentar seu espaço no segmento. Baxter (1998, p.99) afirma que “é a parte mais importante e mais difícil” e a “estratégia da empresa que determinara as mudanças necessárias na empresa e serve para monitorar a evolução dessas mudanças”.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a obtenção dos questionários respondidos por 9 operadores das fresadoras CNC, os dados coletados foram compilados em três gráficos apresentando a atual situação do posto de trabalho no setor de usinagem. Os questionários aplicados aos operadores e ao preposto da empresa são apresentados nos quadros 1 e 2 respectivamente.

<b>LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DOS OPERADORES DE FRESADORAS CNC</b>
1) Em um mês, quantas trocas de ferramentas você executa?
2) Algum desconforto já lhe ocorreu durante o alinhamento de uma peça? Qual?
3) Em que momento há a possibilidade de ocorrer um risco de acidente?
4) Qual o acidente é mais frequente?
5) Existe algo relacionado ao alinhamento de peças que o incomoda? O que?
6) Você acredita que a atividade de alinhamento poderia ser melhorada? Isso o auxiliaria no desenvolvimento de suas atividades? [ ] SIM [ ] NÃO
7) O alinhamento de peças influencia sua produtividade?
8) Quantas horas de trabalho, segundo seu conhecimento e experiência, poderiam ser utilizadas para usinagem caso o alinhamento não precisasse ser realizado manualmente?
9) A sua atividade seria menos estressante se a operação de alinhamento fosse eliminada? [ ] SIM [ ] NÃO
10) Você poderia sugerir alguma forma de facilitar o alinhamento de peças?
11) Existe alguma atividade que você poderia realizar com a redução do tempo de alinhamento? Desconsidere o aumento de produtividade.

Quadro 1 – Questionário para levantamento das necessidades dos operadores

Fonte: Autoria própria

<b>LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DA EMPRESA</b>
1) Quais são os indicadores utilizados no processo?
2) Que tipo de controle é empregado?
3) Qual o número de fresadoras utilizadas para usinar blocos de aço de grandes dimensões?
4) Qual o tempo médio para executar a atividade de alinhamento dos blocos de aço?
5) Quantas vezes, em média, são realizadas as atividades de usinagem num mês?
6) No seu entendimento, quais são as principais dificuldades no alinhamento de blocos?
7) A automação desta atividade poderia gerar algum entrave no <i>setup</i> da peça?
8) Qual a maior reclamação dos operadores na preparação dos blocos para usinagem?
9) Há reclamações sobre lesões provocadas pela operação de usinagem?
10) Existe alguma atividade neste processo que poderia ocupar o tempo advindo da redução de <i>setup</i> no alinhamento dos blocos?

Quadro 2 – Questionário para levantamento das necessidades da empresa

Fonte: Autoria própria

No gráfico 1 é possível identificar a quantidade de trocas realizadas por operador no período de um mês e o tempo estimado que poderá ser aproveitado em outras tarefas caso o *setup* seja automatizado.

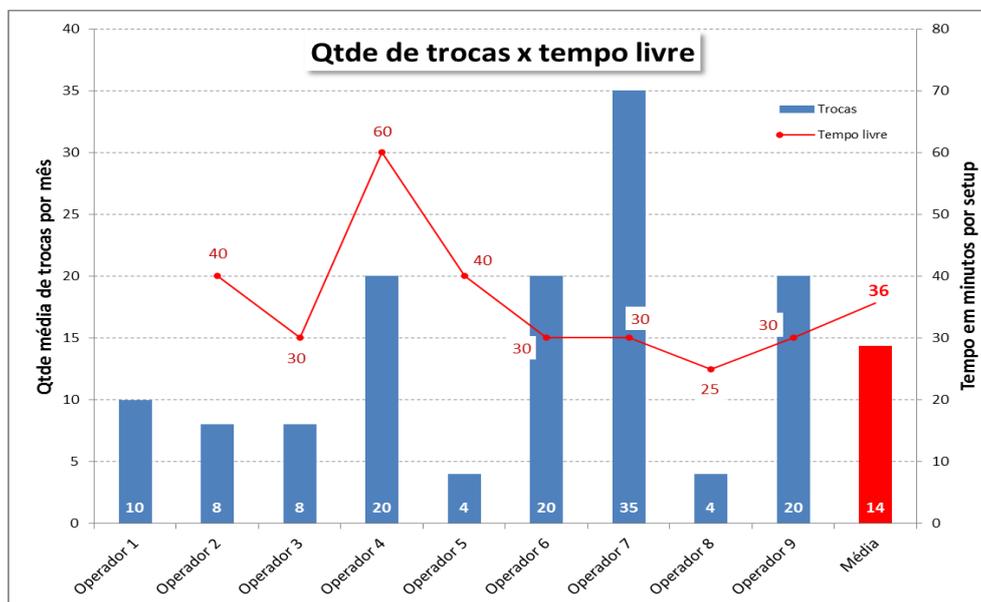


Gráfico 1 - Quantidade de trocas de blocos vs. Tempo livre.  
Fonte: Autoria própria.

No gráfico 2 é possível verificar os principais problemas gerados pela operação de alinhamento - segundo os operadores – e que serão tratados.



Gráfico 2 – Problemas gerados com a operação de alinhamento dos blocos  
Fonte: Autoria própria

O gráfico 3 apresenta o potencial de atividades que poderiam ser executadas com o possível ganho de tempo advindo da automação das atividades no posto de trabalho.



Gráfico 3 – Alternativas para atividades com o ganho de tempo  
Fonte: Autoria própria

Após a obtenção das informações sobre os principais problemas gerados pela operação de alinhamento foi executado um estudo ergonômico para avaliação e análise do posto de trabalho antes da automação. O quadro 1 apresenta o estudo ergonômico realizado pela técnica de Suzanne Rodgers, onde é possível detectar o impacto ergonômico da atividade de alinhamento de blocos de aço nas máquinas operatrizes. É possível verificar que as operações que envolvem o grupamento muscular de ombros, braços e antebraços, punhos, mãos e dedos estão classificadas como rico alto. Isso indica que deverá haver maior estudo das atividades que solicitam mais fortemente esse grupamento muscular.

Grupamento Muscular Avaliado	Nível de Esforço		Tempo de Esforço		Esforço por Minuto		Resultado Obtido	Outras Combinações		
	1 - Leve	2 - Moderado	3 - Pesado	1 - 0 a 6 seg	2 - 7 a 20 seg	3 - + de 20 seg			4 - > 15	1 - 0 a 1
	D	E	D	E	D	E				
Pescoço	1		1		3		113	GRUPO A Verde		
Costas	2		1		3		213	Outras Combinações		
Ombros	3	3	1	1	3	3	313	GRUPO B Amarelo		
Braços e antebraços	3	3	1	1	3	3	313	123 231 222 132 213 232 213 312		
Punhos, mãos e dedos	3	3	1	1	3	3	313	GRUPO C Vermelho		
Pernas, joelhos e pés	1	1	1	1	3	3	113	223 321 233 313 133 322		
								GRUPO D Púrpura		
								323 331 332 333 X4X ou XX4		

Quadro 1 – Estudo ergonômico pelo método Suzanne Rodgers  
Fonte: Adaptado de Cruz Filho, (2007, p. 14-17)

Por fim foi realizada a cronoanálise para levantar os tempos gastos durante a realização do *setup* na fresadora CNC. Desta forma foi possível verificar o gargalo desta operação e que está demonstrado no gráfico 4.

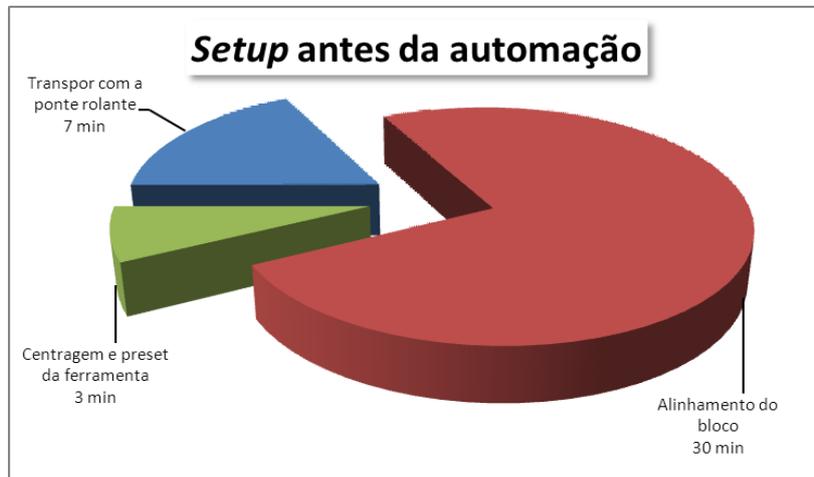


Gráfico 4- Setup antes da automação  
Fonte: Autoria própria

Com as informações obtidas das operações antes da automação, foi possível iniciar o desenvolvimento do produto. Nesta etapa foi realizada a Formulação Neutra, apresentada na figura 1, definindo assim a Função Global do produto. A figura 2 apresenta a Função Global com as entradas de material, energia e sinal e as saídas do sistema.

Cada subfunção do produto pode ser verificada na Modelagem Funcional (figura 3), onde há a ligação de cada entrada à respectiva subfunção e a identificação de cada saída da fronteira do sistema.

Para definição da alternativa de solução de cada subfunção, foi construída uma Matriz Morfológica com os possíveis princípios de solução. Esta matriz proporciona a integração das subfunções, a verificação das restrições físicas e a compatibilidade dos princípios no produto. A Matriz Morfológica é apresentada na figura 4.

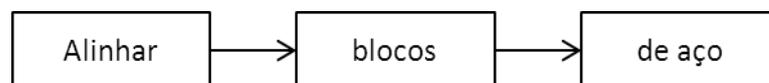


Figura 1 - Formulação Neutra  
Fonte: Autoria própria

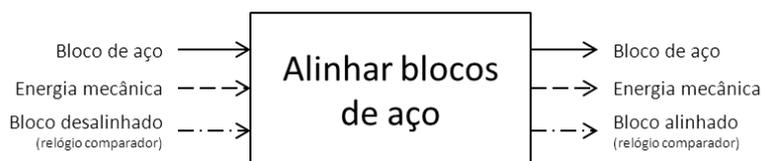


Figura 2 - Função Global  
Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006, p.255)

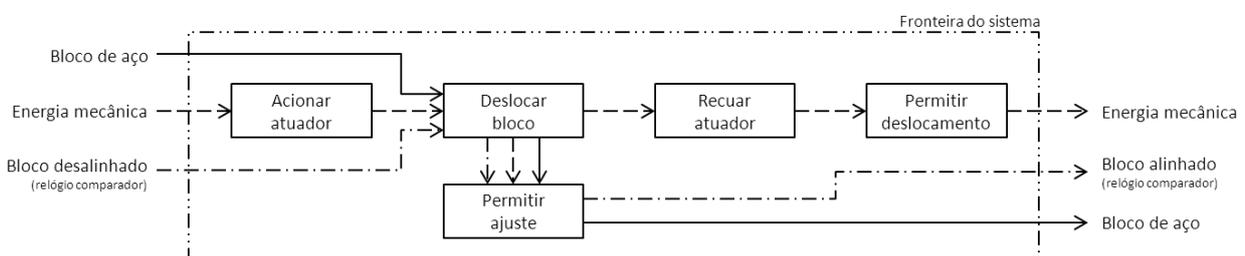


Figura 3 - Modelagem Funcional  
 Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006, p255)

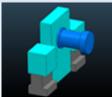
FUNÇÕES	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÕES		
Acionar atuador			
	Bomba manual	Bomba manual Reservatório aberto	Bomba hidráulica-elétrica
Deslocar bloco			
	Atuador dupla ação	Atuador simples ação	Atuador dupla ação Curso longo
Permitir ajuste			
	Válvula manual de agulha		
Recuar atuador			
	Bomba manual	Molas	
Permitir deslocamento			
	Mecanismo de deslocamento		

Figura 4 - Matriz Morfológica  
 Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006,p256)

Com a definição da melhor alternativa de solução apresentada pelo estudo das interações, restrições físicas e combinações de princípios de solução, foi possível modelar virtualmente, utilizando o software CAD (Computer Aided Design) SolidWorks, o sistema de deslocamento do atuador hidráulico do produto. A concepção virtual pode ser observada na figura 5.

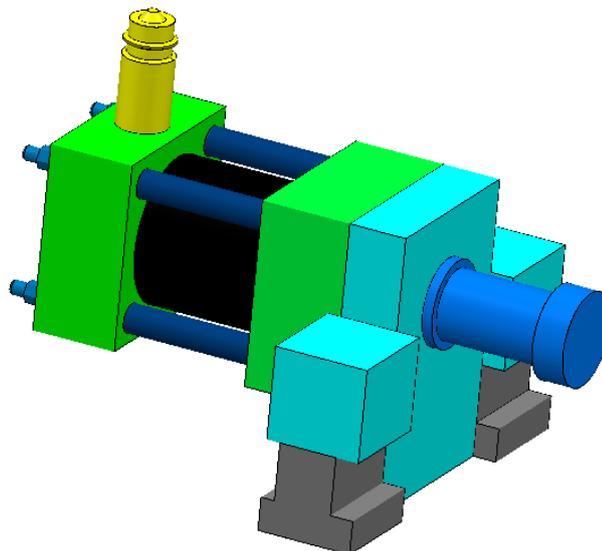


Figura 5 – Protótipo virtual confeccionado no software CAD SolidWorks  
Fonte: Autoria própria

Com base no modelo criado no software CAD foi confeccionado o protótipo físico. A figura 6 apresenta a concepção de construção composta por duas porcas “T” e os êmbolos que foram confeccionados para substituírem os originais do atuador hidráulico. Para a usinagem foram utilizadas seis horas/máquina de uma fresadora CNC e duas horas de processo de furação, gerando um custo total de R\$850,00 (horas de usinagem e custo da matéria prima). O restante do material foi orçado em R\$1.000,00 para o atuador; R\$1.714,37 para a bomba hidráulica; R\$470,65 para a válvula manual de agulha; R\$125,01 para o engate rápido fêmea; R\$130,55 para o engate rápido macho; R\$215,00 para prensar uma mangueira com três metros de comprimento. O custo total do produto foi de R\$4.505,58. A figura 7 apresenta o protótipo do produto.

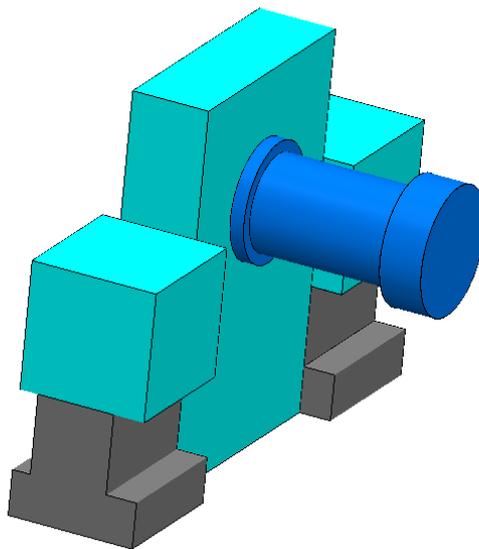


Figura 6 - Porcas “T” e embolo  
Fonte: Autoria própria



Figura 7- Protótipo  
Fonte: Autoria própria

Com a aplicação do protótipo, uma nova cronoanálise foi executada para a obtenção do novo tempo de *setup*. O gráfico 5 apresentam os novos tempos de *setup*. Em complemento foi realizada uma nova cotação ergonômica para reavaliar as atividades sob as novas condições de trabalho após a automação. A nova cotação é apresentada no quadro 2.

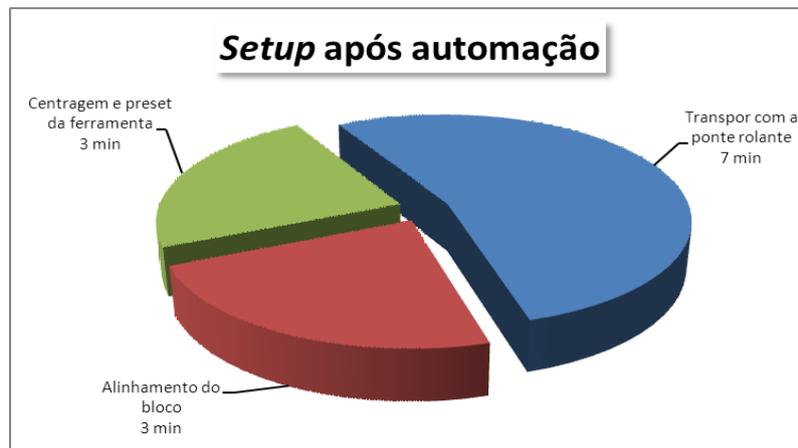


Gráfico 5- Setup após automação  
Fonte: Autoria própria

Grupamento Muscular Avaliado	Nível de esforço		Tempo de esforço		Esforço por minuto		Resultado Obtido
	1 - Leve		1 - 0 a 6 seg		1 - 0 a 1		
	2 - Moderado		2 - 7 a 20 seg		2 - 2 a 5		
	3 - Pesado		3 - + de 20 seg		3 - + de 5		
			4 - > 15		4 - > 15		
	D	E	D	E	D	E	
Pescoço	1		1		3		113
Costas	1		1		3		113
Ombros	1	1	1	1	3	3	113
Braços e antebraços	2	2	1	1	3	3	213
Punhos, mãos e dedos	1	1	1	1	3	3	113
Pernas, joelhos e pés	1	1	1	1	3	3	113

GRUPO A Verde
Outras Combinações
GRUPO B Amarelo
123 231 222
132 213 232
213 312
GRUPO C Vermelho
223 321 233
313 133 322
GRUPO D Púrpura
323 331 332
333 X4X ou XX4

Quadro 02- Novo estudo ergonômico pelo método Suzanne Rodgers  
Fonte: Adaptado de Cruz Filho, (2007, p. 14-17)

A proposta para o Alinhador de Blocos foi concebida com uma automatização puramente hidráulica. Seu funcionamento se dá pela movimentação da alavanca do sistema da bomba manual hidráulica que aciona o atuador hidráulico movimentando o bloco na mesa da fresadora. Para finalização do alinhamento é necessário regular a válvula agulha - posicionada entre a bomba e o atuador hidráulico - regulando o fluxo de óleo e permitindo um deslocamento menor do atuador. Isso permite um avanço controlado aumentando a precisão da operação de alinhamento. A figura 8 apresenta o esquema hidráulico da concepção, e a figura 9 evidencia o princípio de solução obtido a partir da matriz morfológica.

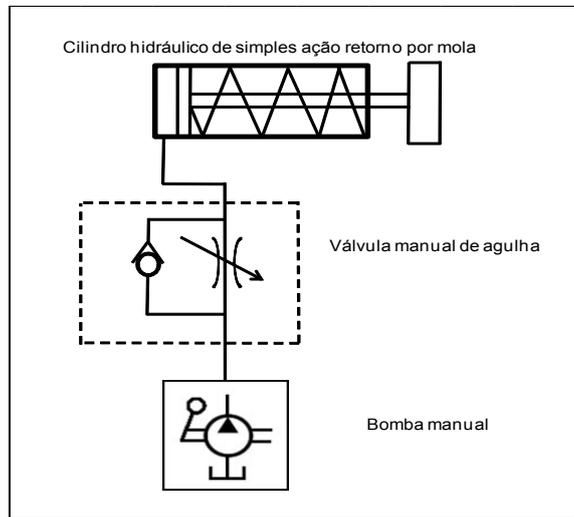


Figura 8 - Esquema hidráulico  
Fonte: Autoria própria

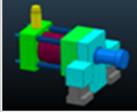
Acionar atuador	 Bomba manual
Permitir deslocamento do bloco	 Atuador simples ação
Permitir ajuste do deslocamento	 Válvula manual de agulha
Recuar atuador	 Mola
Permitir deslocamento do atuador	 Dispositivo de deslocamento

Figura 9- Princípio de solução retirada da matriz morfológica  
Fonte: Autoria própria

O levantamento realizado junto aos operadores sobre os *setups* – apresentados no gráfico 1 - mostra que são realizados, em média, 14 *setups* ao mês por operador. Com a aplicação da automação na operação de alinhamento dos blocos é possível obter uma redução de 3.402 minutos na operação de alinhamento dos blocos de aço. No gráfico 6 é possível verificar a redução de 27 minutos entre a cronoanálise dos tempos anteriores e os posteriores à automação, ou seja, 56,7 horas/mês. Com base no valor médio da hora/homem do fresador CNC de R\$15,00, é gerada uma economia de R\$10.206,00/ano.

Em complemento, foi realizado um estudo para determinar a quantidade ideal de alinhadores de blocos para atender a demanda da empresa. Considerando 14 *setups* e cinco máquinas de grande porte - onde o alinhador de blocos de aço será utilizado -, calcula-se um total

de 70 *setups*/mês/turno. Este montante dividido em 22 dias úteis de trabalho geram 3,18 *setups*/dia/turno, demonstrando que apenas um dispositivo atende a demanda. Por outro lado, podem ocorrer situações em que duas máquinas executem essa atividade ao mesmo tempo. Assim, é sugerido à empresa, por questões de segurança, que o ideal seria utilizar dois dispositivos, gerando um custo em investimento na ordem de R\$ 9.017,16.

Por fim, com a economia de 56,7 horas/mês, ao final de um ano serão acumuladas 608,4 horas, que considerando o valor da hora/máquina de R\$100,00, possibilitará uma redução nos gastos de R\$ 68.040,00.

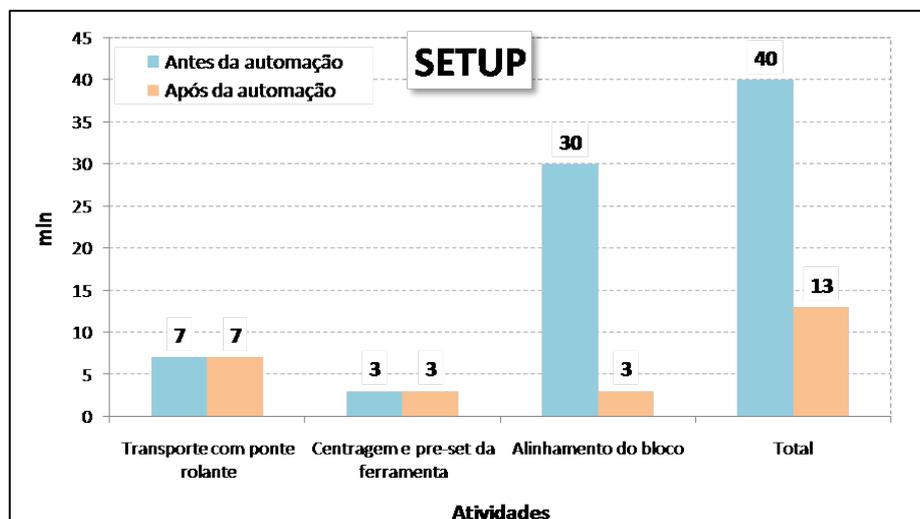


Gráfico 6- Setup  
Fonte: Autoria própria

## 5. CONCLUSÃO

Com a realização do estudo, observou-se o grande volume de troca de peças realizadas mensalmente, e conseqüentemente, o tempo despendido para tal atividade. Também foi identificado que a realização do alinhamento dos blocos de aço causa alto impacto ergonômico, estes inerentes à operação manual de alinhamento.

Pode-se concluir que a implantação do dispositivo automatizado contribui significativamente para a redução do tempo de *setup*, ou seja, é possível reduzir em média 56,7 horas por mês, significando uma economia de R\$ 10.206,00/ano à empresa. As condições ergonômicas também são favorecidas com a utilização do equipamento, reduzindo os níveis de esforço empregados na atividade, gerando maior qualidade de vida aos empregados, diminuindo a probabilidade de possíveis doenças ocupacionais além de possíveis acidentes de trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

BACK, Nelson. **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

- BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**: Guia pratico para o design de novos produtos. 2º .Ed São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- CAMP, Robert C. Benchmarking- O Caminho da Qualidade Total. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 3ª edição, 2002
- CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial**: controle do movimento e processos contínuos. 2º. Ed São Paulo: Érica, 2007
- CHENG, Lin Chih e MELO FILHO, Leonel Del Rey de. QFD – **Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 2007.
- CORRÊA, Henrinque L. e CORRÊA, Carlos A. **Manufatura e serviços**: uma abordagem estratégica. 2º. Ed São Paulo: Atlas, 2009.
- FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Blucher, 1970.
- FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Hidráulica**: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 5º. Ed São Paulo: Érica, 2007.
- HAYES, Robert,... [et al]. **Produção, Estratégia e Tecnologia**/Em Busca da Vantagem Competitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- HINO, Satoshi. **O Pensamento Toyota**: Principios de Gestão Para um Crescimento Duradouro. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia**: projeto e produção. 2º São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- PARANHAS FILHO, Moacir. **Gestão da Produção Industrial**: Curitiba: Ibplex, 2007.
- ROZENFELD, Henrique. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de Automação Industrial**. Acessado em 07/06/2012 as 12h15min no site: <http://pt.scribd.com/doc/3020515/Apostila-Automacao-Industrial>