

# PROSPECÇÃO DE OPORTUNIDADES PARA A OTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE USINAGEM NA PEQUENA E MÉDIA EMPRESA EM SÃO CARLOS / SP

**Tobias Heymeyer**<sup>1</sup> (autor para correspondência)

**João Fernando Gomes de Oliveira**<sup>2</sup>

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Dep. de Eng. de Produção

Instituto Fábrica do Milênio – Av. do Trabalhador São-carlense, 400 – Centro

CEP: 13566-590 São Carlos – SP Fone: 0xx16 3373 9438 Fax: 0xx16 3373 9402

E-mail: th@sc.usp.br<sup>1</sup>, jfgo@sc.usp.br<sup>2</sup>

**Resumo:** *Operações de usinagem viabilizam a construção de máquinas e equipamentos que proporcionam bem estar e a evolução sociedade. Com o estudo das tecnologias e a adequação dos sistemas de produção ao paradigma “desenvolvimento sustentável”, é possível discutir as operações de corte com ferramentas de geometria definida e oferecer suporte ao desenvolvimento destes processos nas pequenas e médias empresas (PME). O acesso ao conhecimento e à tecnologia leva ao fortalecimento da empresa através dos ganhos de competência e competitividade. Na pesquisa aqui apresentada foi possível conhecer e avaliar as instalações e o corpo técnico de onze empresas (PME), com processos de usinagem, no município de São Carlos, São Paulo. A organização dos dados permite a construção de um cenário onde são evidenciados potenciais e carências, permitindo na etapa seguinte, eleger em uma das empresas um processo de torneamento que, recebeu intervenções para melhor desempenho nos aspectos social, ambiental e econômico. Os resultados alcançados proporcionaram aumento da produção com melhor qualidade das peças e confiabilidade do processo, economia de aço e o gerenciamento do fluido de corte.*

**Palavras-chave:** *usinagem, tecnologia, desenvolvimento sustentável, pequena e média empresa (PME), processos de fabricação.*

## 1. INTRODUÇÃO

Pesquisadores do Laboratório para a Otimização dos Processos de Fabricação (OPF), ligados às propostas do Instituto Fábrica do Milênio adotam como tema de estudos as direções futuras para os processos de usinagem considerando o desafio para a indústria: a mudança de paradigmas para o “desenvolvimento sustentável”.

O conhecimento organizado deve viabilizar uma nova abordagem para os processos na pequena e média empresa (PME). As carências e vulnerabilidade de empresas deste porte são senso comum, ao avaliar os dados da literatura verificam-se os fatores que tornam fundamental a interação.

Segundo SEBRAE<sup>(1)</sup> as PME, em conjunto, são 99,2 % do número de empresas formais e geram 57,2% dos empregos no Brasil. Em todo mundo mais de 90% das empresas pertencem a esta classe UNEP<sup>(2)</sup>; WCED<sup>(3)</sup>. Estima-se que as PME podem contribuir com até 70% da poluição industrial Hillary<sup>(4)</sup>; UNEP<sup>(2)</sup>; WCED<sup>(3)</sup>. Os impactos ambientais a elas relacionados crescem assim como a sua importância econômica UNEP<sup>(2)</sup>.

Ao levar o conhecimento e implementar tecnologias acessíveis ao pequeno empreendedor manifesta-se a proposta de contribuir para a superação dos desafios apresentados ao desenvolvimento da sociedade industrial.

## 2. A NOVA ABORDAGEM

Enunciado como “O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” WCED<sup>(3)</sup> seu entendimento é organizado por Manzini e Vezzoli<sup>(5)</sup> que propõe três premissas básicas:

- A sociedade deve compreender que sua vida e as futuras gerações, dependem dos sistemas naturais do planeta, da sua qualidade e capacidade produtiva (alimentos, matérias-primas e energia).
- As condições sistêmicas nas esferas regionais e planetária, devem considerar a resiliência (capacidade de um ecossistema sofrer uma ação negativa sem perder de forma irreversível do equilíbrio) e o seu capital natural (conjunto de recursos não renováveis e das capacidades sistêmicas do ambiente de reproduzir os recursos renováveis).
- A premissa ética na qual cada indivíduo (incluindo as gerações futuras), tem direito à mesma disponibilidade de recursos naturais do globo terrestre.

### *Ecologia industrial e desmaterialização*

Em sua obra “O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis” os autores enfatizam que as novas soluções são diferentes de soluções de paradigmas anteriores adaptadas a uma nova condição. Para que sejam adequadas ao novo paradigma devem resultar de transformações culturais e tecnológicas. Quando apontam apenas uma dimensão da inovação (mudança tecnológica ou cultural) tornam-se mais difíceis de serem implementadas como soluções para o desenvolvimento sustentável.

Para conservar a qualidade ambiental e perpetuar as atividades humanas é necessário que as atividades de extração e descarte não resultem em degradação ambiental. Para tanto convém compreender os biociclos (integrados ao máximo aos ciclos naturais) e os tecnociclos (processos tecnológicos fechados em si), tendendo a não-interferência ao conjunto dos processos naturais.

A biocompatibilidade sugere um sistema de produção e consumo de recursos renováveis (respeitando os limites da produtividade dos sistemas naturais) e a reintegração ao ecossistema com a capacidade de reconduzir às substâncias naturais iniciais. Um objetivo que não pode ser atingido nem de forma teórica a não-interferência remete a um sistema de produção e consumo fechado, que reutiliza e recicla todos os materiais, formando ciclos autônomos em relação aos ciclos naturais. A não-interferência pode ser proposta em uma alta densidade de atividades produtivas, com consumo e fluxos de matéria, energia e resíduos que devem ser tratados e integrados entre si em ciclos fechados. Quanto maior o fluxo de matéria e energia maior será a dificuldade de torná-lo biocompatível ou fechá-lo em seu ciclo. Reduzindo o fluxo de matéria e energia no sistema é possível colocar em ação um processo de “desmaterialização”.

Para Manzini e Vezzoli<sup>(6)</sup> assim como Seliger<sup>(7)</sup> o processo de desmaterialização da demanda social por bem-estar requer novas soluções e combinações entre demanda e oferta dos produtos e serviços. Cada uma das novas soluções será caracterizada por diferentes graus de inovação no plano técnico e, ou no plano sócio-cultural.

Manzini e Vezzoli<sup>(5)</sup> definem ecologia industrial como a integração de processos industriais distintos que resulta em impacto ambiental tendendo ao nulo e desmaterialização como uma drástica redução no número e na intensidade material dos produtos e serviços, colocando estes conceitos como fundamentais no percurso para o “desenvolvimento sustentável”.

### *A Produção Mais Limpa (P+L)*

A mais conhecida direção da indústria para as questões ambientais é a certificação dos “sistemas de gestão ambiental” (SGA) regulamentada no Brasil pela norma NBR ISO 14 001 (ABNT)<sup>(8)</sup>. A normalização dos sistemas de gestão, interessante às questões ambientais, proporciona estrutura metodológica sem a garantir a mudança dos paradigmas de produção pois não normaliza o desempenho ambiental dos processos.

A ferramenta para o desenvolvimento sustentável “Produção Mais Limpa” (P+L) tem uma rede global de mais de 300 organizações dedicadas à difusão e a aplicação de suas técnicas, que podem ser aplicadas isoladamente a cada processo ou serviço, possibilitando à empresa a adequação progressiva e de maneira simplificada podendo convergir para a certificação (SANTOS)<sup>(9)</sup>. Sua

definição é: “A aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva a processos, produtos e serviços, com a finalidade de aumentar a eficiência e reduzir riscos aos seres humanos e ao meio ambiente”.

Para aplicar os princípios da “Produção Mais Limpa” UNEP IE<sup>(10)</sup> relaciona cinco aspectos do processo: a tecnologia, a execução do processo, matérias primas e insumos, o produto e a última, resíduos e emissões. Na abordagem do processo são sugeridos pontos de ação para a aplicação das técnicas relacionadas: mudança tecnológica, alteração do produto, boas práticas “housekeeping”, mudança nos insumos do processo e a reutilização e reciclagem interna para a empresa.

### 3. O TRABALHO DE CAMPO

O desenvolvimento de uma abordagem para a interação com as PME pretende captar as necessidades e carências tecnológicas nos processos de usinagem, disseminar o conhecimento e transferir tecnologia. A proposta é conduzir ao melhor desempenho da indústria, torná-la mais competitiva, reforçando seu papel de gerar produtos e serviços revertidos em bem estar social.

O parque industrial é pesquisado para a composição de um cenário e com o panorama é possível selecionar uma empresa e dentro dela um processo que deve receber intervenção. Com os resultados é possível aferir a abordagem proposta viabilizando a para novos processos e diferentes empresas.

A discussão dos conceitos que fundamentam o trabalho conduz à interpretação de cada processo como o sistema que deve ser monitorado, com as suas entradas e saídas controladas. As metas são reduzir o consumo de insumos (matéria e energia) e produzir mais, com melhor qualidade em menor tempo. Os resíduos não podem gerar impactos ambientais e minimizados devem ser dirigidos a uma nova cadeia de produção (reciclagem). Um esquema ilustrativo é apresentado na Figura 1.

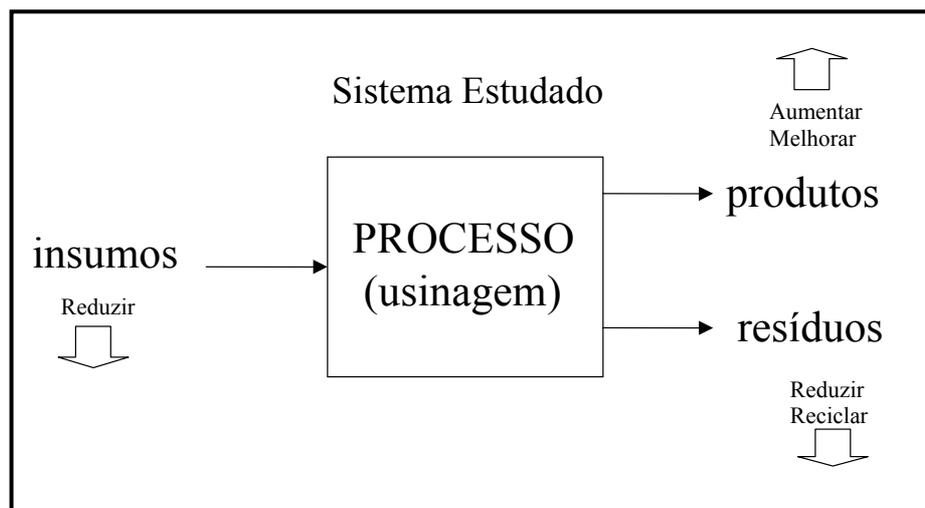


Figura 1 - Sistema adotado para análise do processo e as metas.

Para o desenvolvimento dos trabalhos, e sua fácil reprodução nos diferentes contextos um roteiro de atividades é descrito a seguir: selecionar o grupo amostral; obter informações, organizar e construir o cenário; verificar oportunidades de intervenções em ações pontuais; eleger o processo que receberá as intervenções; planejar os experimentos; executar os experimentos; organizar dados e avaliar resultados.

As diretrizes para o trabalho de campo são: as empresas serão identificadas por códigos e as informações de uso restrito a este estudo os dados são organizados e discutidos por uma equipe de pesquisadores do laboratório OPF; a direção da empresa deve eleger alguns processos como potenciais elementos de estudo as intervenções devem respeitar as prioridades e o planejamento da produção; valorização de todos os envolvidos nas atividades com flexibilidade e respeito a limites; obter resultados significativos em ações pontuais e reproduzi-los em novos processos; abordar um processo onde a escala de produção proporcione resultados expressivos.

### Início das atividades

Ao selecionar o grupo amostral no conjunto das micro, pequenas e médias empresas (PME), com processos de fabricação empregando a usinagem convencional é possível envolver onze empresas com disposição para interagir e competências orientadas aos interesses do estudo, obter informações e construir o cenário, tem início ao conhecer o corpo técnico e a área de fabricação, sendo possível analisar o perfil industrial e o contexto em que está inserida a usinagem. Na coleta de informações constam dados gerais da empresa como, ramo, porte e segmento de mercado. Os dados específicos são organizados em quatro grupos: materiais e operações, máquinas e processos, ferramentas de corte e auxiliares de processo (fluidos de corte). Cabe observar que em todas as empresas onde a equipe de pesquisa “OPF” esteve, foi grande a receptividade e disposição em colaborar com o estudo e que o representante técnico da empresa (independente do cargo) é quem responde as perguntas.

Através da visualização da situação em estudo torna-se possível verificar as possibilidades de ações pontuais resultarem em ganhos mensuráveis. Nesta etapa uma empresa de usinagem, com lotes de produção de milhares de unidades e contando com o envolvimento da direção passa a receber visitas nas quais são identificados potenciais ganhos nos processos de torneamento em máquinas com comando numérico computadorizado (CNC).

No primeiro contato são efetuadas duas contribuições: demonstrações da importância de utilizar toda a gama de rotações da máquina (velocidades de corte maiores) e ativar o comando de velocidade de corte constante (melhor formação do cavaco, desempenho da ferramenta e qualidade da superfície produzida).

Em conjunto com o corpo técnico da empresa é determinado como objetivo da interação, a redução do tempo de usinagem, que deve ser alcançada através da exploração dos parâmetros de corte e emprego de ferramentas mais adequadas, proporcionando aumento de capacidade produção e a discussão dos conceitos do corte de metais e desempenho das ferramentas.

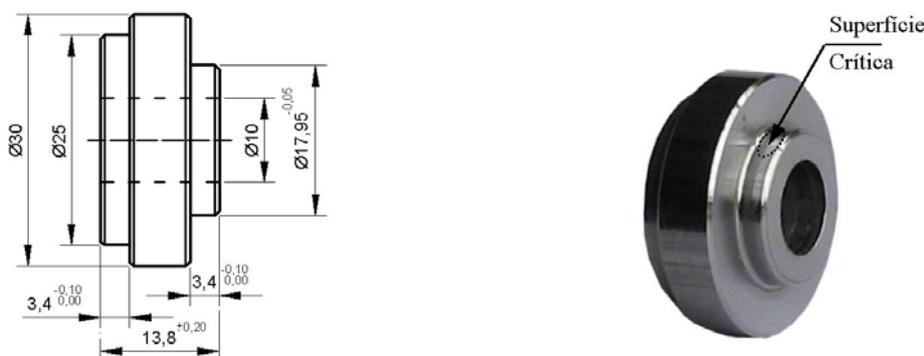


Figura 2 - Detalhes da peça em estudo.

A Figura 2 apresenta os detalhes da peça cujo processo de torneamento recebe intervenção. Uma superfície de acoplamento cilíndrica o diâmetro de 17,95 mm, limitado por tolerância de 0,05 mm é considerada superfície crítica, de produção lenta e sujeita a variações, exige verificações e ajustes constantes. O material da peça, aço ABNT 1020, oferece dificuldades ao controle da uniformidade na qualidade superficial e formação do cavaco. O processo é especialmente interessante por seu histórico de produção anual de cem mil peças.

Ao planejar os experimentos é possível empregar os conceitos do novo paradigma de produção no processo de usinagem. Utilizando fundamentos das técnicas de “Produção Mais Limpa” o processo, tratado como um sistema, deve ganhar eficiência e controle, com melhor desempenho nos aspectos econômicos, sociais e ambientais. Para ampliar o efeito da ação são adotados três focos experimentais distintos: a tecnologia de usinagem, a economia de recursos e a cadeia de resíduos.

Os dois primeiros são realizados na empresa como ensaios de usinagem, avaliando os tópicos, redução do tempo de ciclo de produção da peça, estudo da influência da variação dos parâmetros de corte, vida da aresta (tempo de corte) e observação de desempenho do equipamento.

O foco experimental abordando a tecnologia de usinagem conduz ao desenvolvimento dos conhecimentos para a usinagem da superfície crítica estudada. Com a contribuição da assistência técnica do fabricante é adotado um inserto para facear (triangular com aresta aguda) que deve executar o desbaste em apenas um passe, buscando a redução do tempo de corte e confiabilidade para a operação. A Figura 3 ilustra o inserto triangular em operação.

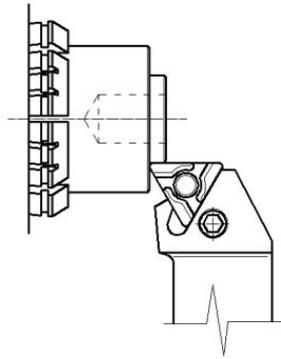


Figura 3 - Desbaste em passe único.

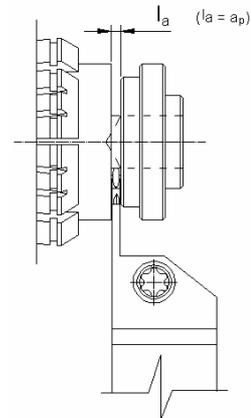


Figura 4 – Corte da peça com largura “ $l_a$ ”.

A Figura 4 ilustra o segundo foco experimental a economia de recursos. Ao cortar a peça, a largura do inserto de corte “ $l_a$ ” determina a quantidade de material perdido nesta operação. Com a redução de três para dois milímetros, é possível diminuir a perda no corte em 33% e o consumo de aço em 6% (matéria prima), proporcionando ganhos econômicos e ambientais. O experimento verifica a capacidade de uma ferramenta menos robusta suportar as condições de corte da peça e operações de torneamento. A sua viabilidade econômica é determinada pela vida da aresta de corte. Na transição a primeira verificação é com um inserto de dois milímetros e meio, para a posterior montagem do inserto de largura “ $l_a$ ” dois milímetros.

O terceiro foco experimental, com a proposta de regularizar a cadeia de resíduos, é o tratamento e caracterização do fluido de corte na fase de descarte, sendo executado no Laboratório de Resíduos Químicos, que serve o campus da Universidade de São Paulo em São Carlos, sob orientação do especialista em tratamento de efluentes, do fabricante do fluido de corte. A parceria proporciona o conhecimento e a garantia de não existirem, no material tratado, substâncias determinadas como tóxicas pelas agências reguladoras. Realizados em escala laboratorial, os experimentos tem como objetivos, registrar os procedimentos, avaliar viabilidades e caracterizar os resíduos.

O fluido de corte adotado para os ensaios é do tipo sintético. O composto a base de “polialquilenol glicol” (PAG), oferece excelente refrigeração e boa lubrificação nas operações de corte, baixa toxicidade para o operador, é reciclável e seu tratamento não oferece dificuldades.

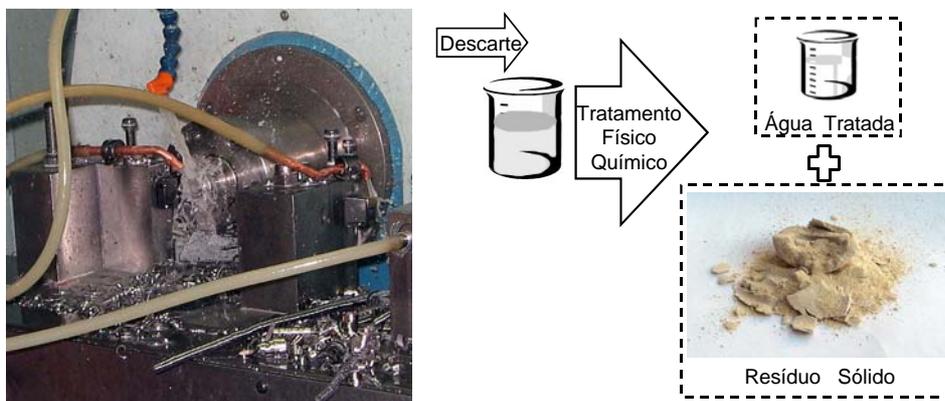


Figura 5 - O fluido de corte em operação e os resíduos após o tratamento.

A Figura 5 mostra o fluido em operação e os resíduos após o tratamento. Com o tempo de operação de um mês, o fluido é submetido a tratamento (físico-químico), que é a quebra da solução (quebra ácida) e a separação dos metais pelo processo de precipitação. A água numa proporção maior que 95%, e o resíduo sólido, são então encaminhados para a caracterização.

Este foco experimental pretende evidenciar a importância de adoção dos procedimentos adequados para o descarte dos fluidos de corte. A caracterização tem o propósito de verificar a contaminação por metais (toxicidade). Para a água, critérios são estipulados por padrão do artigo 18 da Lei Estadual nº 997, de 31 de maio de 1976, e para o resíduo sólido a classificação segue a norma NBR 10.004.

A execução dos experimentos conta com a colaboração das empresas parceiras do laboratório OPF que oferecem suporte técnico e doam os materiais empregados. O fabricante de ferramentas fornece insertos e seus respectivos suportes, enquanto outro parceiro fornece o fluido de corte e os produtos para o tratamento após o descarte.

#### 4. RESULTADOS

Os resultados, que podem ser verificados com maiores detalhes em Heymeyer<sup>(11)</sup>, permitem visualizar os ganhos econômicos, ambientais e sociais, além de quais itens, na composição do custo da peça, são os que mais oneram a produção, merecendo investimento da empresa.

Em uma apresentação inicial do cenário as empresas são de capital nacional, sólidas, com boa posição de mercado e carteira de clientes estabelecida. Referenciadas através das letras de A até K tem seu perfil apresentado pela Tabela 1.

Tabela 1 Perfil das empresas de A até K envolvidas no estudo.

	Ramo	Assistência Técnica <sup>(1)</sup>	Máquinas CNC <sup>(2)</sup>	Ferramentas sofisticadas <sup>(3)</sup>	Engenheiros	Técnicos	Funcionários	Faturamento anual <sup>(4)</sup>
<b>A</b>	Máquinas e Automação	sim	4	sim	8	15	75	Média
<b>B</b>	Automação e Ferramentas	sim	5	sim	1	6	60	Média
<b>C</b>	Usinagem	sim	4	sim	2	2	35	Pequena
<b>D</b>	Equipamento industrial	sim	4	sim	4	4	55	Média
<b>E</b>	Equipamento de saúde	sim	4	sim	25	15	200	Média
<b>F</b>	Máquinas	sim	6	sim	9	7	150	Média
<b>G</b>	Máquinas e Automação	sim	1	sim	4	4	35	Média
<b>H</b>	Máquinas e Ferramentas	sim	5	sim	não	30	56	Média
<b>I</b>	Usinagem e Manutenção	sim	não	sim	1	3	9	Micro
<b>J</b>	Usinagem e Máquinas	não	não	sim	não	não	7	Micro
<b>K</b>	Ferramentas	não	não	não	não	não	3	Micro

<sup>(1)</sup> assistência técnica para máquinas, ferramentas e fluidos de corte; <sup>(2)</sup> número de máquinas com controle numérico computadorizado (CNC).

<sup>(3)</sup> emprego de insertos recobertos na usinagem; <sup>(4)</sup> segundo o Estatuto da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte.

Ao analisar os dados, predominam empresas de médio porte que segundo SEBRAE<sup>(12)</sup> tem faturamento anual superior a R\$ 2.133.222,00 (dois milhões, cento e trinta e três mil, duzentos e vinte e dois reais). Uma é classificada pequena e três são microempresas com receita bruta anual igual ou inferior a R\$ 433.755,14 (quatrocentos e trinta e três mil, setecentos e cinquenta e cinco reais e quatorze centavos). Se o critério for o número de empregados três são microempresas, seis são pequenas (20 a 99 empregados) e duas médias (100 a 499 empregados).

É significativo o emprego de máquinas CNC (comando numérico computadorizado), ferramentas do tipo inserto recoberto, além de contar com o suporte de assistência técnica para as máquinas, ferramentas e fluidos de corte. A qualificação da mão de obra é outra qualidade destas empresas, o que as torna propícias para absorver novas tecnologias e contextos de produção.

Como aspecto relevante, em mais da metade das empresas relacionadas as circunstâncias e oportunidades não priorizam a usinagem como foco dos negócios e sendo área de suporte recebe menor atenção. Ao visitar as oficinas observa-se uma postura bastante conservadora em relação aos aspectos da usinagem e fica evidente que, com o devido suporte, estes processos podem ser conduzidos a patamares mais elevados de qualidade e produtividade.

No emprego de fluidos de corte, verifica-se a carência de conhecimento. Como aspecto positivo, está a preocupação com a saúde do operador, refletida no emprego de fluidos de corte sintéticos, mas a aplicação é sempre abundante, e nenhuma empresa executa a usinagem, com a aplicação de mínima quantidade de fluido (MQF). Cuidados com a manutenção do fluido em operação como filtragem ou emprego de aditivos não são procedimentos comuns. A Tabela 2 evidencia a situação.

Tabela 2 Fluidos de corte nas empresas de A até K.

	Tipos	aplicação	MQF	Armazenamento	Filtragem	Aditivação	Critérios descarte	Disposição final
A	sintético	abundante	não	80 litros almoxarifado	não	não	vida em meses	•
B	•	abundante	não	•	sim	não	•	•
C	sintético	abundante	não	200 litros oficina	não	não	visual	em estudo
D	sintético	abundante	não	80 litros almoxarifado	não	não	visual	•
E	sintético	abundante	não	•	não	não	•	•
F	sintético	abundante	não	200 litros almoxarifado	não	não	vida em horas	segundo legislação
G	mineral e sintético	abundante	não	50 litros almoxarifado	não	não	visual	•
H	sintético semi sint.	controlada	não	400 litros almoxarifado	não	não	verificação periódica	empresa especializada
I	mineral e sintético	abundante	não	60 litros almoxarifado	não	não	desempenho e contaminação	empresa especializada
J	sintético	abundante	não	20 litros	não	não	em estudo	em estudo
K	mineral e sintético	abundante	não	20 litros	não	não	visual	•

• O representante da empresa desconhece ao responder o questionário durante a visita.

### Tecnologia de usinagem

O inserto triangular com aresta aguda para facear (TNMG 16 04 08 L-K) viabiliza o desbaste em passe único e permite a redução do tempo de corte. O ciclo de produção da peça passa de 41 para 32 segundos, com a qualidade desejada (dimensão e acabamento), confiabilidade (processo estável) e cavaco adequado (espiral curto). O custo da hora máquina é superado apenas pelo custo do aço. A maior confiabilidade do processo e a redução do tempo de corte resultam em significativa redução do custo de fabricação. O desempenho do torno recebe boa avaliação, proporcionando repetibilidade e produção nas condições de tolerâncias e acabamento determinadas, com vibrações e ruídos dentro dos padrões normais de operação, não sendo possível trabalhar em regime de potência máxima em função do acabamento gerado com avanço superior a 0,15 mm/rotação.

No cálculo dos tempos de corte fica evidenciado que o tempo consumido na usinagem é inferior à metade do tempo de ciclo de produção da peça (32 segundos), portanto o deslocamento do carro porta ferramentas caracteriza-se como grande consumidor de tempo. A redução dos espaços tidos como segurança pode resultar em ganhos econômicos, considerando, que a redução do tempo de 9 segundos registrada nos ensaios, proporciona economia de R\$ 0,0362 por peça, abaixando o custo da hora máquina para R\$ 0,1295. No lote de cem mil peças representa uma economia de R\$ 3.620,00, aproximadamente 0,25 % do faturamento anual da empresa.

### Economia de recursos

Ao analisar o desempenho do inserto de corte com largura “l<sub>a</sub>” dois milímetros, o tempo de vida 37 minutos, indica que o processo ocorre dentro das características determinadas pelo catálogo do fabricante, onde respeitados os parâmetros especificados, a duração aceitável de uma aresta pode variar entre 15 e 40 minutos.

Avaliando o tempo de vida da aresta e a qualidade das peças produzidas é possível concluir que o corte da peça deve ser realizado com um inserto o mais fino o possível, respeitadas as limitações de custo e confiabilidade. No processo adotado para os ensaios, o inserto para corte executa operações de sangramento (canal), cilindrar e chanfrar. Considerando que esta é a ferramenta de maior custo e os ganhos relativos à redução da espessura de corte, fica evidenciado, que o processo ao ser desenvolvido, deve privilegiar a operação de corte. Ao efetuar o balanço de custos verifica-se que o custo de aresta por peça usinada é de R\$ 0,0727 e pode ser reduzido para o R\$ 0,0365 se for empregado apenas para efetuar o corte da peça. A economia de aço em 1 mm de largura de corte é R\$ 0,0204 e reduzindo a espessura de corte para 1,5 mm pode proporcionar economia de R\$ 0,0306 por peça. O custo do aço por peça, somado a 3 mm de largura de corte é R\$ 0,3427. A ordem de grandeza é para a produção anual de cem mil peças.

#### *Tratamento*

Ao analisar os procedimentos experimentais e os custos do tratamento conclui-se que esta é uma solução viável para as empresas, equilibrando a cadeia de resíduos e melhorando o desempenho ambiental do processo. Convém observar que o tratamento pode ser empregado a todos os fluidos de corte a base de água. As três alternativas apresentadas tem a função de explicitar que o tratamento pode ser ajustado para adequar a água e a parte sólida resultantes à destinação desejada.

#### *Caracterização*

Através da caracterização verifica-se na análise da água que as três alternativas de tratamento são eficazes. Os resultados da concentração de metais estão abaixo dos valores admitidos (artigo 18 Lei Estadual n° 997, de 31 de maio de 1976).

O resíduo sólido decantado, após a filtração tem massa em proporção de 2 kg para 200ℓ de fluido de corte tratado, as concentrações de metais evidenciam o caráter de resíduo classe 1 (perigoso; toxicidade) segundo a norma ABNT-NBR 10.004.

O fluido analisado esteve apenas um mês em operação (perspectiva de até dois anos) apresentando contaminação por zinco resultante da usinagem de latão o ferro e o manganês são provenientes do aço.

A disposição destes resíduos deve ser em um aterro industrial, esta solução porem é pouco interessante. As barreiras não são os custos mas a quantidade mínima de uma tonelada e principalmente que, mesmo no aterro, o resíduo continua sendo de responsabilidade do gerador. A reciclagem é a alternativa que deve ser explorada, no caso do fluido de corte empregado o polialquilenoglicol (PAG), o sólido resultante do tratamento pode retornar como insumo para a cadeia de fabricação de “glicóis”.

## **5. CONCLUSÕES**

Com este trabalho foi possível confirmar a importância de oferecer suporte para a pequena e média empresa (PME) como é enfatizado por Hillary<sup>(4)</sup>, UNEP<sup>(2)</sup> e WCED<sup>(3)</sup>. Envolver estas empresas é fundamental para reverter o processo de degradação dos sistemas naturais, podendo ocorrer em um salto de qualidade do sistema produtivo que com novos valores, gera produtos e serviços com maior competência, preservando recursos e controlando resíduos para serem reabsorvidos como insumos em um ciclo fechado.

Os experimentos permitem verificar a eficácia da abordagem proposta. Ao escolher um processo com a proposta de inserir conhecimento e tecnologias é possível obter ganhos que vão da eficiência econômica a melhor condição social e preservação do meio ambiente. O processo tratado como sistema (Figura 1), teve menor consumo de insumos, ganhou produtividade e confiabilidade, com seus resíduos minimizados, tratados e destinados corretamente. A divisão em focos experimentais possibilita a análise da ação que estendida a outros processos multiplica seu efeito.

O primeiro foco experimental, a tecnologia de usinagem permite a inserção dos conceitos de usinagem e o corpo técnico adquire repertório para operar o equipamento com maior competência. Com uma ferramenta de catálogo é possível ganhar produtividade e confiabilidade. Os ensaios com o inserto triangular de aresta aguda, proporcionaram menor custo de fabricação e peças produzidas

fora das especificações. Estas vantagens levam a empresa a adotar este tipo de inserto em outros processos. Ao reduzir o tempo de produção da peça é possível analisar quais etapas merecem desenvolvimento e a dimensão dos ganhos. Transparência é um ganho relevante na racionalização de recursos e fundamental para reduções drásticas de consumo e perdas de processo.

O segundo foco experimental, a economia de recursos, apresenta dois aspectos técnicos relevantes. No primeiro aspecto a operação de uma ferramenta menos robusta exige o refinamento da operação evidenciando as perdas, os pontos críticos do processo e oportunidades de aperfeiçoamento. O outro de que é viável a redução do consumo de matéria-prima ao reduzir a largura da ferramenta de corte e no caso estudado os ganhos justificam o desenvolvimento do processo em função do corte da peça. Custos menores são interessantes mas um sistema econômico menos dependente de recursos materiais. É possível supor que, ao reduzir as larguras de corte a indústria em conjunto pode proporcionar significativa redução de impactos ambientais, resultantes das etapas de extração, processamento, transporte e reciclagem dos materiais empregados na produção. Esta possibilidade é interessante para a mudança de valores onde produtos e serviços de baixo impacto ambiental recebem um diferencial competitivo no mercado.

O terceiro foco experimental, a regularização da cadeia de resíduos contribui para o desempenho ambiental com a gestão e gerenciamento nas fases de uso e descarte cumprindo o propósito de evidenciar os riscos ambientais no emprego dos fluidos de corte.

Na empresa a interação proporcionou condição para o investimento na otimização dos recursos, desenvolvimento dos processos, treinamento do corpo técnico, fortalecimento das parcerias com fornecedores e o direcionamento para a capacidade de agregar valor no desenvolvimento do processo e execução da peça. A injeção de tecnologia e conhecimento motiva a equipe, que ganha solidez. Equilibrar a cadeia de resíduos proporcionou o equacionamento de impasses, permitindo ao empreendedor conservar o foco no negócio e disponibilidade para administrar o futuro da empresa. Com melhor desempenho ambiental, a empresa absorveu um diferencial competitivo, que já é parte da sua estratégia de crescimento.

Com potencial para absorver novos valores o parque industrial depende de elementos motivadores para a mudança de cultura. Ao propor às empresas a implementação das melhorias efetuadas nos experimentos os ganhos para um conjunto oferecem as condições exigidas para um início de mudança de valores. Multiplicados os efeitos de maior eficiência econômica, respeito ao ser humano e ao meio ambiente, podem criar uma referência no percurso para o “desenvolvimento sustentável”.

Concluindo o trabalho é possível afirmar que o novo paradigma, aplicado a processos de usinagem na PME, é tecnicamente possível e vantajoso nos aspectos, social, ambiental e econômico.

## AGRADECIMENTOS

Registramos aqui nossos agradecimentos a CAPES, equipe do laboratório OPF, Laboratório de Resíduos Químicos USP – São Carlos e as empresas, Cofecort Ferramentas, Eduma, Microquímica e Sandvik Coromant.

## REFERÊNCIAS

1. SEBRAE. *Boletim estatístico de micro e pequenas empresas*. Observatório Sebrae.2005. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/br/mpe/numeros/>> acesso em: 18 out 2005.
2. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM. *Big challenge for small business: sustainability and SMEs*. Industry and Environment, Paris, v. 26, n. 4, 2003. p. 4-6, out/dez. Disponível em: <[www.uneptie.org/media/review/ie\\_home.htm](http://www.uneptie.org/media/review/ie_home.htm)> acesso em: 25 ago 2004

3. WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Our common future*. New York: Oxford University Press. 1987.
4. HILLARY, R. *Environmental management systems and the smaller enterprise*. Journal of Cleaner Production, v. 12, n. 6, p.561-569, ago. 2004.
5. MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis*. São Paulo: Edusp. 2002.
6. MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *A strategic design approach to develop sustainable product service systems: examples taken from the 'environmentally friendly innovation' Italian prize*. Journal of Cleaner Production, v. 11, 2003. p.851-857.  
Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)> acesso em: 20 jul 2004
7. SELIGER, G. *Global sustainability a future scenario*. in: GLOBAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE PRODUCT DEVELOPMENT AND LIFE CYCLE ENGINEERING, 2004, Berlin. Proceedings. Berlin: uni-edition, p.29-35.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14.001: *Sistemas de gestão ambiental*: Especificação e diretrizes para uso. 1 ed. Rio de Janeiro. 2004.
9. SANTOS, C. *Prevenção à poluição industrial: identificação de oportunidades, análise dos benefícios e barreiras*. 287p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2005.
10. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM INDUSTRY AND ENVIRONMENT *Cleaner production*. A Training Resource Package. 1ed. Paris: United Nations Publication ISBN 92-807-1605-0. 1996.
11. HEYMEYER, T. *Prospecção de Oportunidades para a Otimização dos Processos de Usinagem na Pequena e Média Empresa em São Carlos / SP*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.
12. SEBRAE. *Legislação básica da micro e pequena empresa*. Portal Sebrae, 2005.  
Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/br/aprendasebrae/estudosepesquisas.asp>> acesso em: 18 out 2005.

## **PROSPECTION OF OPPORTUNITIES FOR THE OPTIMIZATION OF MACHINING PROCESSES AT SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES IN SÃO CARLOS / SP.**

**Tobias Heymeyer**<sup>1</sup> (author for mailing)

**João Fernando Gomes de Oliveira**<sup>2</sup>

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Dep. de Eng. de Produção  
Instituto Fábrica do Milênio – Av. do Trabalhador São-carlense, 400 – Centro

CEP: 13566-590 São Carlos – SP Fone: 0xx16 3373 9438 Fax: 0xx16 3373 9402

E-mail: [th@sc.usp.br](mailto:th@sc.usp.br)<sup>1</sup>, [jfgo@sc.usp.br](mailto:jfgo@sc.usp.br)<sup>2</sup>

**Abstract** : *Machining operations generate tools and machine parts which are important to the maintenance of society welfare and evolution. Studying the technology directions and the “sustainable development” paradigm shift enables the support of machining processes at the small and medium-sized enterprises (SME) discussion. Access to Knowledge and technology leads for stronger more competent and competition ready industry. On this research it was possible to know the facilities and the technical staff of eleven metalworking SME’s in São Carlos, SP, Brazil. The gathered data allowed to built a scenario where the needs and potentials are shown for on the next phase in one of the companies choosing one turning process, that was improved on the social, environmental and economic aspects. The achieved results provided production increase with reliability and better part quality, steel savings and the cutting fluid management.*

**Palavras-chave**: *machining, technology, sustainable development, small and medium-sized enterprises (SME), manufacturing processes.*