

## **DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO CONTEXTO DOS PROCESSOS DE USINAGEM**

**Tobias Heymeyer, th@sc.usp.br<sup>1</sup>**  
**Mauro Rocha Côrtes, mauro@dep.ufscar.br<sup>2</sup>**

<sup>1</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.

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia de Produção – Rod. Washington Luís - Km 235 CEP: 13565-905 – São Carlos – SP.

*Resumo: O estudo dos processos de usinagem e a adequação dos sistemas de produção ao paradigma “desenvolvimento sustentável” conduzem à interação com o parque industrial, para o conhecimento de sua situação e pesquisa de soluções na pequena e média empresa (PME). A compreensão da relação dos sistemas naturais do planeta com a sociedade industrial, que depende da sua capacidade de suporte, junto aos aspectos éticos do emprego e preservação de recursos são as bases na formação dos valores para a regularização da cadeia do fluido de corte. Empregando dados de trabalhos anteriores são identificados os focos de interesse que conduzem a organização de uma rede de cooperação que em ações pontuais busca soluções orientadas para o novo contexto de operação para esta classe de empresas. Esta experiência proporciona a constatação de que as mudanças sistêmicas e o processo de aprendizado social orientados para a globalização, conectividade, conhecimento difuso (distribuído em redes) e a nova percepção dos limites do planeta terra oferece resultados concretos na adequação da indústria as necessidades futuras.*

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

### **1. INTRODUÇÃO**

Após pouco mais de um século de avanços surpreendentes, a sociedade industrial parece estar se preparando para um salto de qualidade. Cada vez mais as questões sociais e ambientais são incorporadas ao sistema econômico, que absorve novos valores, rumo a uma mudança de paradigma, na forma entendida por Kuhn (1996), um contexto, onde valores comuns organizam o comportamento de indivíduos, formal ou subjetivamente.

O que se convencionou chamar de “desenvolvimento sustentável” (DS) é enunciado em WCED (1987) como “aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades”. Para Souza (2000), que destaca a importante introdução da variável tempo, o conceito DS reflete a incorporação da responsabilidade por conseqüências futuras.

Manzini (2007) define a transição para o novo paradigma como uma ruptura. Iniciada com transformações pontuais, que convergem para a mudança geral. A grande transformação do conjunto proporciona uma nova percepção da situação particular, gerando novas organizações, arranjos produtivos, oportunidades de negócios, tecnologias e desafios para a ciência.

A perspectiva de harmonização da economia com os sistemas naturais torna-se oportunidade de aprimoramento, levando a indústria a reduzir os impactos da poluição, do consumo insustentável (matéria e energia) e também a buscar um alinhamento mais estreito aos interesses gerais da sociedade.

No processo de institucionalização dos novos valores, a busca pela eficiência dos sistemas produtivos é um grande indutor de investimentos, que aliada às políticas públicas, legislação e ação dos órgãos fiscalizadores, restringem as possibilidades de empreendimentos potencialmente poluidores e estimulam o gestor a investir em conhecimento e suporte, adequando o negócio às novas condições de competitividade.

Reconhecidamente carentes e vulneráveis, pequenas e médias empresas (PMEs) são de grande importância para a economia. Segundo SEBRAE (2005), em conjunto, estas empresas representam 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, 1996; WCED, 1987). Estima-se que as PMEs podem contribuir com até 70% da poluição industrial (Hillary, 2004; UNEP, 1996; WCED, 1987).

O porte e as dificuldades enfrentadas por esta classe de empresa exigem soluções dedicadas e oferecem grande potencial para soluções alternativas, justificando portanto investimento em pesquisa e recursos.

Este trabalho busca contribuir para o desenvolvimento dos processos de usinagem na PME, considerando a mudança de paradigma “desenvolvimento sustentável”. Através de revisão da literatura são apresentados os conceitos adotados para a construção dos valores DS e o suporte necessário ao entendimento do processo estudado. No trabalho de campo a construção de um cenário favorece a análise de problemas e potenciais soluções.

## 2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

De acordo com Manzini (2007), as questões relativas a sustentabilidade, mudanças sistêmicas e processo de aprendizado social, tomadas sob a perspectiva das grandes transformações contemporâneas: globalização, conectividade, o conhecimento difuso (distribuído em redes) e a nova percepção dos limites do planeta terra (base da economia do sistema global de produção e consumo), conduzem ao entendimento de que devem ser identificadas propostas para a reorientação de todo sistema econômico.

Como ponto de partida, o autor propõe como definição de sustentabilidade, “uma forma de existir e atuar para viver melhor consumindo menos, regenerando os contextos da vida”. Onde “consumir menos”, considerados os padrões da sociedade industrial, significa reduzir a um décimo as atuais demandas por matéria e energia, exigindo mudanças sistêmicas radicais. “Viver melhor”, aponta para a transformação das expectativas de qualidade de vida e das coisas materiais, em um novo conceito de bem estar. “Regenerar os contextos da vida” significa valorizar, de maneira sustentável (física, social e cultural), os recursos locais em um novo conceito de desenvolvimento local.

Considerando um sistema econômico orientado para a geração de bem estar social, o índice adotado para medir o desenvolvimento de uma economia, o “produto interno bruto”, deve incorporar a valoração das externalidades negativas. Um exemplo pertinente é a contaminação da água por fluidos de corte (substâncias tóxicas). Caso não sejam considerados os impactos negativos, a remediação do impacto (descontaminação) gera atividade econômica que, aumenta o produto interno bruto, mas as condições de bem estar social não evoluem proporcionalmente, justificando o declínio da curva que pode ser analisada na Fig. (1).

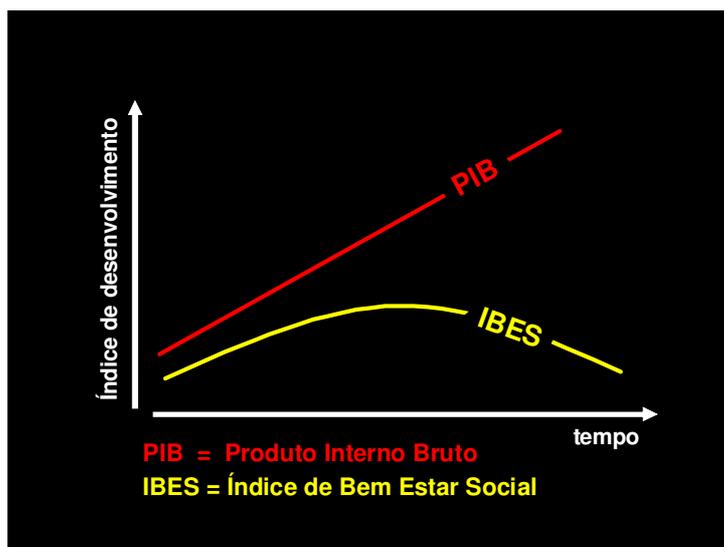


Figura 1. Curvas de evolução dos índices.

Fonte: Adaptado de Manzini (2007).

A sustentabilidade deve ocorrer em uma grande transformação, saindo do sistema onde se deve consumir mais, para um onde é possível viver melhor consumindo menos.

Na transição para a sustentabilidade, por um período devem ocorrer dois fenômenos paralelos. A percepção dos “limites do planeta” deve crescer, adequando a economia à capacidade de dos sistemas naturais sobre a qual está estruturada. Devem ocorrer várias experiências orientadas para mudanças locais do sistema, como exercício de adaptação ao novo contexto.

A transição deve produzir uma discontinuidade no modo de operar do sistema, sendo preparada por mudanças locais do sistema orientadas para a transformação. Neste contexto o processo de aprendizado social caracteriza-se pela importância das ações, que reorganizadas por processos de realimentação de informações (feed-back), para o direcionamento das ações futuras. Neste processo todos os tipos de inteligência são desejáveis: científica e filosófica, tecnológica e artística, institucional e empreendedora, individual e comunitária, criativa e estratégica.

Ao propor soluções, a orientação deve mudar dos produtos para os resultados, que devem ser obtidos a partir de ações e não mais objetos, implicando em soluções estratégicas diferentes. Pensar em resultados significa construir parcerias e definir componentes do sistema.

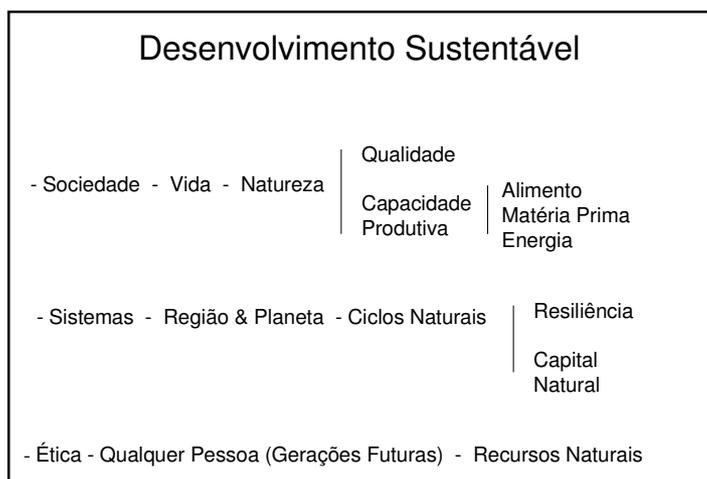
Soluções sustentáveis são definidas como uma combinação de atividades e artefatos, para em determinado contexto, permita alcançar o resultado proposto. Para tanto devem respeitar três critérios: princípios éticos consistentes, baixa intensidade de matéria e energia e alto potencial de regeneração.

Os princípios éticos referem-se tanto a conservação dos recursos naturais, da biodiversidade e ausência de substâncias tóxicas, quanto a distribuição equilibrada da riqueza, poder e da justiça entre gerações. A baixa intensidade de matéria e energia refere-se a quantidade e qualidade dos recursos empregados na obtenção de resultados (avaliada pela ecoeficiência em todo o ciclo de vida).

Caracterizada por grande potencial de tornar-se sustentável, uma solução promissora deve respeitar as seguintes diretrizes: avaliar corretamente os objetivos antes de iniciar um projeto, promover a diversidade biológica, sócio-cultural e técnica, empregar recursos existentes e reduzir a dependência do novo, proteger ambientes naturais e promover relações simbióticas, aproximar-se dos ciclos naturais, reduzir a demanda por transporte, compartilhar reduzindo demandas por matéria e energia, investir na inteligência do sistema através da administração dos recursos existentes, aprendendo com a experiência e corrigindo os erros encontrados, capacitar indivíduos e promover a participação, desenvolver redes (organizações descentralizadas e flexíveis), desenvolver infra-estrutura inteligente empregando recursos renováveis, desenvolver sistemas integrados inteligentes (ecologia industrial).

## 2.1. Ecologia Industrial e Desmaterialização

Para a formação dos valores e compreensão do processo no desenvolvimento de soluções, Manzini e Vezzoli (2002) apresentam as definições de ecologia industrial, desmaterialização e propõe três premissas básicas, que estão ilustradas na Fig. (2).



**Figura 2. Premissas para o desenvolvimento sustentável.**

A primeira premissa, 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). A segunda alerta para as condições sistêmicas, nas esferas regionais e planetária, que devem considerar a resiliência (capacidade de um ecossistema sofrer uma ação negativa sem perder de forma irreversível o equilíbrio) e o seu capital natural (conjunto de recursos não renováveis e das capacidades sistêmicas do ambiente de reproduzir os recursos renováveis). Por último a premissa ética, na qual cada indivíduo (incluindo as gerações futuras), tem direito à mesma disponibilidade de recursos naturais do globo terrestre.

As novas soluções são diferentes das soluções de paradigmas anteriores, adaptadas a uma nova condição. Para que sejam adequadas ao novo paradigma devem resultar de transformações culturais e tecnológicas, apontando apenas uma dimensão da inovação (mudança tecnológica ou cultural) torna-se mais difícil implementar como solução 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 de 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 (2003) assim como Seliger (2004) 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 (2002) 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”.

### 3. O CONTEXTO DA USINAGEM

A usinagem ou de corte de metais envolve grandes quantidades de energia que são convertidas quase totalmente em calor. Para a explicação adequada dos fenômenos que ocorrem nos processos de usinagem Ferraresi (1985) sugere o estudo do processo de formação do cavaco, um processo cíclico dividido em quatro etapas, definidas como: recalque, deformação plástica, ruptura e movimento sobre a superfície de saída da ferramenta.

O material com novo formato, convertido em cavaco, ao movimentar-se pela superfície de saída da ferramenta, sofre grande deformação plástica, numa pequena área junto a interface com a ferramenta. Esta região é definida como zona de cisalhamento secundária ilustrada na Fig. (3).



Figura 3. As diferentes zonas de formação do cavaco.

Fonte: Adaptado de Sandvik Coromant (2000).

Em ambas zonas de cisalhamento, primária e secundária, altíssimas temperaturas comprometem a resistência da ferramenta, além de possíveis danos à peça e dilatação de componentes da máquina reduzindo a previsibilidade do processo.

#### 3.1. Fluidos de Corte

Para obter melhores condições de operação Frederick W. Taylor, em 1890, demonstrou que um grande fluxo de água sobre a região de contato entre a peça e a ferramenta, permitia que as velocidades de corte fossem dobradas ou triplicadas, dando início à aplicação dos fluidos de corte nas operações de usinagem. A água com excelente poder de refrigeração, não oferece lubrificação para as superfícies de atrito além de provocar a oxidação de alguns dos materiais usinados e ou componentes da máquina.

Aprimorados, os fluidos de corte são atualmente de composições complexas, contendo agentes químicos que variam de acordo com o tipo de operação a ser executada e os metais a serem trabalhados. Eles podem ser divididos em dois grupos, os óleos que podem ser de origem vegetal ou mineral e os fluidos a base de água.

Representando o tipo mais empregado nos processos, os fluidos a base de água são bastante instáveis e suscetíveis ao desequilíbrio das populações de micro-organismos (fungos e bactérias), que repercutem em riscos à saúde do operador, danos ao equipamento além dos custos de substituição do fluido. Outro aspecto que merece destaque, as altas temperaturas do processo favorecem a formação de vapores e compostos tóxicos além da contaminação com os metais usinados, óleos e graxas, devendo portanto ser descartado como resíduo perigoso, segundo a Resolução número 9 de 31 de agosto de 1993 do Conselho Nacional para o Meio Ambiente (CONAMA).

Segundo Byrne, Dornfeld e Denkena (2003) estudos indicam que os trabalhadores expostos a fluidos de corte (contato com a pele e inalação) tem propensão a desenvolver problemas de saúde, ressaltando também os custos associados à compra, manutenção, tratamento, controle do vapor, recirculação e disposição que representam motivação adicional para a análise cuidadosa das decisões de empregar fluidos de corte.

Klocke e Eisenblaetter (1997) em pesquisa conduzida na indústria alemã verificaram que na composição de custos da peça de 7 a 17% eram relativos aos fluidos de corte e apenas 2 a 4% com ferramentas. O emprego de fluidos de corte deve considerar o tipo de operação, qualidade exigida da peça, o tipo de máquina, saúde do operador, processamento e disposição do fluido. As perdas de fluidos no sistema de manufatura ocorrem através da vaporização, araste com as peças e cavacos, vazamentos e atomização. Os autores estimam que, 30% do consumo anual de fluidos de corte são perdidos pelos meios acima relacionados, tornando-se evidente ser este um aspecto que comporta otimização.

### 3.2. Alternativas ao Emprego dos Fluidos de Corte

A usinagem a seco elimina grande parte os problemas ambientais causados pelos fluidos de corte, no entanto as partículas geradas na usinagem representam riscos à saúde (irritação da pele e inalação) além do risco de explosão da poeira metálica que não é menos inflamável que o óleo atomizado (Byrne, Dornfeld e Denkena (2003). Os ganhos ambientais, de saúde, segurança e econômicos proporcionados pela transição para a usinagem a seco devem ser avaliados pelas medidas de desempenho do processo.

Klocke e Eisenblaetter (1997) enfatizam a necessidade do entendimento das complexas relações entre o processo, ferramenta, peça e máquina ferramenta, em alguns casos, por exemplo, quando há forte adesão entre a ferramenta de corte e o cavaco, não é possível a usinagem pois ocorre o desgaste excessivo da ferramenta. Outra situação crítica é quando a deformação térmica da peça não pode ser controlada. Tolerâncias de dimensão e forma, apertadas, podem ser restrição para a usinagem a seco.

## 4. TRABALHO DE CAMPO

Empregando os dados de Heymeyer (2006) é possível analisar a situação relativa ao emprego dos fluidos de corte nas micro, pequenas e médias empresas (PME), do município de São Carlos, SP. Constatou-se que a realidade é compatível com o descrito na literatura e que, sem perspectivas (curto prazo) de ser eliminado, este auxiliar de processo é o aspecto ambiental que deve receber a atenção da indústria, como evidenciado na Tab. (1).

**Tabela 1. Fluidos de corte nas empresas de A até K.**

	Tipos	aplicação	MQF	Armazenamento	Filtragem	Aditivação	Crítérios 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.

No primeiro item da Tabela 1 observa-se o emprego de fluidos de corte sintéticos, menos agressivos à saúde do operador, já a predominância da forma de aplicação abundante, de 10 a 20 litros por minuto, indica a oportunidade de otimização. A aplicação de mínima quantidade de fluido (MQF) na ordem de 10 a 60 mililitros por hora representa redução significativa no emprego de fluidos e pode em casos específicos, proporcionar acabamentos melhores e maior vida de ferramenta proporcionando ganhos que poderiam ser explorados pelas empresas.

O armazenamento deve ser em local com contenção, para evitar danos ambientais, em caso de vazamentos, os volumes apresentados evidenciam, em diferentes escalas, o consumo regular de fluidos de corte.

Procedimentos de manutenção, para melhor desempenho e vida útil, filtragem e aditivação não são práticas comuns nestas empresas que também não possuem critérios de descarte consistentes.

#### 4.1. Disposição de Fluidos de Corte

O quadro apresentado para a disposição é evidenciado como crítico estabelecendo-se como foco da pesquisa. Regulamentado por lei e implicando em custos que oneram a produção o descarte e disposição dos os fluidos de corte a base de água merecem ampla discussão das partes interessadas.

O primeiro aspecto a abordar é a escala de seu emprego na industria. Em estudo realizado no primeiro semestre de 2008, junto aos principais fabricantes, Castrol, Fuchs, Quaker Chemical, Haalton, Micro-Química, Blaser Swissslube e outros de menor porte, segundo dados de Sérgio Papaleo Consultoria de Marketing, o segmento metal mecânico da indústria brasileira consome por ano 120 milhões de litros de lubrificantes, dos quais 35% (42 milhões) são os fluidos de corte. Estes dividem-se em 10,5 milhões de óleo integral e 31,5 milhões a base de água empregados a concentração média de 7%.

Os números apresentados permitem estimar que 450 milhões de litros são gerados anualmente e devem receber destinação adequada na fase de descarte. Este volume deve ser submetido a tratamento (físico-químico), que é a quebra da solução (quebra ácida) e a separação dos metais pelo processo de precipitação, os sólidos precipitados, separados como resíduo classe 1 (perigoso; toxicidade), segundo a norma ABNT-NBR 10.004 e destinados ao aterro industrial.

A água numa proporção maior que 95%, deve adequar-se aos padrões especificados pelo artigo 18 da Lei Estadual nº 997, de 31 de maio de 1976, para ser descartada em um corpo hídrico. A Figura 2 mostra o fluido em operação e os resíduos após o tratamento.

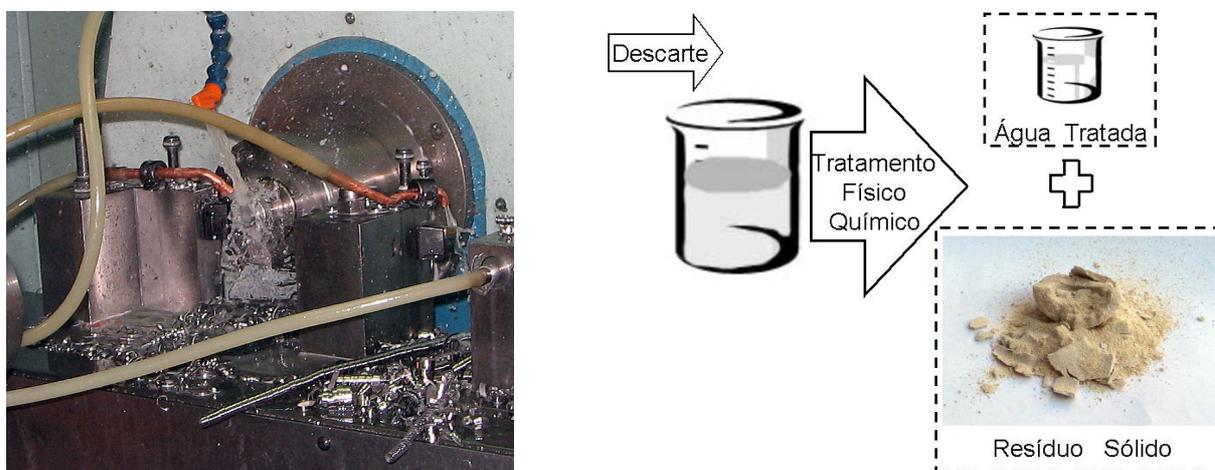


Figura 4. O fluido de corte em operação e os resíduos após o tratamento.

#### 4.2. Soluções Propostas e Discussão

Nas empresas grandes, sob o rigor dos órgãos fiscalizadores, o tratamento é realizado em estações de tratamento de efluentes (ETE). Na PME prevalece a carência de recursos e informação. A alternativa para esta classe de empresa é contratar os serviços que cobram, na região de São Carlos por volta de R\$ 0,40 por litro, valor significativo, considerando o custo de um litro do fluido concentrado R\$ 10,00 empregado em concentração de 5% para o volume de 200 litros. O custo de aquisição do fluido é R\$ 50,00 e para disposição R\$ 80,00.

Estes valores que devem ser incorporados aos custos de produção despertam para a discussão da qualidade das soluções adotadas. As empresas que oferecem o serviço de retirada do fluido empregam caminhões para grandes volumes (15 mil litros) e percorrem grandes distancias (150 Km) para realizar o tratamento. A escala e os custos de transporte não são compatíveis com as necessidades da PME.

Considerados os valores DS os impactos ambientais resultantes do transporte deveriam ser reduzidos e quantificados. Este efluente poderia, por meio de convênios, ser destinado às estações de tratamento de efluentes (ETE) das grandes empresas locais, caso fossem criadas políticas públicas para favorecer um contexto de ecologia industrial.

Como resposta Tessaro (2008) propõe o tratamento em pequena escala (200 litros) com instalações de baixo custo, podendo ser executado nas instalações da empresa de usinagem. Solução bastante interessante tanto nos aspectos econômicos como ambiental convém realizar a investigação dos impactos relativos à produção do reagente, o peróxido de oxigênio ( $H_2O_2$ ). As barreiras para a implementação do tratamento são a regulamentação da prática pelo órgão de fiscalização ambiental e o acesso aos reagentes e testes de qualidade da água.

Em outra análise na cidade de São Carlos a 240 Km da capital do estado (SP) três fabricantes produzem fluidos de corte. Entrevistando o proprietário da empresa Sender Oil é possível estimar que no município são produzidos anualmente 1,2 milhões de litros dos quais aproximadamente 600 mil litros são concentrados para a composição de fluidos a base de água. A Sender Oil responde por 80% da produção local que é comercializada quase totalmente fora da região de São Carlos.

Avaliando a situação percebe-se a oportunidade de redução de transporte e interações para trocas de informação e serviços dirigidos, com potencial de economia de recursos e solução de problemas específicos. Em seu depoimento o representante da empresa afirmou interesse em cooperar para o desenvolvimento de produtos direcionados a condições de baixo impacto ao trabalhador e ambiente.

Ao ser consultado sobre o tratamento do fluido pelo usuário afirma que tecnicamente não existem barreiras mas o rigor dos órgãos de fiscalização ambiental desestimula esta prática.

Como comprovação da relevância da discussão, em matéria intitulada “SP promete 95% do esgoto tratado até 2010” o jornal Folha de São Paulo, citando relatório das bacias hidrográficas elaborado pela CETESB em 2007, recomenda verificar as fontes de metais na bacia Tietê/Jacaré, que serve as cidades de São Carlos e Araraquara, considerando o acúmulo registrado a partir de registros do ano 2000.

## 5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa, abordando as possibilidades proporcionadas por novos valores na pequena e média empresa de usinagem, permite concluir que a inovação técnico-científica e nos negócios é absolutamente compatível com as proposições gerais de DS, ecologia industrial e desmaterialização da economia.

No desenvolvimento das atividades e propostas para o trabalho, apresenta-se como aspecto relevante a relação do contexto geral, de grande complexidade, com a questão pontual dos fluidos de corte e como elas estão relacionadas. Ao estudar a situação com grande abrangência evidencia-se a importância de desenvolvimento dos aspectos que individualmente pequenos, compõe o cenário, podendo exercer forte influência de transformação. Reforçando a constatação, o percurso apresentado no trabalho de campo, para o fluido de corte, mostra-se coerente com as direções apontadas na literatura.

A cultura industrial, que depende de elementos motivadores de mudança, tem na implementação de melhorias, ganhos que em conjunto oferecem as condições exigidas, para o início da mudança de valores. Multiplicados, os efeitos de maior eficiência econômica, respeito ao ser humano e ao meio ambiente, estabelecem-se como referência no percurso para o “desenvolvimento sustentável”.

## 6. AGRADECIMENTOS

Registramos aqui nossos agradecimentos às empresas, Micro-Química e Eduma, aos laboratórios, LRQ-PCASC-USP e OPF-EESC-USP, ao DEP-UFSCAR e ao Instituto Fábrica do Milênio.

## 7. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986). NBR 10.004: Resíduos sólidos: classificação. 2.ed. Rio de Janeiro.
- BYRNE, G.; DORNFELD, D.; DENKINA, B. (2003). Advancing cutting technology. Paris: CIRP. Keynote.
- HILLARY, R. (2004). Environmental management systems and the smaller enterprise. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v.12, n.6, p.561-569, Aug.
- KLOCKE, F.; EISENBLAETTER, G. (1997). Dry cutting. *CIRP Annalen*, Paris, v.42, n.2, p.519-526.
- KUHN, T.S. (1996). Estrutura das revoluções científicas. 4.ed. São Paulo: Perspectiva.
- FERRARESI, D. (1985). Fundamentos da usinagem dos metais. São Paulo: Edgard Blucher.
- HEYMAYER, T. (2006). 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.
- MANZINI, E. (2007). Design, Inovação Social e Desenvolvimento Sustentável. SAP 5877, EESC-USP, Material didático, São Carlos, SP.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. (2002). O desenvolvimento de produtos sustentáveis. São Paulo: EDUSP.
- \_\_\_\_\_. (2003). A strategic design approach to develop sustainable product service systems: examples taken from the ‘environmentally friendly innovation’ Italian prize. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v.11, n.8, p.851-857, Dec. Disponível em:<[www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)>. Acesso em: 20 Jul 2004.
- SANDVIK COROMANT (2000). Steel turning. Suécia. 1 CD-ROM.
- SENDER OIL (2008). Entrevista pessoal. São Carlos, SP. 5 ago.
- SÉRGIO PAPALEO CONSULTORIA DE MARKETING (2008). Entrevista pessoal. São Paulo, SP. 28 jul.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICROS E PEQUENAS EMPRESAS (2005). Boletim estatístico de micro e pequenas empresas. Observatório SEBRAE. Disponível em:<[http://www.sebrae.com.br/br/mpe\\_numeros/](http://www.sebrae.com.br/br/mpe_numeros/)>. Acesso em: 18 out. 2005.
- SELIGER, G. (2004). 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.
- SOUZA, M.P. (2000). Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática. São Carlos: Riani Costa.
- SP promete 95% do esgoto tratado até 2010 (2008). Folha de São Paulo, Ribeirão Preto, 22 jun. caderno ribeirão, G2.

- TESSARO, E.P. (2008). Avaliação de processos oxidativos para o tratamento ambientalmente adequado de fluidos de corte. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (2003). Big challenge for small business: sustainability and SMEs. Industry and Environment, Paris, v.26, n.4, p.4-6, Oct./Dez. Disponível em:<[www.uneptie.org/media/review/ie\\_home.htm](http://www.uneptie.org/media/review/ie_home.htm)>. Acesso em: 25 Aug. 2004.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987). Our common future. New York: Oxford University Press.

## **8. DIREITOS AUTORAIS**

Os autores Tobias Heymeyer e Mauro Rocha Côrtes são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## **SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF MACHINING PROCESSES**

**Tobias Heymeyer, th@sc.usp.br<sup>1</sup>**  
**Mauro Rocha Côrtes, mauro@dep.ufscar.br<sup>2</sup>**

<sup>1</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.

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia de Produção – Rod. Washington Luís - Km 235 CEP: 13565-905 – São Carlos – SP.

**Abstract:** *The study of machining processes and the adequacy of the production systems to the “sustainable development” paradigm leads to interaction with the industrial park, getting acknowledged of the small and medium-sized enterprises (SME) situation and research for solutions. The understanding of the of the natural systems of the planet relation with the industrial society, that depends on its support capacity, and ethical aspects of consume and preservation of the natural resources are the bases of the values adopted for the regularization of the cutting fluid chain. Employing data of previous works the research focus leads to cooperation net that in peer to peer interactions heads for solutions directed to the new operation context of the SME’s. This experience supports with evidence that the systemic changes and the social learning process, guided for the globalization, connectivity, diffuse knowledge (distributed in nets) and the new perception of the limits of the planet earth provides the results needed to the adequacy of the industry to future requirements.*

**Keywords:** *Machining, Sustainable development, Small and medium-sized enterprises (SME), Manufacturing processes, Cutting fluid.*