

## MANUSEIO DE FLUIDOS DE CORTES: DA UTILIZAÇÃO AO DESCARTE<sup>1</sup>

**Cintia Caroline CALLEGARO<sup>2</sup>**  
Graduanda em Engenharia Mecânica  
IFSP/Câmpus Piracicaba

**Francisco Ignácio Giocondo CESAR<sup>3</sup>**  
Doutor em Engenharia de Produção/UNIMEP  
Docente de Engenharia Mecânica  
IFSP/Câmpus Piracicaba

### RESUMO

Nos processos de usinagem, o corte do cavaco gera uma grande quantidade de energia devido ao atrito ferramenta-peça e cavaco-ferramenta. A fim de minimizar o desgaste da ferramenta, a dilatação térmica da peça e o dano térmico à estrutura superficial da peça, esse calor deve ser reduzido, através da refrigeração da ferramenta e da peça; para isso são utilizados os fluidos de cortes. Este artigo tem por objetivo apresentar a forma correta de manuseio do fluido de corte a partir de estudo de uma pesquisa bibliográfica exploratória nas principais bases de dados. Foram pesquisados os diversos tipos de fluidos de corte, a forma correta de sua utilização, a manutenção periódica, formas de reciclagem e seu descarte.

**Palavras-chave:** Fluido de corte; Propriedades; Usinagem; Manutenção; Manuseio.

### Introdução

Nos processos de usinagem, o corte do cavaco gera uma grande quantidade de energia devido ao atrito ferramenta-peça e cavaco-ferramenta. A fim de minimizar o desgaste da ferramenta, a dilatação térmica da peça e o dano térmico à estrutura superficial da peça, este calor deve ser reduzido. Para a redução desse calor são utilizados os fluidos de cortes. Com estes, é possível aumentar a vida útil da ferramenta, reduzir a rugosidade superficial, melhorar a precisão dimensional e também aumentar a produtividade.

---

<sup>1</sup> Trabalho resultante de Iniciação Científica. Orientador Prof. Dr. Francisco Ignácio Giocondo Cesar.

<sup>2</sup> Endereço eletrônico: [cintiacallegaro@gmail.com](mailto:cintiacallegaro@gmail.com)

<sup>3</sup> Endereço eletrônico: [giocondo.cesar@gmail.com](mailto:giocondo.cesar@gmail.com)

Taylor, em 1890, foi o primeiro que averiguou e mediu a influência dos fluidos de corte na usinagem dos materiais. Sua constatação se deu por meio da utilização de água para resfriar a ferramenta, reduzindo os indesejáveis efeitos da alta temperatura na peça. Além disso, tal feito conseguiu aumentar a velocidade de corte em 33% sem prejudicar a vida útil da ferramenta. Logo depois, Taylor utilizou uma solução de água e sabão para impedir a peça e/ou a ferramenta de enferrujar (FERRARESI, 1977, p.512).

Ao longo do tempo, vários experimentos foram realizados e novos meios refrigerantes surgiram (óleos graxos, óleos minerais, combinação de óleos e aditivos, óleos emulsionáveis e fluidos de corte).

Os principais fatores que devem ser observados quanto à correta utilização dos fluidos a fim de se prolongar sua vida útil são: o controle periódico dos aspectos que influenciam a estabilidade dos fluidos; a higiene do local de trabalho e dos operadores; a constante limpeza e purificação dos fluidos; e por fim a reciclagem destes quando possível e de acordo com as leis fiscalizadas pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Seguindo-se os preceitos acima, somente em último caso é que os fluidos serão descartados, através dos vários processos de descartes existentes, os quais são determinados de acordo com o tipo de fluido utilizado, a legislação vigente, as condições do local, sendo que, para este descarte, empresas especializadas podem ser contratadas, pois é um processo muito perigoso, em que apenas um litro de óleo usado, em contato com a água, pode contaminar cerca de um milhão de litros de água potável conforme Catai et al. (2002).

Assim, o objetivo esperado é avaliar os fluidos de cortes mais utilizados, os mais indicados a cada tipo de ferramenta, seu manuseio correto e seu descarte, a fim de que a produção seja melhorada sem haver danos ambientais. A partir daí será possível responder às seguintes questões:

- Quais as diferenças entre os fluidos e qual se deve usar?
- Qual sua utilidade?
- É reaproveitável?
- Como se deve descartá-lo?

## **Referencial teórico**

### **Fluido de corte**

A usinabilidade consiste basicamente na capacidade de um metal se deixar usinar, ou seja, a facilidade com que o metal pode ser cortado, torneado, fresado, rosqueado ou furado sem prejuízo às suas propriedades mecânicas. Tal capacidade está ligada diretamente a grandezas mensuráveis como: vida útil da ferramenta, força de usinagem, acabamento superficial da peça, temperatura de corte, produtividade e características do cavaco.

Os fluidos de corte têm por objetivo lubrificar e/ou refrigerar um processo de usinagem. Logo, irão atuar diretamente nas grandezas mensuráveis, melhorando conseqüentemente a usinabilidade. Para garantir um bom desempenho, é necessária a escolha correta do fluido, levando em consideração o tipo de metal e os parâmetros de usinagem.

Para escolher o tipo correto de fluido, são de extrema importância compreender o processo e identificar se a necessidade será predominante em lubrificação ou refrigeração. Caso seja lubrificação, o ideal serão os fluidos de corte integrais (prontos para uso), pois garantem maior lubricidade. Se for refrigeração, optar por fluidos de corte solúveis (diluídos em água), conhecidos também como óleos solúveis ou óleos refrigerantes, que controlam principalmente a temperatura.

### **Funções e propriedades do fluido de corte**

Devido à grande quantidade de calor gerado durante o processo de remoção de cavaco, acabam-se gerando resultados indesejáveis na superfície de trabalho, na ferramenta e até no produto final. Com isso surgiram os fluidos para diminuir esses problemas, com funções como refrigerar a região de corte, lubrificar as áreas em atrito, retirar o cavaco da zona de corte e proteger a ferramenta, a peça e a máquina de corrosão e oxidação.

Para desempenhar suas funções, entretanto, os fluidos de corte precisam apresentar algumas propriedades, tais como: baixa viscosidade a fim de que flua facilmente; capacidade de “molhar” para estabelecer um bom contato térmico; alto calor específico e alta condutividade térmica, etc. Estas propriedades permitem que o fluido

consiga chegar à região de corte, diminuindo o seu coeficiente de atrito, ainda que submetido a altas velocidades.

Além das propriedades de refrigerar e lubrificar, outras propriedades também são desejáveis em um fluido de corte: ausência de odores desagradáveis, antiespumante, compatibilidade com o meio ambiente, entre outras. Como não existe um que atenda a todas as exigências, os fluidos são modificados com aditivos que melhoram as características próprias do fluido ou lhe atribuem novas qualidades. No entanto, deve-se considerar que a melhoria de certas características pode influenciar negativamente outras e que as qualidades desejáveis variam de acordo com a aplicação. Assim, é necessário um estudo de cada caso para definir o fluido mais adequado (LISBOA et al., 2013, p.4).

### **Condições de usinagem**

Em usinagem de condições severas (usinagem em que se tem alto avanço e profundidade e baixa velocidade de corte) e com forças de corte elevadas, é usado como fluido de corte lubrificante o óleo puro, que é aplicado nas partes em contato. Já na usinagem branda ou leve, em que há velocidade de corte alta, usa-se a emulsão, pois é necessária principalmente a refrigeração (DINIZ et al., 1999, p.172).

### **Manutenção dos fluidos de corte**

Os fluidos de corte devem receber os mesmos cuidados que máquinas, equipamentos elétricos, instalações, etc. Os sistemas de refrigeração devem ser limpos a cada nova carga de fluido de corte. Cuidados especiais de estocagem e manuseio devem ser tomados. A remoção da camada de óleo sobrenadante é importante, pois impede a proliferação de bactérias anaeróbicas, responsáveis pelos odores característicos de emulsões contaminadas. A remoção dos cavacos também é importante, já que impede a formação de pontos de estagnação no reservatório, fato tal que contribui para a proliferação de microrganismos – em caso de infecções bacterianas, procedimentos padrão de limpeza devem ser tomados antes, durante e depois da colocação da nova carga de fluido de corte. Isso pode ser feito através da utilização de biocidas e produtos

de limpeza adequados, devidamente indicados pelo fabricante do fluido. Deve-se evitar a mistura de fluidos de corte de procedências distintas, pela possibilidade de incompatibilidade entre eles. Ainda, procedimentos referentes ao controle do ph, da concentração e da proliferação de microrganismos devem ser feitos periodicamente (GONÇALVES et al., 2010, p. 9).

### **Descarte**

O descarte dos fluidos de corte é um processo extremamente oneroso e complicado, além de ter que seguir a legislação vigente, por isso deve ser o último recurso a ser utilizado. Deve-se ter sempre em mente a preocupação em assegurar a manutenção apropriada dos fluidos, para que a quantidade descartada e a frequência sejam pequenas.

Os óleos de corte podem ser vendidos para nova refinação, reciclados pelo usuário, pelo fabricante ou por uma companhia especializada, podendo ainda ser queimados em caldeira, desde que permitido em legislação e estando seco e sem impurezas, com baixa concentração de enxofre e isento de cloro.

Já os fluidos solúveis em água (emulsões e soluções) não podem ser descartados normalmente no sistema de esgoto, havendo a necessidade da separação do óleo da água (no caso de emulsões) e demais produtos químicos da água (no caso de soluções) antes do descarte. A fase oleosa separada é removida, sendo tratada como um fluido integral. Os processos de descarte de emulsões são escolhidos de acordo com a composição da emulsão, das condições locais, da legislação vigente e do custo de cada processo (CATAI et al., 2002, p. 5).

### **Metodologia**

O método adotado para o trabalho que resultou neste artigo foi o de pesquisas em livros e artigos científicos sobre o tema, com datas a partir de 1999. A pesquisa realizou-se através de palavras-chave (Fluido de corte, Propriedades, Usinagem, Manutenção, Manuseio) no Google Acadêmico e no Scielo Pesquisa, as quais

direcionaram para o resultado esperado, empregando trechos e ideias de outros pesquisadores/autores.

A pesquisa teve natureza aplicada, pois já há artigos, livros, revistas, entre outros do assunto referente, no caso, a descrição dos principais fatores dos fluidos de corte, com o objetivo de conservar a ferramenta de usinagem e o produto.

Assim a pesquisa terá uma abordagem qualitativa, pois esta não precisaria de dados estatísticos (percentagem, média, moda, mediana, desvio padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.), contou apenas com coletas de dados, ou seja, informações sobre o assunto.

O objetivo foi explicativo, apresentou com toda a explicação detalhada do assunto, contendo os fatores envolventes, como sobre o fluido, a manutenção e até sobre o descarte.

Por fim, com procedimento técnico de pesquisa bibliográfica, pois foi feita uma análise bibliográfica (artigos, livros, sites de pesquisas, etc.) com os mesmos temas, assim sendo possível descrever todas as variáveis e chegando ao resultado esperado, a partir do qual foi possível responder todas as questões expostas.

## **Resultados da pesquisa**

### **Surgimento do fluido de corte**

O primeiro pesquisador a escrever a respeito da significativa melhora na produtividade devido à aplicação de fluidos de corte foi W. H. Northcott, em 1868. Cerca de 15 anos mais tarde, F. W. Taylor mostrou que através da inundação da interface ferramenta/peça de trabalho com um forte fluxo de água, a velocidade de corte pode ser aumentada de 30 a 40% (FERRARESI, 1977, p.512).

Inicialmente, Taylor utilizou apenas água para resfriar a ferramenta; posteriormente ele utilizou uma solução de água e soda ou água e sabão para evitar a oxidação da peça e ferramenta. Após essas experiências iniciais, com o intuito de diminuir os efeitos do atrito do cavaco sobre a ferramenta, surgem os óleos graxos aplicados na grande maioria das operações de usinagem – fase das baixas velocidades de corte e pequenas seções de corte.

Com o “desenvolvimento de novos materiais para ferramenta [se] permitiu considerável aumento na velocidade de corte, e simultaneamente estimulou a formulação de novos fluidos de corte” (FERRARESI, 1977, p.513). A partir de então, a tecnologia de produção dos fluidos de corte expandiu-se, surgindo diversas pesquisas que levaram à utilização de diferentes combinações de óleos minerais, óleos vegetais, óleos graxos e aditivos químicos (enxofre, cloro, fósforo, ácidos graxos, alcaloides graxos, ésteres, etc.), estendendo a faixa de propriedades desejáveis – proteção contra a corrosão, resistência ao ataque bacteriano, aumento da capacidade de lubrificação e maior estabilidade química.

Recentemente, fluidos de corte emulsionáveis (também conhecidos como óleos solúveis ou emulsões) e fluidos sintéticos com aditivos ativos – os assim denominados aditivos de extrema pressão – têm substituído os fluidos à base de óleo em muitas aplicações, devido à combinação de boas propriedades lubrificantes e refrigerantes desses novos produtos. O processo de seleção dos fluidos de corte não é tão simples devido sobretudo à dificuldade de obtenção de um produto cuja composição satisfaça simultaneamente as exigências de boas características do ponto de vista da lubrificação, refrigeração, mínimo impacto ao meio ambiente e ao trabalhador e compatibilidade com máquinas-ferramenta, ferramentas de corte e material a ser usinado. Cada um desses componentes influenciam a seleção, projeto, aplicação e operação dos demais (DIAS, 2000, p.12).

### **Classificação dos fluidos de corte**

A interação entre fluidos de corte e o processo de remoção de material é uma área de pesquisas de interesse para as indústrias. Nesse sentido, os fluidos de corte evoluíram em um conjunto complexo de óleos e componentes. Essa evolução deve-se à obtenção de fluidos mais eficientes e ecologicamente mais viáveis.

Cada fluido de corte possui características particulares, vantagens e limitações distintas. Por meio da distinção destas características é possível fazer uma classificação dos diversos tipos de fluidos de corte. Eles podem ser classificados em: óleos de corte (integrals ou aditivados); fluidos solúveis em água: emulsionáveis convencionais (óleos

solúveis); emulsionáveis semissintéticos; soluções (fluidos sintéticos). (FERNANDES, 2010, p.52).

### **Óleos de corte**

Os óleos de corte são compostos capazes de formar películas oleosas, lubrificantes e aderentes. Normalmente tais compostos são de origem mineral, vegetal ou sintético. Estas substâncias podem ser utilizadas no estado puro, ou ainda aditivado com aditivos polares e/ou aditivos químicos ativos ou inativos.

Os óleos minerais apresentam, em sua grande maioria, base parafínica, isto é, compostos aromáticos policíclicos, que, se não forem destruídos durante o processo de formação do óleo de corte através de forte hidrogenação, podem causar câncer e dermatites. Estes óleos têm excelentes propriedades lubrificantes, bom controle antiferrugem e longa vida útil. No entanto, apresentam menor poder refrigerante quando comparados com os fluidos de corte solúveis em água, devido ao seu calor específico ser cerca de metade em relação ao da água (FERNANDES, 2010, p.52).

### **Fluidos solúveis em água**

Os fluidos solúveis em água são principalmente utilizados para processos a altas velocidades, pois possuem melhor capacidade de refrigeração. Esses fluidos são melhores também no resfriamento dos componentes, evitando distorções térmicas. Esses tipos de fluidos são formados pela mistura de água e óleo, ou sais orgânicos e inorgânicos. Essas misturas variam entre emulsões e soluções dependendo da constituição básica do fluido de corte solúvel concentrado, da presença e da quantidade de emulgadores no concentrado. Os emulgadores, também conhecidos como emulsificadores, são substâncias que reduzem a tensão superficial da água, com isso facilitando a dispersão do óleo na água, formando uma emulsão estável (FERNANDES, 2010, p.53).

Dependendo da taxa de diluição e da constituição do concentrado do fluido solúvel, o fluido de corte pode apresentar uma refrigeração eficiente aliada a um moderado poder lubrificante, podendo então ser empregado em operações de usinagem,

minimizando os efeitos negativos de origem térmica. Esse tipo de fluido de corte pode ser classificado em óleos emulsionáveis, sintéticos ou semissintéticos (FERNANDES, 2010, p.53).

### **Emulsões**

As emulsões são formadas por óleos e água. Como estas duas substâncias não se misturam (imiscíveis), trata-se então de água com partículas de óleo em seu interior. Esse estado somente é obtido com a adição de emulsificadores (FERNANDES, 2010, p.53).

Os óleos solúveis combinam as propriedades de lubrificação e anticorrosão dos óleos com a excelente característica refrigerante da água. As vantagens em relação aos óleos de corte incluem melhor extração de calor da interface peça/ferramenta, melhor limpeza da superfície de trabalho, economia resultante da diluição em água e condições de trabalho mais saudáveis e seguras. Já a desvantagem reside em apresentar menor poder de lubrificação, não diminuindo de forma eficiente o atrito entre peça e ferramenta (FERNANDES, 2010, p.53).

Um grande problema relacionado às emulsões está relacionado à estabilidade biológica, pelo fato de que os agentes emulgadores transformam-se em fonte de alimento para bactérias aeróbias e anaeróbias, as quais em grande quantidade degradam o fluido, destruindo suas propriedades de refrigeração e lubrificação, tornando-o inutilizável. Para combater tal efeito indesejável aplicam-se biocidas ao fluido (FERNANDES, 2010, p.53).

### **Fluidos sintéticos**

Os fluidos sintéticos são soluções químicas constituídas de materiais (sais) orgânicos e inorgânicos dissolvidos em água, não contendo óleo mineral. São compostos monofásicos de óleos dissolvidos totalmente em água. Não há a necessidade da atuação de elementos emulsificadores, pois os compostos reagem quimicamente formando fases únicas (FERNANDES, 2010, p.54).

Em geral, estas substâncias permitem rápida dissipação de calor, bom controle dimensional, excelente poder detergente e boa visibilidade da região de corte, facilidade no preparo da solução e elevada resistência à oxidação do fluido e à corrosão. Os fluidos sintéticos apresentam elevada estabilidade microbiológica, não necessitando serem periodicamente descartado devido ao ataque de bactérias. Esta característica proporciona uma redução de tempo de máquina parada para limpeza e reabastecimento do reservatório (FERNANDES, 2010, p.54).

As desvantagens da utilização desta categoria de fluidos estão relacionadas ao baixo poder lubrificante, a formação de compostos insolúveis e de espuma para determinadas operações de usinagem, fatos minimizados com a adição de antiespumantes e aditivos lubrificantes (FERNANDES, 2010, p.55).

### **Fluidos semissintéticos**

Este tipo de fluido é uma combinação de fluidos sintéticos e emulsões de óleo em água. São compostos majoritariamente por compostos sintéticos, complementados por óleos emulsionáveis numa proporção que varia entre 5 e 30% do total do fluido. Assim, pode-se obter uma emulsão translúcida, composta por minúsculas partículas de óleo. Os fluidos semissintéticos combinam algumas das melhores qualidades dos sintéticos com os óleos emulsionáveis. As vantagens e limitações são semelhantes às dos fluidos sintéticos, com exceção de que os semissintéticos possuem melhor capacidade lubrificante. Além disso, apresentam melhor resistência à corrosão e ao ataque por microrganismos (FERNANDES, 2010, p.55).

### **Aditivos**

Certas propriedades especiais são conferidas aos fluidos de corte por meio de aditivos, que são produtos químicos ou orgânicos. Os aditivos mais usados são:

- Antiespumantes: evitam a formação de espuma que poderia impedir a boa visão da região de corte e comprometer o efeito de refrigeração do fluido;

- Anticorrosivos: protegem a peça, a ferramenta e a máquina-ferramenta da corrosão (são produtos à base de nitrito de sódio);
- Antioxidantes: têm a função de impedir que o óleo se deteriore quando em contato com o oxigênio no ar;
- Detergentes: reduzem a deposição de iodo, lamas e borras (composto de magnésio, bário, cálcio, etc.);
- Emulgadores: são responsáveis pela formação de emulsões de óleo na água;
- Biocidas: substâncias ou misturas químicas que inibem o crescimento de microrganismos;
- Agentes EP (Extrema Pressão): para operações mais severas de corte, conferem aos fluidos de corte uma lubricidade melhorada para suportar elevadas temperaturas e pressões de corte reduzindo o contato da ferramenta com o material. Os principais agentes EP são à base de enxofre, cloro e fósforo (GONÇALVES et al., 2010, p.5).

### **Utilidades do fluido de corte**

Em processos de usinagem, as exigências básicas são produzir peças dentro de tolerâncias e acabamentos dimensionais predeterminados, ao menor custo possível. Nos processos de usinagem, os fluidos de corte desempenham numerosas funções simultaneamente, contribuindo para que essas exigências de fabricação sejam satisfeitas (FERRARESI, 1977, p.523).

Os fluidos de corte ajudam a refrigerar a região de corte em altas velocidades, lubrificar a região de corte em baixas velocidades e altas tensões de corte, reduzir a força de corte, melhorar a vida da ferramenta, o acabamento superficial, a precisão dimensional da peça, auxiliar na quebra do cavaco, facilitar o transporte de cavaco, deixar uma camada protetora sobre a superfície usinada e proteger a máquina-ferramenta contra oxidação. As funções mais importantes dos fluidos de corte são a de retirar o calor gerado e lubrificar a região de corte (FERRARESI, 1977, p.523).

O fluido é arrastado para dentro da interface cavaco/ferramenta por capilaridade de uma rede interligada na superfície áspera formada na interface, produzindo um efeito

lubrificante. O fluido ganha acesso à interface pela infiltração pelos lados do cavaco. Para isso o fluido de corte deve ter moléculas pequenas, pois a rede de capilaridade é de pequeno tamanho (FERRARESI, 1977, p.523).

O fluido caminha para dentro das pequenas cavidades da região de corte através das forças de tensão superficial mais a diferença de pressão entre a atmosférica e a de dentro das cavidades. Nestas, existe uma tendência à formação de vácuo quando a ferramenta penetra na peça. A lubrificação no corte ocorre na superfície de saída da ferramenta através da formação de um filme fino na interface cavaco/ferramenta, o qual reduz o comprimento de contato e o coeficiente de atrito (FERRARESI, 1977, p.523).

As pressões de contato entre ferramenta e peça são tão altas que o fluido de corte não tem um caminho pelo qual possa penetrar de maneira satisfatória na região de contato entre a ferramenta e o cavaco, pois por este espaço reduzido somente partículas muito pequenas de fluido teriam acesso. O que ocorre na maioria dos casos é um resfriamento indireto com o fluido de corte retirando calor da superfície do cavaco, da peça e da ferramenta que estão a ele expostas (FERNANDES, 2010, p.57).

Os fluidos de corte podem ser aplicados de três maneiras tradicionais.

A aplicação manual é utilizada em pequenos lotes e é feita pelo operador, sendo o método mais fácil e mais barato. Tem a desvantagem de ser intermitente, com o acesso do fluido à região de corte limitado e pouca contribuição para a remoção do cavaco (TEIXEIRA FILHO, 2006, p.22).

Já a aplicação por inundação é o método mais comum e inunda toda região de corte. Permite o fluxo contínuo de fluido na região de corte e ajuda a remover o cavaco. É feita por um ou mais bocais direcionados para região de corte. Para esta aplicação as máquinas ferramentas são dotadas de bombas de circulação, bocais e filtros. Neste método o objetivo principal é melhorar a quebra do cavaco (TEIXEIRA FILHO, 2006, p.22).

Por fim, a aplicação por névoa, em que uma pequena quantidade de fluido é levada até a região de corte com a ajuda de ar comprimido. É utilizada em processos nos quais as velocidades de corte são altas (TEIXEIRA FILHO, 2006, p.23).

### **Manutenção dos fluidos de corte**

Em relação à manutenção dos fluidos, primeiramente, é necessário que se imponha dentro da empresa um bom programa de manutenção para que os resultados possam aparecer. Um bom programa é aquele que engloba a observação das alterações que aparecem no sistema de refrigeração, em especial sinais de desestabilização, além, é claro, de incluir procedimentos periódicos ou até mesmo diários de manutenção. Todo programa de manutenção de fluidos deve priorizar e começar com a limpeza da máquina, bem como das linhas de alimentação do fluido e dos reservatórios (CATAI et al., 2002, p.3).

Assim, considera algumas providências e cuidados no manuseio de fluidos de corte, bem como dicas de higiene no uso são:

- Armazenamento: locais adequados sem variações de temperaturas, limpos e livres de contaminação;
- Alimentação: deve-se aplicar diretamente sobre a aresta de corte e antes do início do corte;
- Purificação e recuperação: por meio de decantação e filtragem;
- Controle de odor: contornado por meio de limpeza do local e pelo uso de bactericida da emulsão;
- Contato e higiene: os contatos do operador com os fluidos de corte mais os resíduos da usinagem formam compostos que aderem à pele das mãos e dos braços. Essas substâncias entopem os poros e os folículos capilares, impedindo a formação normal do suor e a ação da limpeza natural da pele, o que causa a dermatite. O controle desse problema é mais uma questão de higiene pessoal (vestir um avental à prova de óleo, lavar as áreas da pele que entram em contato com o fluido, sujeiras e partículas metálicas ao menos duas vezes ao dia; tratar e proteger imediatamente os cortes e arranhões, aplicar cremes adequados às mãos e aos braços antes do início do trabalho e depois de lavá-los, instalar nas máquinas protetores contra salpicos, etc.) (GONÇALVES et al., 2010, p.8).

### **Aspectos nocivos dos fluidos de corte**

Os benefícios tecnológicos que a utilização dos fluidos de corte proporciona aos processos de usinagem são inegáveis. Contudo, vistos sob os aspectos ambientais, são agentes nocivos e atualmente sua utilização (inclui manuseio e descarte) seguramente pode ser apontada como uma das principais fontes causadoras de problemas dentro dos processos de manufatura das indústrias do setor metal-mecânico. Fluidos de corte e outros agentes auxiliares utilizados em processos de usinagem como óleos lubrificantes, óleos hidráulicos, graxas, etc., possuem potencial altamente perigoso de poluição ao solo, ar, água, além de sério risco à saúde do operador. Os diferentes procedimentos no âmbito desse processo de produção resultam numa variedade de resíduos, emissões e materiais de refugo (DIAS, 2000, p.27).

Diversos estudos demonstram que o contato prolongado com os fluidos de corte e seus subprodutos pode causar diversos tipos de doenças de pele e alguns tipos de câncer, além de doenças pulmonares. Além disso, no momento em que se deve descartar tais produtos após serem deteriorados pela sua utilização, provocam, de uma forma ou de outra, algum tipo de agressão ao meio ambiente (Figura 1). A pressão econômica sobre as indústrias devido ao despejo desses produtos, portanto, aumenta progressivamente (DIAS, 2000, p.27).

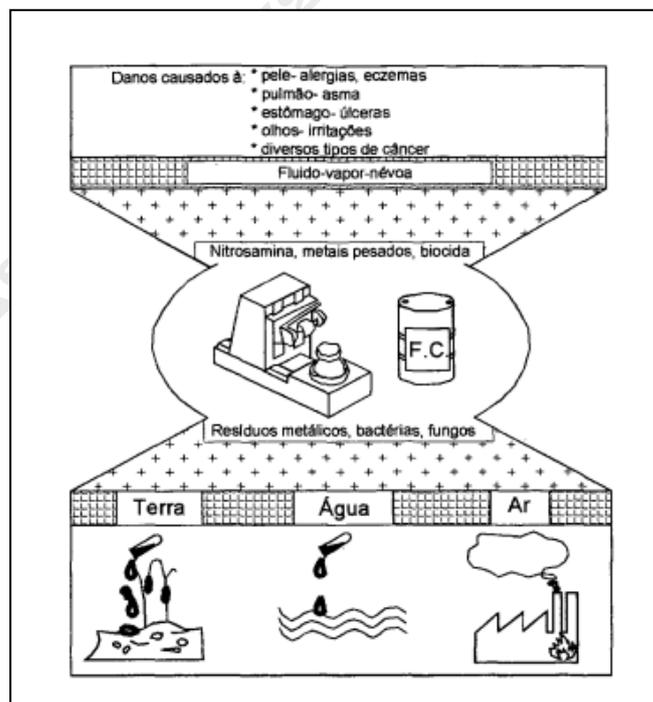


Figura 1: Principais interações dos fluidos de corte com o meio ambiente  
Fonte: Dias (2000)

### **Risco à saúde do operador – ambiente de trabalho**

O contato prolongado de fluidos de corte com o trabalhador no chão-de-fábrica através de respingos, inalação de vapores, névoa no ambiente de trabalho, entre outros, tem demonstrado causar diversos tipos de problemas relacionados à saúde. Os componentes dos fluidos de corte assim como os aditivos, biocidas, fungicidas, produtos de reações e impurezas podem causar diversos tipos de doenças de pele como dermatites, inflamações cutâneas, hiperpigmentação, alergias e outras irritações (DIAS, 2000, p.29).

Névoa e vapores gerados durante a utilização de fluidos de corte na usinagem frequentemente são inalados pelos operadores, podendo causar diversos tipos de doenças respiratórias, irritações nas mucosas do nariz e da garganta e nos olhos. Alguns aditivos usados na formulação de fluidos de corte são suspeitos de serem carcinogênicos. Os vapores são gerados, sobretudo, no contato dos fluidos de corte com superfícies quentes da peça trabalhada, da ferramenta ou do cavaco quente (DIAS, 2000, p.29).

### **Contaminação do solo e da água**

Fluidos de corte se fazem presentes nas peças e nos cavacos (partículas sólidas provenientes das peças usinadas), após a usinagem. Nas peças usinadas atuam principalmente com função anticorrosiva. Ocorrem também perdas de fluidos de corte nos componentes das máquinas, tais como dispositivos de fixação e manuseio, no sistema de pressurização do ar e na formação de gotas e vazamentos. As perdas de fluidos de corte através da remoção do sistema pelos meios acima descritos são substanciais e podem chegar a 30% do volume total utilizado (DIAS, 2000, p.30; TEIXEIRA FILHO, 2006, p.34).

Com os cavacos os principais problemas ocorrem devido ao derramamento de fluidos de corte no meio ambiente durante a armazenagem e o transporte, com conseqüente contaminação do solo, lençol freático e rede de coleta de esgoto (DIAS,2000, p.30).

Em um grande número de empresas, a armazenagem dos cavacos é feita em depósitos sem cobertura. Por este motivo, a água proveniente das chuvas arrasta para o solo e para os sistemas de água fluvial e subterrâneo diversos contaminantes e compostos constituintes dos fluidos de corte que são solúveis ou emulsionáveis em água, ocasionando danos ambientais mais graves do que poderia ser imaginado em uma análise mais simples e superficial (DIAS, 2000, p.30).

Em processos de desengraxe, resíduos de fluidos de corte são removidos através da utilização de solventes na forma de vapor ou tipo imersão, podendo ocorrer a formação de emulsões aquosas ou películas flutuantes que podem ser tóxicas para microrganismos aquáticos, ou ainda podem ser liberados gases tóxicos (DIAS, 2000, p.30).

Após a limpeza, esses produtos necessitam ser reprocessados para que a água presente nas emulsões possa ser reutilizada em outro processo ou despejada na rede de coleta de esgoto. Este reprocessamento demanda custo e muitas vezes não é executado de forma adequada por parte do usuário de fluidos de corte, ocasionando séria contaminação ambiental. Custos elevados de disposição final e tratamento de fluidos de corte, aliados à ineficiência dos órgãos de fiscalização e controle de resíduos industriais, servem de estímulo para que usuários procedam de maneira inadequada no momento do descarte, lançando resíduos de fluidos de corte em rios, lagos e terrenos baldios, comprometendo a qualidade da água e do solo (DIAS, 2000, p.30).

### **Contaminação atmosférica**

Os problemas com os cavacos contaminados com fluidos de corte são críticos, pois os aditivos utilizados muitas vezes não permitem a refusão dos cavacos, uma vez que no aquecimento formam-se vapores nas mais variadas combinações químicas dos seus elementos constituintes. Para o processamento correto dos cavacos, sem prejuízo ao meio ambiente, os aditivos utilizados devem ser reconhecidos e isto nem sempre é possível, por limitações tecnológicas e/ou econômicas. No caso das dioxinas, são subprodutos de processos industriais que utilizam cloro e são produzidas não-intencionalmente, o que representa um problema ainda mais grave, pois sua detecção é cara e difícil e o controle de sua emissão é praticamente nulo. São formadas durante o

processo de combustão em que carbono orgânico, cloro e metais estão presentes ou então em reações orgânicas envolvendo a síntese de compostos clorados aromáticos (DIAS,2000, p.31; TEIXEIRA FILHO, 2006, p.34).

Os problemas de contaminação atmosférica podem causar danos mais sérios do que imaginados em uma análise simplificada, pois parte dos vapores e névoa gerados no ambiente de trabalho frequentemente extrapola os limites da fábrica contaminando a atmosfera de regiões vizinhas, e em muitos casos é carregado pela água das chuvas até o solo (DIAS, 2000, p.31).

### **Tecnologias de controle, reciclagem, tratamento e descarte de fluidos de corte**

Durante as operações de usinagem, os fluidos de corte estão sujeitos a diferentes fontes de contaminação, além do processo de degradação natural que inclui diminuição de suas propriedades refrigerantes e lubrificantes, assim como proliferação de bactérias, fungos e emissões de gases e odores. Desta forma, tais produtos necessitam de medidas de controle que garantam seu desempenho ótimo. Fluidos de corte podem ser contaminados por cavacos, partículas provenientes do desgaste de ferramentas, resíduos de óleos lubrificantes e hidráulicos, resíduos orgânicos como partículas de alimento, papel, pano, filtros de cigarro, etc. Todos estes resíduos devem ser removidos para garantir bom desempenho dos fluidos de corte e elevada vida útil (DIAS,2000, p.33).

### **Controle e reciclagem de fluidos de corte**

O surgimento de leis de disposição final de resíduos cada vez mais severas e o aumento nos custos com tratamento de fluidos de corte têm estimulado os usuários a exercerem um controle mais eficiente da qualidade do produto durante sua utilização, além de aperfeiçoarem técnicas de reciclagem (DIAS,2000, p.33).

Óleos integrais não são tão sensíveis à degradação quanto as emulsões, no entanto deve-se tomar o cuidado de não os armazenar em temperaturas demasiadamente baixas pois pode haver solidificação e separação de óleos graxos ou compostos

gordurosos contidos nesses tipos de fluidos de corte. Recomenda-se temperatura de manutenção na faixa de 20°C (DIAS,2000, p.33).

Para a reciclagem desse tipo de fluido de corte, pode-se utilizar o reprocessamento, que consiste no aquecimento e filtração do óleo para retirada de traços de umidade e contaminantes. Após o reprocessamento, amostras do fluido devem ser retiradas para verificação de viscosidade, umidade, ponto de fulgor, corrosão, etc. As emulsões necessitam de maior atenção pois sua qualidade, além de ser influenciada pelo processo de degradação natural e pelo nível de contaminação, é também dependente da concentração da composição, alcalinidade, acidez e outras características físico-químicas da água (DIAS, 2000, p.33).

Durante a utilização, ocorrem perdas de quantidades de fluidos de corte devido principalmente à evaporação, respingos e arraste junto a peças e cavacos. Para compensar esta perda deve-se repor frequentemente a composição, o que provoca aumento no total de sólidos dissolvidos, podendo gerar alguns fatores indesejáveis ao processo.

O monitoramento da concentração da emulsão deve ser executado frequentemente. Pode ser utilizado para tal o método da titulometria ou através do uso de um refratômetro. O método da titulometria é mais preciso, pois tem a capacidade de medir um produto químico específico ou um grupo de produtos químicos (DIAS, 2000, p.33).

Conforme mencionado anteriormente, a variedade e a quantidade de contaminantes nos fluidos de corte podem ser elevadas. Estes devem ser removidos de modo a permitir que o processo de usinagem forneça determinado acabamento, tolerância, taxa de produção, etc., além de facilitar a reciclagem dos fluidos de corte (DIAS, 2000, p.33).

Os óleos integrais podem ser regenerados através do rerrefino, o que não ocorre com os fluidos aquosos, que devem ser tratados e descartados após sua degradação. Contudo, a determinação da quantidade e tamanho das partículas de contaminantes que podem ser removidas dos fluidos de corte através dos mais diferentes processos não é tarefa simples. A remoção total de partículas indesejáveis é difícil, podendo ser obtida apenas com o emprego de métodos de alto custo como microfiltração, ultrafiltração ou osmose reversa. Pode-se dividir os sistemas de remoção de contaminantes em duas

classes principais: sistemas centrais e sistemas para máquinas individuais (DIAS, 2000, p.33).

### **Tratamento e descarte de fluidos de corte**

Fluidos de corte do tipo óleo integral normalmente são recuperados na própria empresa através da utilização de centrifugas e filtros combinados com tanques de sedimentação, além de outros.

Quando os óleos integrais apresentam elevado grau de degradação de sua composição, podem ser encaminhados para empresas especializadas em rerrefino que promovem sua recuperação. Quando o rerrefino não é possível, óleos na forma de resíduos podem ser incinerados como combustível em fornos de empresas especializadas. Os fluidos aquosos (óleos emulsionáveis, fluidos sintéticos e semissintéticos) não são regeneráveis e quando perdem sua eficiência no processo, necessitam de tratamento e descarte adequados. A água contida nestes fluidos deve ser recuperada, tratada e analisada antes de ser lançada na rede de coleta de esgoto. A análise tem por objetivo verificar se o pH, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a demanda química de oxigênio (DQO), fosfatos, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e outros potenciais poluentes estão dentro dos padrões locais estabelecidos pela legislação específica (DIAS, 2000, p.38).

### **Análise de resultados**

Através da pesquisa foi possível obter todos os resultados esperados, começando pelos tipos de fluidos, os quais são: óleos de corte (integrais ou aditivados) e fluidos solúveis em água (solúveis, semissintéticos e sintéticos), cada um com suas vantagens e desvantagens. Sua escolha varia de acordo com o processo utilizado pelo consumidor, e, além disso, é possível ainda melhorar o desempenho do fluido utilizando aditivos.

Posteriormente foi esclarecido como é o processo de lubrificação, como é arrastado para dentro da interface do cavaco/ferramenta, ocorrendo realmente a lubrificação na saída da ferramenta, e as três possíveis maneiras de se aplicar.

Já para manutenção, é importante ter um bom programa de controle na empresa, assim foram citadas as providências mais importantes que devem ser tomadas em relação ao fluido: locais adequados para armazenamento, alimentação do fluido no processo, purificação e recuperação, controle do odor e, não menos importante, o contato e a higiene dos operadores com o fluido.

Contudo, infelizmente, não podemos descartar os problemas que são gerados ao meio ambiente e até ao operador. Devido a sua composição e seus aditivos químicos, os fluidos podem gerar diversos tipos de doenças de pele como dermatites, inflamações cutâneas, doenças respiratórias, entre outras.

Já no meio ambiente, a poluição é feita principalmente pelo armazenamento – em geral não coberto, assim o fluido é arrastado com a chuva ao solo e chega até ao lençol freático. Também muitas vezes acontece que, quando é feito o desengraxe com solventes por evaporação, pode ocorrer a formação de emulsões aquosas potencialmente ser tóxicas para microrganismos aquáticos. Quanto à poluição atmosférica, ocorre através da evaporação de aditivos contidos no fluido, e essa névoa fica em torno da empresa, assim sendo carregada para o solo através das chuvas.

Por fim e muito importante são a reciclagem e o descarte dos fluidos, aquela é feita basicamente pelo aquecimento e filtração, geralmente na própria empresa e mandada a outras empresas especializadas nesse processo quando o grau de degradação é maior; quando não é possível e reciclagem essas empresas incineram o fluido como combustível.

### **Considerações finais**

Através das palavras-chave, pôde-se dar início à pesquisa, que aos poucos foi sendo encorpada, tomando um direcionamento com as questões levantadas inicialmente. Ao final, obtiveram-se todas as respostas, as quais seguem resumidamente abaixo. Para isso serão esclarecidas/ respondidas todas as questões levantadas.

- Quais as diferenças entre os fluidos e qual se deve usar?

O fluido a ser escolhido depende do tipo de processo que será feito, se será em alta ou baixa velocidade, com pouca ou muita remoção de cavaco, enfim, todas essas variáveis devem ser levadas em consideração.

No caso dos fluidos solúveis em água, estes são principalmente utilizados para processos a altas velocidades, pois possuem melhor capacidade de refrigeração. Já as emulsões são mais indicadas para processo com muita remoção de cavaco, pois facilita a limpeza da superfície de trabalho.

Além desses, há os fluidos sintéticos e os semissintéticos. Os sintéticos possuem substâncias que permitem rápida dissipação de calor, bom controle dimensional, excelente poder detergente, boa visibilidade da região de corte, facilidade no preparo da solução e elevada resistência à oxidação do fluido e à corrosão. Os fluidos sintéticos apresentam elevada estabilidade microbiológica, não necessitando ser periodicamente descartado, devido ao ataque de bactérias. Quanto aos semissintéticos, as vantagens e limitações são semelhantes às dos fluidos sintéticos, com exceção de que os semissintéticos possuem melhor capacidade lubrificante.

- Qual sua utilidade?

Os fluidos de corte ajudam a refrigerar a região de corte em altas velocidades, lubrificam em baixas velocidades e altas tensões de corte, reduzir a força de corte, melhorar a vida da ferramenta, o acabamento superficial e a precisão dimensional da peça, além de auxiliarem na quebra do cavaco, facilitarem o transporte de cavaco, deixarem uma camada protetora sobre a superfície usinada e protegerem a máquina-ferramenta contra oxidação.

- É reaproveitável?

Os óleos integrais podem ser regenerados através do rerrefino, o que não ocorre com os fluidos aquosos, que devem ser tratados e descartados após sua degradação. A determinação da quantidade e tamanho das partículas de contaminantes que podem ser removidas dos fluidos de corte através dos mais diferentes processos não é tarefa simples. A remoção total de partículas indesejáveis é difícil, podendo ser obtida apenas com o emprego de métodos de alto custo como microfiltração, ultrafiltração ou osmose reversa (DIAS, 2000).

- Como se deve descartá-lo?

Por fim, quando os óleos integrais apresentam elevado grau de degradação de sua composição, podem ser encaminhados para empresas especializadas em rerrefino, que promovem sua recuperação. Quando o rerrefino não é possível, óleos na forma de resíduos podem ser incinerados como combustível em fornos de empresas

especializadas. Os fluidos aquosos (óleos emulsionáveis, fluidos sintéticos e semissintéticos) não são regeneráveis e, quando perdem sua eficiência no processo, necessitam de tratamento e descarte adequados. A água contida nestes fluidos deve ser recuperada, tratada e analisada antes de ser lançada na rede de coleta de esgoto.

## Referências

CATAI, R. E. et. al. Formas de manutenção e métodos de descarte dos fluidos de corte utilizados na usinagem de metais. Congresso brasileiro de engenharia e ciência dos materiais CBECIMAT. 2002.

DIAS, A. M. P. Avaliação ambiental de fluidos de corte utilizados em processos convencionais de usinagem. Tese de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DINIZ, A. E. et al. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 3. ed. São Paulo: Artliber Editora, 1999.

FERNANDES, U. B. Análise de métodos de lubri-refrigeração aplicados no processo de retificação cilíndrica interna de mergulho em aços endurecidos. Tese de doutorado. UNESP, Bauru, 2010.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo: Editora Blucher, 1977.

GONÇALVES, B. B. et. al. Óleos de usinagem: Tipos, classificação e desempenho. UNESP, 2010.

LISBOA, F. C. et. al. Fluidos de corte: uma abordagem geral e novas tendências. XXXIII Encontro nacional de engenharia de produção, ENEGEP, 2013.

TEIXEIRA FILHO, F. (2006). A utilização de fluido de corte no fresamento do aço inoxidável 15-5PH. Tese de Doutorado. Unicamp, Campinas, 2006.

### **HANDLING OF CUTTING FLUIDS: FROM USE TO DISPOSAL**

#### **ABSTRACT**

*In machining processes, chip cutting generates a large amount of energy due to tool-piece and chip-tool friction. In order to minimize tool wear, thermal expansion of the workpiece, and thermal damage to the workpiece surface structure, this heat must be reduced through tool and workpiece cooling; for this the cut fluids are used. This article aims to present the correct way of handling the cutting fluid. This study will be done through an exploratory bibliographical research in the main databases. As a result, the different types of cutting fluids were*

*investigated, the correct way of their use, the periodic maintenance, ways of recycling and discarding them.*

**Keywords:** *Cutting Fluid; Properties; Machining; Maintenance; Handling.*

**Envio em: junho/2018**

**Aceito para publicação: fevereiro/2019**

REGRASP (ISSN 2526-1045), v. 4, n. 1, mar. 2019