

N. CLASS.	M 675.31
CUTTER	N 323
ANO/EDIÇÃO	2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**PEDRO HENRIQUE SILVA NAVES**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE FLUIDOS DE CORTE NO  
PROCESSO DE USINAGEM EM LIGAS METÁLICAS**

**Varginha**

**2014**

**PEDRO HENRIQUE SILVA NAVES**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE FLUIDOS DE CORTE NO  
PROCESSO DE USINAGEM EM LIGA METÁLICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. Alexandre Lopes.

**Varginha**

**2014**

**PEDRO HENRIQUE SILVA NAVES**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE FLUIDOS DE CORTE NO  
PROCESSO DE USINAGEM EM LIGA METÁLICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

---

Prof. Joao Mario Mendes de Freitas

---

Prof. Amadeus Costa Filho

---

Prof. Mario Ribeiro Duarte

---

Convidado

OBS:

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos, namorada, e professores que contribuíram de alguma forma com o meu aprendizado.

**Grupo Educacional UNIS**

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo uma análise sobre as vantagens e desvantagens da utilização de fluidos de corte líquidos e gasosos como refrigerante e lubrificante no processo de usinagem. Partindo de seu surgimento até os dias atuais, detalhando suas aplicações, manuseio, precauções, processo em que são utilizados, propriedades físicas de cada tipo de fluido e o que as novas tecnologias estão preparando para o futuro dessa área altamente tecnológica que é o mundo da usinagem.

**Palavras-chave:** Usinagem. Refrigeração. Lubrificação. MQL. HSM.

## **ABSTRACT**

*This paper aims at an analysis of the advantages and disadvantages of using liquid cutting fluids and compressed air as a coolant and lubricant in the machining process. Starting from its inception to the present day, detailing their applications, handling, precautions, which are used in process, physical properties of each type of fluid and what new technologies are preparing for the future of this highly technological area that is the world of machining.*

*Keywords: Machining. Cooling. Lubrication. MQL, HSM.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Machado de pedra lascado, foice de osso e pontas de armas. ....	12
Figura 02 – Distribuição da temperatura.....	15
Figura 03 – Distribuição do calor gerado.....	16
Figura 04 – Temperatura crítica.....	17
Figura 05 – Operações com lubrificação.....	18
Figura 06 – Emulsão água com óleo .....	20
Figura 07 – Emissão de resíduos dos fluidos de corte .....	24
Figura 08 – Refrigeração no broqueamento.....	25
Figura 09 – Emissão de resíduos dos fluidos de corte .....	28

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 USINAGEM</b> .....	11
<b>2.1 História da usinagem</b> .....	11
<b>2.2 Definição de usinagem</b> .....	12
<b>2.3 Operações de usinagem</b> .....	12
2.3.1 Torneamento.....	12
2.3.2 Fresamento.....	13
2.3.3 Furação.....	13
<b>2.4 Cavaco</b> .....	13
<b>2.5 Fatores que influenciam a usinagem</b> .....	13
<b>3 FLUIDO DE CORTE</b> .....	14
<b>3.1 Definição</b> .....	14
<b>3.2 História do Fluido de corte</b> .....	14
<b>3.3 Funções do fluido de corte</b> .....	14
3.3.1 Refrigeração.....	15
3.3.2 Lubrificação.....	17
3.3.3 Proteção e limpeza.....	18
<b>3.4 Propriedades e características desejáveis</b> .....	19
<b>3.5 Tipos de fluidos</b> .....	19
3.5.1 Líquidos.....	19
3.5.1.1 Soluções.....	20
3.5.1.2 Emulsões.....	20
3.5.1.3 Óleos.....	21
3.5.2 Sólidos.....	21
3.5.3 Gasoso.....	22
<b>3.6 Escolha do fluido</b> .....	22
<b>3.7 Problemas comuns na utilização</b> .....	23
3.7.1 Corrosão de peças e/ou da máquina.....	23
3.7.2 Danos por bactérias.....	23
3.7.3 Sujeiras e impurezas.....	23
3.7.4 Risco de incêndio.....	23
3.7.5 Ataque à saúde.....	24
3.7.6 Poluição do Meio Ambiente.....	24
<b>3.8 Manuseios dos fluidos e higiene</b> .....	25
3.8.1 Armazenamento.....	25
3.8.2 Alimentação.....	25
3.8.3 Purificação e recuperação.....	26
3.8.4 Controle de odor.....	26
<b>3.9 MQL</b> .....	27
3.9.1 Definição.....	28
3.9.2 Vantagens.....	28
3.9.3 Desvantagens.....	28
3.9.4 Utilização.....	28
<b>3.10 Usinagem no Brasil</b> .....	29
3.10.1 Precisão dimensional.....	29

3.10.2 Usinagem sem fluido de corte.....	30
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da usinagem é de grande importância no ramo industrial, pois ele movimenta grande parte dos investimentos empresariais. Com foco em diminuição de tempo e custos de produção, aumento da produtividade e lucratividade, este trabalho apresentará as vantagens e desvantagens dos fluidos de corte em operações de torneamento, fresamento e furação.

Através da análise das propriedades físicas, aplicação, manuseio, e as dificuldades encontradas na sua utilização, como ataque à saúde do operador e poluição do meio ambiente é possível se fazer uma comparação e escolha de qual fluido é mais adequado em cada processo de fabricação.

Os fluidos de corte vêm demonstrando ao longo dos tempos ser insubstituível para as operações de corte onde o atrito peça-ferramenta mostra-se o principal fator que torna esse elemento indispensável. Mas estudos e pesquisas vêm provando o contrário, e este trabalho apresentará o que faz do fluido de corte ser essencial ou não no universo da usinagem.

## 2 USINAGEM

### 2.1 História da Usinagem

Segundo IPB (2004/2005) há aproximadamente 12 a 50 mil anos o homem estava em condições de produzir ferramentas de pedras com gumes afiados por lascamento, como nos mostram achados arqueológicos da idade da pedra. Mas foi o desenvolvimento da cerâmica que abriu ao homem as portas para o definitivo salto tecnológico: o processamento dos metais. A cerâmica trouxe consigo a descoberta das possibilidades de exercer controle sobre o material. Com ela, o homem podia pensar uma forma, pegar a argila e fazer aparecer um objeto onde antes existia apenas material sem forma. E por volta de 4000 a.C., ele percebeu que podia fazer o mesmo com os metais. Começando pelo cobre, depois o bronze e finalmente o ferro, o homem foi vagarosamente dominando a tecnologia de utilização desses materiais metálicos. Por forjamento, isto é, martelando a massa aquecida de metal, o forjador dava ao metal a forma desejada, o que antes era impossível de ser obtido na pedra. Aplicando técnicas de soldagem, inicialmente no cobre e depois nos outros metais, ele aprendeu a unir partes metálicas. Para o acabamento da ferramenta, era necessário, em seguida, limá-la e afiá-la (Instituto Politécnico de Bragança, 2004/2005).

Segundo Diniz e Coppini (1999) nos tempos de Taylor, muito da competitividade dependia da capacidade produtiva da indústria. A fim de atender à crescente e enorme demanda, era imprescindível que se encontrasse métodos que pudessem multiplicar a velocidade dos sistemas de fabricação. Foi um tempo em que a diferenciação dos produtos não era um fator muito relevante, portanto, a produção massiva de um modelo padrão preenchia a contento as necessidades dos produtores e consumidores da época.

Atualmente, o cenário é inverso. A segmentação do mercado, a diferenciação das linhas de produtos, objetivando o atendimento das necessidades particulares de públicos alvos específicos, tornou-se estratégicas por consolidarem um diferencial de competitividade (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 1999, p. 9).

Figura 1 – Machado de pedra lascado, foice de osso e pontas de armas.



Fonte: Augusto (1982).

## 2.2 Definição de usinagem

Segundo a norma DIN 8580 sob o termo "Separar", compreende os processos de fabricação com remoção de cavaco com ferramenta de geometria definida, que se caracteriza pela aplicação de ferramentas com características geometricamente definidas. O Estudo da usinagem é baseado na mecânica (Atrito, Deformação), na Termodinâmica (Calor) e nas propriedades dos materiais (DIN 8580, 2003).

## 2.3 Operações de usinagem

Como operações de usinagem entendemos aquelas que, ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação qualquer destes três bens, produzem cavaco (Chiaverine, Vicente 1986).

### 2.3.1 Torneamento

É um processo mecânico dentro da usinagem que se destina à obter superfícies de revolução com ajuda de uma ou mais ferramentas unicortantes. No entanto a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se movimenta simultaneamente conforme uma trajetória coplanar com o eixo.

### 2.3.2 Fresamento

É todo processo mecânico de usinagem direcionado à obter superfícies quaisquer com o ajuda de ferramentas normalmente multicortantes. Para tanto, a ferramenta sempre gira e a peça e a ferramenta se movimentam conforme uma trajetória pré-definida qualquer.

### 2.3.3 Furação

É todo processo mecânico de usinagem que se destina à obter um furo normalmente cilíndrico em uma peça, com ajuda de uma ferramenta geralmente multicortante. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram ao mesmo tempo e a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina.

## 2.4 Cavaco

É toda quantidade de material em forma irregular removida da peça pela ação de qualquer ferramenta. Sua formação pode influenciar diversos fatores relacionados à usinagem, eles podem ser o desgaste da ponta ferramenta, os esforços de corte na peça, o calor gerado entre peça ferramenta, a penetração do fluido de corte, etc.

## 2.5 Fatores que influenciam a usinagem

- a) Parâmetros de corte (velocidade de corte, avanço e penetração)
- b) Material a ser usinado (dureza, tenacidade e usinabilidade)
- c) Pastilha a ser utilizada (geometria, material e cobertura)
- d) Potencia da máquina (diâmetro da placa, potencia útil, precisão)
- e) Fluido de corte (refrigeração e lubrificação)

### **3 FLUIDO DE CORTE**

#### **3.1 Definição**

Segundo o Telecurso (2000) os fluidos de corte são aqueles líquidos e gases aplicados na ferramenta e no material que está a ser maquinado, para facilitar a operação de corte.

#### **3.2 Historia do Fluido de corte**

Segundo Diniz e Coppini (1999) a utilização de fluidos de corte na usinagem dos materiais foi introduzida por F.W. Taylor em 1890. Inicialmente Taylor utilizou água para resfriar a ferramenta, depois uma solução água e soda, ou água e sabão para evitar a oxidação da peça e/ou da ferramenta. Mas a água tem duas desvantagens principais: a) promove oxidação e b) tem baixo poder lubrificante.

Os óleos possuem melhor poder lubrificante que a água, podendo assim reduzir a geração de calor devido ao atrito entre cavaco-ferramenta e ferramenta-peça e assegurar um melhor acabamento superficial à peça. Assim foram desenvolvidos os óleos emulsionáveis (solúveis) com água (1 a 20% de óleo) e os óleos de extrema pressão, cujos aditivos reduzem o perigo de solda do cavaco com a ferramenta, interpondo entre esses em extrato de óxidos (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 1999, p. 163).

#### **3.3 Funções do fluido de corte**

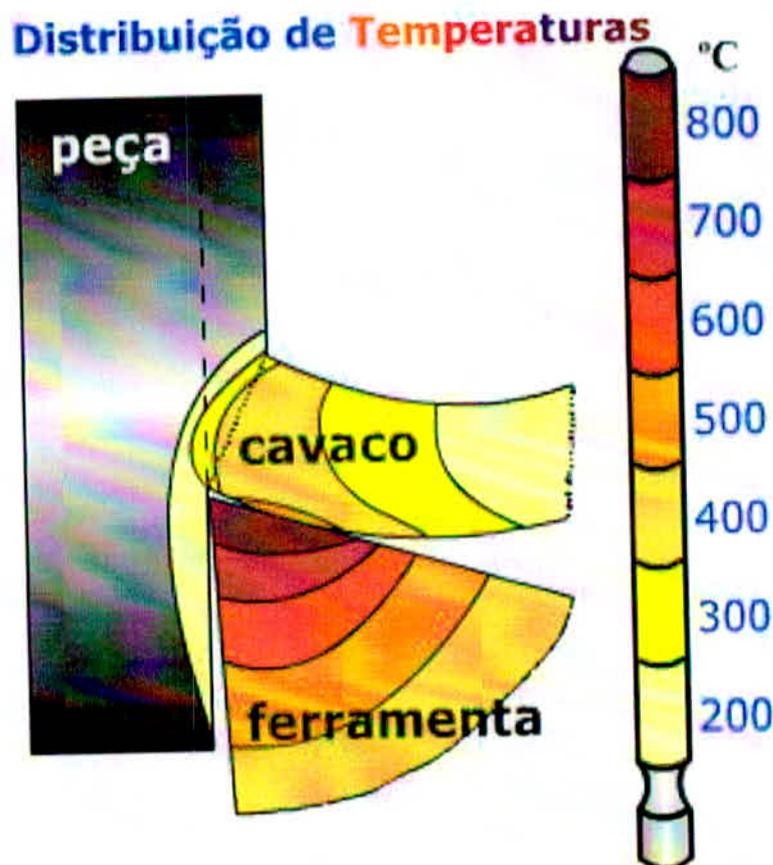
- a) Refrigerar região de corte
- b) Refrigeração da peça
- c) Refrigeração da ferramenta
- d) Lubrificar as superfícies em atrito
- e) Arrastar as aparas da zona de corte
- f) Proteger a peça, máquina e ferramenta contra oxidação.

### 3.3.1 Refrigeração

Segundo IPB (2004/2005) refrigeração desempenha um papel fundamental na usinagem. Uma das principais funções dos fluidos de corte é refrigerar, ou seja, remover o calor gerado durante a operação. Isso ajuda a prolongar a vida útil das ferramentas e a garantir a precisão dimensional das peças pela redução dos gradientes térmicos.

A figura seguinte representa a distribuição típica de temperaturas na região de corte. De maneira geral, quanto maior for a velocidade de corte ( $v_c$ ), maior será a temperatura e maior a necessidade de refrigeração (Instituto Politécnico de Bragança, 2004/2005).

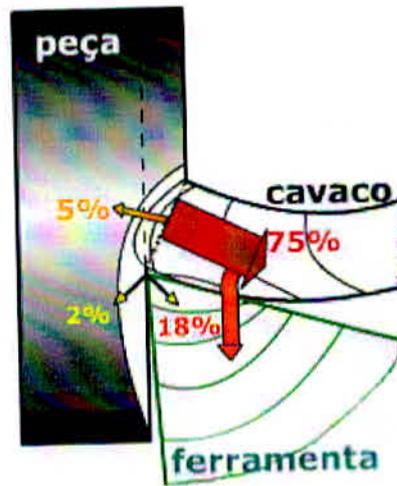
Figura 2 – Distribuição da temperatura.



Fonte: Instituto Politécnico de Bragança, 2004/2005.

Na usinagem com ferramenta de geometria definida, a maior parte do calor gerado vai para a aparta. A figura seguinte exemplifica uma distribuição de calor na zona de corte.

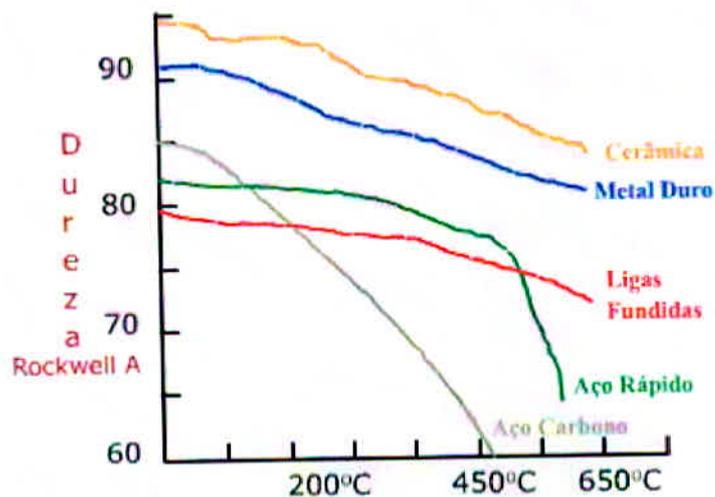
Figura 3 – Distribuição do calor gerado.



Fonte: Instituto Politécnico de Bragança, 2004/2005.

Na maioria dos casos, é benéfico diminuir temperaturas tão altas. Nesses casos, se o calor não for removido, ocorrerão distorções térmicas nas peças e alterações prejudiciais na estrutura da ferramenta. Como resultado, tem-se o desgaste prematuro e trocas mais frequentes de ferramenta. No gráfico seguinte pode-se observar o efeito da temperatura na dureza de alguns materiais de ferramenta. Observe a nítida diminuição da dureza dos materiais, com o aumento da temperatura (Instituto Politécnico de Bragança, 2004/2005).

Gráfico 1 – Perda da dureza em função da temperatura.



Fonte: Instituto Politécnico de Bragança, 2004/2005.

Por outro lado, há casos onde as temperaturas elevadas facilitam o corte da peça em virtude da redução de dureza. Nesses casos, é importante utilizar uma ferramenta com temperatura crítica maior.

Um fator importante na vida da ferramenta é que, a temperatura, especialmente do gume, não ultrapasse o valor crítico, para o qual se verifica uma grande redução da dureza. A figura seguinte indica temperaturas críticas para diferentes materiais de ferramenta (Instituto Politécnico de Bragança, 2004/2005).

Figura 4 – Temperatura crítica.



Fonte: Instituto Politécnico de Bragança, 2004/2005.

### 3.3.2 Lubrificação

Nos processos de usinagem, a lubrificação no contato peça ferramenta cavaco é difícil não é tão simples, por causa das elevadas pressões de contato. Outro problema é a dificuldade de chegar com esse lubrificante até o local desejado.

A eficiência do lubrificante depende das características e da sua capacidade em penetrar no local entre o cavaco e a ferramenta, onde forma um filme com alta resistência ao corte, menor que a resistência do material no processo.

Tanto a superfície do cavaco como a da ferramenta não são totalmente lisas. São rugosas e apresentam minúsculas saliências em forma de vales e picos na escala dos microns. Os picos mais salientes atritam entre a ferramenta provocando o desgaste, gerando calor e força de atrito. Com o desgaste, pequenas partículas solidificam-se na ponta da ferramenta, formando o gume postiço.

Para reduzir esse atrito, o fluido de corte penetra no local onde esta rugosa. Como resultado, reduz uma parcela da geração de calor. E também reduz consideravelmente o consumo de energia no processo, a força necessária no corte, e praticamente elimina o gume postiço.

Na figura a seguir observa-se a aplicação do fluido em uma operação de usinagem.

Figura 5 – Operações com lubrificação.



Fonte: Telecurso (2000)

### 3.3.3 Proteção e limpeza

Como protetor contra a oxidação e corrosão, ele protege a ferramenta, peça e o cavaco, ajudando no bom acabamento e estética final da peça.

A ação de limpeza ocorre como resultado da aplicação do fluido na forma de jato, onde a pressão afasta os cavacos deixando limpa a área de corte e facilitando o controle visual da qualidade da peça.

O abastecimento do fluido de corte em uma máquina é normalmente feito por meio de uma bomba no tanque da máquina e conduzido por mangueiras até o ponto de aplicação.

Após refrigerar a ferramenta e a peça o fluido é recolhido por canais onde é filtrado, e depois levado por meio de tubos para o reservatório. Do reservatório, a bomba suga novamente o fluido para transportar até a ferramenta e a superfície de trabalho. O

reservatório, que fica na base da máquina, é dividido em dois compartimentos, de modo que os cavacos e a sujeira fiquem no fundo de um compartimento para que então a bomba possa se alimentar de líquido quase limpo no outro.

### 3.4 Propriedades e características desejáveis

- a) Propriedades anticorrosivas
- b) Propriedades antiespumantes
- c) Propriedades antioxidantes
- d) Compatibilidade com o meio ambiente
- e) Propriedades de lavagem
- f) Alta capacidade de absorção de calor
- g) Boas propriedades antidesgaste
- h) Boas propriedades antisolda (formação de aresta postiça)
- i) Ausência de odor forte e/ou desagradável
- j) Ausência de precipitados sólidos ou outros de efeito negativo
- k) Viscosidade adequada
- l) Transparência, se possível.

### 3.5 Tipos de fluidos

Segundo Dino Ferraresi (1969) embora genericamente designado como “fluidos” de corte, os materiais que cumprem essas funções podem ser, na verdade, sólidos, líquidos e gasosos. A diferença entre eles é que enquanto os gases só refrigeram e os sólidos apenas reduzem o atrito, os líquidos refrigeram e reduzem o atrito, daí a preferência pelos últimos (DINO FERRARESI, 1969, p. 526).

#### 3.5.1 Líquidos

O estado líquido é um estado da matéria onde a distância entre suas moléculas é suficiente para se adaptar a qualquer ambiente em que esteja (tomando sua forma), mas sem alterar consideravelmente o seu volume. As moléculas de um material no

estado líquido possuem mais energia do que as moléculas desse material em estado sólido, ambas a uma mesma pressão. E esta maior energia se pode ver em maior liberdade de movimento, onde permite ao líquido adaptar sua forma à do recipiente que o conserva, embora o líquido seja praticamente incompressível (DINO FERRARESI, 1969, p. 527).

### 3.5.1.1 Soluções

As soluções são misturas de água e produtos orgânicos e inorgânicos especiais que lhe conferem propriedades úteis para a sua utilização como fluido de corte. As soluções não contêm óleo na sua composição (DINO FERRARESI, 1969, p. 528).

### 3.5.1.2 Emulsões

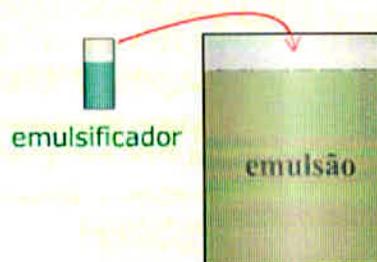
A denominação "óleo solúvel" é imprópria porque o óleo não está solubilizado na água, mas sim disperso. As emulsões também contêm aditivos que melhoram ou conferem novas propriedades ao fluido. Os fluidos semissintéticos apresentam uma menor concentração de óleo na emulsão. Isso aumenta a vida do fluido e diminui os riscos de saúde (DINO FERRARESI, 1969, p. 531).

Figura 6 – Emulsão água com óleo.

A mistura entre Água e Óleo forma duas fases bem distintas.



A adição de um emulsificador faz com que o óleo permaneça disperso em forma de gotículas.



Fonte: Telecurso (2000).

### 3.5.1.3 Óleos

Os óleos (ou fluidos) integrais são constituídos basicamente de óleos graxos e óleos minerais, que podem ser utilizados puros ou misturados, ou com aditivos. Os óleos graxos, de origem animal ou vegetal, foram os primeiros óleos integrais, mas a sua rápida deterioração e o alto custo fizeram com que eles fossem substituídos por outros produtos. Atualmente são utilizados como aditivos de óleos minerais. Óleos minerais são derivados do petróleo. São obtidos em refinarias, onde formarão a base dos fluidos integrais (DINO FERRARESI, 1969, p. 531).

Quadro 1 – Usinagem e fluidos de corte.

Tipos	Composição	Propriedades				
		Resfriamento	Lubrificação	Proteção contra a corrosão	EP	Resistência à corrosão
óleos minerais	Derivado de petróleo.		Ótima	Excelente		Boa
óleos graxos	óleos de origem vegetal ou animal.		Excelente	Boa	Boa	
óleos compostos	Mistura de óleos minerais e graxos.		Excelente	Excelente	Boa	Boa
óleos "solúveis"	óleos minerais + óleos graxos, soda cáustica, emulsificantes, água.	Ótimo	Boa	Ótima		Boa
óleos EP	óleos minerais com aditivos EP (enxofre, cloro ou fósforo).	Ótimo	Boa	Ótima	Excelente	Boa
óleos sulfurados e clorados	óleos minerais ou graxos sulfurados ou com substâncias cloradas.		Excelente	Excelente	Excelente	Ótima
Fluidos sintéticos	Água + agentes químicos (aminas, nitritos, nitratos, fosfatos), sabões, germicidas.	Excelente	Boa	Excelente	Excelente	Excelente

Fonte: Esso Brasileira de Petróleo S.A., s/d, pág. 36.

### 3.5.2 Sólido

Os sólidos visam somente à lubrificação no processo de usinagem. É o caso do grafite e do bissulfeto de molibdênio (MoS<sub>2</sub>), aplicados na superfície de saída da ferramenta antes que se inicie o processo de corte.

É uma pasta que pode ser aplicada com um pincel. Pelas suas características lubrificantes em condições de extrema pressão, tem excelentes resultados (DINO FERRARESI, 1969, p. 526).

### 3.5.3 Gasoso

O uso dos agentes de corte gasoso visa principalmente à refrigeração, embora o fato de estar sob pressão auxilie também na expulsão do cavaco.

O ar é o fluido gasoso mais comum e mais utilizado, estando presente até mesmo na usinagem a seco. O ar comprimido é utilizado para retirar o calor e expulsar a aparado da zona de corte. Os fluidos gasosos, como têm menor viscosidade, são mais eficientes na capacidade de penetrar até à zona ativa da ferramenta. Outros gases como o hélio, nitrogénio e dióxido de carbono também são utilizados para refrigerar e proteger contra a oxidação, porém apenas em casos específicos, visto ser esta uma usinagem pouco económica. (DINO FERRARESI, 1969, p. 536).

### 3.6 Escolha do fluido

Tendo por base a classificação das operações e a classificação dos materiais segundo sua usinabilidade do item anterior, elaborou-se a tabela XI.2. Esta tabela apresenta os fluidos de corte recomendados, os quais devem ser entendidos como ponto de partida para uma adoção definitiva. Explica-se isto pela grande diversidade de fatores influentes numa operação de usinagem, desde a variação da composição e da estrutura cristalina da peça, até as condições de corte às vezes impostas pela economia ou pelo prazo de entrega do trabalho em questão (DINO FERRARESI, 1969, p. 549).

São muitos fatores que influenciam a escolha de um bom fluido de corte. Logo abaixo estão os mais comuns:

- a) Variáveis de Corte
- b) Material da Peça
- c) Material da Ferramenta
- d) Operações específicas e exigentes
- e) Operações variadas
- f) Saúde do operador
- e) Recomendações dos Fabricantes

### 3.7 Problemas comuns na utilização

A utilização de meios lubrificantes exige muitos cuidados especiais no seu manuseio, manutenção, armazenamento e transporte, para que possam ser evitados os problemas expostos a seguir.

#### 3.7.1 Corrosão de peças ou de máquina

A presença de água nos fluidos de corte (soluções e emulsões) pode acelerar um processo de corrosão.

#### 3.7.2 Danos por bactérias

O crescimento de bactérias no fluido pode gerar odores ofensivos, manchas nas peças e máquinas, avarias com filtros e clarificadores e redução considerável da vida do fluido de corte (emulsões e óleos principalmente).

#### 3.7.3 Sujeiras e impurezas

Partículas metálicas da peça e máquina, óleos hidráulicos e de lubrificação, maus hábitos de higiene de operadores, podem prejudicar as peças, ferramentas e máquinas e reduzir bastante a vida do fluido de corte.

#### 3.7.4 Risco de incêndio

Fluidos integrais podem facilmente entrar em combustão. É necessária atenção dobrada às condições de corte e as características do óleo. Metais como o Magnésio podem provocar fácil a ignição se em contato com a água. Sendo assim, não se pode utilizar soluções ou emulsões com o magnésio.

### 3.7.5 Ataque à saúde

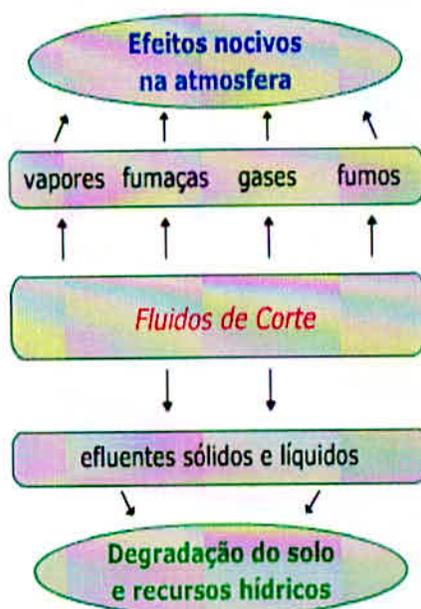
Névoas de óleo facilmente podem irritar as vias respiratórias e a pele do operador. O contato constante da pele com fluidos de corte (principalmente os que contêm óleo na composição) pode gerar uma variedade de problemas de pele, com diversos mecanismos de ataque e manifestações. (se faz necessários hábitos de higiene constantes e se possível cremes protetores para a pele).

### 3.7.6 Poluição do Meio Ambiente

Um litro de óleo pode tornar impróprio para utilização um milhão de litros de água potável. Por muitos motivos é indispensável a total atenção ao destino e tratamento do fluido de corte utilizado. Práticas incorretas no tratamento de fluidos de corte são:

- a) Ausência de tratamento
- b) Armazenamento inadequado
- c) Transporte inadequado
- d) Entrega a órgãos não autorizados
- e) Descarte de resíduos em local não autorizado

Figura 7 – Emissão de resíduos dos fluidos de corte.



Fonte: Telecurso (2000).

### 3.8 Manuseio dos fluidos e higiene

Os fluidos de corte necessitam de algumas precauções e cuidados no seu manuseio que garantem seu melhor desempenho nas operações de usinagem (TELECURSO 2000, 1999).

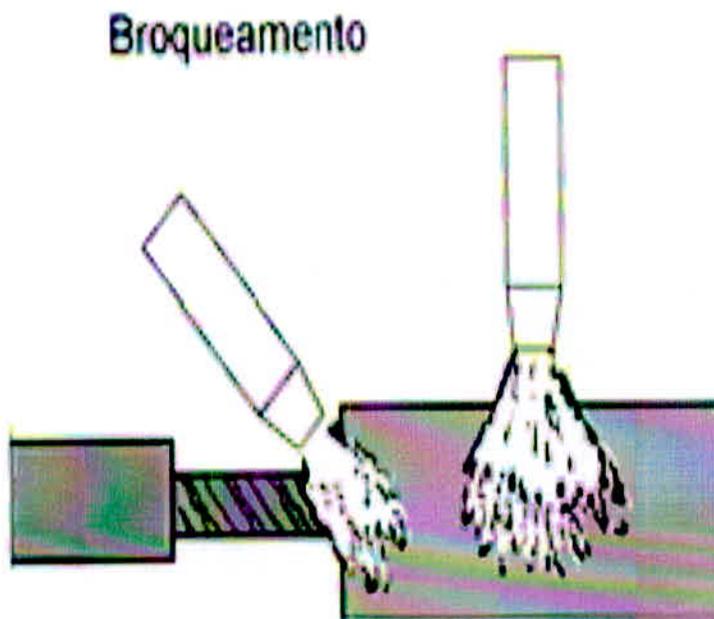
#### 3.8.1 Armazenamento

Os fluidos devem ser armazenados em local adequado, sem muitas variações de temperatura. Além disso, eles devem ser mantidos limpos e livres de contaminações (TELECURSO 2000, 1999).

#### 3.8.2 Alimentação

O fluido de corte deve ser aplicado diretamente à ponta da ferramenta com alimentação individual de cada ponta. A alimentação do fluido deve ser iniciada antes que a ferramenta penetre na peça a fim de eliminar o choque térmico e a distorção (TELECURSO 2000, 1999).

Figura 8 – Refrigeração no broqueamento.



Fonte: Telecurso (2000).

### 3.8.3 Purificação e recuperação

Os fluidos de corte podem ficar contaminados por limalha, partículas de ferrugem, sujeiras diversas. Nesse caso, eles podem ser limpos por meio de técnicas de decantação e filtragem (TELECURSO 2000, 1999).

### 3.8.4 Controle de odor

Os fluidos de corte em forma de emulsão, por conterem água, estão sujeitos à ação de bactérias presentes no ar, na água, na poeira e que produzem maus odores. Esse problema pode ser diminuído por meio da constante da limpeza da oficina, pelo arejamento e pelo tratamento bactericida da emulsão. Os cuidados, porém, não devem se restringir apenas aos fluidos, mas também precisam ser estendidos aos operadores que os manipulam. Embora os processos de produção dos fluidos de corte estejam cada vez mais aperfeiçoados para eliminar componentes indesejáveis, não só no que se refere ao uso, mas também aos aspectos relacionados à saúde do usuário, o contato prolongado com esses produtos pode trazer uma série de problemas de pele, genericamente chamados de dermatite. Como o contato do operador com esses óleos é inevitável pelo tipo de trabalho realizado, torna-se indispensável que esse contato seja evitado, usando-se de luvas e uniformes adequados. Além disso, práticas de higiene pessoal são imprescindíveis para o controle e prevenção das dermatites. O que acontece na dermatite, é que a combinação dos fluidos de corte com os resíduos que geralmente acompanham os trabalhos de usinagem forma compostos que aderem à pele das mãos e dos braços. Essas substâncias entopem os poros e os folículos capilares, impedindo formação normal do suor e a ação de limpeza natural da pele, o que causa a dermatite. O controle desse problema é simplesmente uma questão de higiene pessoal e limpeza do fluido de corte. Para isso, algumas providências devem ser tomadas (TELECURSO 2000, 1999).

- a) Manter tanto o fluido de corte quanto a máquina-ferramenta sempre limpos
- b) Instalar nas máquinas protetores contra salpicos
- c) Vestir um avental à prova de óleo
- d) Lavar as áreas da pele que entram em contato com os salpicos de fluido
- e) Aplicar creme protetor nas mãos e nos braços
- f) Tratar e proteger imediatamente cortes e arranhões

### 3.9 MQL

Segundo Klocke e Eisenblätter (1997) nos últimos anos, o consumo de energia, a poluição e os resíduos industriais têm despertado especial atenção por parte das autoridades públicas. O meio ambiente tornou-se um dos assuntos mais importantes dentro do contexto atual, pois sua deterioração implicará em danos para a população. Motivados pela pressão dos órgãos ambientais, os parlamentos têm elaborado leis cada vez mais rigorosas no sentido de proteger o meio ambiente e preservar os recursos energéticos. Todos esses fatores citados anteriormente têm influenciado as indústrias, centros de pesquisas e universidades a pesquisarem processos de produção alternativos, criando tecnologias que minimizem ou evitem a produção de resíduos que agridam o meio ambiente (El Baradie, 1996; e Klocke e Eisenblätter, 1997).

Até poucos anos atrás, as indústrias tinham como objetivo principal a fabricação de produtos visando somente satisfazer aspectos tecnológicos e econômicos. Atualmente, esse objetivo ganha o componente ambiental como destaque. Em função dessas questões (econômicas, ambientais e trabalhistas) há no segmento industrial uma busca por alternativas que possam substituir o uso de fluidos de corte na usinagem dos metais. Dentre elas, destaca-se a usinagem sem fluido de corte e a técnica de Mínima Quantidade de Lubrificante (MQL) (SILVA et al., 2004).

Entre os aspectos positivos da usinagem sem fluido estão as diminuições do choque térmico, das trincas e dos lascamentos, principalmente no corte interrompido. Além disso, o cavaco obtido já está seco e pronto para ser vendido ou reciclado, ao contrário do cavaco molhado, que requer processamento e filtração (Klocke e Eisenblätter, 1997; e Klocke et al, 1998).

A técnica de MQL se baseia no princípio de utilização total do óleo de corte sem resíduos; ou seja, com baixo fluxo do fluido de corte que é aplicado a elevadas pressões. A função de lubrificação é assegurada pelo óleo e a de refrigeração, mesmo que pequena, pelo ar comprimido. Esta pequena quantidade de óleo é 1/8 suficiente para reduzir o atrito no corte, diminuindo a tendência à aderência em materiais com tais características (Klocke e Eisenblätter, 1997; Heisel et al, 1998; Klocke et al, 1998; Dörr, 1999).

Por outro lado, comparado com a utilização de fluidos de corte tradicionais, a técnica de MQL propicia custos adicionais para pressurizar o ar, por exemplo. Além disso, o vapor, a névoa e a fumaça de óleo gerada podem ser considerados subprodutos indesejáveis,

necessitando de um bom sistema de exaustão nas máquinas. Na pulverização utiliza-se uma linha de ar comprimido que funciona intermitentemente durante o processo. Essas linhas de ar geram ruído que costuma ultrapassar os limites de tolerância admitidos pela legislação (Machado e Diniz, 2000).

### 3.9.1 Definição

O termo MQL é empregue em sistemas de névoa onde o consumo durante a operação permanece abaixo de 50 ml/h de fluido de corte. Nesse tipo de aplicação o fluido é disperso na forma de spray sobre a região que se quer refrigerar ou lubrificar (Machado e Diniz, 2000).

### 3.9.2 Vantagens

- a) Menor consumo de óleo, o que reduz os custos e os impactos no meio ambiente
- b) Melhor visibilidade
- c) Melhora a vida da ferramenta
- d) Melhor acabamento superficial proporcionando tolerâncias mais precisas

### 3.9.3 Desvantagens

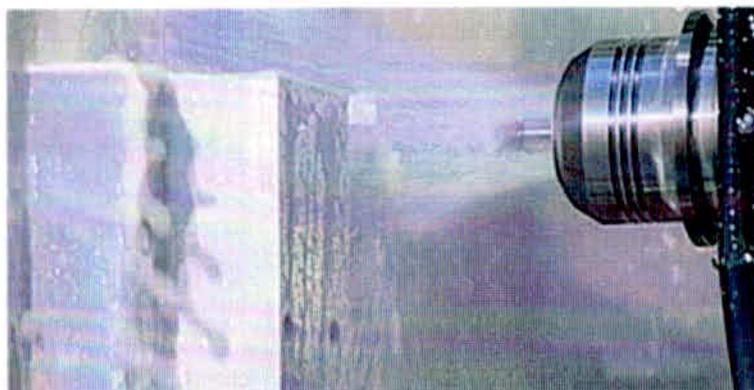
- a) Capacidade de lubrificação e refrigeração limitadas;
- b) É necessário um sistema de exaustão.

### 3.9.4 Utilização

O Spray Lubrificante é transportado para a superfície de corte de duas maneiras:

- a) Com Lubrificação Externa: o óleo é transportado para a superfície de corte por meio de um pulverizador.
- b) Com Lubrificação Interna ou "Através da ferramenta": o óleo é transportado por orifícios internos na ferramenta de corte

Figura 9 – Emissão de resíduos dos fluidos de corte



Fonte: Inovação Tecnológica (2010)

### 3.10 Usinagem no Brasil

Segundo a revista I.T (2010) apenas seis países no mundo todo dominavam até hoje uma tecnologia industrial chamada usinagem com altas velocidades, ou HSM (*High Speed Machining*). Agora são sete. O Brasil acaba de entrar nesse seleto grupo, graças ao trabalho da equipe do professor Reginaldo Teixeira Coelho, da Escola de Engenharia de São Carlos, ligada à USP (Inovação Tecnológica, 2010).

#### 3.10.1 Precisão dimensional

A capacitação brasileira nesta área do conhecimento é considerada estratégica para a indústria nacional, uma vez que a usinagem em altas velocidades está impondo novos padrões de produtividade e qualidade ao setor industrial. "A HSM não só economiza tempo de produção como proporciona maior precisão dimensional e melhor acabamento para as peças usinadas", disse Coelho. O processo HSM consiste em submeter o material a cortes, desbastes ou acabamentos em velocidades de cinco a dez vezes maiores do que as utilizadas em usinagens convencionais. A técnica foi concebida no início do século 20, mas somente no fim da década de 1980 foi alcançada a tecnologia necessária para que ela fosse colocada em prática (Inovação Tecnológica, 2010).

### 3.10.2 Usinagem sem fluido de corte

O projeto coordenado pelo professor Reginaldo iniciou-se em fevereiro 2006 e está se encerrando agora, depois de alcançar avanços importantes em diversas operações de usinagem, como torneamento, fresamento e rosqueamento.

Especificamente no rosqueamento, a equipe obteve resultados superiores aos de países como os Estados Unidos. "Nossos resultados se igualam àqueles obtidos por laboratórios tradicionais na Alemanha, precursores dessa tecnologia", comemora Coelho.

Outra vantagem da usinagem com alta velocidade é a dispensa de um fluido de corte. Nas fabricações convencionais é necessário utilizar óleo ou uma emulsão de óleo com água para proteger a peça fabricada e a ferramenta que a corta do calor gerado pelo atrito e evitar a formação de "cavacos" (lascas de metal).

Com a alta velocidade, no entanto, o tempo de contato da ferramenta com a peça é tão pequeno que as partes pouco se aquecem, proporcionando um processo adiabático (no qual não há troca de calor). Quando muito, é utilizado apenas ar comprimido. Também nesta área o grupo brasileiro inovou, usando ar gelado em alguns processos (Inovação Tecnológica, 2010).

#### 4 CONCLUSÃO

Com os dados levantados é possível dizer que o campo da usinagem evolui consideravelmente muito rápido, com massivos investimentos em pesquisas este campo se destaca facilmente no setor industrial. Com tais recursos descobrimos que futuramente não se fará mais necessário o uso de fluidos de corte para a refrigeração e lubrificação das peças e ferramentas, onde máquinas que dispõem de grande potência, velocidade e precisão serão o foco das empresas líderes de mercado em seu ramo. Tais máquinas eficientes chegam a fabricar peças complexas sem sequer trocar calor entre peça-ferramenta-cavaco, eliminando a necessidade de fluidos refrigerantes e lubrificantes.

Mas no momento o método MQL vem se mostrando muito eficiente reduzindo o tempo de processo que pode variar entre 25% a 80%.

Esses avanços não apenas diminuem os custos de processo como minimiza os problemas com descartes desses materiais sobre o meio ambiente, e também parte dos riscos de insalubridade para o operador, tornando-se assim imprescindível o seu estudo.

## REFERÊNCIAS

- DINIZ; MARCONDES; COPPINI. **Teoria da usinagem dos materiais**, São Paulo, 1999.
- MASON, F. Usinando a seco... ou quase a seco. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n.424, p.160-173, maio, 2001.
- MOMPER, F.J. Usinagem a seco de materiais endurecidos. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n.410, p.30-37, novembro, 2000.
- DINO FERRARESI. **Fundamentos da usinagem dos metais**, São Carlos, 1969.
- TELECURSO 2000. **Universo da mecânica**, São Paulo, 1999
- BOER, Peter. **Metalurgia Prática de usinagem**, 3.ed. Sao Paulo: Brasiliense, 1982.
- INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA. **Processos de fabricação**, 2004/2005.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE USINAGEM. Usinagem sem fluido. Disponível em: <<http://www.sbu.com.br/usinagemsemfluido>>. Acesso em: 110/07/2014
- INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Disponível em:  
<[http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasil-dominatecnologia-usinagem-altas-velocidades&id=010170100203#.VD-\\_kvldU\\_Y](http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasil-dominatecnologia-usinagem-altas-velocidades&id=010170100203#.VD-_kvldU_Y)>