

# CONTROLE DO CRESCIMENTO MICROBIANO NOS FLUIDOS DE CORTE UTILIZANDO A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Eduardo Carlos Bianchi<sup>1\*</sup>, Olavo Speranza de Arruda<sup>2</sup>, Francine Amaral Piubeli<sup>3</sup>,  
Paulo Roberto de Aguiar<sup>1</sup>, Maria Sueli Parreira de Arruda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, UNESP – São Paulo State University, Bauru, SP, BRAZIL, \* Corresponding author E-mail: bianchi@feb.unesp.br

<sup>2</sup> Department of Biological Sciences, UNESP – São Paulo State University, Bauru, SP, BRAZIL

<sup>3</sup> Graduation student of Biological Sciences, UNESP – São Paulo State University, Bauru, SP, BRAZIL.

## Resumo

A moderna pesquisa científica tem contribuído de forma extraordinária para os avanços da ciência e da tecnologia em todo o mundo proporcionando crescimento da indústria de transformação e otimizando os sistemas de produção. Na mesma intensidade em que cresce a produção industrial crescem também a produção de resíduos e de outros subprodutos que necessitam tratamentos e destinos adequados para que não venham transformar grandes descobertas em sérios problemas. Dentre muitos produtos e resíduos que se enquadram nessas condições os fluidos de corte certamente estão incluídos nesse grupo. Nas operações de usinagem e retificação a ação do fluido de corte é fundamental como lubrificante e agente redutor de aquecimento. O uso, inicialmente de água proposto por Taylor em 1883, foi substituído por derivados de petróleo. Atualmente a associação desses dois elementos resultou num sistema de ampla aplicação que oferece a vantagem da refrigeração, proporcionada pela água, e da lubrificação pelos derivados de petróleo. Em contrapartida o sistema água/óleo torna-se um ambiente favorável à manutenção e reprodução de uma ampla variedade de microrganismos os quais acabam alterando as propriedades do fluido e reduzindo sua vida útil com conseqüente necessidade de descarte. Por se tratar de potente poluidor ambiental o descarte do fluido de corte é tarefa que requer cuidados especiais e onera os sistemas de produção industrial (SOKOVIC & MIJANOVIC, 2001). A presença de microrganismos nos fluidos de corte assume importância também por apresentar riscos à saúde dos trabalhadores ocasionando sobretudo infecções dermatológicas e respiratórias (MONICI, 1999; TANT & BENNETT, 1956; BENNETT, 1983, THORNE & SPRINCE, 2004). Portanto, considerando os múltiplos prejuízos que a contaminação microbiana dos fluidos de corte acarreta às empresas e aos seus operários, e levando em conta que a radiação ultravioleta possui poderosa ação

sobre microrganismos, este estudo avaliou a ação desses raios sobre os microrganismos contaminantes do fluido de corte. Para essa tarefa foi desenvolvido um equipamento que, quando instalado sobre o depósito de fluido de corte, emitia raios ultravioleta sobre o fluido os quais atingiam os microrganismos contaminadores da emulsão. Esse procedimento resultou em importante redução da concentração microbiana e aumento da vida útil do fluido de corte constituindo-se em importante auxílio nos processos de usinagem e retificação.

Palavras-chave: fluidos de corte, ultravioleta, microrganismos.

## **CONTROLE DO CRESCIMENTO MICROBIANO NOS FLUIDOS DE CORTE UTILIZANDO A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA**

**Bianchi, E.C.; Arruda, O.S.; Gomes, R.C.; Arruda, M.S.P.; Aguiar, P.R.**

### **Introdução**

As grandes descobertas tecnológicas têm proporcionado extraordinário crescimento da indústria de transformação, proporcionando importantes avanços nos sistemas de produção. Entretanto na medida em que cresce a produção industrial crescem igualmente a produção de resíduos e de outros subprodutos que necessitam de destinação adequada. Fluidos de corte certamente estão incluídos nesse grupo, por suas características e pelo que representam no processo industrial.

Nas operações de usinagem e retificação o fluido de corte é utilizado como lubrificante com a finalidade de reduzir o desgaste da ferramenta de corte e proporcionar melhor acabamento superficial da peça. É também importante agente de refrigeração que controla o superaquecimento gerado pelo atrito durante os processos de retificação. Além disso, ao banhar a peça, arrasta consigo partículas e fragmentos do corte promovendo importante limpeza nos locais de processamento (SILVA, 1997; RUNGE & DUARTE, 1990; MOTTA & MACHADO, 1995).

Dados da literatura especializada (RIOS, 2002; MACHADO & DINIZ, 2000) dão conta que em 1883, F. W. Taylor foi um dos pioneiros a verificar o bom desempenho do processo de corte de metais quando auxiliado com a aplicação de um jato de água direcionado à zona de corte que permitia aumentar a velocidade de corte em até 40%. A partir de então vários pesquisadores passaram a estudar o assunto desenvolvendo nas últimas décadas

diferentes tipos de fluidos de corte. Depois disso foram incorporados nesse processo os derivados de petróleo e, desde então, têm sido amplamente utilizados, principalmente pela boa capacidade lubrificante e por atuar como agente anticorrosivo. Associando os dois elementos, obteve-se um sistema de vasta aplicação que oferece a vantagem da refrigeração, proporcionada pela água, e de lubrificação oferecida pelos derivados de petróleo.

Em contrapartida o sistema água/óleo constitui-se em ambiente favorável à reprodução de uma ampla variedade de microrganismos que acaba provocando alterações nas propriedades iniciais do fluido, tornando-o instável e diminuindo seu tempo de uso no processo de usinagem. Conseqüentemente torna-se necessário o seu descarte.

O descarte de fluidos de corte é um processo indesejável, inicialmente por se tratar de substância poluidora para o meio ambiente que necessita de complexo e oneroso tratamento prévio. Para a destinação desses produtos a legislação ambiental estabelece critérios de acordo com as características do rejeito líquido, os quais levam em conta parâmetros como resíduos sedimentáveis, pH, oxigênio dissolvido, demandas química e bioquímica de oxigênio, temperatura, óleos e graxas e a presença de microrganismos (SOKOVIC & MIJANOVIC, 2001). A análise e o tratamento desses elementos geralmente requerem serviços especializados e demandam alto custo. Embora informações sobre o volume global de fluido de corte utilizado sejam escassas dados de Heisel et al (1998) dão conta que na Alemanha, somente em 1992, foram utilizados cerca de 79.000 toneladas de lubrificantes para refrigeração nos trabalhos com metal. Em 1997, Novaski & Dörr (1999) verificaram que a Alemanha já consumia 800.000 toneladas de lubrificantes destinados ao mesmo fim. Pode-se inferir que esses lubrificantes, de alguma forma, acabam sendo lançados na natureza.

A presença de microrganismo nos fluidos de corte assume grande importância também por apresentar riscos à saúde dos trabalhadores ocasionando, principalmente, infecções dermatológicas e respiratórias (MONICI, 1999; TANT & BENNETT, 1956; BENNETT, 1983, THORNE & SPRINCE, 2004).

Portanto, a contaminação dos fluidos de corte apresenta múltiplos prejuízos às empresas e inúmeros desdobramentos com conseqüências sobre a saúde do homem e do meio ambiente constituindo-se num problema de abrangência mundial que requer cuidados urgentes.

Atualmente uma das únicas formas de controle da contaminação microbiana dos fluidos de corte envolve o uso de biocidas. Embora eficiente sobre microrganismos a ação do biocida requer uso prolongado e/ou aplicação em altas concentrações o que, não raro, provoca

reações alérgicas nos operadores das máquinas, pois se trata de compostos químicos altamente sensibilizantes. Além disso, considerando que o princípio ativo dos principais biocidas é o formoldeído, o qual reage com diversos componentes biológicos celulares, existe forte suspeita de que o formoldeído possua ação cancerígena (TAKAHASHI, 2005).

Considerando os aspectos envolvidos nos sistemas de corte e usinagem industrial e, sobretudo, os problemas decorrentes do uso de fluidos de corte vistos acima, o presente estudo analisou a influência da radiação ultravioleta na contaminação microbiana utilizando um sistema emissor de raios ultravioleta, os quais atuam inativando os microrganismos por ação direta, sem provocar qualquer alteração das características do fluido de corte e com total segurança para os operadores.

### **Material e método**

A fase inicial desta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Usinagem por Abrasão da Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Bauru, onde foi realizada a experimentação relacionada com o uso do fluido de corte nos processos de retificação. Para isso foi utilizada uma máquina retificadora cilíndrica externa e interna, modelo RUAP 515 H-CNC (Sul Mecânica Ltda.) à qual foi acoplado um reservatório medindo 0,26 m. de altura, 0,55 m. de largura e 0,65 m. de comprimento. Esse reservatório foi construído nas oficinas do Departamento de Engenharia Mecânica do Campus Bauru, UNESP contendo três compartimentos interligados que servem para proporcionar movimentação do líquido e deposição dos resíduos (Figura 1).



Figura 1: Vista superior do reservatório com seus três compartimentos e bomba de sucção.

O reservatório possui um tampo no qual foram instaladas 12 lâmpadas ultravioleta germicidas (UV-C) de 20 Watts (Figura 2).



Figura 2: Vista interna do sistema emissor de radiação ultravioleta e a disposição das lâmpadas germicidas.

Quando acoplado sobre o reservatório esse sistema permite que os raios emitidos pelas lâmpadas sejam direcionados exclusivamente para o interior do depósito de fluido de corte.

Durante o processo de usinagem o fluido de corte é impulsionado por uma bomba a partir do reservatório até o local de corte onde é lançado de encontro à peça e à ferramenta de corte. Em seguida, por gravidade, o óleo desliza através de um sistema coletor que o encaminha de volta ao reservatório. A ação dos raios ultravioleta no fluido de corte ocorre durante o período em que este permanece no reservatório. Importante esclarecer que, ao proceder à construção do reservatório e instalação das lâmpadas no tampo da caixa houve cuidados para eliminar a possibilidade dos raios ultravioleta emitidos atingirem o operador. Inspeções no fluido de corte são realizadas através de janelas existentes nas laterais do reservatório, como pode ser observado na figura 3.



Figura 3: Vista lateral do reservatório e tampo com as janelas de observação e inspeção.

O fluido de corte empregado neste estudo foi o óleo solúvel de base vegetal, à base de ésteres sintéticos, fabricado pela Shell do Brasil. Para ser utilizado foi diluído em água até a concentração de 5%. Segundo Dilger et al (2005) essa é a concentração mais adequada para os procedimentos de usinagem.

Indústrias de grande porte mantêm o sistema em funcionamento ininterrupto, já em outras o equipamento permanece operando em períodos variados, conforme as necessidades. Em nosso experimento o sistema foi mantido em funcionamento durante 8 horas diárias durante 5 dias. Após esse período era desligado, permanecendo assim durante 2 dias, quando então era religado e tinha início um novo ciclo experimental que se repetiu até completar 30

dias de avaliação. Processo de experimentação nas mesmas condições foi realizado com as lâmpadas ultravioleta desligadas e se constituiu no controle da pesquisa.

Em ambas as fases, experimental e controle, amostras do fluido de corte foram coletadas diariamente e transportadas ao Laboratório de Imunopatologia Experimental, do Departamento de Ciências Biológicas da UNESP, Campus de Bauru, onde foram realizados os estudos microbiológicos.

Para eliminar tanto quanto possível as variáveis que pudessem interferir nos resultados da ação da radiação ultravioleta durante o experimento a concentração do óleo foi ajustada a 5% sempre que desviou desse percentual. O pH oscilou entre 6 e 8, e o volume do reservatório foi mantido em 82 litros.

A análise bacteriológica foi feita com a semeadura das amostras em meios de cultura agar nutriente, agar de McConckey e agar manitol. Para a análise fúngica as amostras foram semeadas em meios de agar Sabouraud e em agar micosel.

Diariamente eram monitorados o pH, a temperatura ambiente e concentração do fluido de corte, além de aspectos de viscosidade, coloração e odor, sinais característicos da presença microbiana.

### **Resultados, discussão e conclusões**

A emulsão água/óleo que caracteriza o fluido de corte proporciona um ambiente altamente favorável à proliferação de microrganismos, principalmente bactérias Gram negativas da espécie *Pseudomonas*. (THORNE ET AL, 1996; TANT & BENNETT, 1956; VEILLETTE et al 2001).

O estudo realizado mostrou que os microrganismos foram encontrados logo na primeira coleta, como pode ser observado nas figuras 4 e 5.

Figura 4. Tabela mostrando o número de UFC's (unidades formadoras de colônias) desenvolvidas em meio de cultura após semeadura de amostras de fluido de corte submetido à ação da luz ultravioleta e não submetido a essa radiação. Valores de UFC X 10000.

<b>Amostra \ UFC</b>	<b>UFC com tratamento UV</b>	<b>UFC sem tratamento UV</b>
01	70	90
02	98	320
03	25	190
04	18	233
05	33	2800
06	71	1960
07	227	1840
08	336	1620
09	81	1160
10	90	3000
11	2	3100
12	5	3200
13	370	3270
14	55	2810
15	120	5550
16	29	80
17	28	1550
18	19	1040
19	21	1360
20	82	3000
21	2	1790
22	132	2550
23	35	910
24	5	670
25	33	960
26	253	1050
27	177	360
28	2	1010
29	12	1600
30	179	1700

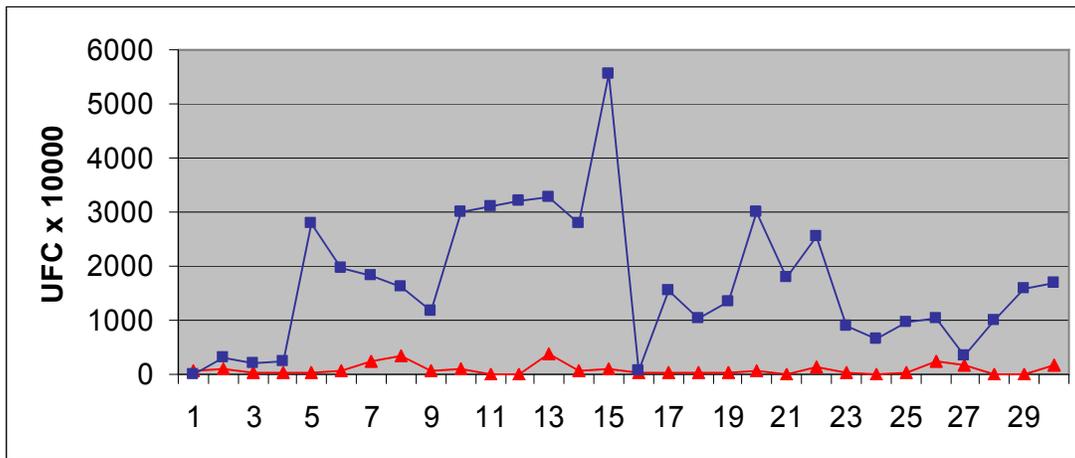


Figura 5. Gráfico mostrando o desenvolvimento de UFC's (unidades formadoras de colônias) em meio de cultura após sementeira de amostras de fluido de corte submetido a ação da luz ultravioleta (linha e triângulos vermelhos) e não submetido a essa radiação (linha e quadrados azuis).

Esse fato está de acordo com Bennet (1972) o qual afirma que os fluidos de corte são rapidamente contaminados por microrganismos quando o sistema interno pelo qual circulam está contaminado. Os dados são também concordantes com os de Lee & Chandler (1941) que, ao estudar a contaminação em um sistema de tubulação, verificaram que fluidos livres de microrganismos passavam a exibir 27 milhões de microrganismos por mililitro após uma única passagem pelo sistema. Do mesmo modo, Hill (1969) notou que a concentração microbiana de um fluido que acabou de ser depositado no reservatório aumentou de 470000 para 3,9 milhões por mililitro depois de um único ciclo através do sistema. Assim, o fato de termos encontrado microrganismos logo no início do experimento provavelmente foi devido à preexistência destes no sistema de tubulações. Não pode ser descartada, entretanto, a possibilidade de microrganismos terem adentrado o sistema através da manipulação dos operadores da máquina.

Uma queda momentânea na concentração microbiana foi verificada sempre que se procedeu à reposição da água do reservatório para restabelecer o volume e concentração iniciais alterados provavelmente por evaporação. Além da própria diluição do fluido, também a redução da concentração de nutrientes utilizados pelos microrganismos contribuía para a baixa carga microbiana nesses momentos. As necessidades de reposições de água eram distintas na fase experimental e na fase controle, provavelmente devido a variações de temperatura provocada pelo aquecimento das lâmpadas ultravioleta.

Pode-se inferir que a contaminação do fluido de corte ocorre de maneira intensa nos momentos em que o fluido é lançado sobre a ferramenta de corte e a peça. Nesse momento um jato da emulsão se espalha sobre a superfície de corte em ambiente aberto lançando

partículas que se espalham pelo ambiente. Essas partículas da emulsão, desde pequenos aerossóis até gotículas maiores, permanecem por algum tempo em suspensão como névoa e, em seguida, são depositadas na superfície da máquina, nas paredes dos aparadores, nas mãos do operador e em qualquer outro local próximo para então deslizarem por essas superfícies e juntarem-se num sistema coletor que canaliza o fluido em direção ao reservatório. Nesse processo parte se perde no ambiente mas todo o restante que é coletado realiza um percurso de volta ao reservatório. São portanto incontáveis as oportunidades de contaminação dos fluidos de corte, razão pela qual podemos afirmar que somente um agente controlador que esteja constantemente presente e atuante pode exercer papel significativo nesse processo, principalmente quando consideramos que outros microrganismos, além das bactérias, podem contribuir para aumentar a contaminação já que bactérias e fungos competem por nutrientes em um mesmo ambiente. Embora geralmente ocorra certo predomínio bacteriano Takahashi (2005), afirma que a adição de biocidas leva a uma diminuição no crescimento de bactérias, porém isso gera um aumento do crescimento fúngico. Em nossos estudos houve grande redução no crescimento bacteriano e durante o período de experimento não foi detectado crescimento fúngico o que é explicável pela ação da radiação ultravioleta que atua sobre ambos, bactérias e fungos. Isso não ocorre com o emprego de biocidas em função da seletividade diante de grandes diferenças estruturais existentes entre células fúngicas e bacterianas.

Para o isolamento e identificação dos microrganismos foram usadas técnicas tradicionais e rotineiras em bacteriologia. O isolamento primário foi feito em meio de agar nutriente, que é um meio de cultura universal para microrganismos pouco exigentes, em meio de McConkey que possui sais biliares e cristal violeta que inibem consideravelmente o desenvolvimento de bactérias Gram positivas, e em meio de manitol no qual são favorecidos os microrganismos Gram positivos. Segundo Trabulsi & Alterthum (2005) os microrganismos possuem diferenças estruturais na parede celular que são responsáveis pelo comportamento de bactérias frente à coloração de Gram e à penetração de metais pesados, sais biliares, corantes, alguns antibióticos e outros compostos. Esses aspectos certamente estão relacionados com o ambiente ao qual esses microrganismos se adaptaram durante os processos evolutivos. Neste estudo foram encontradas somente bactérias Gram negativas o que está de acordo com Veillette *et al* (2001) os quais afirmam que os fluidos propiciam um grande crescimento microbiano, mas principalmente de bactérias Gram negativas. De acordo com Bennet (1972) e Morton (2001), os fluidos de corte quando em soluções concentradas são praticamente livres de microrganismos e podem ser estocados por longos períodos sem sofrer deterioração. Isso

se deve a alta pressão osmótica dos fluidos não diluídos, o que impede que microrganismos se estabeleçam nesse ambiente. A contaminação advém com o uso e pode ser originada de microrganismos presentes no solo, na água, e do contato com pessoas que os possuam no trato intestinal, no trato respiratório, ou ainda na pele e anexos. Os operadores das máquinas certamente desempenham papel relevante nesse contexto.

No que diz respeito à ação dos raios ultravioleta sobre microrganismos as informações são praticamente de domínio público devido à amplitude de usos e aplicações. Trata-se de radiação eletromagnética cujos raios apresentam um comprimento de onda mais curto que a luz visível, porém mais longo que os raios-X. Esta luz é invisível ao olho humano, apesar de produzir muita energia. A luz ultravioleta é emitida nas bandas A, B e C, as quais são chamadas de UV-A, UV-B e UV-C. A radiação com maior efeito germicida se encontra entre as bandas UV-B e UV-C correspondendo a um comprimento de onda de 260 nanômetros. Convencionou-se tratar esta frequência de UV-C. Quando microrganismos são expostos à radiação UV-C ocorre penetração na parede celular atingindo o núcleo onde se encontram as informações genéticas. Esta absorção provoca um rearranjo na cadeia de DNA, interferindo na sua capacidade de reprodução. Os microrganismos atingidos pela radiação UV-C tornam-se inativos como resultado de dano fotoquímico no seu ácido nucléico. A radiação ultravioleta pode promover efetiva descontaminação em sistemas de água (LIN et al. 1998). As lâmpadas ultravioleta possuem um baixo custo e podem ser facilmente substituídas quando necessário (FALKENSTEIN & COOGAN, 1997). Essas lâmpadas são versáteis e podem ser projetadas com materiais mais resistentes e assim instaladas em ambientes inclusive com reatividade química. Sua utilização em bacteriologia é bastante difundida porém existem sistemas emissores exclusivos patenteados. Em nosso estudo as lâmpadas germicidas emitiam raios diretamente sobre a superfície do depósito de fluido de corte tendo sido essa exposição suficiente para obtenção de grande redução da carga microbiana.

Em água e fluidos de corte as lâmpadas ultravioleta possuem eficiência no controle de *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus subtilis* (JOHNSON & PHILLIPS, 2002). Esses autores testaram culturas das duas espécies de bactérias acima mencionadas e obtiveram declínio de 90% após exposição à radiação. O tempo necessário foi de 30 segundos em água e 30 minutos em fluido de corte em várias concentrações. Em nosso estudo pudemos constatar a ação inativadora da radiação ultravioleta sobre os microrganismos presentes no fluido de corte através da determinação das unidades formadoras de colônias (UFC) desenvolvidas em meios de cultura bacteriológicos. Esta ação ocorreu eficientemente em emulsão de fluido de corte opaca e de alta densidade, na concentração de 5%.

Em 2002, Johnson & Phillips relataram o uso de um aparelho que apresenta alguma semelhança com instrumentos produzidos comercialmente e usados sobretudo para desinfecção de águas. Nesses aparelhos o líquido entra em contato direto com a lâmpada ultravioleta instalada dentro de um sistema tubular. Nossa experiência mostra que não há possibilidades de utilização contínua desse aparelho com fluidos de corte porque ocorre impregnação de óleo na superfície aquecida do bulbo da lâmpada obstruindo a liberação e ação dos raios ultravioleta.

Quanto aos danos causados por radiações ultravioleta em seres humanos estes se relacionam com excessiva exposição ao sol, principalmente em determinados horários quando a capacidade de filtração atmosférica é menos efetiva. Nessas situações os maiores problemas estão relacionados com a visão e pele de pessoas mais sensíveis. Quanto à utilização da radiação UV-C produzida por aparelhos corretamente projetados para desinfecção, não há possibilidade de danos. Consideramos que o equipamento emissor de luz ultravioleta que utilizamos apresenta todas as características de segurança para os operários visto que não há orifícios que permitam a passagem de raios. Inspeções e observações são realizadas através de janelas que são abertas somente para esse fim.

Segundo Bennet (1972), o pH tem influência no crescimento bacteriano pois quando está entre 7 e 9 a tendência de proliferação microbiana é alta e, quando se encontra na faixa entre 9 a 9,5 o crescimento é muito pequeno, e quando acima de 9,5 é praticamente nulo. Para Trabulsi (2005), os valores de pH em torno da neutralidade são os mais adequados para a absorção de nutrientes pela maior parte das espécies bacterianas, isso devido ao fato da maioria das enzimas serem ativadas em pH 7. Em nosso estudo, nas duas etapas ocorreu redução do pH na medida em que a experimentação avançava. Nas amostras submetidas a radiação o pH situou-se entre 5,92 e 7,85 e nas amostras do controle a variação ficou entre 7,80 e 8,06 (Figura 6).

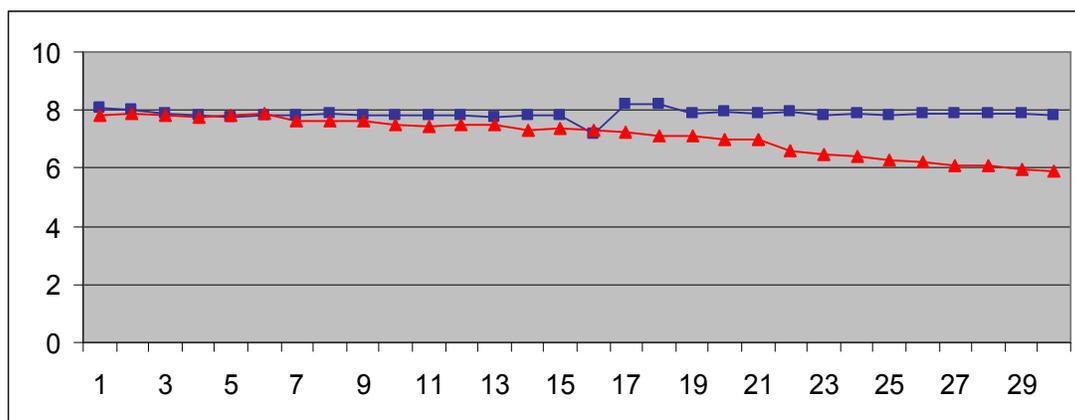


Figura 6 - Valores de pH nas fases experimental (linha e triângulos vermelhos) e fase controle (linha e quadrados azuis).

Dados semelhantes foram obtidos por Passman & Rossmoore (2002) que, em trabalho com emulsão, observou um decréscimo no pH do fluido de corte quando na presença de microrganismos. Podemos inferir que a ação impediante do crescimento microbiano provocada pela radiação possivelmente desempenha algum papel no comportamento do pH. Entretanto são suposições que necessitam de estudos mais aprofundados.

Os resultados obtidos em nosso experimento mostraram alta eficiência dos raios ultravioleta sobre os microrganismos presentes no fluido de corte. A fase experimental mostrou grande redução da concentração microbiana quando o fluido de corte foi submetido à ação direta da luz ultravioleta. Durante a fase experimental a carga microbiana manteve-se em níveis bastante baixos e muito abaixo dos níveis encontrados durante a fase controle, como pode ser observado nas figuras 4 e 5.

Estatisticamente os resultados mostraram significância como pode ser verificado na figura 7 a partir dos dados do cálculo da área sob a curva (ACS), com valores normalizados, quando foi observada diminuição significativa no grupo submetido à radiação (box) \*  $P < 0,05$ . Para essa análise estatística foi utilizado o teste de Mann-Whitney para valores independentes e não paramétricos. O nível de significância adotado foi de  $P < 0,05$ .

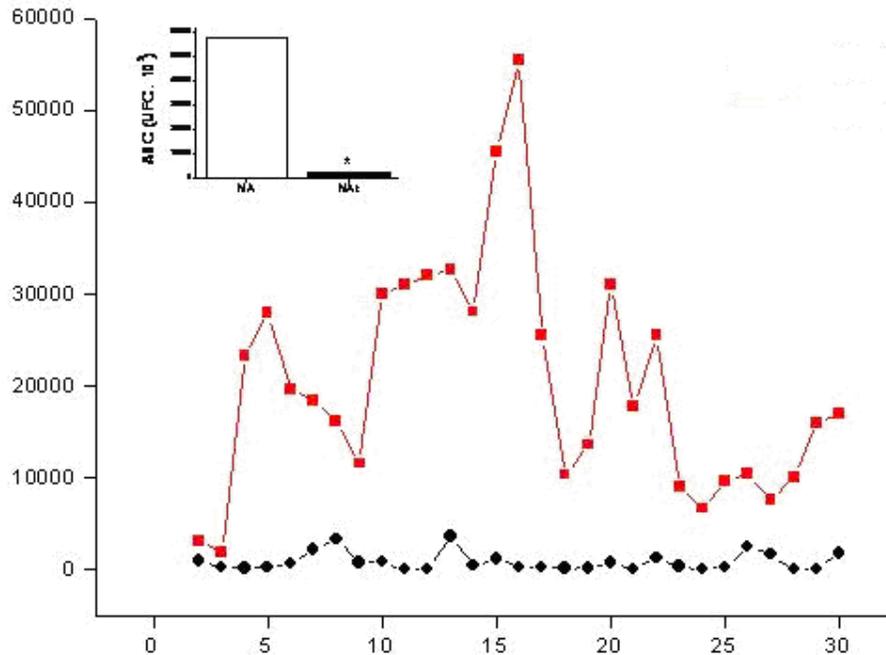


Figura 7. Desenvolvimento de unidades formadoras de colônias (UFC) no fluido de corte durante as fases experimental (linha e quadrados vermelhos) e controle (linha e losangos escuros) e a esquematização da análise estatística. Na análise estatística foi utilizado o teste de Mann-Whitney para valores independentes e não paramétricos. O nível de significância adotado foi de  $P < 0,05$ .

Diante disso fica evidente a importância da ação da radiação ultravioleta sobre os microrganismos contaminantes dos fluidos de corte. Contudo é importante esclarecer que, por se tratar de um líquido de alta densidade e opacidade é importante observar algumas condições para melhor aproveitamento das propriedades da radiação ultravioleta. É fundamental a ação concentrada da luz ultravioleta no reservatório de fluido pois nesse local o líquido permanece por um período relativamente longo e sem turbilhonamento. Nessas condições o líquido desliza suavemente e, enquanto ocorre a decantação natural de resíduos, expõe seu conteúdo microbiano à ação da radiação. Portanto essa lenta, constante e gradual troca de posições que envolve todo o conteúdo do reservatório é importante para que os raios ultravioleta atinjam os microrganismos. Assim, ainda que se trate de líquido bastante opaco a incidência dos raios ultravioleta torna-se altamente eficiente. Importante salientar ainda que a ampla extensão do reservatório aumenta a superfície de exposição do fluido à radiação aumentando também sua ação sobre microrganismos.

Podemos concluir que os resultados obtidos confirmam que a emulsão mineral utilizada como fluido de corte nos processos de retificação comporta-se como um autêntico

meio de cultivo bacteriano oferecendo condições para a proliferação de microrganismos. Obviamente esses microrganismos provêm de fontes que fazem contato ou localizam-se muito próximas do fluido de corte. Assim podemos considerar que as contaminações são originadas por microrganismos que são carregados até a coleção de emulsão pela ação do homem. É, portanto importante introduzir condutas de higiene entre os operários e que estes sejam conscientizados sobre as conseqüências das contaminações tanto para os produtos e equipamentos como para os próprios indivíduos. Embora sejam grandes as dificuldades enfrentadas na promoção de mudanças de hábitos este é um investimento que os dirigentes empresariais precisam fazer já que as medidas são conhecidas há muito tempo mas os problemas de contaminação se arrastam sem que tenha havido qualquer solução.

A eficiência demonstrada experimentalmente pela radiação ultravioleta no controle da contaminação microbiana dos fluidos de corte oferece uma significativa contribuição para minimizar os problemas decorrentes da proliferação microbiana que invariavelmente tem levado ao descarte precoce da emulsão. Portanto a aplicação da radiação ultravioleta mediante o uso de equipamento de fácil manutenção, baixo custo e extrema simplicidade mostra-se como um eficiente aliado nos procedimentos de usinagem e retificação contribuindo para o aumento da vida útil da emulsão. Tornam-se evidentes, além da redução de prejuízos financeiros, importantes ganhos sociais para a indústria decorrentes da melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores e da redução de danos ambientais. É notável que o controle microbiano aconteça sem que ocorra nenhuma alteração detectável nas características do fluido de corte e sem qualquer risco para o operador do sistema. Obviamente esse sistema poderá ser aperfeiçoado e, estudos nesse sentido, encontram-se em andamento em nossos laboratórios.

### **Agradecimento**

Ao CNPq pela bolsa a aluna de graduação do curso de Ciências Biológicas.

### **Referências bibliográficas**

BENNET, E.O. The biology of metalworking fluid, *Journal of American Society of Lubrication Engineers*, v. 289,6, p.237-247, 1972.

BENNET, E.O. Water based cutting fluids and human health. *Tribology International*, v.16, p. 133, 1983.

DILGER, S.; FLURI, A.; SONNTAG, H. Bacterial contamination of preserved and non preserved metal working fluids. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. v. 208, p.467-476, 2005.

FALKENSTEIN, Z.; COOGAN, J.J. The development of a silent discharge-driven XeBr Eximer UV light source. *Journal of Physics D: Applied Physics*, v 30, p. 2704-2710, 1997.

GREELEY, M.; RAJAGOPALAN, N. Impact of environmental contaminants on machining properties of metalworking fluids. *Tribology International*, vol.37, p 327-332, 2004.

HEISEL, U.; LUTZ, M.; SPATH, D.; WASSMER, R.; WALTER, U.; A técnica da quantidade mínima de fluidos e sua aplicação nos processos de corte. *Revista Máquinas e Metais*, Ano XXXIV, n. 385, p.22-38, 1998.

HILL, E. C.; Microbiological examination of petroleum products, *Tribology*, p. 5-10, 1969.

JOHNSON, D.L.; PHILLIPS, M.L. UV disinfection of soluble oil metalworking fluids. *AIHA Journal*. v. 63, p. 178-183, 2002.

LEE, M.; CHANDLER, A. C. A study of the nature, growth and control of bacteria in cutting compounds. *Journal of Bacteriology*, v.41, p.373-386, 1941.

LIN, Y-s. E.; STOUT, J. E.; VIDIE, R.D.; Disinfection of water distribution Systems for *Legionella*, *Seminars in Respiratory Infection*, v. 13-2, p. 147-159, 1998.

MACHADO, A. R.; DINIZ, A. E. Vantagens e desvantagens do uso (ou não) de fluidos de corte, In: *Congresso Usinagem 2000*, São Paulo, SP, 2000.

MONICI, R. D., Relatório de Estágio Supervisionado. *CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*, Bauru-SP, p.33, 1999

MORTON, L.H.G. A potential method for the recognition of metalworking fluid spoilage organisms. *Revista Elsevier*, v.48, p.162-166, 2001.

MOTTA, M. F.; MACHADO A. R. Fluidos de corte: tipos, funções, seleção, métodos de aplicação e manutenção. *Revista Máquinas e Metais*, setembro, p. 44-56, 1995.

NOVASKI, O., DÖRR, J. Usinagem sem refrigeração. *Revista Máquinas e Metais*, Ano XXXV, n. 398, p. 18-27, 1999.

PASSMAN, F. J.; ROSSMOORE, H. W.; Reassessing the health risks associated with employee exposure to MWF microbes. *Lubrication. Engineers*. v. 58, p. 30-38, 2002.

RIOS, M. R. S.; *Estudo do comportamento do fluido sintético na furação de aço inoxidável*, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

RUNGE, P.R.F., DUARTE, G.N. Lubrificantes nas indústrias – produção, manutenção e controle. Cotia, SP, Brasil, *Triboconcept Edições Técnicas*, p. 71-171, 1990.

SILVA, L.P.N., *Estudo sobre fluidos de corte*, 1997, 49f, Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru.

SOKOVIC, M., MIJANOVIC, K. Ecological aspects of cutting fluids and its influence on quantifiable parameters of the cutting processes. *Journal of Materials Processing Technology*, Slovenia, n. 109, p. 181-189, 2001.

TAKAHASHI, D. F. Biocidas garantem a vida útil do fluido de corte. *Maquinas e metais*, v. 34, p 164-173, 2005.

TANT, C. O.; BENNETT, E. O. The isolation of pathogenic bacteria from used emulsion oil. *Applied Microbiology*. v.4, p 332-338, 1956.

THORNE, P. S.; DEKOSTER, J. A.; SUBRARMANIAN, P. Environmental assessment of aerosols, bioaerosols, and airborne endotoxin in machining plant. *American Industry Hygiene Associated Journal*, v. 57, p. 1163-1167, 1996.

THORNE, P. S.; SPRINCE. N. Metal working fluids. *Textbook of clinical occupational and environmental medicine*, 2nd ed. Orlando, FL: W.B. Saunders C.O. 2004.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. *Microbiologia*. Atheneu, 4 ed., cap. 2-4, 2005.

VEILLETTE, M.; THORNE, P. S.; GORDON, T.; DUCHAINE, C. Six month tracking of microbial growth in a metalworking fluid after system cleaning and recharging. *British Occupation hygiene Society*. v. 48, p.541-546, 2001.