

**CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS UNIS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**ISMAEL FRANCISCO ARAUJO**

N. CLASS.	M.G.71.35
GUTTER	A.6630
ANO/EDIÇÃO	2013

**USINAGEM: Influência do fluido de corte no acabamento superficial do aço 1045**

Varginha  
2013

**FEPESMIG**

**ISMAEL FRANCISCO ARAUJO**

**USINAGEM: Influência do Fluido de corte no acabamento superficial do aço 1045**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao curso Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré requisito para obtenção do Grau de Bacharel, sob orientação do Prof. Me. Valter Barbosa. Coorientador Engenheiro Ismael Palmeira

**Varginha  
2013**

**ISMAEL FRANCISCO ARAUJO**

**USINAGEM: Influência do Fluido de corte no acabamento superficial do aço 1045.**

Monografia apresentada ao curso Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré requisito para obtenção do Grau de Bacharel, pela banca examinadora composta pelos membros.

Aprovado em     / /

---

Prof. Me. Luiz Carlos Vieira Guedes

---

Prof. Esp. Luciene Oliveira Prósperi

---

Prof. Dr. Esp. Valter Barbosa

OBS:

Dedico este Trabalho a minha família que me apoiou em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a minha família, professores e colegas por terem ajudado na construção deste trabalho.

Tudo vale a pena se a alma não é pequena.  
Fernando pessoa

## RESUMO

O trabalho apresenta as condições de usinagem do aço 1045, usado na produção de eixos para máquinas de encadernação, visando a diminuição do uso do fluido de corte. Discute aspectos relevantes do uso do fluido de corte e sua importância para obter o melhor desempenho nesta operação de torneamento. Esta pesquisa procura melhorar a qualidade sem abrir mão da saúde e segurança ocupacional e das questões ambientais envolvidas no processo. Desenvolvida através de pesquisa em publicações científicas e testes experimentais, esta pesquisa conclui que é possível reduzir o uso de fluido de corte na produção para se chegar na condição ideal de usinagem da peça em questão, mostra que é necessário uma abordagem mais específica, através de simulação em condições para se chegar ao Máximo de aproveitamento dos recursos com menores custos.

Palavra chave: Fluido de corte. Aço 1045. Usinagem.

## **ABSTRACT**

*The paper presents the machining conditions of 1045 steel, used in the production of shafts for binding machines, aiming to reduce the use of cutting fluid. Discusses relevant aspects of the use of cutting fluid and its importance for best performance in this turning operation. This research seeks to improve the quality without compromising the health and safety and environmental issues involved. Developed through research in scientific publications and experimental tests, this research concludes that and can reduce the use of cutting fluid in production to arrive in optimal condition for machining of the part in question shows that you need a more specific through simulation conditions to reach the Maximum utilization of resources at lower costs.*

*Keyword: cutting fluid. 1045 steel. machining*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01- Acabamento Superficial.....	17
Figura 02- Perfil teórico de rugosidade obtida no torneamento.....	18
Figura 03- Relação do perfil de rugosidade .....	19
Figura 04- Comprimento de amostragem(cut-off).....	19
Figura 05. Representação de rugosidade e normatizada pela ABNT NBR 8404.....	20
Figura 06- Eixo para maquina de encardenação.....	21
Figura 07- Torno CNC.....	21
Figura 08- Ferramenta de corte.....	22
Figura 08- Rugosímetro surfest SJ-400 Mitutoyo.....	22

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01- Rugosidade media Ra com 5% de fluido de corte .....	23
Tabela 02- Rugosidade media Ra com 4% de fluido de corte .....	23
Tabela 03- Rugosidade media Ra com 3% de fluido de corte .....	24
Tabela 04-Consumo de Fluido de corte com diluição de 1:20.....	24
Tabela 05- Simulação de consumo entre as condições estudadas no mesmo período 2013.....	25

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 INFLUENCIA DO FLUIDO DE CORTE NO ACABAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO 1045 .....</b>	<b>13</b>
2.1 Classificação e composição dos fluidos de corte .....	14
2.2 Aspectos a serem considerados na escolha do fluido de corte .....	14
2.3 Óleos integrais.....	14
2.4 Óleos a base de água.....	14
2.5 Saúde e segurança ocupacional .....	15
2.6 Responsabilidade ambiental.....	15
2.7 Sistemas de controle do fluido.....	16
<b>3 ACABAMENTO SUPERFICIAL.....</b>	<b>17</b>
3.2 Rugosidade .....	17
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>21</b>
4.1 Procedimento Experimental.....	21
4.2 Coleta de dados .....	23
4.3 Análise dos resultados .....	25
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>28</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente o grande desafio do campo da usinagem é realizar trabalhos com eficiência e qualidade com menor custo, sem prejuízos ao meio ambiente. Com os avanços na área de tecnologia da usinagem cresce a necessidade de estudos na área de suporte, como por exemplo, os fluidos de corte. Qual é a real influencia dos fluidos de corte no acabamento das peças usinadas. Este trabalho tem o objetivo de fornecer informações quanto a ação dos fluidos de corte no acabamento superficial de peças usinadas. E de modo geral contribuir para minimizar impactos ao meio ambiente e a saúde de operadores no setor de usinagem.



## 2 INFLUENCIA DO FLUIDO DE CORTE NO ACABAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO 1045

Usinagem processo mecânico de transformação de matéria prima em produto através da remoção de material por ação de ferramenta (FERRARESI, 1977).

O primeiro a usar fluido de corte na usinagem foi F.W.Taylor em 1894, inicialmente usava água pura, mais tarde adicionou sabão (soda) para diminuir a ação oxidante durante o processo de usinagem.

Durante o processo de usinagem, uma grande quantidade de calor é desprendida devido ao atrito entre a ferramenta e o material. O Fluido de corte tem função de diminuir a temperatura através da refrigeração e também lubrificação desta área para diminuir o desgaste da ferramenta. Diminui a dilatação térmica, estes fatores mencionados permitem uma melhor qualidade nas superfícies usinadas.

Ainda tendo ação refrigerante, o fluido de corte pode beneficiar também as peças como o caso de operações em que o acabamento superficial e ou tolerâncias dimensionais são críticos. É necessário então que a ação refrigerante do fluido evite a dilatação da peça. (DINIZ, 2010, p. 173).

Como manter a característica de acabamento superficial na usinagem do aço 1045, diminuindo a quantidade de fluido de corte da emulsão sem perder as características a área usinadas? A utilização de quantidades mínimas de fluidos de corte através de sistemas específicos. Além disso, a possibilidade do uso do corte a seco.

O objetivo deste trabalho é desenvolver processos de usinagem com maior qualidade de acabamento superficial aliado as questões ambientais e a qualidade de vida e segurança de operadores, utilizando menor quantidade de fluido de corte.

Demonstrar através desta pesquisa que é possível melhorar e manter o acabamento superficial de peças diminuindo a quantidade de fluido de corte. E assim estabelecer um padrão para a usinagem de aços.

O grande desafio da indústria moderna é aumentar a produtividade buscando maior qualidade de produtos e serviços, tudo isso pensando sempre nas questões ambientais envolvidas. Outro fator importante é a redução de custo, segundo pesquisas os custos relativos a aquisição, tratamento e eliminação do fluido de corte varia 7,5 a 17% dos custos de produção (DINIZ, 2010).

## 2.1 Classificação e composição dos fluidos de corte

Existe uma grande quantidade de fluidos de corte para cada finalidade e exigência de trabalhos. Isso dificulta uma padronização, porém ficou estabelecido a classificação: Fluidos sólidos, líquidos e gasosos (FERRARESI, 1977).

O evento de melhores materiais para ferramentas, possibilitando maiores velocidades de corte, induziu o estudo e desenvolvimento de novos fluidos de corte. Estes foram obtidos com aditivos químicos dosados nos fluidos de corte para satisfazer a necessidade exata nas operações de usinagem pesadas. (FERRARESI, 1977p512)

## 2.2 Aspectos a serem considerados na escolha do fluido de corte

Para selecionar o fluido mais adequado para a usinagem e preciso avaliar as seguintes condições:

- Material a ser usinado
- Tipos de usinagem: furação, torneamento, fresamento ou retificação
- Material da ferramenta: metal duro com ou sem cobertura química.
- Condições de usinagem: Operações severas desbastes onde utiliza-se (f) altos e (ap) maior profundidade de corte e baixa ( $V_c$ ). Operações brandas com ( $V_c$ ) mais altas que necessitam de mais refrigeração (DINIZ, 2010).

## 2.3 Óleos integrais

Fluidos integrais são óleos minerais, mas também os sintéticos e vegetais a base de canola mais aditivos. Características principais, não são corrosivos se mantidos limpos e tem longo prazo para uso. O fluido vegetal a base de canola pode causar mau cheiro e crescimento biológico (DINIZ, 2010).

## 2.4 Óleos a base de água

Fluidos a base de água (emulsões) são misturados em água em quantidades variadas dependendo da finalidade. Podem ser mineral, sintéticos, semi-sintéticos e fluidos sintéticos de base vegetal. São usados em processos com alta velocidade, por serem melhor refrigerante evitando também a dilatação térmica (DINIZ, 2010; FERRARESI, 1977).



A porcentagem do fluido de corte misturados em água depende da operação de usinagem a ser realizada, mas normalmente entre 1:20 a 1:30 para torneamento.

## 2.5 Saúde e segurança ocupacional

Por se tratarem de misturas de substâncias químicas apresenta perigos a saúde: tem efeitos indesejáveis ao operador, alergias ou problemas pulmonares podem aparecer devido ao contato com a pele ou pela inalação dos vapores durante o processo de usinagem se exposto por muitos anos (CATAI, 2006).

## 2.6 Responsabilidade ambiental

Os órgãos internacionais e nacionais de proteção ambiental exigem o correto descarte dos rejeitos industriais, o fluido de corte e um dos principais resíduos industriais que pode causar danos ao meio ambiente. Se os fluidos de corte forem descartados em um efluente ou na rede pública, devido à sua grande necessidade química por oxigênio, retira da água o oxigênio, necessário à vida aquática, podendo causar morte de peixes entre outros animais (INACIO, 1998).

Aqui começa o estudo das utilidades do fluido de corte com relação a qualidade de acabamento. Qual a influência do fluido de corte na rugosidade do aço 1045? A escolha correta do fluido de corte, pode resultar em melhor acabamento e menores custos. Veja algumas funções do Fluido de corte: lubrificação que facilita o corte, retirada do cavaco da região do corte, proteção contra corrosão e refrigerante.

O atrito cavaco ferramenta depende principalmente da rugosidade das superfícies em contato quanto maior a rugosidade, maior a perda por atrito. (DINIZ, 2010, p. 174)

Porém devido aos muitos de efeitos negativos gerados pela utilização dos fluidos de corte, como danos ao meio ambiente e à saúde do operador. Torna-se importantíssimo uma boa seleção do fluido de corte, para garantir menores impactos ao meio ambiente (INACIO, 1998). Por isso o estudo mais minucioso dos Fluidos pode ser de grande ajuda para a usinagem. Daí a necessidade do gerenciamento do fluido de corte na usinagem minimizar o uso, diminuir impactos.

Então, para que a utilização do fluido de corte seja minimizada, duas técnicas têm sido intensamente experimentadas: corte completamente sem fluido (corte a seco) e o corte com mínima quantidade do fluido (MQF), onde uma quantidade mínima de óleo é pulverizada em um fluxo de ar comprimido. (DINIZ, 2010, p. 173)

## 2.7 Sistemas de controle do fluido

A técnica de (MQF) mínima quantidade de fluido é uma alternativa para minimizar a quantidade de fluido nas operações de usinagem, mas não é a única. Estudos comparam as técnicas de MQF e usinagem a seco. Este estudo mostra que é possível manter parâmetros de usinagem semelhantes ao uso do fluido de corte. Para isso é preciso alterar parâmetros de corte (DINIZ, 2010) A desvantagem é o custo para pressurizar o ar e a manutenção do sistema.

Os fluidos de corte gasosos visam principalmente a refrigeração (com suas decorrências) e a expulsão do cavaco na operação de usinagem. Não se deve esperar desta classe de fluidos os efeitos da lubrificação nem impedimento da corrosão das partes acessíveis. (FERRARESI 1997, p 536)

Na usinagem a seco é preciso alterar parâmetros: como menor ( $V_c$ ), maior ( $f$ ), além disso depende do tipo de usinagem em algumas situações com algumas exigências quanto a materiais de ferramenta para manter qualidade na usinagem e diminuição da vida útil da ferramenta (DINIZ, 2010).

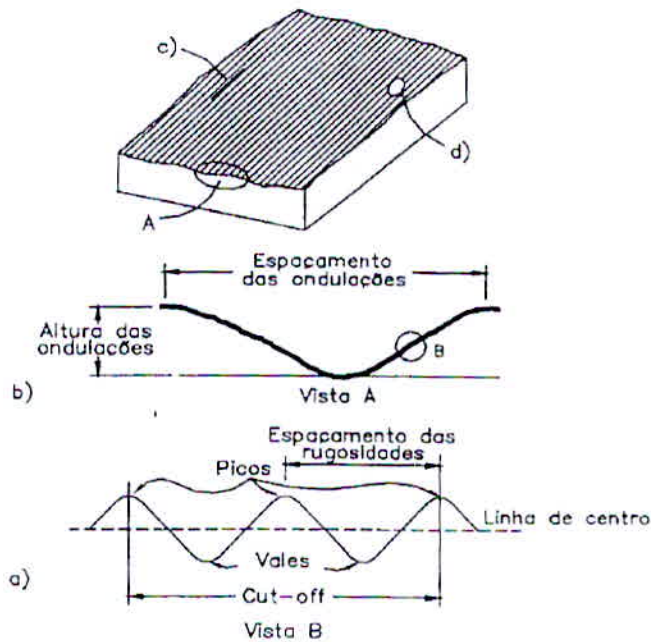
Para avaliar melhor a ação do fluido de corte vamos fazer um experimento prático usando uma emulsão de fluido diminuindo a porcentagem de óleo na mistura até atingir a menor quantidade de fluido, com melhor acabamento, fazendo medições da rugosidade.



### 3 ACABAMENTO SUPERFICIAL

Acabamento superficial e o conjunto de irregularidades de uma superfície, causada pela ação de uma ferramenta, são espaçamentos rugosidades ou ondulações. (MACHADO, 2009). Na indústria o acabamento tem grande importância porque influi diretamente na qualidade dos produtos. Exemplo de utilização na resistência ao desgaste, na qualidade de superfícies em deslizamento, em ajustes de acoplamentos forçados, na resistência oferecida pela superfície ao escoamento dos óleos, na aderência as camadas protetoras na vedação, na resistência ao desgaste (DINIZ, 2010; FERRARESI, 1977).

Figura 01- Acabamento Superficial



Fonte: Machado; Silva, 1999.

#### 3.2 Rugosidade

Quando uma superfície é usinada por torneamento ou fresamento a ação da ferramenta de corte causa irregularidades nas superfícies como podemos observar na figura (01) Segundo Machado rugosidade pode ser medida por vários parâmetros como:

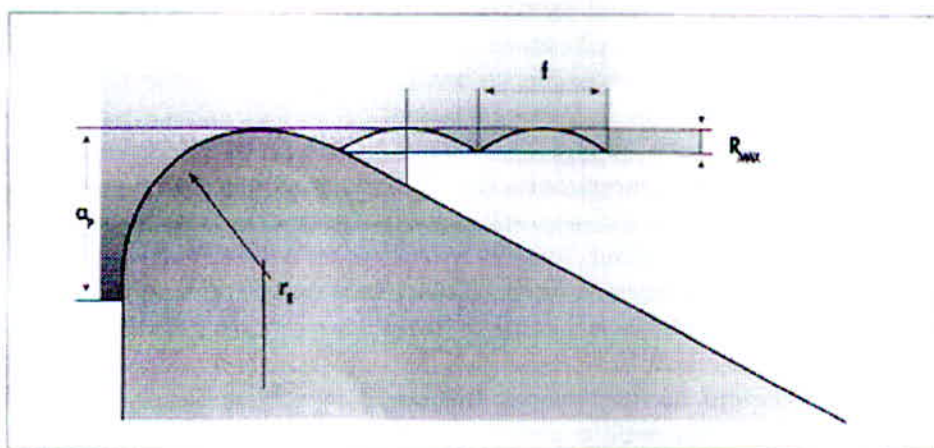
Amplitude que são altura e profundidade das irregularidades e espaços que são distância entre estas irregularidades desvios na superfície usinada e híbridos que é a combinação de amplitude e espaço (FERRARESI, 1977).

A norma que define parâmetros para especificação de Rugosidade NBR ISO 4287/2002. Os parâmetros são:

Rugosidade média ( $R_a$ ) representa a media aritmética dos valores encontrados no comprimento de medição. Rugosidade total ( $R_t$ ); e a media das distancias dos 5 picos mais altos e dos 5 sulcos mais profundos. Rugosidade máxima ( $R_y$ ) medido pela distancia entre o pico mais alto e o sulco mais profundo encontrado no comprimento de medição.

Na pratica no torneamento existe outros parâmetros que influenciam a rugosidade como podemos observa na figura (02). O raio da ponta da ferramenta, o avanço, o fluido de corte, profundidade de corte e o tipo de material.(FERRARESI, 1977)

Figura 02- Perfil teórico de rugosidade obtida no torneamento



Fonte : ( DINIZ, 2008)

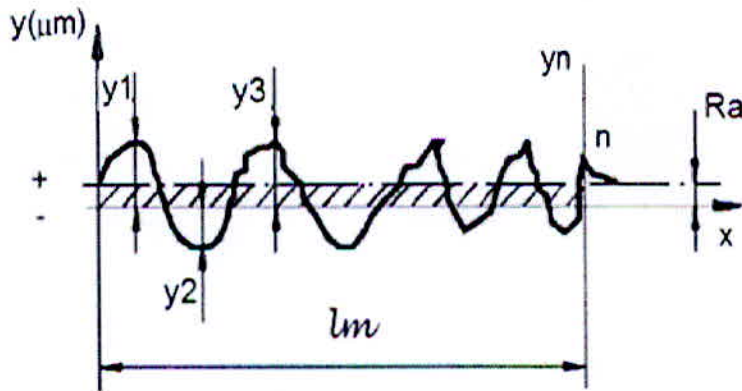
A rugosidade máxima de uma peça depende muito da relação entre o ( $r$ ) raio da ponta da ferramenta e o ( $f$ ) avanço. Que e dada pela equação:

$$R_{max\ teorica} = \frac{f^2}{8.r}$$

A rugosidade e medida em ( $\mu m$ ) micros ou milésimos de milímetros ou milésimos da polegada. Que e determinada em relação a media do perfil da rugosidade. Figura(03).

$$R_a = \frac{y_1}{n} + \frac{y_2}{n} + \dots + \frac{y_n}{n} = \mu m$$

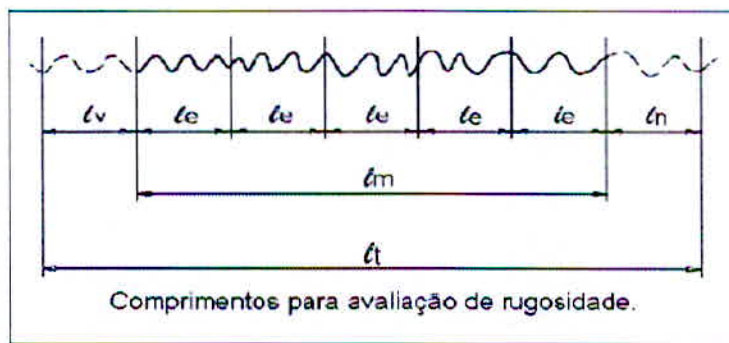
Figura 03-Relação do perfil de rugosidade



Fonte: <http://www.rebrac.com.br/downloads/RUGOSIDADE%20-par%C3%A2metros->

.pdf

Figura 04-Comprimento de amostragem (cut-off)



Fonte: <http://www.rebrac.com.br/downloads/RUGOSIDADE%20-par%C3%A2metros->

.pdf

Onde:

$l_e$  = comprimento de amostragem

$l_m$  = comprimento de medição

$l_t$  = comprimento total

Nos instrumentos de medição os valores de amostragem são definidos conforme a norma, em função da distância entre as amplitudes e sulcos (FERRARESI,1977)

Figura 05- Comprimento de amostragem normatizada pela ABNT NBR 4287

TABELA DE COMPRIMENTO DA AMOSTRAGEM (CUT OFF)	
RUGOSIDADE RA (mm)	MÍNIMO COMPRIMENTO DE AMOSTRAGEM L (CUTOFF) (mm)
De 0 até 0,1	0,25
Maior que 0,1 até 2,0	0,80
Maior que 2,0 até 10,0	2,50
Maior que 10,0	8,00

Fonte: <http://www.rebrac.com.br/downloads/RUGOSIDADE%20-par%C3%A2metros-.pdf>



## 4 ESTUDO DE CASO

Com base em pesquisa em fontes literárias e artigos científicos. Realizamos um experimento prático, para demonstrar que é possível manter a qualidade de acabamento superficial no aço 1045 no torneamento de eixos para máquinas de encardenação, conforme mostra a figura (06).

Figura 06-Eixo para máquina de encardenação

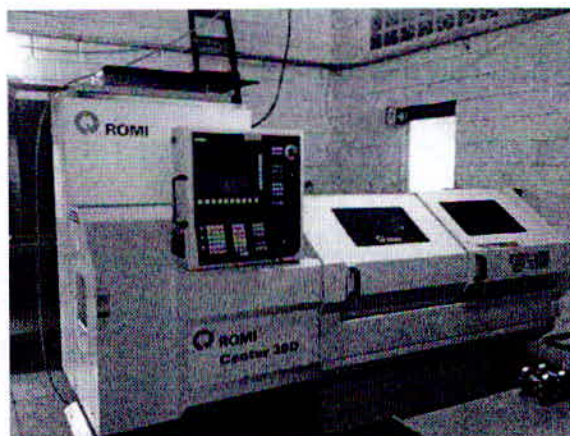


Fonte: o autor.

### 4.1 Procedimento Experimental

Para chegar ao objetivo deste trabalho no torneamento do aço ABNT 1045, usamos amostras da produção dos eixos do cliente da empresa onde presto serviços onde foi realizado os ensaios. Estes eixos foram torneados no torno CNC ROMI Centur 30D que utiliza comando semens. Conforme Figura(07).

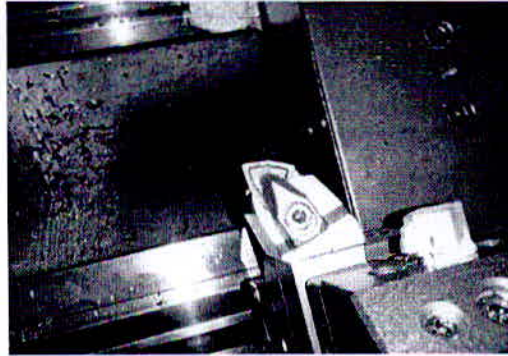
Figura 07-Torno CNC



Fonte: o autor.

Durante o experimento foi utilizado para o acabamento final os seguintes parâmetros: ferramenta de metal duro de raio 0,8mm, (f) avanço de 0,25mm, profundidade de corte de 1mm, ( $V_c$ ) velocidade de corte de 200m/min. e 1800rpm.O grau de acabamento exigido pelo cliente e alisado livre.

Figura 08-Ferramenta de corte

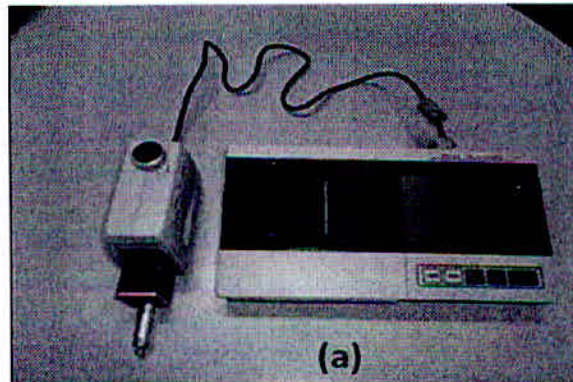


Fonte: o autor.

Os parâmetros citados acima não sofreram mudança durante o procedimento experimental, a única variável foi a quantidade de fluido de corte utilizado no processo. Utilizamos Fluido de Corte semi sintético, ou seja, uma porção de óleo mineral mistura em água. Na verdade são emulsões. O reservatório da maquina tem capacidade para 120 litros.Normalmente se usava a mistura 1:20 ou seja 5%.O que alteramos foi a porcentagem para 1:30 ou 4% e 1:40 ou 3%.E realizamos medições de rugosidade para avaliar a ação do fluido que e injetado através de uma moto bomba com capacidade de 5600lt/ h.

Para chegar as medições foi necessário a ajuda de terceiros para realizar as medições que foram realizadas em um rugosímetro semelhante ao da foto .(Figura 09)

Figura 09 - Rugosímetro surfest SJ-400 Mitutoyo



Fonte: (Laboratório de usinagem da UFSJ)

## 4.2 Coleta de dados

O quadro abaixo mostra os resultados das medições da rugosidade em cada condição

Tabela 01-Rugosidade media Ra com 5% de fluido de corte

1º fase 1:20	
Nº medições	Rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ )
1	0,041
2	0,043
3	0,042
4	0,041
5	0,042
6	0,043
7	0,042
8	0,043
9	0,042
10	0,042

Fonte: O autor

Tabela 02-Rugosidade media Ra com 4% de fluido de corte

2º fase 1:30	
Nº medições	Rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ )
1	0,044
2	0,044
3	0,045
4	0,045
5	0,045
6	0,045
7	0,044
8	0,046
9	0,046
10	0,045

Fonte: O autor



Tabela 03 -Rugosidade media Ra com 3% de fluido de corte

3º fase 1:40	
Nº medições	Rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ )
1	0,051
2	0,052
3	0,052
4	0,052
5	0,052
6	0,053
7	0,053
8	0,053
9	0,053
10	0,053

Fonte:O autor

Durante um período de 10 meses o consumo de fluido de corte foi de 335 litros de óleo semi sintético. Conforme tabela abaixo:

Tabela 04-Consumo de Fluido de corte com diluição de 1:20

Consumo de Fluido de Corte 2013			
	Litros	Valor R\$ / litro	Valor total
Jan	40	8,58	R\$ 343,20
Fev	40	8,58	R\$ 343,20
Mar		8,58	R\$ 0,00
Abr	50	8,58	R\$ 429,00
Mai	60	8,58	R\$ 514,80
Jun	60	8,58	R\$ 514,80
Jul	0	8,58	R\$ 0,00
Ago	45	9	R\$ 405,00
Set			R\$ 0,00
Out	40	9	R\$ 360,00
Total	<b>335</b>	Total	R\$ 2.910,00
Media do período	<b>41,875</b>		

Fonte: o autor

O gasto total com o fluido de corte semi sintético com a diluição de 1:20 e de R\$ 2910;00 no período.Se aplicarmos a condição experimental com diluição 1:30 e 1:40 no mesmo período então teríamos uma redução de custo conforme a tabela abaixo:



Tabela-05-Tabela simulação de consumo nas condições estudadas

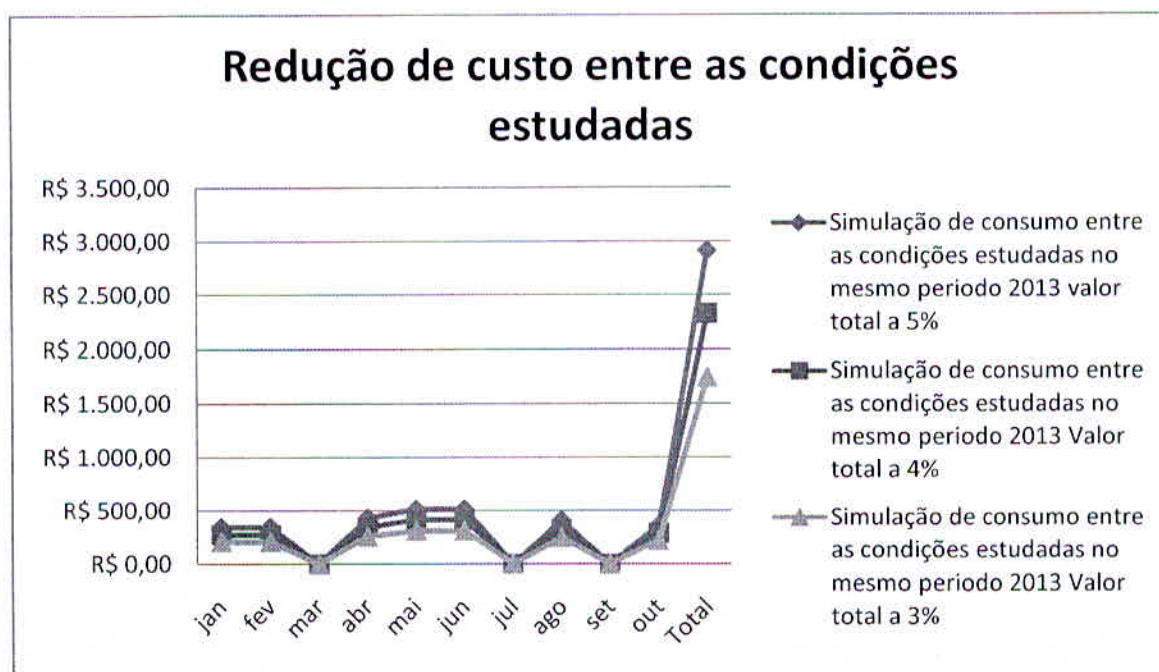
Simulação de consumo entre as condições estudadas no mesmo período 2013							
	litros	litros	litros	valor R\$/litro	valor total a 5%	Valor total a 4%	Valor total a 3%
jan	40	32	24	8,58	R\$ 343,20	R\$ 274,56	R\$ 205,92
fev	40	32	24	8,58	R\$ 343,20	R\$ 274,56	R\$ 205,92
mar				8,58	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
abr	50	40	30	8,58	R\$ 429,00	R\$ 343,20	R\$ 257,40
mai	60	48	36	8,58	R\$ 514,80	R\$ 411,84	R\$ 308,88
jun	60	48	36	8,58	R\$ 514,80	R\$ 411,84	R\$ 308,88
jul				8,58	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
ago	45	36	27	9	R\$ 405,00	R\$ 324,00	R\$ 243,00
set				9	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
out	40	32	24	9	R\$ 360,00	R\$ 288,00	R\$ 216,00
				<b>Total</b>	R\$ 2.910,00	R\$ 2.328,00	R\$ 1.746,00

Fonte: o autor

### 4.3 Analise dos resultados

Com a redução do fluido de corte na produção dos eixos citados, foi constatado que pouca variação na qualidade superficial das peças, porém a redução de custos de usinagem e considerável se mantivéssemos a menor quantidade de fluido na mistura.

Gráfico 1 - Redução de custos



Fonte: O autor

Como o experimento foi feito por amostragem temos que considerar outros fatores como desgaste de ferramenta ao longo de um período maior de estudo.

## 5 CONCLUSÃO

Os valores de rugosidade não sofreram grandes mudanças porem com a diminuição da quantidade fluido podemos verificar uma tendência para a saída dos parâmetros Ra exigidos pelo cliente que e de 0,02 a 0,06  $\mu\text{m}$ . Temos que tomar cuidado por que em um processo como este com 1200 eixos semanais não se pode trabalhar no limite do padrão estabelecido pelo cliente. Com os resultados podemos ver claramente que é necessário um estudo para avaliar a necessidade do uso de uma quantidade de fluido de corte específico para cada processo assim diminuiremos os impactos já mencionados ao meio ambiente e a saúde e segurança ocupacional. Para o futuro se faz necessário outro estudo quanto a métodos de administração dos resíduos ou rejeitos da usinagem.



## REFERENCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6163:1989**: Conceitos da técnica de usinagem – geometria da cunha de corte, – Projeto de revisão. Rio de Janeiro: 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 4287 Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade**. Rio de Janeiro: 2002
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6405 Rugosidades das superfícies**. Rio de Janeiro: 1986
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001 Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso** Rio de Janeiro: 2004
- CATAI R. E.; BIANCHI, E. C. Política sobre utilização e descarte de fluidos de corte. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, mar. 2006.
- DINIZ, Anselmo Eduardo. **Tecnologia da usinagem dos materiais**, Ed Artliber 7<sup>o</sup> edição 2010.
- FERRARESI, Dino; **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo, Ed Edgard Blucher, 1977.
- Heisel, U.,Lutz,M.,Spath,D.,D.,Wassmer,R., Walter,U.;**A técnica da quantidade mínima de fluido e sua aplicação nos processos de corte**,revista Maquinas e Metais,pp22-38,fevereiro-1998.
- IGNÁCIO, E. A. **Caracterização da Legislação Ambiental Brasileira voltada para a Utilização de Fluidos de Corte na Indústria Metal-Mecânica. 1998**. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. **Teoria da Usinagem dos Metais**. Editora Edgard Blücher: São Paulo, 2009.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOAO DEL REI. **Rugosimetro2013**Disponível em:<http://www.ufsj.edu.br/Laboratorio>.Acesso em: 27 set.2013
- REBRAC. **Rugosidade**. 2013. Disponível em:  
<http://www.rebrac.com.br/downloads/RUGOSIDADE%20-par%C3%A2metros-.pdf>. Acesso em: 30 set. 2013.