

Tabela 4.14 - Principais efeitos médios das variáveis de entrada girassol x LB2000

Gir x LB2000	Efeito	P
<b>Média</b>	<b>4,97</b>	<b>-0,000000</b>
(1) Vc 17 - 25	-0,31	0,297086
(2) f 0,1 – 0,2	<b>2,48</b>	<b>0,000241</b>
(3) L 15 - 50	-0,47	0,133498
(4) Atm	-0,10	0,720581

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

A Tab. 4.14 aponta os principais efeitos médios dos parâmetros de entrada, onde se destaca a influência significativa do avanço (f). Ficou comprovado pelo índice “p” que a variável (f) foi significativa no processo para uma confiabilidade de 95%. Análises de tendências para os efeitos médios poderão ser feitas para essas variáveis, como ilustrado nos gráficos da Fig. 4.47, (a), (b), (c) e (d).

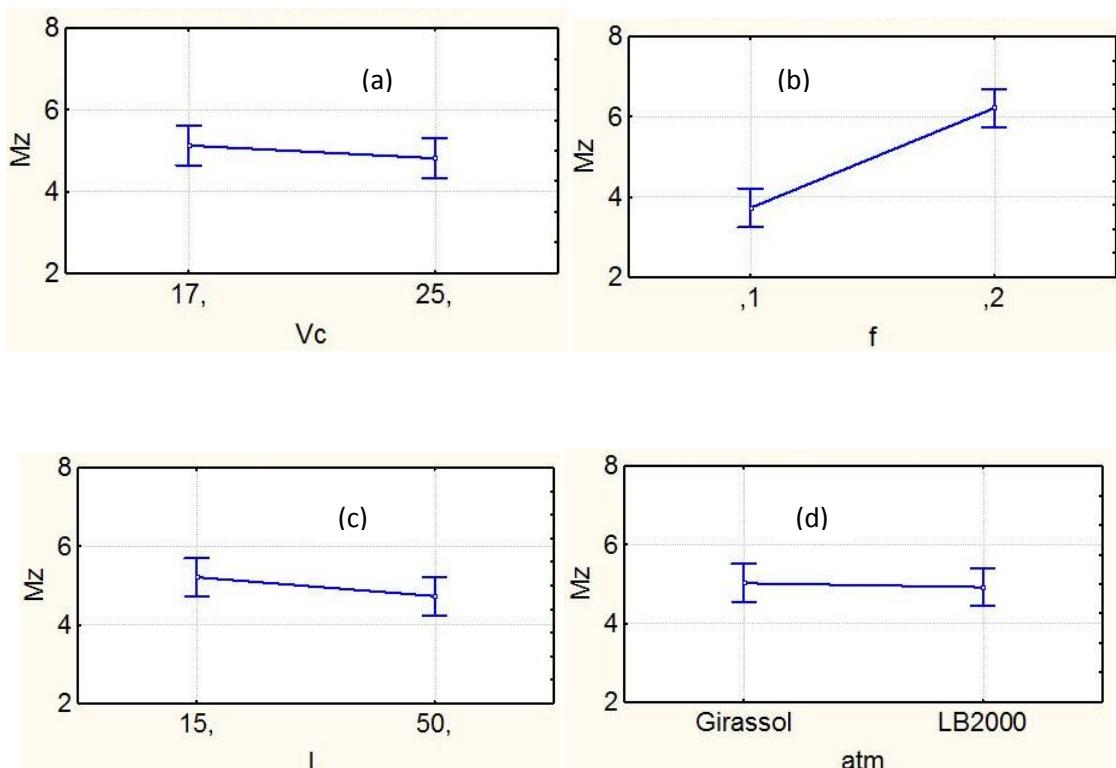


Figura 4.47 - Gráfico de tendências dos momentos em função: M<sub>z</sub>: (a) v<sub>c</sub>, (b) f, (c) L, (d) atmosfera.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Quando a velocidade de corte foi aumentada de 17 m/min para 25 m/min o momento torçor diminuiu em média 0,31125 N.m (6,23%), Fig. 4.47 (a). O aumento do avanço de 0,1 mm/rot. para 0,2 mm/rot. aumentou o momento em média 2,48875 N.m (49,89%), Fig. 4.47 (b) sendo significativo no processo. O aumento do comprimento do furo de 15 mm para 50 mm teve em média uma diminuição discreta no momento em 0,47875

N.m (9,45 %), Fig. 4.47 (c) não sendo significativo no processo. Com o uso do fluido comercial LB2000 aplicado na forma MQF ao invés óleo comestível de girassol aplicado também na forma MQF, observa-se uma pequena diminuição no momento, em média de 0,101250 N.m (2,01 %), Fig. 4.47 (d) não sendo também significativa no processo quando se observa o valor de  $p$ , o que significa dizer que, podemos utilizar um ou outro em termos técnicos, mas com uma pequena tendência do LB2000 apresentar menores momentos em relação à furação com o óleo comestível de girassol.

#### 4.3.5 Análises dos momentos $M_z$ : girassol x jorro

As Figs. 4.48 e 4.49 mostram os gráficos característicos do Momento ( $M_z$ ) em função do tempo (s), para os testes (a)T1 a T4 e (b) T5 a T8) na furação do aço ABNT 1045, nos comprimentos  $L = 1,5 \times D$  e  $L = 5 \times D$  da aplicação de fluido em abundância (jorro) para ser comparado com o óleo vegetal comestível de girassol.

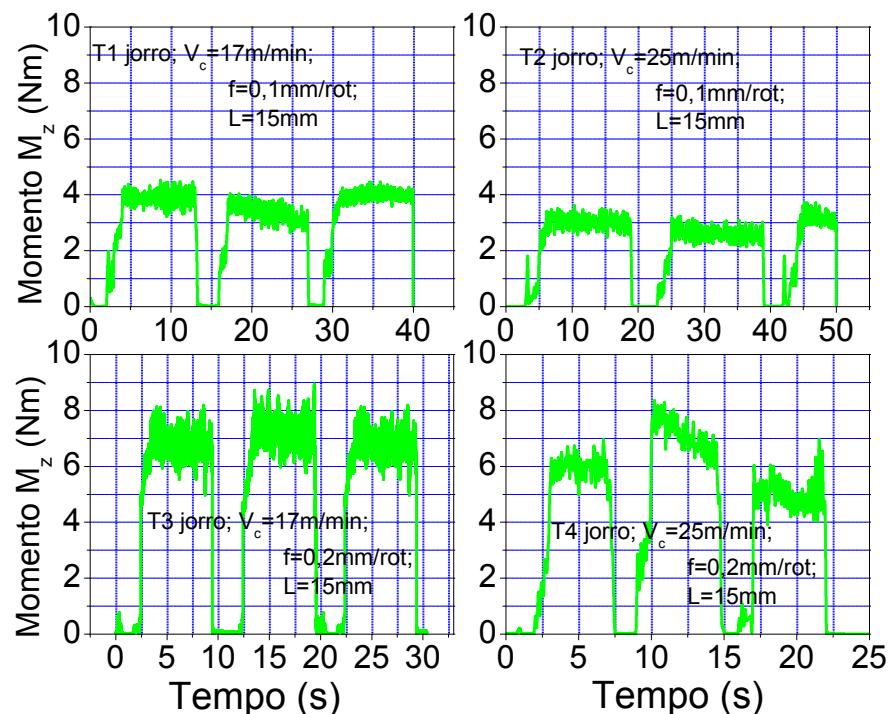


Figura 4.48 - Gráficos do momento  $M_z$  em função do tempo, das condições T1 a T4 na furação  $L = 1,5 \times D$  da aplicação de fluido em abundância (jorro),  $Q = 750 \text{ l/h}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

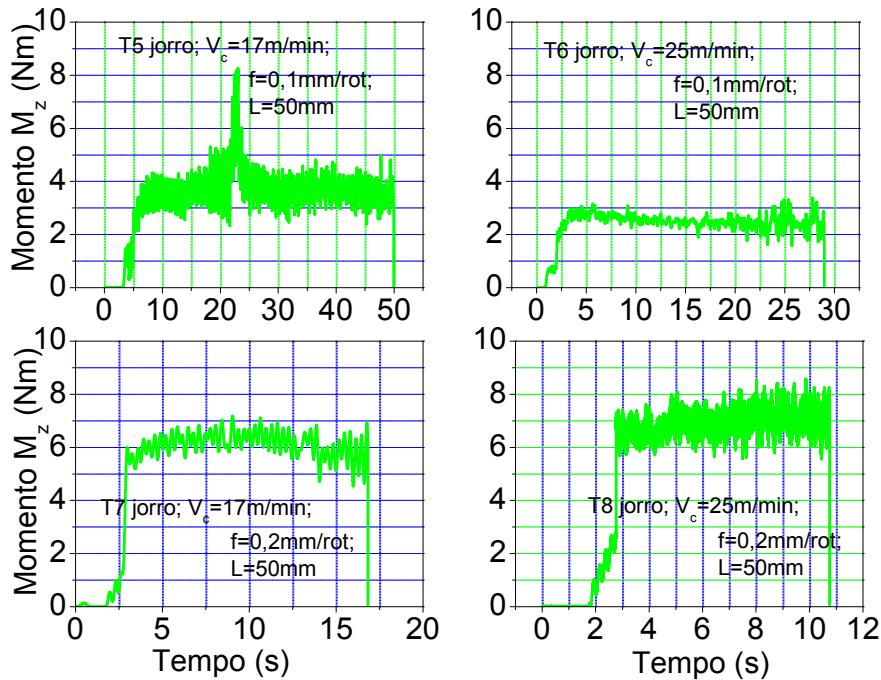


Figura 4.49 - Gráficos do momento  $M_z$  em função do tempo, das condições T5 a T8 na furação,  $L = 5 \times D$ , da aplicação de fluido em abundância (jorro),  $Q = 750 \text{ l/h}$ .  
Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Nestes gráficos observa-se a influência dos parâmetros de entrada, envolvidos no processo, sendo mais significativa a do avanço ( $f$ ), como nos casos anteriores. O momento tende a sofrer uma ligeira redução com o aumento da velocidade de corte.

A Fig. 4.50 mostra o gráfico de barras correspondente a essas médias e desvios-padrão dos momentos para os testes (a) T1 a T4 e (b) T5 a T8, conforme Tab. 19 e Tab. 22 do apêndice, para efeito de comparação entre o uso de fluido comestível de girassol e a aplicação de fluido em abundância (jorro).

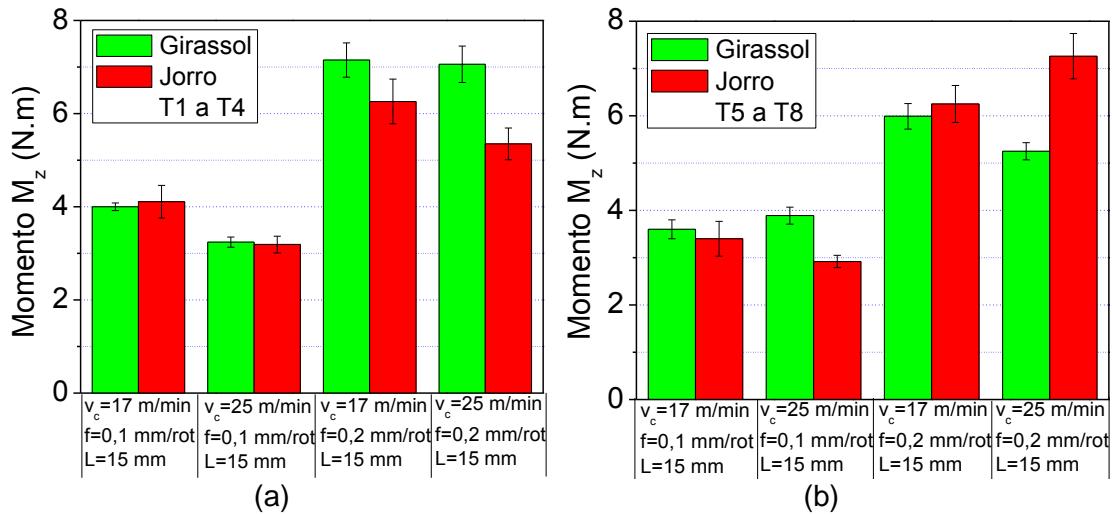


Figura 4.50 - Gráfico da média e desvio padrão do momento  $M_z$  em função dos testes, (a) T1 a T4 e (b) T5 a T8 girassol MQF a 50 ml/h, e jorro a  $Q=750 \text{ l/h}$ .  
Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Nas Figs. 4.50 (a) e (b) é também destacado que o momento aumentará com o aumento do avanço como nos outros casos apresentados. Com o aumento da velocidade de corte será também observada uma pequena redução nos momentos, considerando-se o mesmo fluido. A aplicação do óleo comestível de girassol na forma de mínima quantidade de fluido (MQF) quando comparadas na mesma condição com a aplicação em abundância (jorro), apresentou na maioria das condições maiores momentos e que pode ser confirmado pela análise estatística, estando os valores dos momentos média em torno de 4 N.m para avanços de 0,1 mm/rot e aumentando em torno de 6 N.m para avanços de 0,2 mm/rot.

#### 4.3.6 Análise estatística dos momentos Mz: girassol x jorro

A Tab. 4.15 apresenta a análise ANOVA, para o momento (Mz) do óleo de girassol e jorro através do sumário dos principais efeitos médios das variáveis de entrada e a Tab. 26 do Apêndice apresenta-se o resultado da matriz de planejamento para esta comparação.

Tabela 4.15 - Principais efeitos médios das variáveis de entrada girassol x jorro

Gir x Jorro	Efeito	P
<b>Média</b>	<b>4,93</b>	<b>0,000002</b>
(1) Vc 17 - 25	-0,32	0,467315
(2) f 0,1 – 0,2	<b>2,77</b>	<b>0,001106</b>
(3) L 15 - 50	-0,22	0,609590
(4) Atm	-0,18	0,681374

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

A Tab. 4.15 mostra os principais efeitos médios dos parâmetros de entrada, onde se destacam a influência significativa do avanço (f). Ficou comprovada pelo índice “p”, que apenas a variável (f) foi significativa no processo para uma confiabilidade de 95%. Análises de tendências para os efeitos médios podem ser feitas para essas variáveis, como ilustrado nos gráficos da Fig. 4.51 (a), (b), (c) e (d).

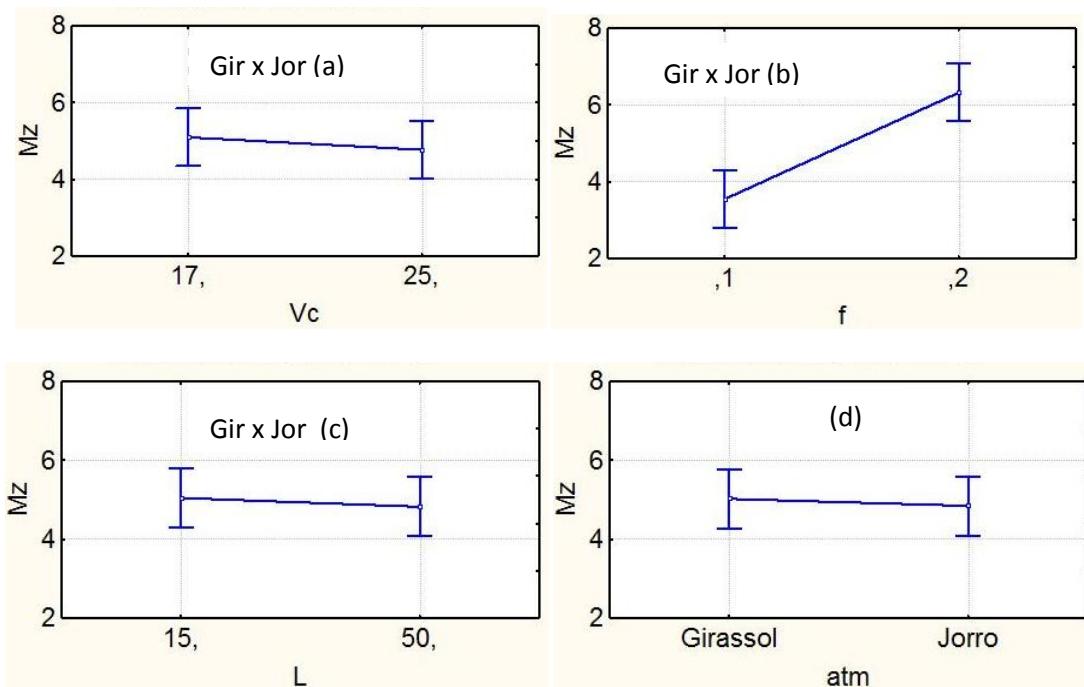


Figura 4.51 - Gráfico de tendências dos momentos  $M_z$  em função: (a)  $v_c$ , (b)  $f$ , (c)  $L$ , (d) atmosfera.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Quando a velocidade de corte foi aumentada de 17 m/min para 25 m/min o momento torçor diminuiu em média 0,32 N.m (6,44%), Fig. 4.51 (a). O aumento do avanço de 0,1 mm/rot. para 0,2 mm/rot. aumentou o momento em média 2,77 N.m (56,18%), Fig 4.51 (b), sendo significativo no processo. O aumento do comprimento do furo de 15 mm para 50 mm teve em média uma diminuição discreta no momento em 0,22 N.m (4,46%) Fig 4.51 (c), não sendo significativo no processo. Com o uso do fluido em abundância (jorro) em vez do óleo comestível de girassol aplicado na forma MQF, observa-se uma pequena diminuição no momento, em média de 0,18 N.m (3,65 %), Fig. 4.51 (d), não sendo também significativa no processo quando se observa o valor de  $p$ , o que significa dizer que poderemos utilizar um fluido ou outro em termos técnicos, mas com uma pequena tendência da aplicação de fluido em abundância serão apresentados menores momentos em relação à furação com o óleo comestível de girassol.

#### 4.3.7 Análises do momento $M_z$ : canola x a seco

As Figs. 4.52 e 4.53 mostram os gráficos característicos do Momento ( $M_z$ ) em função do tempo (s), para os testes (a) (T1 a T4) e (b) (T5 a T8) na furação do aço ABNT 1045, nos comprimentos  $L = 1,5 \times D$  e  $L = 5 \times D$  do óleo vegetal canola na forma MQF com vazão de 50 ml/h e a seco.

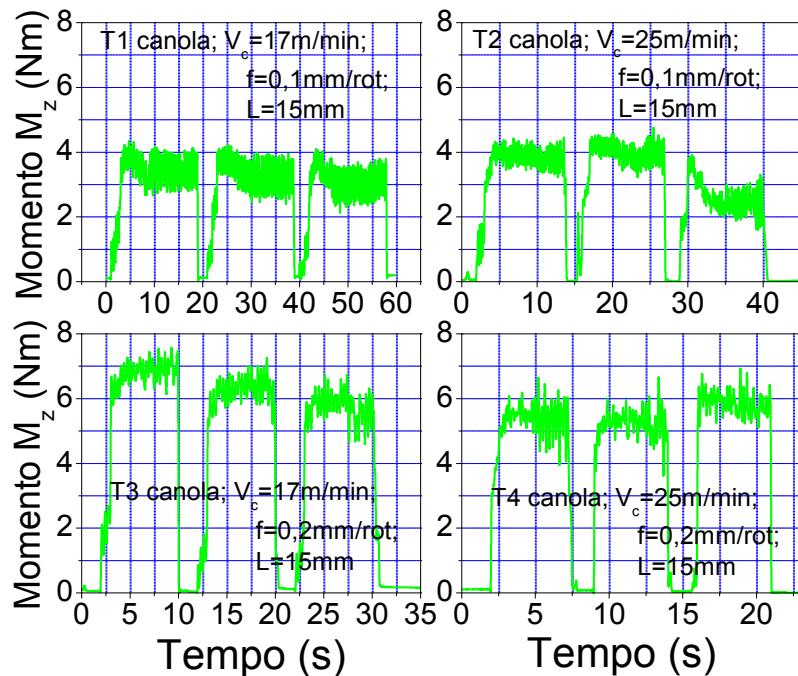


Figura 4.52 - Gráfico do momento  $M_z$  em função do tempo, das condições T1 a T4 na furação  $L=1,5 \times D$ , canola MQF,  $Q=50 \text{ ml/h}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

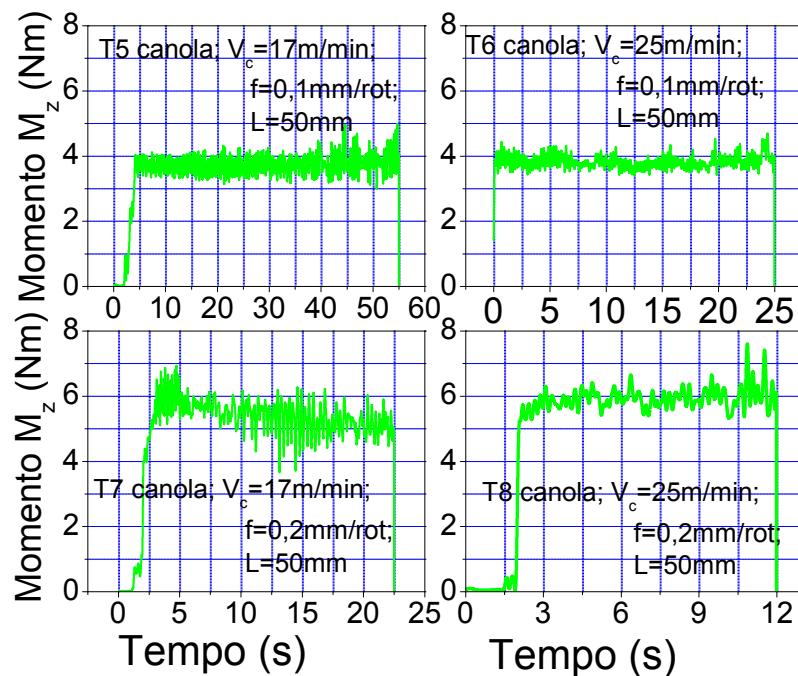


Figura 4.53 - Gráficos do momento  $M_z$  em função do tempo, das condições T5 a T8 na furação  $L= 5 \times D$ , canola MQF,  $Q=50 \text{ ml/h}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Com base nesses gráficos observa-se a influência dos parâmetros de entrada, envolvidos no processo, sendo mais significativa a do avanço ( $f$ ); como nos casos anteriores, o momento tenderá a sofrer uma ligeira redução com o aumento da velocidade de corte.

A Fig. 4.54, mostra o gráfico de barras correspondente às essas médias e desvios padrão dos momentos (a) T1 a T4 e (b) T5 a T8, Tab. 20 e Tab. 23 do Apêndice, para efeito de comparação entre o uso de fluido comestível de canola e a usinagem a seco.

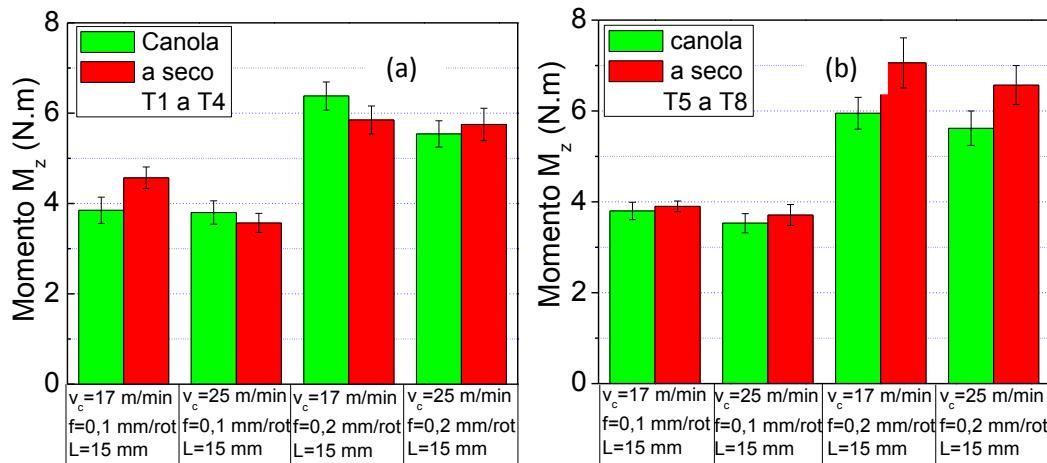


Figura 4.54 - Gráfico da média e desvio padrão da força de avanço  $F_z$  em função dos testes, (a) T1 a T4 e (b) T5 a T8 canola, MQF a  $Q=50$  ml/h e a seco.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Nas Figs. 4.54 (a) e (b) é também destacado que o momento aumentará com o aumento do avanço como nos outros casos apresentados. Com o aumento da velocidade de corte é também observada uma pequena redução nos momentos, considerando-se o mesmo fluido. A aplicação do óleo comestível de canola na forma de mínima quantidade de fluido (MQF), quando comparadas na mesma condição com a furação a seco, apresentou na maioria das condições menores momentos e que pode ser confirmado pela análise estatística, estando os valores dos momentos média em torno de 4 N.m para avanços de 0,1 mm/rot e aumentando em torno de 6 N.m para avanços de 0,2 mm/rot.

#### 4.3.8 Análise estatística dos momentos de canola x a seco

A Tab. 4.16 apresenta a análise ANOVA para a força de avanço através do sumário dos principais efeitos médios das variáveis de entrada e a Tab. 27 do Apêndice apresenta o resultado da matriz de planejamento para este caso.

Tabela 4.16 - Principais efeitos médios das variáveis de entrada canola x a seco

can x sec	Efeito	p
<b>Média</b>	<b>4,96</b>	<b>0,000000</b>
(1) Vc 17 - 25	-0,40	0,096145
(2) f 0,1 – 0,2	2,24	0,000097
(3) L 15 - 50	0,10	0,625717
(4) Atm	0,31	0,177123

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

A Tab. 4.16 mostra os principais efeitos médios dos parâmetros de entrada onde se destacam a influência significativa do avanço (f). Ficou comprovada pelo índice “p”, que apenas a variável (f) foi significativa no processo para uma confiabilidade de 95%. Análises de tendências para os efeitos médios podem ser feitas para essas variáveis, como ilustrado nos gráficos da Figs. 4.51, (a), (b), (c) e (d).

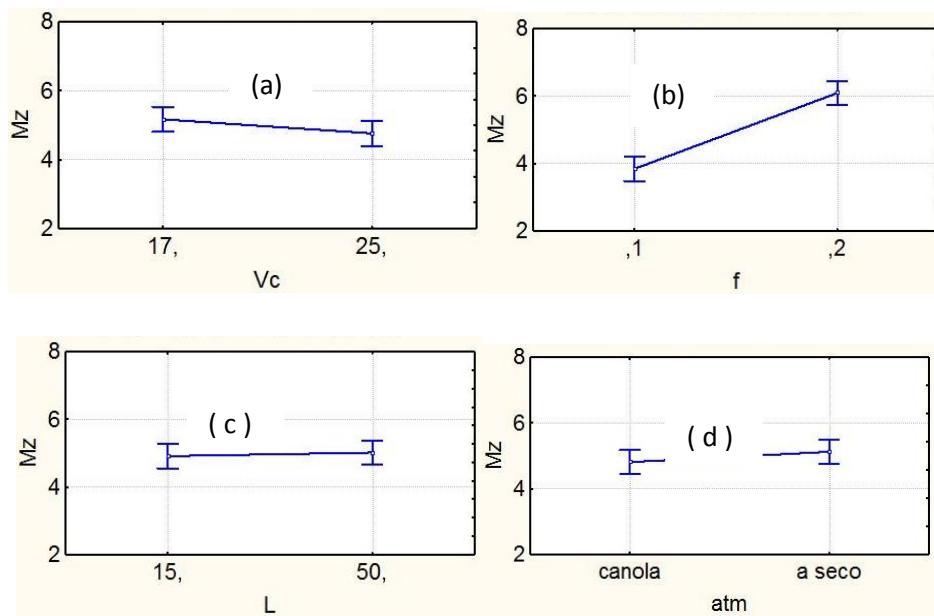


Figura 4.55 - Gráfico de tendências do momento  $M_z$  do óleo de canola e a seco em função: (a)  $v_c$ , (b)  $f$ , (c)  $L$ , (d) atmosfera.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Quando a velocidade de corte foi aumentada de 17 m/min para 25 m/min o momento torçor diminuiu em média 0,40 N.m (8,06%), Fig. 4.55 (a). O aumento do avanço de 0,1 mm/rot. para 0,2 mm/rot. aumentou o momento em média 2,24 N.m (45,16%), Fig. 4.55 (b), sendo significativo no processo. O aumento do comprimento do furo de 15 mm para 50 mm teve em média um aumento discreto no momento em 0,10 N.m (2,01%), Fig. 4.55 (c) não sendo significativo no processo. Com o uso da furação com óleo comestível de canola aplicado na forma MQF, ao invés da furação a seco observa-se uma pequena

diminuição no momento, em média de 0,31 N.m (6,31%), Fig. 4.55 (d) não sendo também significativa no processo quando se observa o valor de  $p$ , mas com uma tendência do óleo de canola apresentar menores momentos em relação à usinagem sem fluido.

#### 4.3.9 Análises dos momentos $M_z$ : canola x LB2000

A Fig. 4.56 mostra o gráfico de barras correspondente às médias e desvios padrão dos momentos testes (a) T1 a T4 e (b) T5 a T8, conforme Tabs. 21 e 23 do Apêndice, para efeito de comparação entre o uso de fluido comestível de canola e o fluido comercial LB2000.

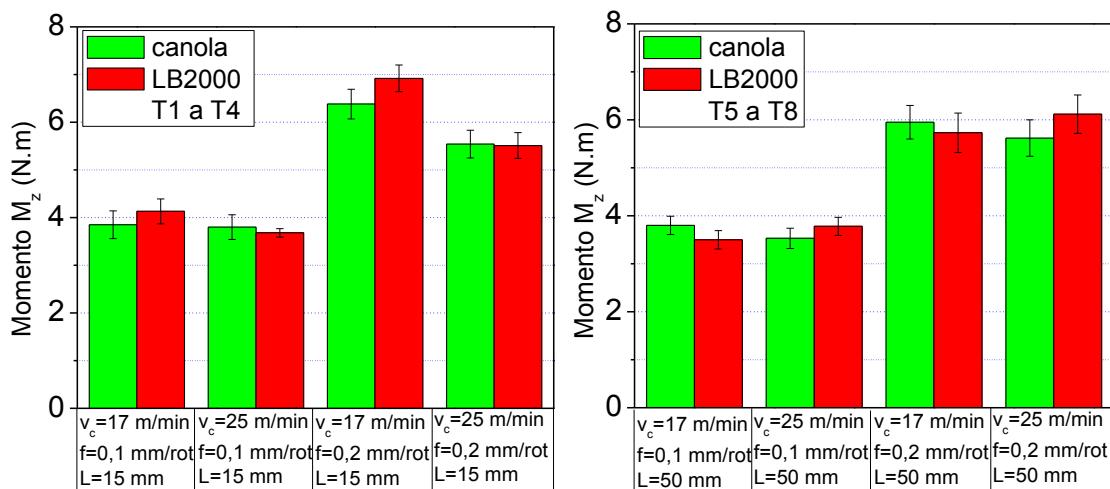


Figura 4.56 - Gráfico da média e desvio padrão do momento em função dos testes, (a) T1 a T4 e (b) T5 a T8 de canola e LB2000, MQF a Q = 50 ml/h.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Nas Figs. 4.56 (a) e (b) é também destacado que o momento aumentará com o aumento do avanço como nos outros casos apresentados. Com o aumento da velocidade de corte será também observado na maioria das condições uma pequena redução nos momentos, considerando o mesmo fluido. A aplicação do óleo comestível de canola na forma de mínima quantidade de fluido (MQF) quando comparadas na mesma condição com o fluido LB2000, apresentou um equilíbrio nos momentos e que pode ser confirmado pela análise estatística, estando os valores dos momentos média em torno de 4 N.m para avanços de 0,1 mm/rot e aumentando em torno de 6 N.m para avanços de 0,2 mm/rot.

#### 4.3.10 Análise estatística dos momentos $M_z$ : canola x LB2000

A Tab. 4.17 apresenta a análise ANOVA para a força de avanço através do sumário dos principais efeitos médios das variáveis de entrada e a Tab. 28 do Apêndice apresenta o resultado da matriz de planejamento para este caso.

Tabela 4.17 - Principais efeitos médios das variáveis de entrada canola x LB2000

Can x LB2000	Efeito	P
<b>Média</b>	<b>4,86</b>	<b>0,000000</b>
(1) Vc 17 - 25	-0,33	0,093130
(2) f 0,1 – 0,2	2,21	0,000037
(3) L 15 - 50	-0,22	0,227414
<b>(4) Atm (Can x LB2000)</b>	<b>0,11</b>	<b>0,517758</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

A Tab. 4.17 mostra os principais efeitos médios dos parâmetros de entrada onde se destacam a influência significativa do avanço (f). Ficou comprovada pelo índice “p” que apenas a variável (f) foi significativa no processo para uma confiabilidade de 95%. Análises de tendências para os efeitos médios poderão ser feitas para essas variáveis, como ilustrado nos gráficos das Figs. 4.57, (a), (b), (c) e (d).

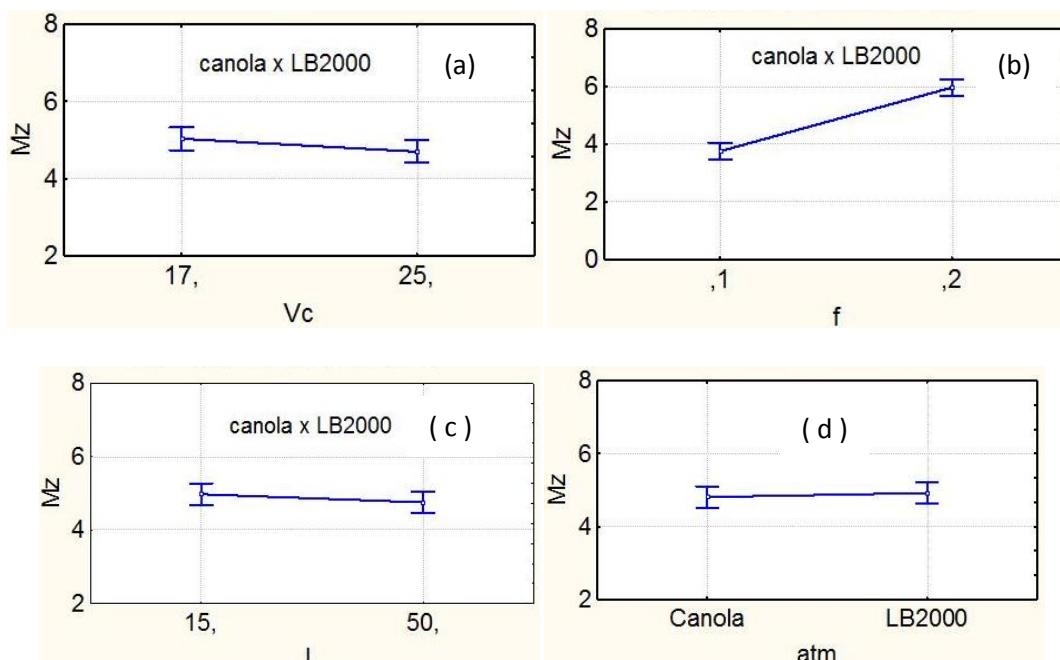


Figura 4.57 - Gráfico de tendências do momento  $M_z$  de canola e Lb2000 em função:: (a)  $v_c$ , (b)  $f$ , (c)  $L$ , (d) atmosfera.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Quando a velocidade de corte foi aumentada de 17 m/min para 25 m/min o momento torçor diminuiu em média 0,33 N.m (6,79%), Fig 4.57 (a). O aumento do avanço de 0,1 mm/rot para 0,2 mm/rot aumentou o momento em média 2,22 N.m (45,47%), Fig 4.57 (b) sendo significativo no processo. O aumento do comprimento do furo de 15 mm para 50 mm teve em média um decréscimo discreta no momento em 0,22 N.m (4,52%), Fig 4.57 (c) não sendo significativo no processo. Com o uso da furação com óleo comestível de canola aplicado na forma MQF, ao invés da furação com fluido LB2000 também aplicado na forma

MQF, uma pequena diminuição no momento, em média de 0,11 N.m (2,26%), Fig 4.57 (d) não sendo também significativa no processo quando se observa o valor de  $p$ , mas com uma tendência do óleo de canola apresentar menores forças de avanço em relação à usinagem sem fluido.

#### 4.3.11 Análises dos momentos $M_z$ : canola x jorro

A Fig. 4.58 mostra o gráfico de barras correspondente às médias e desvios padrão dos momentos para os testes (a) T1 a T4 e (b) T5 a T8, conforme Tab 29 do Apêndice, para efeito de comparação entre o uso do fluido comestível de canola e aplicação de fluido em abundância (jorro).

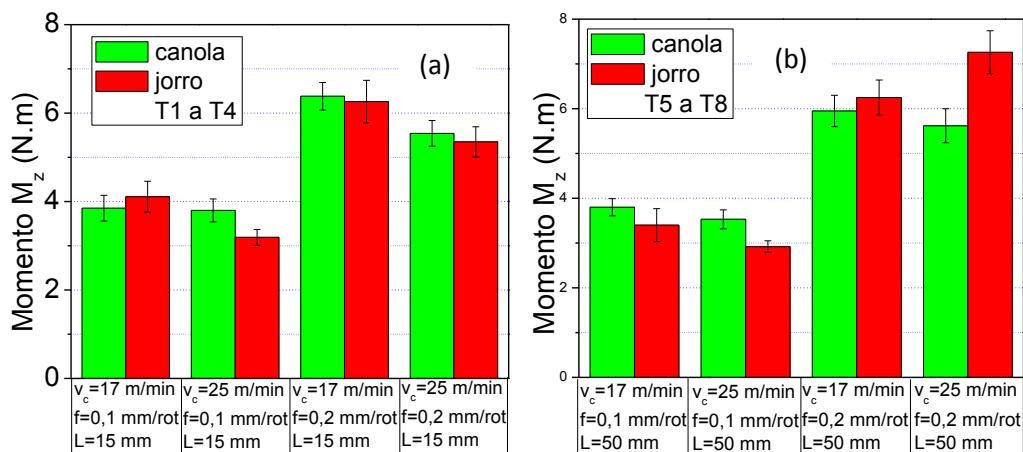


Figura 4.58 - Gráfico da média e desvio padrão do momento em função dos testes, (a) T1 a T4 e (b) T5 a T8 canola, MQF a  $Q=50 \text{ ml/h}$  e jorro.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Nas Figs. 4.58 (a) e (b) é também destacado que o momento aumentará com o aumento do avanço como nos outros casos apresentados. Com o aumento da velocidade de corte será também observada na maioria das condições uma pequena redução nos momentos, considerando o mesmo fluido. A aplicação do óleo comestível de canola na forma de mínima quantidade de fluido (MQF), quando comparadas na mesma condição com aplicação de fluido em abundância (jorro), apresentou um equilíbrio nos valores de momentos e que pode ser confirmado pela análise estatística, estando os valores dos momentos média em torno de 4 N.m para avanços de 0,1 mm/rot e aumentando em torno de 6 N.m para avanços de 0,2 mm/rot.

#### 4.3.12 Análise estatística dos momentos $M_z$ : canola x jorro

A Tabela 4.18 apresenta a análise ANOVA para a força de avanço através do sumário dos principais efeitos médios das variáveis de entrada e a Tab. 29 do Apêndice apresenta o resultado da matriz de planejamento para este caso.

Tabela 4.18 - Principais efeitos médios das variáveis de entrada canola x jorro

Canola x jorro	Efeito (N)	P (%)
<b>Média</b>	<b>4,82</b>	<b>0,000000</b>
(1) $V_c$ 17 → 25	-0,35	0,254163
(2) $f$ 0,1 → 0,2	2,50	0,000254
(3) 15 → 50	0,032	0,909464
(4) atm	0,035	0,902544

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

A Tab. 4.18 mostra os principais efeitos médios dos parâmetros de entrada onde se destaca a influência significativa do avanço ( $f$ ). Ficou comprovado pelo índice “p”, que apenas variável ( $f$ ) foi significativa no processo para uma confiabilidade de 95%. Análises de tendências para os efeitos médios poderão ser feitas para essas variáveis, como ilustrado nos gráficos das Figs. 4.59, (a), (b), (c) e (d).

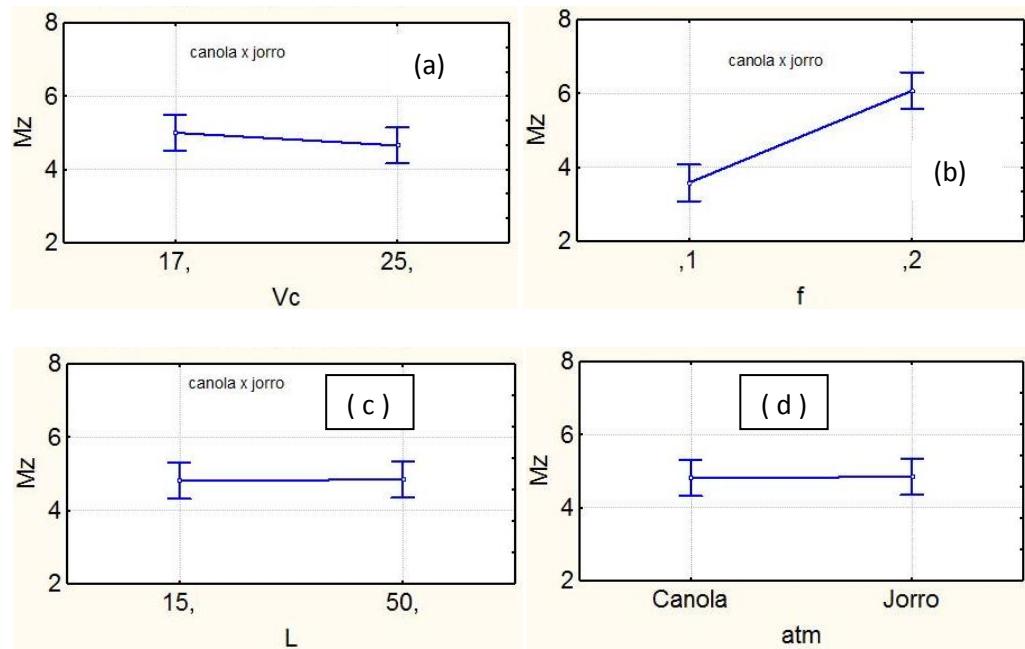


Figura 4.59 - Gráfico de tendências do momento  $M_z$  de canola e jorro, em função: (a)  $v_c$ , (b)  $f$ , (c)  $L$ , (d) atmosfera.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Quando a velocidade de corte foi aumentada de 17 m/min para 25 m/min o momento torçor diminuiu em média 0,35 N.m (7,26 %), Fig 4.59 (a). O aumento do avanço de 0,1 mm/rot. para 0,2 mm/rot. aumentou o momento em média 2,50 N.m (51,86 %) Fig 4.59 (b) sendo significativo no processo. O aumento do comprimento do furo de 15 mm para 50 mm teve em média um aumento discreto no momento em 0,032 N.m (0,66 %) Fig 4.5 (c) não sendo significativo no processo. Com o uso da furação com óleo comestível de canola aplicado na forma MQF, ao invés da aplicação de fluido em abundância (jorro) houve uma discreta diminuição no momento, em média de 0,035 N.m (0,72 %), Fig 4.59 (d) não sendo também significativa no processo quando se observa o valor de  $p$ .

#### 4.4 Análise da Influência dos parâmetros de corte

Com o objetivo de verificar os mais variados efeitos dos parâmetros de corte, foram realizados testes com o óleo vegetal de girassol e uma forma de aplicação já utilizada na furação, fluido em abundância (jorro).

##### 4.4.1 Influência da variação da profundidade de corte

As Figs. 4.60 (a) e (b) demonstram os gráficos correspondentes aos testes com variação da profundidade de corte.

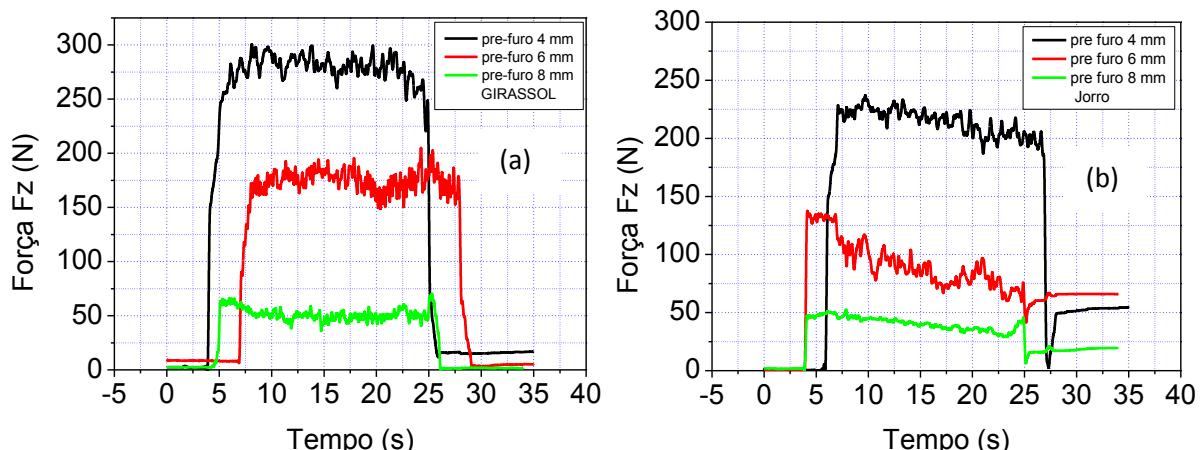


Figura. 4.60 - Gráfico da Força de avanço ( $F_z$ ) na furação, com variação da profundidade de corte. Pre-furos: 4,6,8 (mm),  $L = 3 \times D$ ,  $V_c = 25$  m/min  $f = 0,1$  mm/rot (a) girassol; (b) jorro. Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Ao se analisar os gráficos das Figs. 4.60, (a) e (b), constatou-se uma elevação na força de avanço em função do aumento da profundidade de corte e da aplicação do fluido de corte com girassol na forma MQF. Os resultados sugerem que a diferença é maior quanto maior a profundidade de corte.

#### 4.4.2 Influência da variação da velocidade de corte ( $V_c$ )

As Figuras 4.61 (a) e (b) mostram os gráficos correspondente aos testes com variação da velocidade de corte.

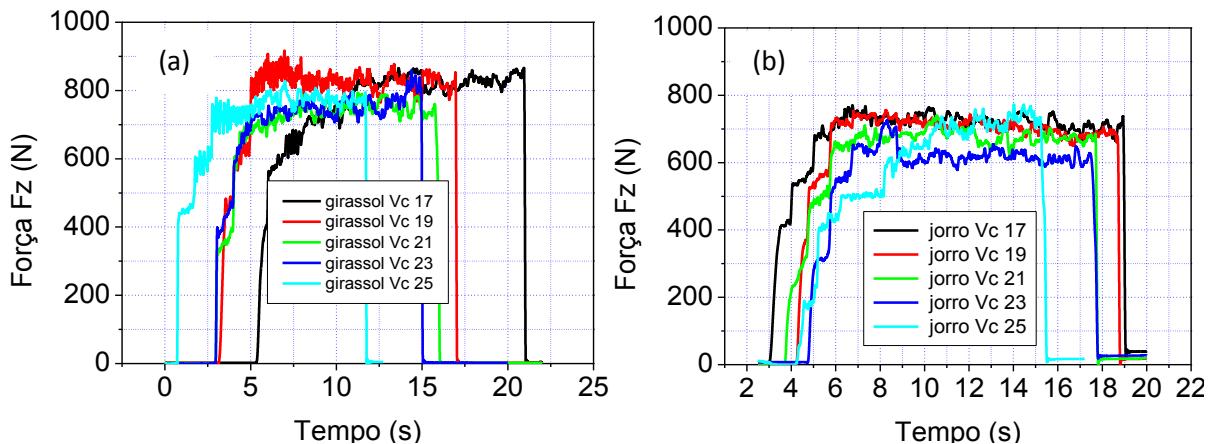


Figura. 4.61 - Gráfico da Força de avanço ( $F_z$ ) na furação com variação da velocidade de corte ( $V_c$ ) (m/min),  $L = 3 \times D$ ,  $f=0,10$  mm/rot. (a) girassol; (b) jorro.  
Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Os gráficos das Figs. 4.57 (a) e (b) expressam que o aumento da velocidade de corte provocará uma ligeira redução na força de avanço devido ao aumento da temperatura de corte que acaba influenciando na resistência ao cisalhamento do material Trent (1996). Esse efeito é mais evidente quando se aplicar fluido de corte na forma de jorro. Ao se analisar a forma de aplicação dos fluidos de corte, constatou-se que a forma de aplicação por “Jorro”, apresentou uma ligeira redução das forças de corte em relação ao óleo de girassol aplicada por MQF.

#### 4.4.3 Influência da variação do avanço ( $f$ ).

As Figs. 4.62, (a) e (b) mostram os resultados dos testes quando variamos o avanço ( $f$ ).

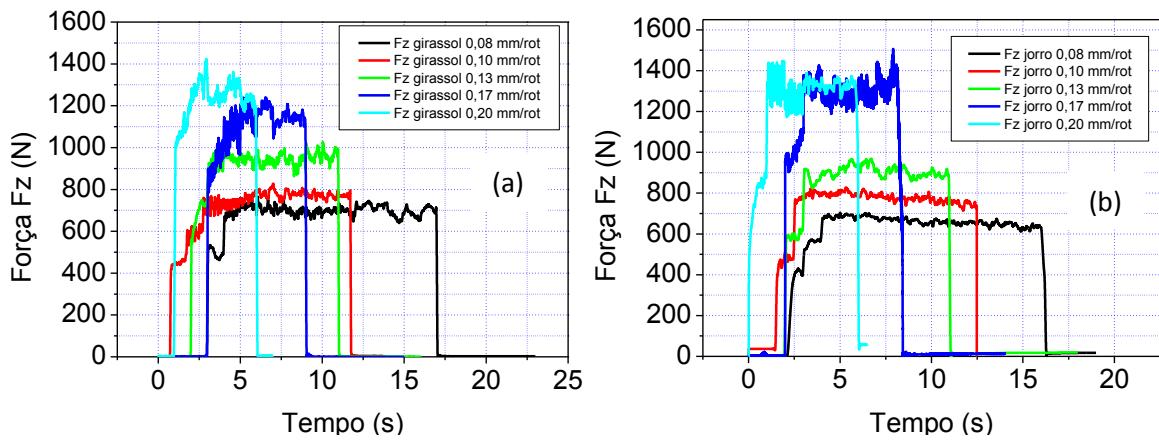


Figura. 4.62 - Gráfico da Força de avanço Fz na furação com variação do avanço (f), L= 3 x D, Vc = 25 m/min, (a) girassol, (b) jorro.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Os gráficos das Figs. 4.62 (a) e (b) mostram que a variação do avanço promoverá diretamente um aumento das áreas dos planos de cisalhamento primário e secundário refletindo no aumento da força de usinagem, numa proporção direta, quase que linear. No entanto os resultados na literatura mostram experimentalmente que o efeito do avanço é maior que da profundidade de corte, Machado et al. (2004). Ao se investigar os mesmos gráficos, constatou-se que a forma de aplicação do fluido de corte por “girassol” na forma MQF apresentou uma ligeira redução da força de usinagem sob a forma de aplicação por “Jorro” para os avanços de 0,17 e 0,20 mm/rot. Para os avanços menores a diferença não é notável.

#### 4.4.4 Influência da variação do comprimento de corte (L)

As Figs. 4.63 (a) e (b) expressam os resultados dos testes com a variação do comprimento de corte (L).

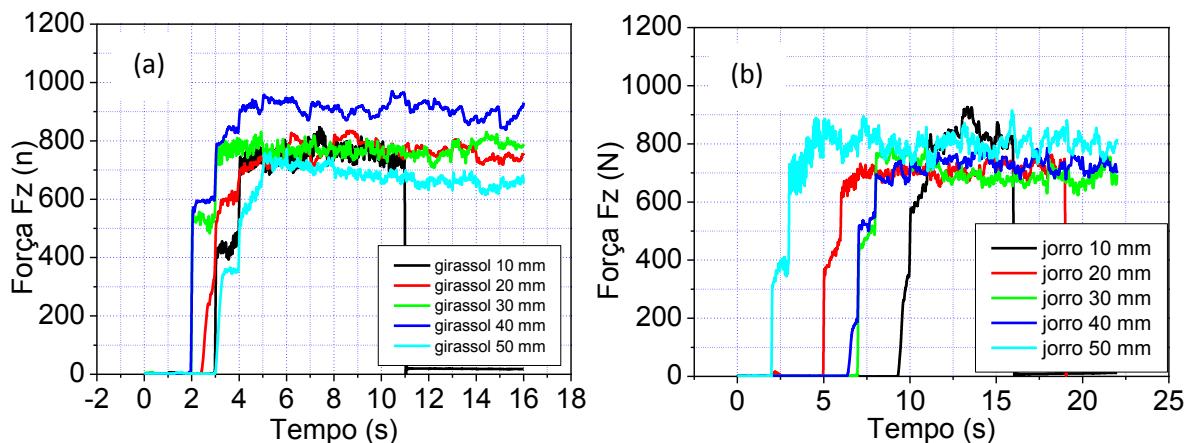


Figura 4.63 - Gráfico da Força de avanço Fz na furação com variação do comprimento (L), Vc=25 m/min., f=0,10 mm/rot. (a) girassol, (b) jorro.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Os gráficos das Figs. 4.63 (a) e (b) apontam que, nas mesmas condições de corte o comprimento de corte ou profundidade do furo não apresentou influência significativa na força de usinagem. Acredita-se que o fato de se utilizar ferramentas novas com geometrias definidas em todos os ensaios tenha contribuído para não ter influencia significativa na alteração da força de usinagem.

## 4.5 Ensaio de Vida da Ferramenta

### 4.5.1. Ensaio de vida: girassol x a seco.

Os ensaios de vida da ferramenta foram realizados a partir de um planejamento fatorial  $2^3$  e uma profundidade de 30 mm. Os resultados completos para os ensaios de vida de brocas HSS para usinagem a seco e aplicando óleo de girassol, expressos em número de furo usinados, estão demonstrados na Tab. 30 do Apêndice.

O desgaste da ferramenta foi analisado através de um microscópio Triocular QUIMIS Q -735 STZ e foi adotado como critério de fim de vida o valor de 0,3 mm para o desgaste de flanco médio conforme norma ISO 3685. As Figs. 4.64, (a) e (b); (c) e (d); (e) e (f), (g) e (h), mostram as fotografias das ferramentas no fim de vida na usinagem a seco e utilizando óleo de girassol na forma (MQF), nas mesmas condições de corte  $V_c = 17 \text{ m/min}$ ,  $f = 0,1 \text{ mm/rot}$  (a) T1 a seco, (b) T5 girassol;  $V_c = 25 \text{ m/min}$ ,  $f = 0,1 \text{ mm/rot}$  (c) T6 a seco, (d) T2 girassol;  $V_c = 17 \text{ m/min}$ ,  $f = 0,2 \text{ mm/rot}$  (e) T7 a seco, (f) T3 girassol;  $V_c = 25 \text{ m/min}$ ,  $f = 0,2 \text{ mm/rot}$  (g) T4 a seco e (h) T8 girassol.

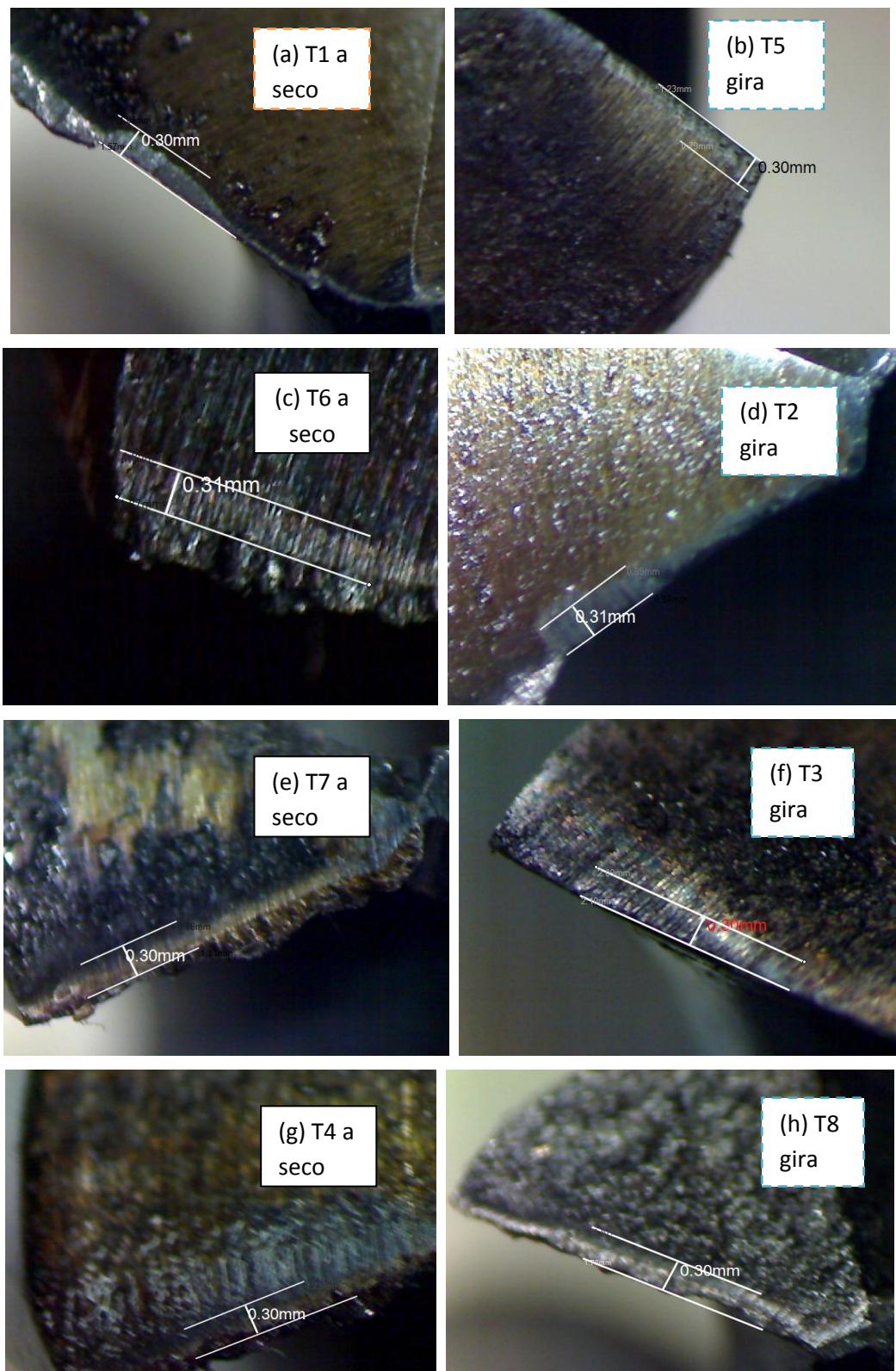


Figura 4.64 - Aspectos das brocas utilizadas nos testes após o fim de vida na furação a seco e com óleo de girassol na forma MQF comparados na mesma condição de corte.  
Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

O desgaste de flanco foi medido a cada dez furos e as fotografias das últimas três medidas encontram-se nas Fig. 10 do Apêndice. As Figs. 4.65, (a) e (b); (c) e (d); (e) e (f), (g) e (h), mostram as medidas consideradas ( $VB_B$ ) dos desgastes das brocas utilizadas

nos testes das condições T1 a T8 após fim de vida conforme planejamento fatorial identificadas com as medidas em (mm) nas imagens, sendo que o teste T1 chegou ao fim de vida a 90 furos com a quebra catastrófica da broca. Também foi possível identificar em todas as imagens uma forte adesão de material no flanco. Altas temperaturas de corte na usinagem sempre resultarão em desgaste por adesão na superfície da ferramenta Jie Liu et al. (2007). A oxidação presente também nas imagens são identificadas pela cor avermelhada no flanco provavelmente devido às temperaturas elevadas na presença de ar e água Trent e Wrait (2000). Os valores dos desgastes e suas evoluções poderão ser observados nos gráficos das Figs. 4.61 (a) e (b) e 4.62 (a) e (b), conforme Tab 32 e Tab 33 do Apêndice.

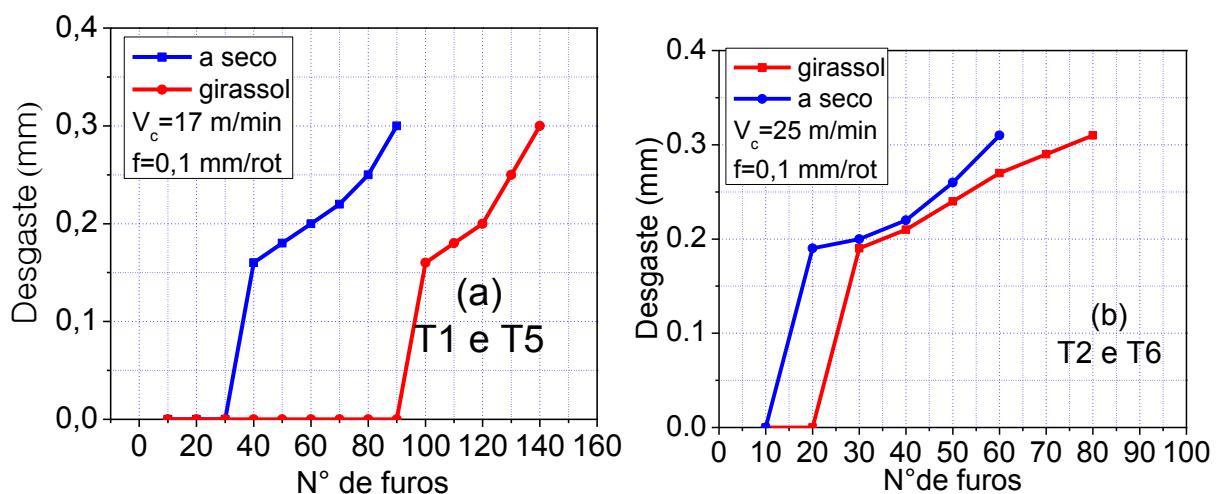


Figura 4.65. Gráfico da evolução dos desgastes dos testes (a) T1 e T5, (b) T2 e T6, girassol e a seco, comparados nas mesmas condições,  $L=30 \text{ mm}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

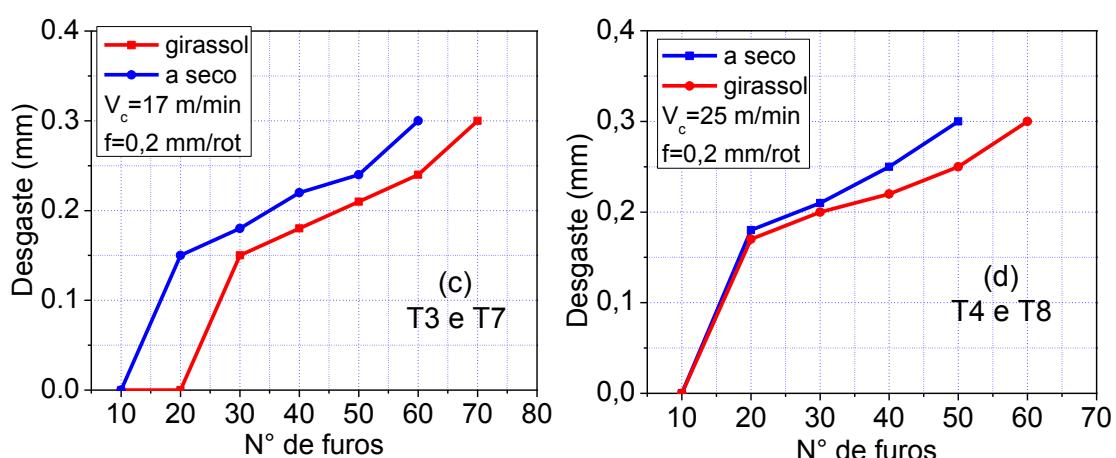


Figura 4.66 - Gráfico da evolução dos desgastes dos testes (c) T3 e T7, (d) T4 e T8, girassol e a seco, comparados nas mesmas condições de corte,  $L = 30 \text{ mm}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Em todos os ensaios realizados a aplicação de fluido em mínima quantidade MQF apresentou melhores resultados em termos de vida da ferramenta. Pesquisas têm demonstrado que a redução da temperatura de corte é importante uma vez que uma pequena redução na temperatura irá aumentar grandemente a vida da ferramenta de corte (TUHOLSKI, 1993). Sem o uso de fluidos de corte, o calor transportado para longe da zona de corte é reduzida, resultando num aumento da temperatura da ferramenta e da peça de trabalho. (YERKES; DORIAN, 1999).

A Fig 4.67 mostra a comparação da quantidade de furos realizados para cada teste conforme planejamento fatorial Tab. 30 do Apêndice.

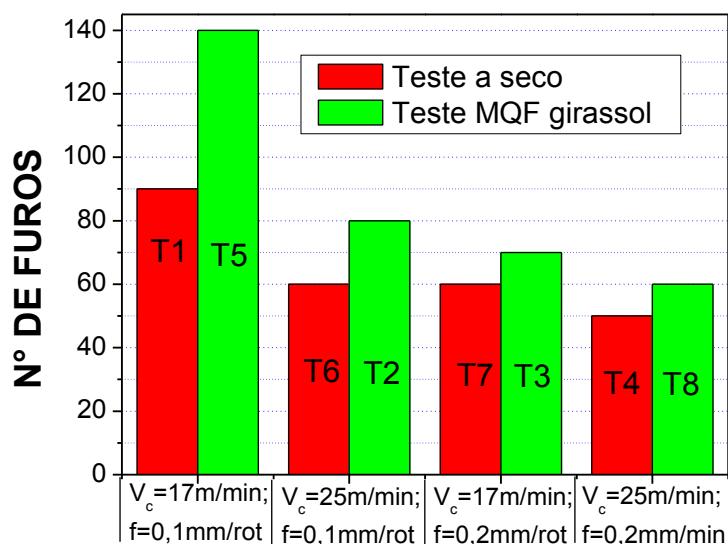


Figura 4.67. Gráfica da média dos furos da furação a seco e óleo de girassol comparados na mesma condição de corte,  $L=30\text{ mm}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

O gráfico da Fig. 4.67 mostra que, em todas as condições planejadas, o óleo de girassol realizou maior número de furos, confirmando-se que o uso de óleo comestível de girassol, como fluido de corte, melhorará a vida da ferramenta, quando comparado com a usinagem a seco.

Para proceder à análise estatística dos dados foi utilizado o programa Statistica 7.0 que gerou o quadro da ANOVA (análise de variância). A Tab. 4.19 ilustra os principais efeitos para matriz de planejamento da Tab. 30 do Apêndice.

Tabela 4.19 - Sumário da estimativa de efeitos dos parâmetros de entrada a seco e girassol

seco	x	MQF	Efeitos	P
		Média	76,25	0,031
(1)	$V_c$	17 - 25	-27,5	0,169
(2)	$f$	0,1 - 0,2	-32,5	0,144
(3)	atm		22,5	0,204

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

A Tab. 4.19 mostra os principais efeitos dos parâmetros de entrada onde se destacam a influência do avanço e velocidade de corte. Porém, como ficou comprovada pelo índice “p”, que nenhuma variável foi significativa para uma confiabilidade de 95%, indicando que as médias são praticamente iguais. Entretanto, análises de tendências poderão ser feitas para essas variáveis, como ilustrado nas Figs. 4.64, (a), (b) e (c).

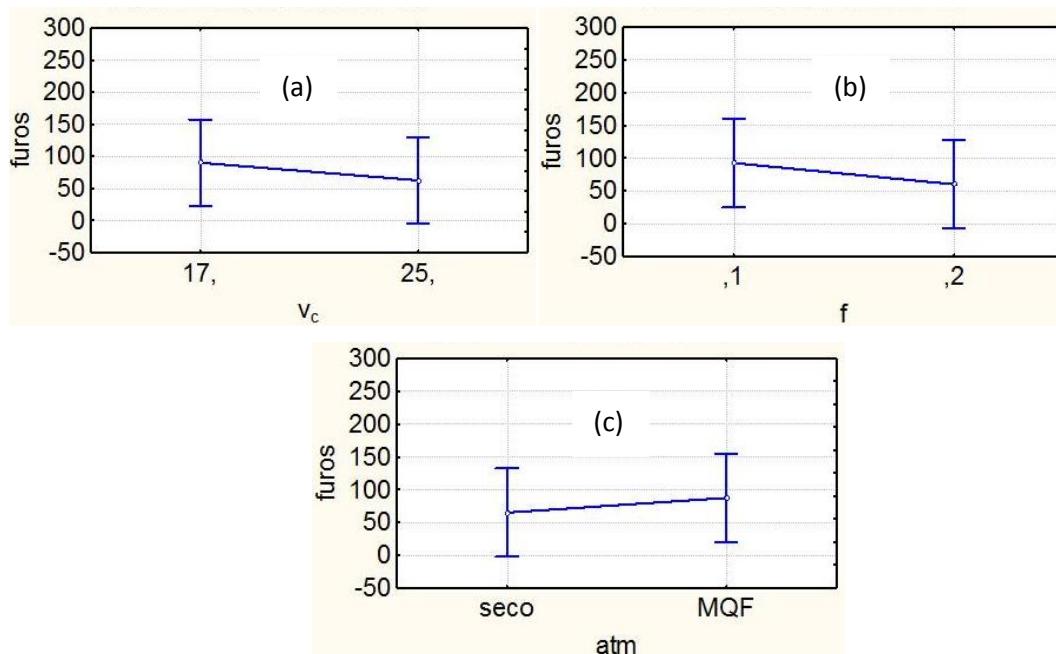


Figura 4.68 - Gráfico das estimativas de efeitos dos parâmetros de entrada na vida da ferramenta analisada pelo número de furos: (a)  $v_c$ , (b)  $f$  e (c) atm.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Quando a velocidade de corte foi aumentada de 17 m/min para 25 m/min o número de furos diminuiu em média (36%), Fig. 4.68 (a). Este resultado está de acordo com a literatura (MACHADO et al., 2009; TRENT; WRIGHT, 2000), onde a maior geração de calor na maior velocidade de corte acelera os mecanismos de desgastes e diminui a vida das ferramentas.

Quanto ao aumento do avanço de 0,1 mm/rot. para 0,2 mm/rot. o número de furos tenderá a diminuir de forma mais acentuada o número de furos em (42,63 %), Fig. 4.68 (b), possivelmente por aumentar a área de contato peça-ferramenta, provocando aumento

nas forças e, consequentemente, implicando em maior desgaste da ferramenta. Nesta condição pode-se observar pela Tab. 4.17 que “p” assume o menor valor entre as variáveis de entrada (0,14).

Com a aplicação de fluido em mínima quantidade (MQF), utilizando-se óleo girassol refinado, o número de furos tenderá em média aumentar (30 %), gráfico da Fig. 4.68 (c). Este fato pode ser atribuído à diminuição da temperatura e do atrito, provocado pela aplicação do fluido de girassol na forma MQF, quando comparado com a usinagem a seco.

#### *4.5.2 Ensaios de vida girassol x LB2000.*

Os resultados obtidos para a vida de brocas HSS para os testes de LB2000 x girassol, expressos em número de furo usinados, estão demonstrados na Tabela 31 do Apêndice.

As Figs. 4.69 (a) e (b); (c) e (d); (e) e (f), (g) e (h), mostram as fotografias obtidas no fim de vida da furação com fluido LB2000 e óleo de girassol na forma (MQF), nas mesmas condições de corte  $V_c = 17 \text{ m/min}$ ,  $f = 0,1 \text{ mm/rot}$  (a) T1 LB2000, (b) T5 girassol;  $V_c = 25 \text{ m/min}$ ,  $f = 0,1 \text{ mm/rot}$  (c) T6 aLB2000, (d) T2 girassol;  $V_c = 17 \text{ m/min}$ ,  $f = 0,2 \text{ mm/rot}$  (e) T7 LB2000, (f) T3 girassol;  $V_c = 25 \text{ m/min}$ ,  $f = 0,2 \text{ mm/rot}$  (g) T4 LB2000 e (h) T8 girassol.

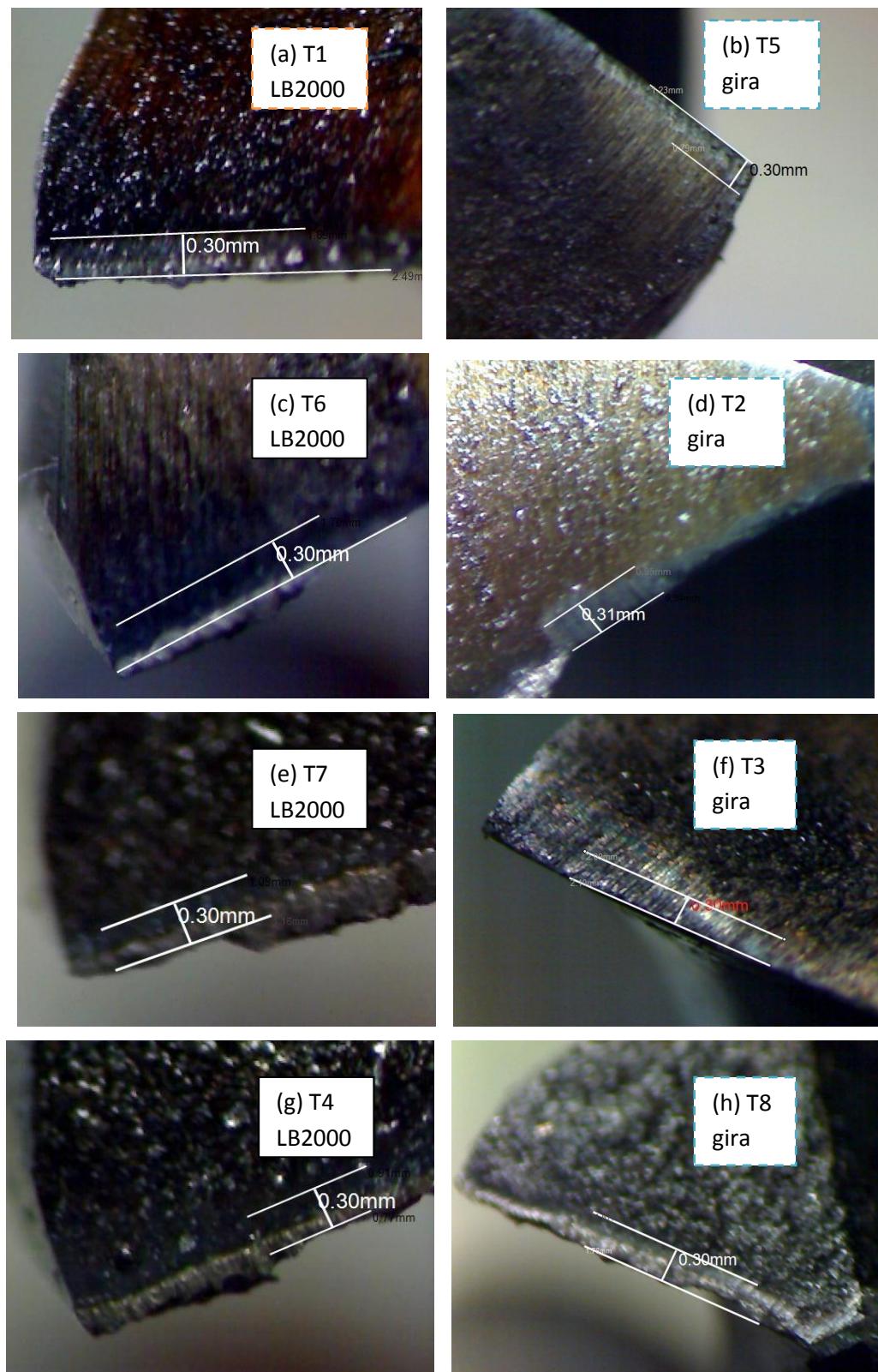


Figura 4.69 - Aspectos das pontas de corte das brocas HSS utilizadas nos testes após o fim de vida do fluido LB2000 e óleo de girassol na forma MQF.  
Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Comparando-se a aplicação do óleo comestível de girassol e o óleo comercial LB2000, aplicados nas mesmas condições de corte na forma de mínima quantidade fluido (MQF) 50 ml/h, conforme planejamento fatorial poder-se-á observar que as fotografias

sugerem os mesmos mecanismos e formas de desgastes. Os valores dos desgastes e suas evoluções poderão ser observados nos gráficos das Figs. 4.70 (a) e (b) e 4.67 (c) e (d).

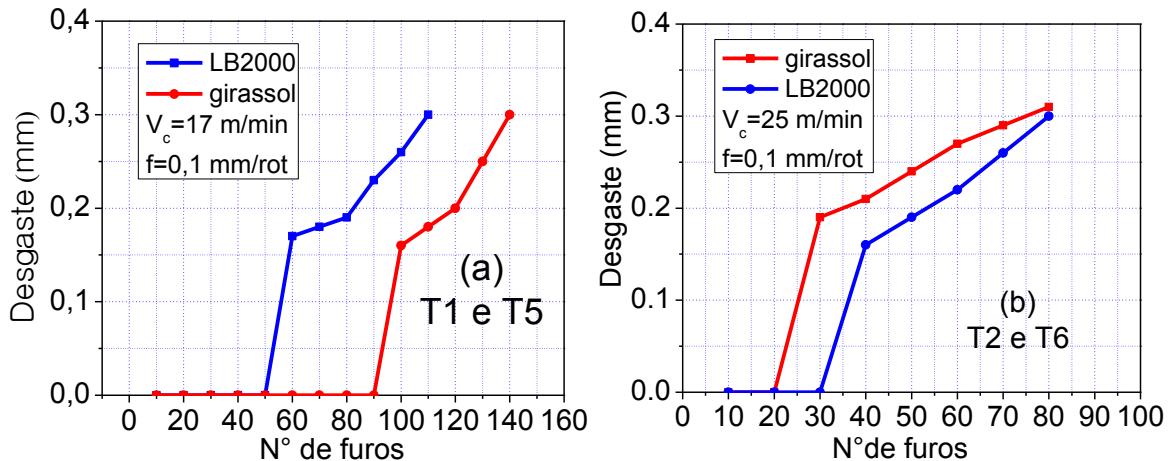


Figura 4.70 - Gráfica da evolução dos desgastes dos testes (a) T1 e T5, (b) T2 e T6, girassol e LB2000, comparados nas mesmas condições,  $L=30 \text{ mm}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

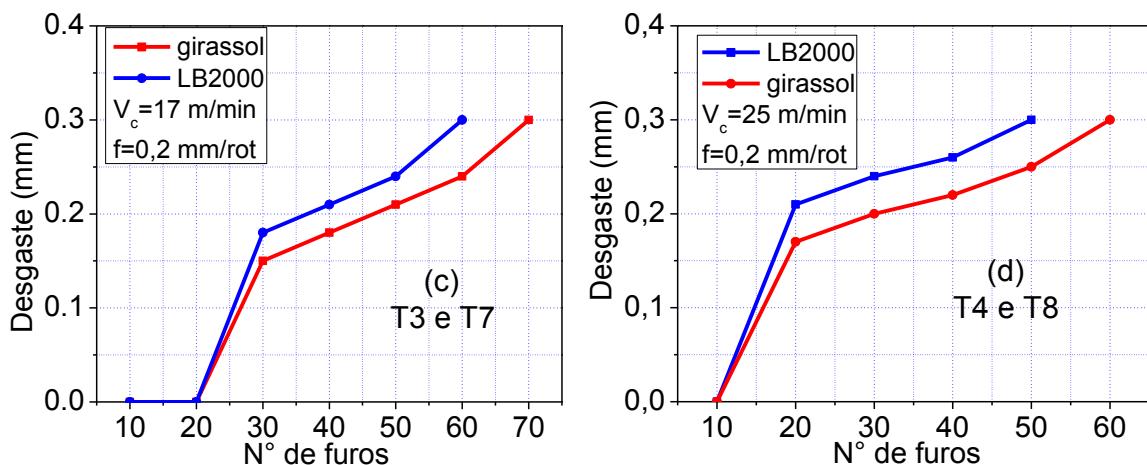


Figura 4.71 - Gráfica da evolução dos desgastes dos testes T3 e T7, T4 e T8, girassol e LB2000, comparados nas mesmas condições,  $L=30 \text{ mm}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Comparando-se a aplicação de fluido em mínima quantidade (MQF), utilizando-se girassol com a aplicação do fluido comercial LB2000, também na forma (MQF) nas mesmas condições de corte neste processo de furação, em todos os ensaios realizados a aplicação de fluido com óleo de girassol apresentou uma pequena redução no desgaste, não sendo significativo.

A Fig. 4.72 mostra a comparação da quantidade de furos realizados para cada teste nas mesmas condições, conforme planejamento fatorial, Tab. 32 do Apêndice.

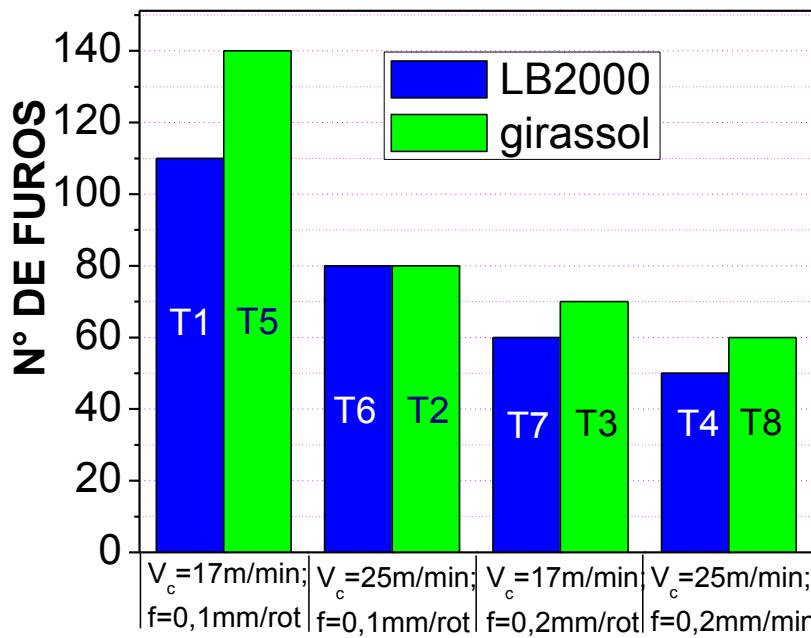


Figura 4.72 - Gráfico da média dos furos do fluido LB2000 e óleo de girassol comparados nas mesmas condições de corte,  $L=30\text{ mm}$ .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

O gráfico da Fig. 4.72 mostra que, na maioria das condições planejadas, o óleo de girassol realizou maior número de furos, confirmando que o uso de óleo comestível de girassol como fluido de corte melhora a vida da ferramenta quando comparado com o fluido comercial LB2000.

A Tab. 4.20 ilustra os principais efeitos para matriz de planejamento Tab. 31 do Apêndice.

Tabela 4.20 - Sumário da estimativa de efeitos dos parâmetros de entrada.

Gir x LB2000	Efeitos	p
<b>Média</b>	<b>81,25</b>	<b>0,029</b>
(1) $V_c$ 17 – 25	-27,50	0,169
(2) $f$ 0,1 – 0,2	-42,50	0,111
(3) Atm	12,50	0,344

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

A Tab. 4.20 expressa os principais efeitos dos parâmetros de entrada onde se destacam a influência do avanço e velocidade de corte. Porém, como ficou comprovada pelo índice “p”, nenhuma variável foi significativa para uma confiabilidade de 95% indicando que as médias são praticamente iguais não tendo diferença entre elas. Entretanto, análises de tendências poderão ser feitas para essas variáveis, como ilustrado nas Figs 4.73 (a), (b) e (c).

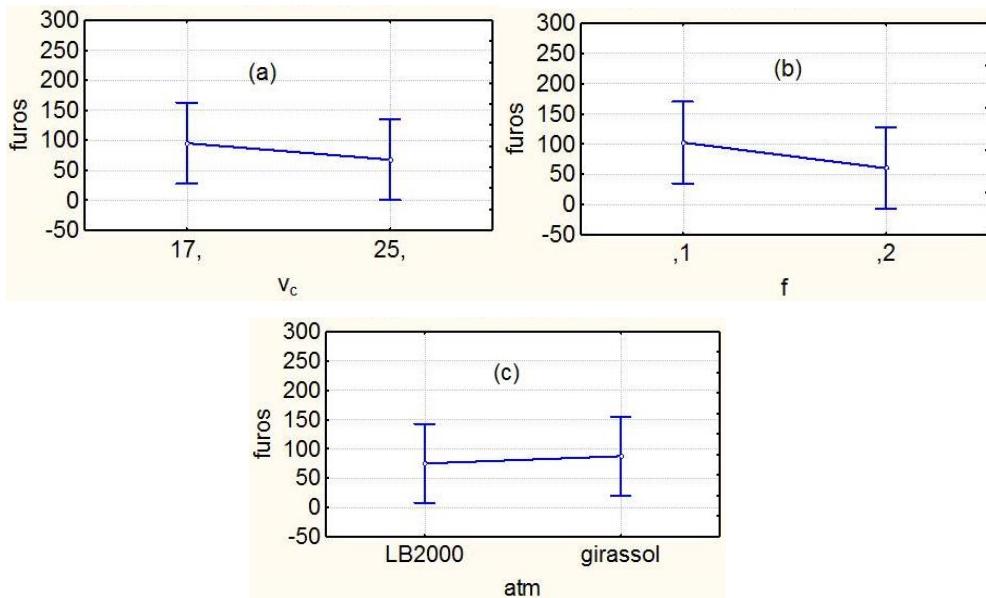


Figura 4.73 - Gráfico das estimativas de efeitos dos parâmetros de entrada na vida da ferramenta do fluido LB2000 em comparação ao óleo de girassol, analisada pelo nº de furos (a)  $v_c$ , (b)  $f$  e (c) atmosfera.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

Quando a velocidade de corte foi aumentada de 17 m/min para 25 m/min o número de furos diminuiu em média 33,85% Fig 4.73 (a). Este resultado está de acordo com a literatura (MACHADO et al., 2009; TRENT; WRIGHT, 2000), onde a maior geração de calor na maior velocidade de corte acelera os mecanismos de desgastes e diminui a vida das ferramentas.

O aumento do avanço de 0,1 mm/rot. para 0,2 mm/rot, em média, tenderá a diminuir o número de furos de forma mais acentuada em 52,3% Fig. 4.73 (b), o que já é esperado, possivelmente por aumentar a área de contato peça-ferramenta, provocando aumento nas forças e, consequentemente, implicando em maior desgaste da ferramenta. Nesta condição pode-se observar pela Tab. 4.18 que “p” assume o menor valor entre as variáveis de entrada (0,111).

Com a aplicação de fluido, utilizando-se óleo girassol refinado em vez do óleo comercial LB2000, o número de furos tenderá em média aumentar em 15,38%, Fig. 4.73 (c), o que indicará que não houve uma tendência significativa entre as médias dos dois fluidos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES

Os resultados obtidos dos testes de furação, nas condições impostas pela metodologia do presente trabalho, possibilitaram as seguintes conclusões:

- a) Das variáveis de entrada, velocidade de corte ( $V_c$ ), avanço ( $f$ ) e comprimento de corte ( $L$ ), o avanço ( $f$ ) mostrou-se ser estatisticamente a variável mais significativa em relação à força na direção axial ( $F_z$ );
- b) Todos os óleos comestíveis testados, tiveram, graficamente, comportamentos semelhantes ao óleo comercial LB2000 já utilizado no processo de furação, quanto à força na direção axial ( $F_z$ );
- c) Os óleos comestíveis aplicados na forma MQF apresentaram estatisticamente bons resultados na redução das forças de avanços, quando comparados com as aplicações já existentes jorro, LB2000 e a seco; forças de avanço e momento;
- d) A aplicação dos óleos comestíveis na forma (MQF) pode ser uma alternativa interessante no processo de furação, pelo fato de ser biodegradável e pela tendência mundial de redução dos fluidos de corte derivados do petróleo nos processos de usinagem;
- e) Os efeitos ou influências dos parâmetros de corte ou variáveis de entrada ( $V_c$ ,  $f$  e  $L$ ) na força de avanço em todos os testes realizados estão de acordo com a literatura (teoria da usinagem);
- f) Os óleos testados utilizados na forma de mínima quantidade de lubrificante (ou fluido), o MQL (ou MQF) são apropriados como fluido de corte no processo de furação, com maior capacidade de lubrificação do que refrigeração na região de corte;
- g) O uso do óleo comestível de girassol aumentará a vida da ferramenta, quando comparado com a usinagem a seco, não sendo, entretanto, estatisticamente significativo;
- h) Existe uma tendência estatística não significativa na vida da ferramenta com o uso do óleo comestível de girassol quando comparado com o fluido comercial

LB2000;

- i) Não foi possível identificar estatisticamente influências significativa, quando analisamos através dos gráficos os óleos comestíveis vegetais em função dos momentos ( $M_z$ ), mesmo apresentando nos resultados o valor de  $p$  significativo na ANOVA e no método de *Tukei*;
- j) Os testes complementares realizados com óleos comestíveis vegetais: molhabilidade, refrigeração e lubrificidade, apresentaram resultados satisfatórios, ou seja, dentro dos limites permitidos a um fluido de corte;
- k) Os óleos de canola e soja apresentaram maiores poderes de molhabilidade;
- l) Os óleos canola e girassol apresentaram maiores poderes de refrigeração;
- m) Os óleos canola e girassol apresentaram menores energias específicas; consequentemente, são os óleos com maior poder de lubrificação;
- n) Os índices de acidez dos óleos obtidos, após a realização dos ensaios, ficaram acima do permitido para consumo humano, o que, provavelmente, aumentará a ação corrosiva dos mesmos sobre componentes metálicos;
- o) A viscosidade dos óleos comestíveis vegetais e do óleo comercial LB2000 é significativamente influenciada pela temperatura, pois o aumento desta variável provocará uma diminuição sensível na viscosidade, com tendência de permanecer baixas e iguais a partir de 60°C, o que provavelmente poderá apresentar efeitos semelhantes; e
- p) Os óleos comestíveis vegetais e o óleo comercial LB2000 apresentam alta viscosidade a baixas temperaturas (função lubrificante) e baixa viscosidade a altas temperaturas (função refrigerante);

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS**

1. Investigar as forças de avanços, além do torque, empregando-se óleos comestíveis vegetais como fluido de corte em outros tipos de materiais, como alumínio e aços com outras composições.
2. Investigar a vida da ferramenta, empregando-se óleos comestíveis vegetais como fluido de corte através da aquisição da força de avanço.
3. Investigar o torque, empregando-se óleos comestíveis vegetais, utilizando dinamômetro rotativo e comparar com os resultados obtidos com dinamômetro estacionário.
4. Investigar a rugosidade e circularidade dos furos, empregando-se óleos comestíveis vegetais, e alterando-se os parâmetros de corte.
5. Fazer uma análise comparativa do estudo da furação experimental com simulações, empregando-se o software ANSYS.
6. Investigar as forças de avanço e torque, empregando-se óleos comestíveis vegetais com brocas reafiadas e comparar com os resultados obtidos com brocas novas.
7. Investigar a temperatura de usinagem, empregando óleos comestíveis vegetais e relacioná-la com as propriedades físicas químicas dos mesmos.

## CAPÍTULO VII

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, T., 2000. **Reservoir Engineering Handbook**. 2. ed. Gulf Professional Publishing, Texas.

AL- HAMDAN, A., Effect of misalignment on the cutting force signature in drilling. **Journal of Materials Processing Technology**, v.124, p. 83-91, 2004.

ALMASI, A. Explicit formulation for the axial collapse of a pipe during drilling. **Journal of Mechanical Engineering Science**, v. 224, n. 8, p. 1547-1549, 2010.

ALMEIDA, M. A. R. **Perfuração econômica de rochas**. 2010. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ALVES, S. M.; OLIVEIRA, J. F. G. Novos fluidos de corte adequados ao desempenho mecânico da retificadora e ao meio ambiente. **Revista Máquinas e Metais**. São Paulo, p. 28-43, jan. 2006.

ALVES, S. M.; DEMINICES, F. H. A. Análise e Seleção de Fluido de Corte para a Furação de Ferro Fundido Vermicular. **O mundo da Usinagem**. p. 20-25 2007.

AMORIM, H. “**Apostila de Processos de Fabricação por Usinagem – Furação – 1ª Parte**”. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2003.

ANVISA. Agência Nacional da Vigilância Sanitária –1999.

ARAÚJO, E. G. - **Influência das adições de NbC e ligas a base de fósforo na sinterização do aço rápido M2**. - Dissertação de Mestrado, IPEN, 1993.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.

ASM INTERNACIONAL, 1989, “ASM Handbook – Vol. 16 – Machining”, 3 ed., Metals Park, 994 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILAEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, **NBR - 6162, Movimentos e relações geométricas na usinagem dos metais -Terminologia**. Rio de Janeiro.1989,

ATTANASIO, A., GELFI, M., GIARDINI, C., REMINO, C. Minimal quantity lubrication in turning: Effect on tool wear. **Wear**. v. 260 p. 333–338. Fev. 2006.

BAGCI, E. AND OZCELIK, B., 2007, “Effects of different cooling conditions on twist drill temperature”, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Vol. 34, pp. 867-877.

BASAVARAJAPPA, S., CHANDRAMOHAN, G., PRABU, M., MUKUND, K. AND ASHWIN, M., 2007, Drilling of hybrid metal matrix composites - Workpiece surface integrity, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v. 47, p. 92-96.

BATISTA, E.; MONNERAT, S.; KATO, K. Liquid – Liquid Equilibrium for Systems of Canola Oil, Oleic Acid, and Short – Chain Alcohols. **J. Chem. Eng. Data**, v.44, n.6, p. 1360 – 1364, 1999.

BELEJCHAK, P. Machining stainless steel. **Advancer Materials & Processes**, n. 12, p. 23-25, 1997.

BEZERRA, A. A. **Estudo do Desgaste no Roscamento com Alta Velocidade em Ferro Fundido**, Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

BONDIOLI P, Crambe Abyssinica oil and its derivatives as Renewable Lubricants: ynthesis and Characterisation of Different Esters based on crambe fatty acids, **J. Synthetic Lubrication**, 2003 n. 15, p. 271-283.

BORDIN, F. M.; NABINGER, E.; ZEILMANN, R. P. Relação entre o desgaste e a força de avanço na determinação do fim de vida efetivo de uma broca helicoidal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 6., 2011, Caxias do Sul. Anais... Caxias do Sul: ABCM, **Anais...** p. 1-9, 2011.

BORK, C. A. S. **Otimização de variáveis de processo para furação de aço inoxidável DIN 1.454**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995 127 p.

BRAGA, D.U., DINIZ, A.E., MIRANDA, G.W.A., COPPINI, N.L. Using a minimum quantity of lubricant (MQL) and diamond coated tool in the drilling of aluminum-silicon alloys. **Journal of Materials Processing Technology**, n. 122, p. 127-138, 2002.

BRAGA, D. U.; DINIZ, A. E.; MIRANDA, G. W. A.; COPPINI, N. L. Minimum lubrification in the drilling process of aluminum silicon alloy A306 (SAE 323), Technical Paper, **Society of Manufacturing Engineers MR99 – 236**, p. 1- 13, 1999.

BROCK, J.; NOGUEIRA, M. R.; ZAKRZEVSKI, C.; CORAZZA, F. DE C.; CORAZZA, M. L.; OLIVEIRA, J. V. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Ciênc. Tecnol. Alimento**. Campinas, 28(3): 564-570, jul.-set. 2008.

CAMPANELLA, A. Lubricants from chemically modified vegetable oils. **Bioresource Technology**. v. 101, n. 1, p. 245-254, 2010.

CARDOSO, P. A. S. L. - **Influência dos Tratamentos Térmicos de Tempera e Revenimento no Processo de Nitretação em banho de Sais no aço rápido AISI M-2**. 1999. [Dissertação de mestrado], IPEN.

CARVAJAL, R.; GONZÁLEZ, P. L.; LOZANO, S. Research study of factors affecting difference between hole diameters in hybrid metal-composite drilling. **Journal of Engineering Manufacture**. v. 225, n. 7, p. 991-1000, 2011.

CASTILLO, W. J. G. **Furação Profunda do Ferro Fundido Cinzento GG25 com brocas de metal duro com canais retos**. 2005. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CASTRO, P. R. A. de. **Aspectos tecnológicos da usinagem a seco e com MQF de corte na furação com broca helicoidal.** 2001. 178f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CATAI, R. E.; BIANCHI, E. C. Política sobre utilização e descarte de fluidos de corte. Revista **Máquinas e Metais**, São Paulo, mar. 2006.

CESCON, T - Desenvolvimento e caracterização de aço rápido contendo nióbio a partir da matriz do aço M2. 1990. **Tese de doutorado**, EPUSP.

CETIN, M. H.; OZCELIK, B.; KURAM, E.; DEMIRBAS, E. Evaluation of vegetable based cutting fluids with extreme pressure and cutting parameters in turning of AISI 304L by Taguchi method. **Journal of Cleaner Production**. v. 19, n. 17, p. 2049–2056. Dec. 2011.

COSTA, SILVA, A. L., MEI, P. R. - **Aços e Ligas Especiais**, p. 286-301, 2. ed., 1988.

COSTA, E. S. - **Furação de aços microligados com aplicação de mínima quantidade de fluido de corte – (MQF).** Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, p. 311, 2004.

COSTA, G. S.; SILVA, R. B.; MACHADO, A. R., Influência do Ângulo de Ponta de Broca na Usinabilidade da Liga de Alumínio 5050 e Aço AISI 1020. **13º Colóquio de Usinagem**. LEPU - FEMEC/UFU, Uberlândia-MG, 2009.

DHAR, N. R.; ISLAM, M.W.; ISLAM, S.; MITHU, M.A.H. The Influence of minimum quantity of lubrication (MQL) on cutting temperature, chip and dimensional accuracy in turning AISI-1040 steel. **Journal of Materials Processing Technology**. v. 171, n. 1, p. 93-99, jan. 2006.

DIAS, A. M. de P. **Avaliação Ambiental de Fluidos de Corte utilizados em processos convencionais de usinagem.** 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

**DIN 8589-0.** Fertigungs verfahren Spanen Teil 0: Allgemeines - Einordnung, Unterteilung, Begriffe. Beuth Verlag GmbH, Berlin, Alemanha, 2003. 8 p

DINIZ, A. E., MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais.** 4. ed. Editora Artliber Ltda,Campinas, SP, Brasil, 2003.

\_\_\_\_\_.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**, 5. ed., São Paulo, Editora Artliber, 2006.

DRODZDA, T., J.; WICK, C. Tool and Manufacturing Engineers Handbook – Machining. 4th ed. Dearborn: **Society of Manufacturing Engineers**, Michigan, USA, 1993. p. 302.

DUAN, G.; CHEN, Y. Improved active shape model for automatic optical phase identification of microdrill bits in printed circuit board production. Proceeding ICIP'09 Proceedings of the 16<sup>th</sup> IEEE international conference on Image processing, ISBN: 978-1-4244-5653-6, 2009.

EISENTRAEGER, A, SCHMIDT, M., MURRENHOFF H., DOTT, W., HAHN, S. Biodegradability testing of synthetic ester lubricants—effects of additives and usage. **Chemosphere** n.48, p. 89–96. Germany. 2002.

EL BARADIE, M.A., "Cutting Fluids: Part I. Characterization", **Journal of Materials Processing Technology**, v. 56, p. 786-797, 1996.

ERHAN, S. Z.; ASADAUSKAS, S. Lubrificant basestocks from vegetable oil. **Industrial crops and products**. v. 11, n. 2-3, p. 277-282, 2000.

ERHAN, S. Z.; SHARMA, B. K.; PEREZ, J. M. Oxidation and low temperature stability of vegetable oil-based lubricants. **Industrial Crops and Products**, v. 24, n. 7, p. 292-299, 2006.

FARAZ, A.; BIERMANN, D.; WEINERT, K. Cutting edge rounding: Na innovative tool wear criterion in drilling CFRP Composite laminates. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 43, Issue: 15, p.1185-1196, 2009.

FARIA A. A.; LELES, M. I. G.; IONASHIRO, M., et al. Estudo da Estabilidade Térmica de Óleos e Gorduras Vegetais por TG/DTG e DTA. **Ecl. Quím**, São Paulo, v. 27, p. 111-119, 2002.

FEDEVJCYK, J. V.; BELTRÃO, P. A. C.; MARMENTINI, M. M. Estudo da furação do ferro fundido nodular com brocas helicoidais de M2 nitretadas. Anais do XIV. **Seminário de Produção Científica e Tecnológica da UTFPR**, v. 2, 2009.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. Editora Edgard BlücherLtda, vol1, São Paulo, 1977. p. 751.

FREIRE, J. M. **Tecnologia mecânica**. v. 3. Rio de Janeiro, LTC, 1989.

GANIER, Michel. RECICLAR, ELIMINAR E VALORIZAR FLUIDOS DE CORTE. Tradução: Noberto P. Lima. **Revista Máquinas e Metais**. Editora Aranda Técnica Ltda. São Paulo-SP. p. 26-31. Dez. 1993.

GOLDACKER, F.; OLIVEIRA, H. J. de. Set-up: ferramenta para a produção enxuta. **Revista FAE**, v. 11, n. 2, p. 127-139, 2008.

GOMES, J., O.; CARVALHO, M., V.; FERNANDES, D.; F. **Manual de Gerenciamento de Fluidos de Corte**. São José dos Campos, Abril de 2005.

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**, p. 22 – 28, 1998.

HELLÍN, L.C.; CLAUSELL, M. P. R. Incidència de la Fritura em la Composición de la Fracción Lipídica de diversos aperitivos de consumo generalizado em nuestro País. **Anais... Bromatol.**, v.36, n.1, p.5 – 31, 1984.

HOCHENG, H., TSAO, C. C., - Parametric study on thrust force of core drill, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v. 192, p. 37-40. 2007

HUANG, B. W. Dynamic characteristics of a drill in the drilling process. **Journal of Engineering Manufacture**. February, v. 217, n. 2, p. 161-167, 2009.

HWANG, S.; PARK, W.; KIM, C.; OH, S. Gas dynamics analysis of an air pocket in the metal-stamping process. **Journal of Automobile Engineering**, v. 222, n. 10, p. 1755-1768, 2008.

**ISO 3885**, "Tool Life Testing with Single-Point Turning Tools". 1977,

- JIE LIU; YEVIN K.; CHOU, 2007. On temperatures and tool wear in machining hypereutectic Al-Si alloys with vortex-tube cooling. **Int J. Machine Tools & Manuf.** N° 47. P 635 -645.
- KAIPAKJIAN, S., CHANG, J. E., KO, S. L., Development of drill geometry for burr minimization in drilling, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v. 202, p 28-35, 2007.
- KANAI, M., KANDA, Y. 1979. Statistical characteristics of Drill Wear and Drill Life for the standardized Performance Tests. **Annals of the CIRP**, p. 61 – 66.
- KILICKAP, E.; HUSEYINOGLU, M.; OZEL, C. Empirical study regarding the effects of minimum quantity lubricant utilization on performance characteristics in the drilling of Al 7075. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciências Mecânicas**. J. Braz. Soc. Mech. Sci. & Eng. v. 33, n. 1, Rio de Janeiro. 2011.
- KISHAWY, H.A.; DUMITRESCU, M.; NG, E. –G.; ELBESTAWI, M.A. Effect of coolant strategy on tool performance, chip morphology and surface quality during high speed machining of A356 alloy. **International Journal of Machining Tools & Manufacture**. v. 45, n. 2, p. 219–227, fev. 2005.
- KISHORE, R. A.; TIWARI, R.; RAKESH, P. K.; SINGH, I.; BHATNAGAR, N. Investigation of drilling in fibre-reinforced plastics using response surface methodology. **Journal of Engineering Manufacture**, v. 225, n. 3, p. 453-457, 2011.
- KISTLER. **Manual de operações de Dinamômetro Modelo 9271A**, 2000.
- KOLE, A. T. et al. 1997. **Metalmecânica – Teoria caminhão betoneira**. São Paulo: SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.
- KOLE, A. T. et al. **Metalmecânica – Teoria caminhão betoneira**. São Paulo: SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 1997.
- KÖNIG, M. **Fräsbearbeitung von Graphitelektroden**. 1997. p. 134 Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Aachen, Alemanha.
- KÖNIG, W., KLOCKE, F. **Fertigungsverfahren**: drehen, fräsen, bohren. 5. ed. Berlin: Springer, 1997, 471 p.
- KOWALSKI, H.; DREYER, R. Metal Duro, Cermets e Cerâmics. **Metal Mecânica**, p. 62 – 70. 1990.
- KRISHNA, P. V.; SRIKANT, R. R.; RAO, D. N. Investigação experimental sobre o desempenho das suspensões ácidas nanoboric em SAE-40 e óleo de coco durante a usinagem do aço AISI 1040. **Jornal Internacional de Máquinas-Ferramenta e Fabricação**, V. 50, Issue 10, 2010, p. 911-916.
- KUDLA, L. Machining of precise multihole perforation in punch-and-die tooling plates. **Journal of Engineering Manufacture**, v. 217, n. 11, p. 1581-1587, 2003.
- KURODA, M. Aumentando a lucratividade com óleos vegetais, **O Mundo da Usinagem**, 3. ed., 2006. p. 14-15.
- LACALLE, L. N. L.; PÉREZ, J.; LLORENTE, J. I.; SÁNCHEZ, J. A. Advanced cutting conditions for the milling of aeronautical alloys. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 100, Issues: 1-3, p. 1-11, 2000.

LAWAL, S. A.; CHOUDHURY, I. A.; NUKMAN, Y. Application of vegetable oil-based metalworking fluids in machining ferrous metals. A review. **Jornal Internacional de Máquinas-Ferramenta e Fabricação.** v. 52, nº 1, p. 1–12. Jan. 2012.

LEHNINGER, A.; NIELSON, D.L.; COX, M. M. **Bioquímica**, 3. ed. New York: Worth Publisher, 1995, p. 1152.

LIM, S. C., TING, C. J., "Tool Wear in Drilling Using Force Signals", **Wear**, v. 180, p.53-60, 1995.

MACHADO, A. R. e Da SILVA, M. B.; **Usinagem dos Metais**. Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, Universidade federal de Uberlândia, Apostila Didática. 8. ed., Editora da UFU, 2004.

MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M. COELHO, R. T.; DA SILVA M. B. 2009, **Teoria da Usinagem dos Metais**, Ed. Edgard Blucher, São Paulo, p. 371.

MACHADO, A.R.; DINIZ, A. E. Vantagens e desvantagens do uso de fluidos de corte. **Revista Máquinas & Metais**, 419: 134-151, dez. 2000.

MANSORI, M. E.; GEOFFROY, R.; PAULMIER, D. Tool wear in magnetized drilling process. In: ROTRIB'03 - NATIONAL TRIBOLOGY CONFERENCE, 2003, Galati. **Annals...** Galati, 2003. p. 363-368.

METALS HANDBOOK, Properties and Selection: **Nonferrous alloys and pure metals**, Ninth Edition, ASM International. v. 2, 1989.

METALS HANDBOOK. **Atlas of Microstructures of Industrial Alloys**. v. 7, 8. ed. 1972.

MICHELETTI, G. F. **Mecanizado por arranque de viruta**. 2. ed., Barcelona: Editorial Blume, 1980, 426 p.

MILLS, B.; REDFORD, A. H. **Machinability of engineering materials, applied**. Science Publishers, London, 1983, 174p. ISBN 0-85334-183-4.

MORETTO, E; FETT, R. **Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais**. São Paulo: Varela, 1998. 150p.

MOTTA, F. E A. R. MACHADO. Fluidos de corte: tipos, funções, seleção, métodos de aplicação e manutenção. **Revista Máquinas e Metais**. Editora Aranda Ltda. São Paulo-SP. Setembro, p. 44-56. 1995.

MUNIZ, E. S.; FONTOURA, S. A. B.; MUNIZ, Z. C. S.; LOMBA, R. F. T. **Estudo Experimental para Avaliação da Pressão Capilar em folhelhos**. 4. PEDPETRO, Campinas, SP 2007.

MURAT, J. B.; GRENOUILLET F.; REBOUX, G.; PENVEN, E.; BATCHILI, A.; DALPHIN, J. C.; THAON, I.; MILLON, L. Factors Influencing the Microbial Composition of Metalworking Fluids and Potential Implications for Machine Operator's Lung v. 78 n. 1. 2012.

NAGESWARA, R. D.; SRIKANT, R.R. Influence of emulsifier content on properties and durability of cutting fluids. **J. Braz. Soc. Mech. Sci. & Eng.** V.29 nº4: 396-400 TAB, ILUS. 2007.

NAVES, V. T. G., DA SILVA, M. B. COSTA, G. M. "Usinagem com fluido de corte à alta pressão". **14º Colóquio de usinagem**. Uberlândia - MG. 2011.

NOVASKI, O., **Introdução à engenharia de fabricação mecânica.**, Editora Edgard Blucher, Cap.III, p. 69-85, 1994.

OJOLO, S.J.; AMUDA, M. O. H; OGUNMOLA, O. Y.; ONONIWU, C. U. Experimental determination of the effect of some straight biological oils on cutting force during cylindrical turning. **Matéria**, v.13, n. 4, Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, J. F. G. de.; ALVES, S. M. Novos fluidos de corte adequados ao desempenho mecânico da retificadora e ao meio ambiente. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, jan. 2006.

OLIVEIRA, V. V. **Influência da geometria de brocas na furação do ferro fundido vermicular.** 2008. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus de Curitiba, Curitiba, 2008.

OSG. **Catálogo de ferramentas.** São Paulo: Ferramentas de Precisão Ltda. 2010.  
OZCELIK, B.; KURAM, E.; CETIN, M. H.; DEMIRBAS, E. Experimental investigations of vegetable based cutting fluids with extreme pressure during turning of AISI 304L. **Tribology Internationala**, v. 44, nº 12, p. 1864–1871. 2011.

PAIVA JUNIOR, J. M. F. **Análise do processo de furação do ferro fundido vermicular com brocas de metal-duro com canis retos revestidas com TiN+TiAlN, AlCrN e AlCr-Based.** 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2007.

PANGRÁCIO, M. L., **Análise da qualidade de furos realizados por fresamento helicoidal interpolado.**, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Paraná - UFPR, 103 p., 2003.

PAUL, S.; MITTAL, G. S.; **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** V.37, n.635. 1997.

PENG, Y.; ZHANG, W.; HE, F.; XIONG, D., 2008, Drill flank measurement and flank/flute intersection determination. v. 18, p 666-678.

PEREIRA, C.; CORREA, S. J.; PIVATO, C. Como se apresentam e para que servem os lubrificantes e refrigerantes. **Máquinas e Metais**. São Paulo: Editora Aranda, n.471, p.352-361, abr.2005.

PETRUCCI, G.; ZUCCARELLO, B. A new calculation procedure for non-uniform residual stress analysis by the hole-drilling method. **The Journal of Strain Analysis for Engineering Design**, v. 33, n. 1, p. 27-37, 1998.

RAMJI, B. R.; MURTHY, H. N. N.; KRISHNA, M. Performance study of cryo treated SS drills in drilling cast iron. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v. 2, n. 7, p. 2530-2536, 2010.

RICHARDS, T., DETOURNAY, E., SHEPHERD, M., Drilling response of drag bits: Theory and experiment, **International Journal of Rock Mechanics e Mining Sciences**, vol. 45, p.1347-1360, 2008.

RIOS, M. R. S. – Desempenho de emulsão leitosa e fluido sintético na furação de aço inoxidável. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, Jul, 2005.

RUFINO, R. T. Fluidos de corte. In **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo: Bucher, 1977.

SALES, W. F. **Características Lubrificantes dos Fluidos de Corte.** 1999. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Uberlândia-UFGU-Brasil.

**SANDVIK COROMANT.** Catálogo de ferramentas para torneamento. SANDVIK COROMANT, 1995

SANDVIK COROMANT. Modern metal cutting: a practical handbook. 1. ed. Suécia, 1994. 840 p.

SCHROETER, R. B, WEINGAERTNER, W. L. E TEIXEIRA, C. R. **Estudo comparativo de desempenho de brocas DIN338.** Florianópolis. 1999.

SCHROETER, R. B. WEINGAERTNER, W. L., **Processos de usinagem e ferramentas de corte:** nível 1, parte 2., Laboratório de Mecânica de Precisão - UFSC.. 213p., 2001.

SCHROETER, R. B.; MARKUS, W.; TEIXEIRA, C. R. Eliminação e minimização do fluido de corte utilizando pastilhas de metal duro revestidas com TiN. Brasil: **Máquinas e Metais**, v.432. p.108-117. 2002.

SCHROETER, R. B.; STOETERAU, R. L.; WEINGAERTNER, W. L. **Processos de usinagem – Fabricação por remoção de material.** Santa Catarina: UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SHARMAN, A.R.C., AMARASINGHE, A. AND RIDGWAY, K., Tool life and surface integrity aspects when drilling and hole making in Inconel 718, **Journal of Materials Processing Technology.** Nr. 200, p. 424-432. 2008.

SHENG, P. S.; OBERWALLENEY, S.; Life –cycle planning of cutting fluids –a review. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, v. 119, n. 4 (b), p. 791-800. 1997.

SHOUCKRY, A. S., The effect of cutting conditions on dimensional accuracy. **Wear** 80 p. 197-205, 2000.

SILLIMAN, J.D. **Cutting and Grinding Fluids: selection and application.** 2 ed. Dearborn, Michigan: SME, 1992.

SILVA, A. H. **Influência do ciclo de furação na usinabilidade do ferro fundido cinzento GH190.** 2010. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia.

SILVA, L. R.; FACCIO, M. M.; AMARAL, L. V.; CORRÊA, E. C. S.; BRANDÃO, J. R. Behavior of surface integrity in cylindrical plunge grinding using different cooling systems. **Tapete. Res.** v.14 nº.2. São Carlos, 2011.

SILVA, E. J.; BIANCHI, E. C., Procedimento padrão para o uso correto de fluidos de corte. **Revista maquinas metais**, nº 410, pp. 88 – 103, mar. 2000.

SILVA, E. J. da; BIANCHI, E.C; DE OLIVEIRA, J. F. G. Estudo para determinação de procedimentos padrão para seleção, aplicação, manutenção e descarte de diferentes tipos de fluidos de corte utilizados em retificação. XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia, SP, **Anais...**1999.

SOUSA, A. J. de. **Processo de Fabricação por Usinagem - Fundamentos da usinagem dos materiais - Parte I.** Laboratório de Usinagem. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Apostila. Editora da UFRGS, 2011.

- STEMMER, C. E. **Ferramentas de Corte I**, Editora da UFSC, Florianópolis. 1987.
- STEMMER, C. E. **Ferramentas de corte II: brocas, alargadores, ferramentas de roscar, fresas, brochas, rebolos, abrasivos**. Editora da UFSC. Florianópolis., 1995.
- STEMMER, C. E. **Ferramentas de Corte**, 2 ed., Revista e Ampliada, s: Editora da UFSC, Florianópoli, 1989. 295p.
- STEMMER, C. E., **Ferramentas de corte II**. 6 ed. Editora da UFSC. Florianópolis. 2005.
- STEMMER, C. E., **Ferramentas de Corte**, 5. ed., Editora da UFSC, Florianópolis: 2001. 249 p.
- SUDA, S., YOKOTA, H., INASAKI, I., WAKABAYASHI, T. **A synthetic ester as an optimal cutting fluid for minimal quantity lubrication machining**. 2002.
- TEIXEIRA FILHO, F., FERREIRA, J. R., DINIZ, A. E., 2001, Characteristics Of The Minimum Lubrication Application When Turning Hard Steel – ABNT 52100, XVI Brazilian Congress Of Mechanical Engineering. *Anais...* Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.
- TEIXEIRA, C. **Influencia dos erros geométricos de afiação nas brocas helicoidais de aço rápido na qualidade dos furos produzidos**. 1995. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- TEIXEIRA, C. R. SCHROETER, R. B. WEINGAERTNER, W. L., **Aspectos Ecológicos nos Processos de Usinagem**. Disponível em: Disponível em:[ttp://WWW.cimm.com.br](http://WWW.cimm.com.br). Acesso em: 27 de Nov. 2005
- THAMIZHMANII, S. AND ROSLI, S. HASAN, (2009), A study of minimum quantity lubrication on Inconel 718 steel, **Arch. Mater. Sci. & Eng**, 39 (1), 38-44.
- THOMÉ, R., BIANCHI, E. C., ARRUDA, O. S., AGUIAR, P. R., 2007, Estudo microbiológico das micobactérias e fungos contaminantes dos fluidos de corte, In: Anais do 8º. CIBIM Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica, Cusco – Peru, *Anais...* outubro de 2007.
- TÖNSHOFF, H. et al. Machines of holes – developments in drilling technology. **Annals R. P**, v. 43, p. 551-561, 1994.
- TRENT, E. M. "Metal Cutting". 2. ed. Butterworth, Londo, 1984. p. 245.
- \_\_\_\_\_. 3. Ed. Butterworth-Heinemann, 1996.
- TRENT, E. M., and WRIGHT, P. K., 2000."Metal Cutting". 4<sup>th</sup> Edition, Oxford: Butterworths-Heinemann, 446 p. ISBN 0-7506-7069-X.
- TUHOLSKI, R. J., 1993. Don't forget the cutting fluid. **J. Indust. Technol Fall**, p. 2-5.
- VASCONCELLOS, M. N.; ARAUJO, A. C. Análise das forças de corte no processo de furação de uma liga de aço inoxidável austenítico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 6., 2011, Caxias do Sul. *Anais...* Caxias do Sul: ABCM, 2011. p. 1-9.

VIANA, H. **Desempenho de Brocas de HSS Revestidas na Furação de Ligas de Al-Si.** 143 f, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2004.

VIEIRA, S. **Análise de Variância.** São Paulo: Editora Atlas S. A., 2006. ISBN 85-224-4303-3.

**VILLARES METALS S.A.** Aços rápidos. In: site da empresa Villares Metals. São Paulo/SP, 2005. Disponível em: [http://www.villaresmetals.com.br/portuguese/files/FT\\_11\\_VWM2.pdf](http://www.villaresmetals.com.br/portuguese/files/FT_11_VWM2.pdf). Acesso em: 02 maio de 2013.

---

**Catálogo da empresa.** 1998.

WALKER, J. R. **Machining Fundamentals.** 8. Ed. Tinley Park: Goodheart-Willcox, 2004.

WANG, J., ZHANG, Q., 2010, A study of high-performance plane rake faced twist drills. Part 1: Geometrical analysis and experimental investigation, **International Journal of Machine Tools e Manufacture**, v. 48, p 1276-1286.

WIERCIGROCH, M.; NEILSON, R. D.; PLAYER, M. A. Load cell for dynamic measurement of cutting forces generated during ultrasonic drilling and milling of hard materials. **Journal of Process Mechanical Engineering**, v. 212, n. 4, p. 263-270, 1998.

WOODS, S. 2005 "Going green – vegetable oil-based metalworking fluids can provide better performance and environmental results than mineral oil-based fluids, **Cutting Tool Engineering Magazine**, v. 57, n. 2, February, pp. 47-53.

WYATT, J. E.; TRMAL, G. J. Machinability: Employing a Drilling Experiment as a Teaching Tool. **Journal of Industrial Technology**, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2006.

YERKERS, K. L.; DORIAN, J. 1999. Micro – cooler for chip level temperature control. In: **Aero System Power Conference**. Arizona. 1401 – 1404, 1 – 9.

YOSHIMURA, H. Contribuições da manufatura para adaptação às leis ambientais. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, n. 483, p.89-107, abril, 2006.

ZEILMANN, R. P.; SANTIN, R.; FINIMUNDI, A. V. Efeito de diferentes condições de aplicação de fluídos lubri-refrigerantes no desgaste de brocas de aço-rápido. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 2, n. 1, p. 27-33, 2006.

ZEILMANN, R. P.; TOMÉ, A.; BORDIN, F M.; VACARO, T. Avaliação do desgaste da ferramenta no fresamento do aço endurecido. **Máquinas e Metais**, v. 47, p. 32-47, 2011.

ZHANG S., LI J.F., WANG Y.W., Tool life and cutting forces in end milling Inconel 718 under dry and minimum quantity cooling lubrication cutting condition, **J. Clean. Prod.**, v. 32, p. 81-87, 2012.

ZHANG, Q.; WANG, J. Geometry, specification, and drilling performance of a plane rake faced drill point design. **Journal of Mechanical Engineering Science**, v. 224, n. 2, p. 369-378, 2010.

## CAPÍTULO VIII

### APÊNDICES

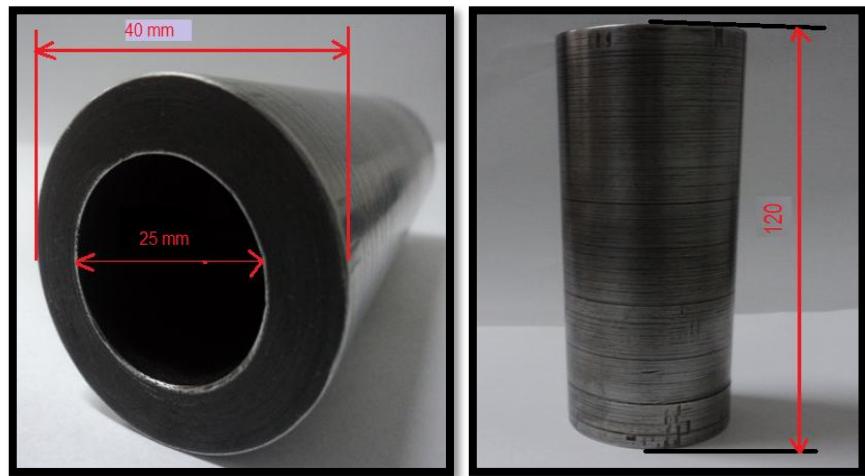


Figura 1 – Corpo de prova do teste de refrigeração.

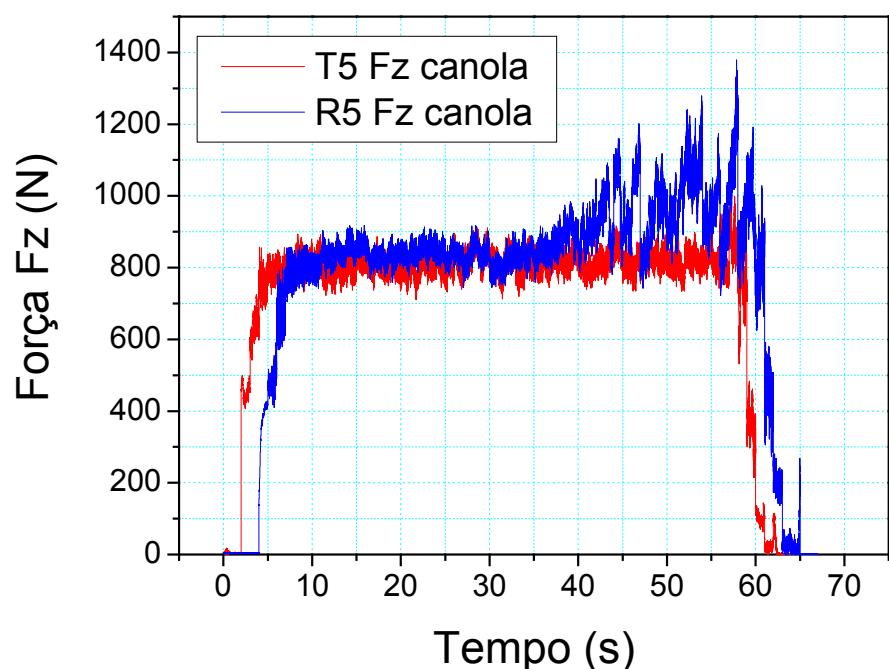


Figura 2 - Gráfico da força Fz em função do tempo, do teste T5 na furação,  $L = 1,5 \times D$ ,  $Q = 50 \text{ ml/h}$ ,  $V_c = 17 \text{ m/min}$ ,  $F = 0,1 \text{ mm/rot}$ .

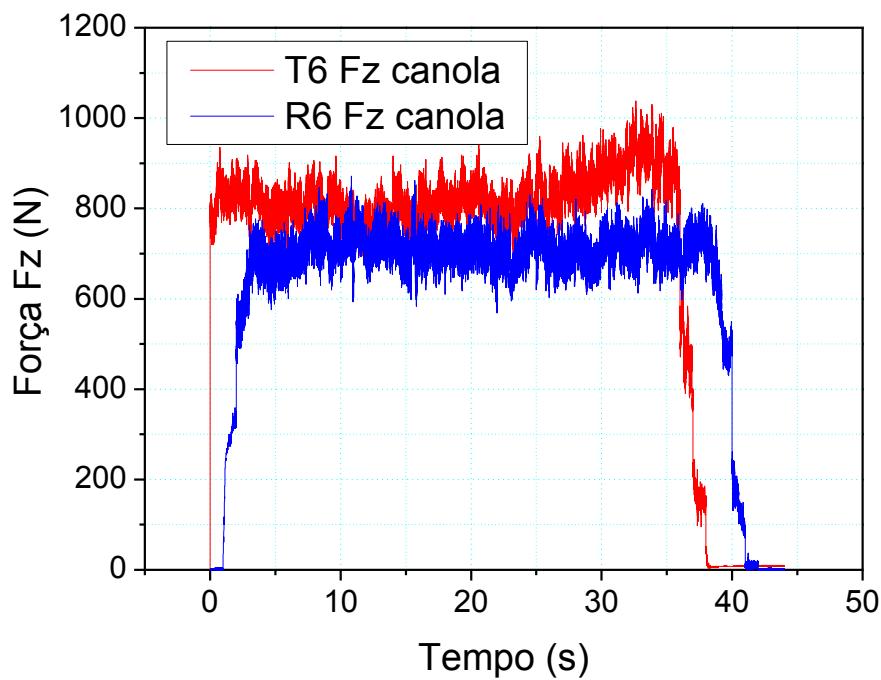


Figura 3 - Gráfico da força Fz em função do tempo, do teste T5 na furação,  $L = 1,5 \times D$ ,  $Q = 50 \text{ ml/h}$ ,  $V_c = 25 \text{ m/min}$ ,  $F = 0,1 \text{ mm/rot6}$

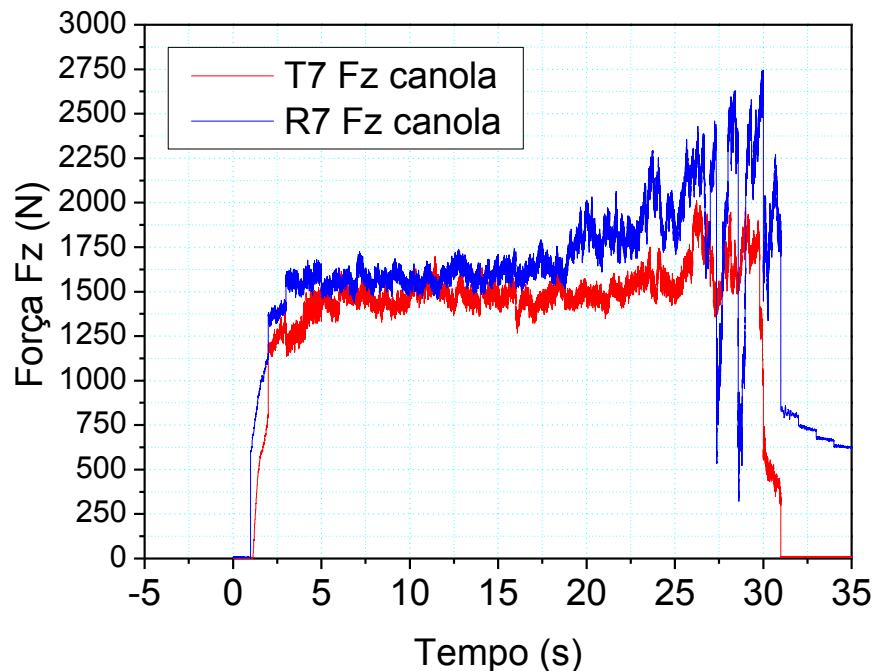


Figura 4 - Gráfico da força Fz em função do tempo, do teste T7 na furação,  $L = 5 \times D$ ,  $Q = 50 \text{ ml/h}$ ,  $V_c = 17 \text{ m/min}$ ,  $F = 0,2 \text{ mm/rot}$ .

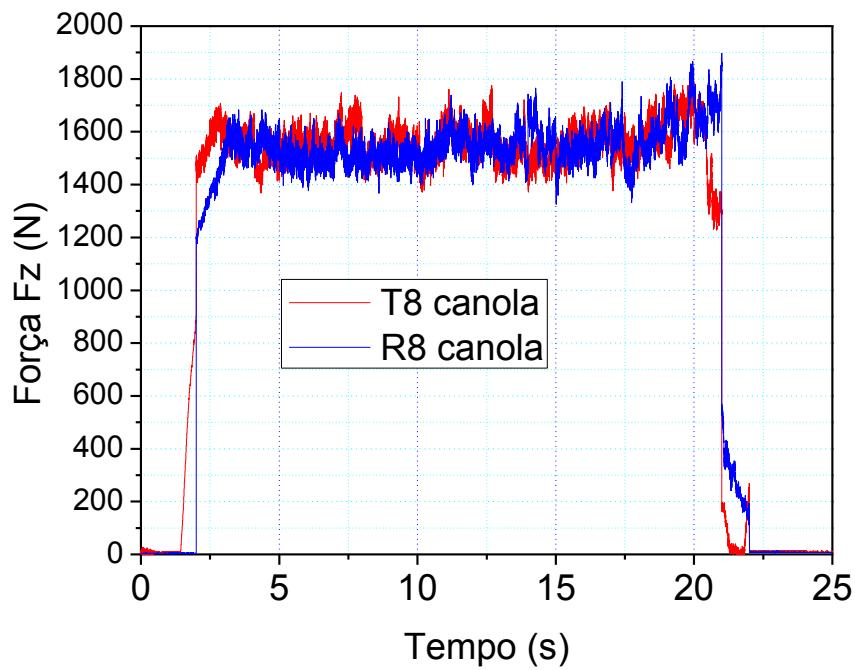


Figura 5 - Gráfico da força  $F_z$  em função do tempo, do teste T8 na furação,  $L = 5 \times D$ ,  $Q = 50$  ml/h,  $V_c = 25$  m/min,  $F = 0,2$  mm/rot.

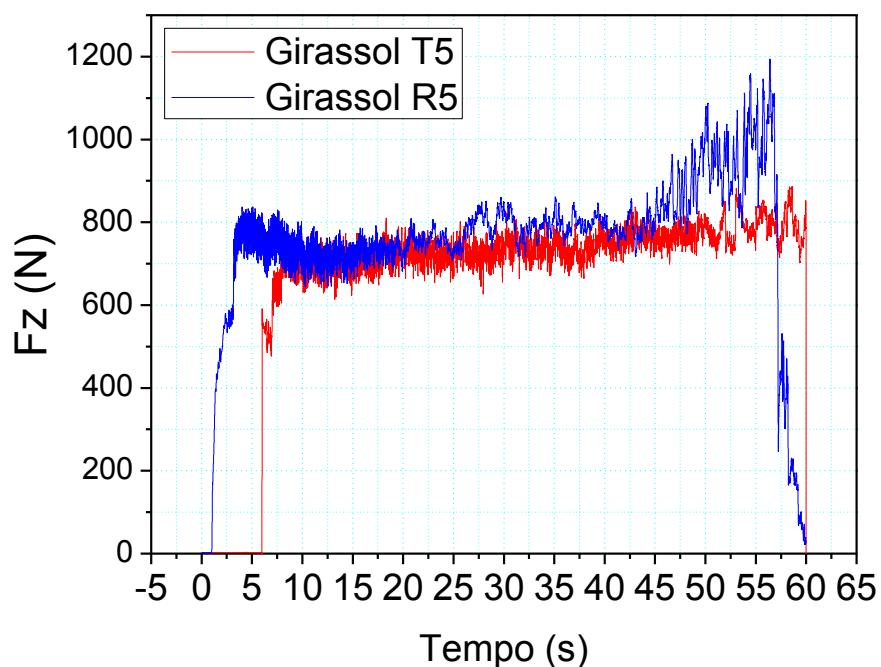


Figura 6 - Gráfico da força  $F_z$  em função do tempo, do teste T5 na furação,  $L = 1,5 \times D$ ,  $Q = 50$  ml/h,  $V_c = 17$  m/min,  $F = 0,1$  mm/rot.

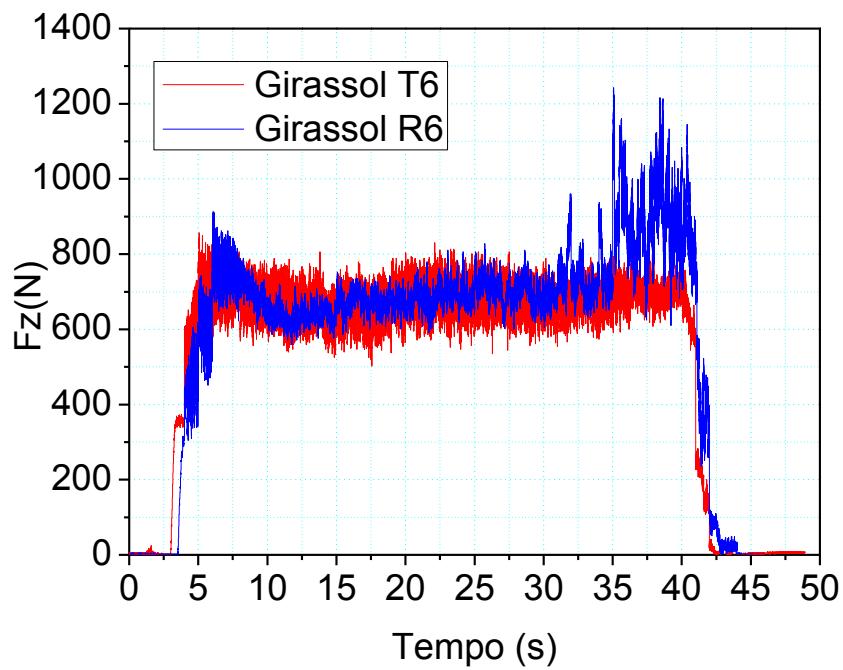


Figura 7 - Gráfico da força  $F_z$  em função do tempo, do teste T6 na furação,  $L = 1,5 \times D$ ,  $Q = 50 \text{ ml/h}$ ,  $V_c = 25 \text{ m/min}$ ,  $F = 0,1 \text{ mm/rot}$ .

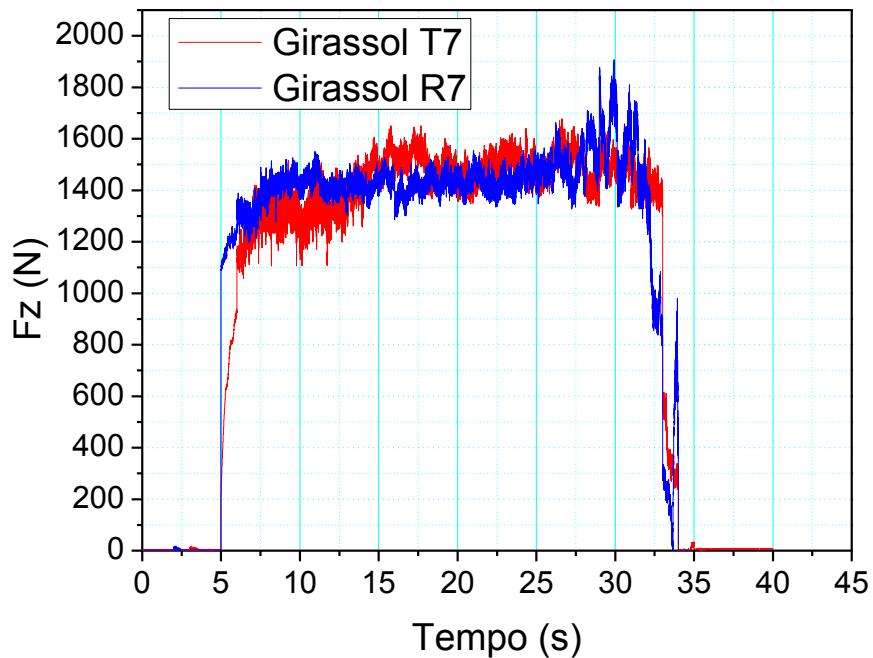


Figura 8 - Gráfico da força  $F_z$  em função do tempo, do teste T7 na furação,  $L = 5 \times D$ ,  $Q = 50 \text{ ml/h}$ ,  $V_c = 17 \text{ m/min}$ ,  $F = 0,2 \text{ mm/rot}$ .

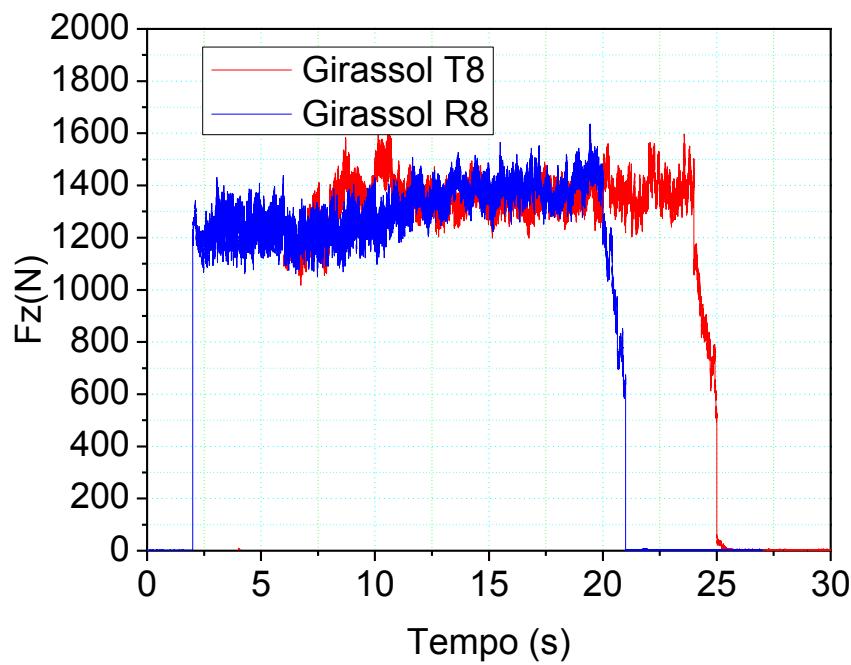


Figura 9 - Gráfico da força  $F_z$  em função do tempo, do teste T5 na furação,  $L = 5 \times D$ ,  $Q = 50$  ml/h,  $V_c = 25$  m/min,  $F = 0,2$  mm/rot.

Tabela 1 – Matriz de planejamento fatorial  $2^4$

Teste	Parâmetros de entrada			
	$V_c$ (m/min)	$f$ (mm/rot)	$I$ (mm)	Fluido de Corte
1	17(-1)	0,10(-1)	15,0(-1)	A
2	25(+1)	0,10(-1)	15,0(-1)	A
3	17(-1)	0,20(+1)	15,0(-1)	A
(4)	25(+1)	0,20(+1)	15,0(-1)	A
5	17(-1)	0,10(-1)	50,0(+1)	A
6	25(+1)	0,10(-1)	50,0(+1)	A
7	17(-1)	0,20(+1)	50,0(+)	A
8	25(+1)	0,20(+1)	50,0(+)	A
9	17(-1)	0,10(-1)	15,0(-1)	B
10	25(+1)	0,10(-1)	15,0(-1)	B
11	17(-1)	0,20(+1)	15,0(-1)	B
12	25(+1)	0,20(+1)	15,0(-1)	B
13	17(-1)	0,10(-1)	50,0(+1)	B
14	25(+1)	0,10(-1)	50,0(+1)	B
15	17(-1)	0,20(+1)	50,0(+)	B
16	25(+1)	0,20(+1)	50,0(+)	B

Tabela 2 - Média da força Fz e desvio padrão, para cada óleo, jorro e a seco dos testes 1- 4 , L = 1,5 x D

	T1	Fz	sd	T2	Fz	Sd	T3	Fz	Sd	T4	Fz	Sd
babaçú	1	843,8	21,4	2	819,3	17,3	3	1610,6	30,8	4	1407,0	38,1
Girass	1	831,6	19,0	2	783,0	11,7	3	1170,3	43,2	4	1165,7	30,6
Soja	1	739,3	25,8	2	757,8	17,4	3	1450,5	50,6	4	1313,2	53,9
Milho	1	768,8	24,4	2	877,6	39,8	3	1447,8	31,5	4	1283,8	48,6
Canola	1	834,3	24,2	2	654,5	29,0	3	1690,1	39,3	4	1382,	55,0
LB200	1	827,7	23,9	2	806,5	19,7	3	1434,5	42,9	4	1280,0	44,7
Jorro	1	706,1	22,2	2	736,3	22,2	3	1435,2	27,2	4	1138,7	47,2
A seco	1	805,7	28,1	2	781,9	34,1	3	1617,1	65,6	4	1494,2	51,6

Tabela 3 - Média da força Fz e desvio padrão, para os óleos, jorro e a seco, nas condições 5 - 8, L=5xD

	T5	Fz	sd	T6	Fz	Sd	T7	Fz	Sd	T8	Fz	Sd
Babaçu	5	786,1	25,2	6	787,9	30,6	7	1531,1	58,4	8	1350,6	39,9
Girassl	5	709,1	18,3	6	693,3	21,3	7	1480,3	48,1	8	1233,4	54,3
Soja	5	710,1	32,0	6	769,1	28,4	7	1448,4	40,7	8	1432,6	54,6
Milho	5	778,9	28,6	6	748,4	25,9	7	1439,6	53,1	8	1315,4	43,9
Canola	5	826,7	25,8	6	755,6	33,4	7	1532,3	41,2	8	1531,5	46,0
LB200	5	858,5	23,9	6	770,2	36,5	7	1443,7	40,0	8	1408,6	45,6
Jorro	5	738,3	29,3	6	790,0	27,5	7	1282,7	43,3	8	1261,3	32,2
A seco	5	808,5	27,7	6	761,6	34,2	7	1661,2	63,4	8	1497,4	50,1

Tabela 4 – ANOVA para forças de avanço.

## 1 ANOVA TwoWay (25/07/2013 18:50:40)

## Notes

Description	Perform Two-Way ANOVA
User Name	Cliente
Operation Time	25/07/2013 18:50:40
Report Status	New Analysis Report

## Input Data

Data	Range
[Book5]Sheet1!V1F1babçu	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F1girassol	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F1soja	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F1milho	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F1canola	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F1lb200	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F1jorro	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F1aseco	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F1babaçu	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F1girassol	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F1SOJA	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F1milho	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F1canola	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F1lb2000	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F1jorro	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F1aseco	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F2babaçu	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F2girassol	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F2soja	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F2milho	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F2canola	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F2lb2000	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F2jorro	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V1F2aseco	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F2babaçu	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F2girassol	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F2soja	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F2milho	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F2canola	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F2lb2000	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F2jorro	[1*:3*]
[Book5]Sheet1!V2F2aseco	[1*:3*]

## Descriptive Statistics

## FactorA

	N	Mean	SD	SEM	Variance	Missing	NonMissing
V1F1	24	794.665	51.91497	10.5971	2695.16443	0	24
V2F1	24	777.13458	63.98342	13.06056	4093.8785	0	24
V1F2	24	1482.77375	160.30303	32.72172	25697.06173	0	24
V2F2	24	1308.16333	122.68801	25.04359	15052.34777	0	24

## FactorB

	N	Mean	SD	SEM	Variance	Missing	NonMissing
BABAÇU	12	1170.1875	363.15346	104.83337	131880.43333	0	12
GIRASSOL	12	987.67417	196.76668	56.80165	38717.12524	0	12
SOJA	12	1065.20083	335.543	96.86292	112589.10486	0	12
MILHO	12	1094.5625	293.08177	84.60542	85896.92449	0	12
CANOLA	12	1140.43417	435.06319	125.59192	189279.97504	0	12
LB2000	12	1087.1175	288.87311	83.39048	83447.67111	0	12
JORRO	12	1005.54417	318.14527	91.84063	101216.41464	0	12
A SECO	12	1174.7525	403.91343	116.59976	163146.05944	0	12

*Overall*

N	Mean	SD	SEM	Variance	Missing	NonMissing
96	1090.68417	330.56117	33.73776	109270.6866	0	96

*Interaction*

	N	Mean	SD	SEM	Variance	Missing	NonMissing	
V1F1	BABAIU	3	843.85333	14.26159	8.23393	203.39293	0	3
	GIRASSOL	3	831.60667	14.04	8.106	197.12163	0	3
	SOJA	3	739.32667	31.86304	18.39614	1015.25363	0	3
	MILHO	3	768.84667	19.72336	11.38729	389.01103	0	3
	CANOLA	3	834.35667	23.13219	13.35538	535.09843	0	3
	LB2000	3	827.51667	0.94648	0.54645	0.89583	0	3
	JORRO	3	706.08667	23.8963	13.79653	571.03293	0	3
	A SECO	3	805.72667	29.6349	17.10971	878.22703	0	3
	BABAIU	3	819.34	4.42263	2.55341	19.5597	0	3
V2F1	GIRASSOL	3	783.00667	3.19001	1.84175	10.17613	0	3
	SOJA	3	757.80333	16.75181	9.67166	280.62303	0	3
	MILHO	3	877.68	5.91531	3.41521	34.9909	0	3
	CANOLA	3	654.51	13.29908	7.67823	176.8656	0	3
	LB2000	3	806.47333	2.49193	1.43872	6.20973	0	3
	JORRO	3	736.29667	30.66563	17.70481	940.38093	0	3
	A SECO	3	781.96667	27.92058	16.11996	779.55903	0	3
	BABAIU	3	1610.60667	56.2435	32.4722	3163.33103	0	3
	GIRASSOL	3	1170.39333	17.09166	9.86788	292.12493	0	3
V1F2	SOJA	3	1450.46333	35.16995	20.30538	1236.92503	0	3
	MILHO	3	1447.84667	15.72362	9.07804	247.23223	0	3
	CANOLA	3	1690.15333	49.71351	28.70211	2471.43263	0	3
	LB2000	3	1434.46333	48.34146	27.90996	2336.89693	0	3
	JORRO	3	1441.14	24.74957	14.28917	612.5412	0	3
	A SECO							
	BABAIU	3	1406.95	50.35751	29.07392	2535.8791	0	3
	GIRASSOL	3	1165.69	124.34667	71.79158	15462.0948	0	3
	SOJA	3	1313.21	27.80055	16.05066	772.8708	0	3
V2F2	MILHO	3	1283.87667	33.07993	19.09871	1094.28203	0	3
	CANOLA	3	1382.71667	42.54304	24.56224	1809.91043	0	3
	LB2000	3	1280.01667	24.46942	14.12743	598.75253	0	3
	JORRO	3	1138.65333	10.9608	6.32822	120.13923	0	3
	A SECO	3	1494.19333	12.73054	7.34998	162.06653	0	3

*ANOVA**Overall ANOVA*

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
FactorA	3	9.28733E6	3.09578E6	1899.7746	0
FactorB	7	412804.43687	58972.06241	36.18918	0
Interaction	21	576288.79456	27442.32355	16.84043	0
Model	31	1.02764E7	331497.55007	203.42894	0
Error	64	104291.17447	1629.5496	--	--
Corrected Total	95	1.03807E7	--	--	--

At the 0.05 level, the population means of Factor A are significantly different.

At the 0.05 level, the population means of Factor B are significantly different.

At the 0.05 level, the interaction between Factor A and Factor B is significant.

*Means Comparisons**Tukey Test**FactorA*

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
V2F1 V1F1	-17.53042	11.65315	2.12747	0.44092	0.05	0	-48.26955	13.20872
V1F2 V1F1	688.10875	11.65315	83.50816	0	0.05	1	657.36961	718.84789
V1F2 V2F1	705.63917	11.65315	85.63563	0	0.05	1	674.90003	736.3783
V2F2 V1F1	513.49833	11.65315	62.31762	0	0.05	1	482.7592	544.23747
V2F2 V2F1	531.02875	11.65315	64.44509	0	0.05	1	500.28961	561.76789
V2F2 V1F2	-174.61042	11.65315	21.19054	0	0.05	1	-205.34955	-143.87128

*FactorB*

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
GIRASSOL BABAIU	-182.51333	16.48004	15.66215	2.10159E-8	0.05	1	-234.15185	-130.87481
SOJA BABAIU	-104.98667	16.48004	9.0093	7.03247E-7	0.05	1	-156.62519	-53.34815
SOJA GIRASSOL	77.52667	16.48004	6.65285	3.58777E-4	0.05	1	25.88815	129.16519
MILHO BABAIU	-75.625	16.48004	6.48966	5.39449E-4	0.05	1	-127.26352	-23.98648
MILHO GIRASSOL	106.88833	16.48004	9.17249	4.66551E-7	0.05	1	55.24981	158.52685
MILHO SOJA	29.36167	16.48004	2.51963	0.63444	0.05	0	-22.27685	81.00019
CANOLA BABAIU	-29.75333	16.48004	2.55324	0.6188	0.05	0	-81.39185	21.88519
CANOLA GIRASSOL	152.76	16.48004	13.10891	3.20078E-8	0.05	1	101.12148	204.39852
CANOLA SOJA	75.23333	16.48004	6.45605	5.86321E-4	0.05	1	23.59481	126.87185
CANOLA MILHO	45.87167	16.48004	3.93642	0.11748	0.05	0	-5.76685	97.51019
LB2000 BABAIU	-83.07	16.48004	7.12855	1.06197E-4	0.05	1	-134.70852	-51.45148
LB2000 GIRASSOL	99.44333	16.48004	8.5336	2.47631E-6	0.05	1	47.80481	151.08185
LB2000 SOJA	21.91667	16.48004	1.88075	0.88397	0.05	0	-29.72185	73.55519
LB2000 MILHO	-7.445	16.48004	0.63888	0.99981	0.05	0	-59.08352	44.19352
LB2000 CANOLA	-53.31667	16.48004	4.5753	0.03818	0.05	1	-104.95519	-1.67815
JORRO BABAIU	-164.64333	16.48004	14.12866	2.74753E-8	0.05	1	-216.28185	-113.00481
JORRO GIRASSOL	17.87	16.48004	1.53349	0.95784	0.05	0	-33.76852	69.50852
JORRO SOJA	-59.65667	16.48004	5.11936	0.0128	0.05	1	-111.29519	-8.01815
JORRO MILHO	-89.01833	16.48004	7.639	2.76474E-5	0.05	1	-140.65685	-37.37981
JORRO CANOLA	-134.89	16.48004	11.57542	4.42896E-9	0.05	1	-186.52852	-83.25148
JORRO LB2000	-81.57333	16.48004	7.00011	1.48121E-4	0.05	1	-133.21185	-29.93481
A SECO BABAIU	4.565	16.48004	0.39174	0.99999	0.05	0	-47.07352	56.20352
A SECO GIRASSOL	187.07833	16.48004	16.05389	1.94636E-8	0.05	1	135.43981	238.71685
A SECO SOJA	109.55167	16.48004	9.40104	2.72235E-7	0.05	1	57.91315	161.19019
A SECO MILHO	80.19	16.48004	6.8814	2.00922E-4	0.05	1	28.55148	131.82852
A SECO CANOLA	34.31833	16.48004	2.94498	0.43709	0.05	0	-17.32019	85.95685
A SECO LB2000	87.635	16.48004	7.52029	3.79224E-5	0.05	1	35.99648	139.27352
A SECO JORRO	169.20833	16.48004	14.5204	2.58071E-8	0.05	1	117.56981	220.84685

Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0.05 level.

Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0.05 level.

*Powers*

Tabela 5 - Média da força (Fz) e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8, canola na forma MQF, Q=50 ml/h.

canola	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Fz	834,4	654,5	1690,1	1382,7	826,7	755,6	1532,3	1531,5
Sd	24,24	29	39,34	55,09	25,78	33,38	44,18	46
C. V. %	2,9	4,43	2,32	3,98	3,11	4,42	2,88	3,0

Tabela 6 - Média da força (Fz) e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8, a seco.

A seco	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Fz	805,7	781,9	1617,1	1494,2	808,5	761,6	1661,2	1497,4
Sd	28,1	34,1	65,6	51,6	27,7	34,2	63,4	50,1
C. V. %	3,48	4,36	4,05	3,45	3,42	4,5	3,81	3,34

Tabela 7 Média da força (Fz) e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8, LB2000.

Lb2000	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Fz	827,7	806,5	1434,5	1280,0	858,5	770,2	1443,7	1408,6
Sd	23,9	19,7	42,9	44,7	23,9	36,5	40,0	45,6
C. V. %	2,88	2,44	2,99	3,49	2,78	4,73	2,77	3,23

Tabela 8 - Média da força (Fz) e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8, jorro

Jorro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Fz	706,1	736,3	1435,2	1138,7	738,3	790	1282,7	1261,3
Sd	22,26	22,26	27,2	47,2	29,28	27,5	43,3	32,14
C. V. %	3,15	3,02	1,89	4,14	3,96	3,48	3,37	2,54

Tabela 9 - Média da força (Fz) e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8, girassol

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Fz	831,6	783,01	1170,4	1165,7	709,1	693,3	1480,3	1233,4
Sd	19,1	11,7	43,2	30,7	18,3	21,3	48,1	54,3
C.V. %	2,3	1,5	3,7	2,64	2,6	3,07	3,24	4,4

Tabela 10 - Resultados da matriz de planejamento canola x a seco.

Testes	$v_c$	f	L	Atmosfera	$F_z$ (N)
1	17	0,1	15	Canola	834,3
2	25	0,1	15	Canola	654,5
3	17	0,2	15	Canola	1690,1
4	25	0,2	15	Canola	1382,0
5	17	0,1	50	Canola	826,7
6	25	0,1	50	Canola	755,6
7	17	0,2	50	Canola	1532,3
8	25	0,2	50	Canola	1531,5
9	17	0,1	15	A seco	805,7
10	25	0,1	15	A seco	781,9
11	17	0,2	15	A seco	1617,1
12	25	0,2	15	A seco	1494,2
13	17	0,1	50	A seco	805,5
14	25	0,1	50	A seco	761,6
15	17	0,2	50	A seco	1661,2
16	25	0,2	50	A seco	1497,4

Tabela 11. Resultados da matriz de planejamento canola x LB2000.

Testes	$v_c$	f	L	Atmosfera	$F_z$ (N)
1	17	0,1	15	Canola	834,3
2	25	0,1	15	Canola	654,5
3	17	0,2	15	Canola	1690,1
4	25	0,2	15	Canola	1382,0
5	17	0,1	50	Canola	826,7
6	25	0,1	50	Canola	755,6
7	17	0,2	50	Canola	1532,3
8	25	0,2	50	Canola	1531,5
9	17	0,1	15	LB2000	827,7
10	25	0,1	15	LB2000	806,5
11	17	0,2	15	LB2000	1434,5
12	25	0,2	15	LB2000	1280,0
13	17	0,1	50	LB2000	858,5
14	25	0,1	50	LB2000	770,2
15	17	0,2	50	LB2000	1443,7
16	25	0,2	50	LB2000	1408,6

Tabela 12 - Resultados da matriz de planejamento canola x jorro.

<b>Testes</b>	<b>v<sub>c</sub></b>	<b>f</b>	<b>L</b>	<b>Atmosfera</b>	<b>F<sub>z</sub>(N)</b>
1	17	0,1	15	Canola	834,3
2	25	0,1	15	Canola	654,5
3	17	0,2	15	Canola	1690,1
4	25	0,2	15	Canola	1382,0
5	17	0,1	50	Canola	826,7
6	25	0,1	50	Canola	755,6
7	17	0,2	50	Canola	1532,3
8	25	0,2	50	Canola	1531,5
9	17	0,1	15	Jorro	827,7
10	25	0,1	15	Jorro	736,3
11	17	0,2	15	Jorro	1435,2
12	25	0,2	15	Jorro	1138,7
13	17	0,1	50	Jorro	738,3
14	25	0,1	50	Jorro	790
15	17	0,2	50	Jorro	1282,7
16	25	0,2	50	Jorro	1261,3

Tabela 13 - Resultados da matriz de planejamento. Girassol x a seco

<b>Testes</b>	<b>v<sub>c</sub></b>	<b>f</b>	<b>L</b>	<b>Atmosfera</b>	<b>F<sub>z</sub>(N)</b>
1	17	0,1	15	Girassol	831
2	25	0,1	15	Girassol	783
3	17	0,2	15	Girassol	1170,3
4	25	0,2	15	Girassol	1165,7
5	17	0,1	50	Girassol	709,1
6	25	0,1	50	Girassol	693,3
7	17	0,2	50	Girassol	1480,3
8	25	0,2	50	Girassol	1233,4
9	17	0,1	15	A seco	805,7
10	25	0,1	15	A seco	781,9
11	17	0,2	15	A seco	1617,1
12	25	0,2	15	A seco	1494,2
13	17	0,1	50	A seco	805,5
14	25	0,1	50	A seco	761,6
15	17	0,2	50	A seco	1661,2
16	25	0,2	50	A seco	1497,4

Tabela 14 - Resultados da matriz de planejamento girassol x LB2000.

<b>Testes</b>	<b>v<sub>c</sub></b>	<b>f</b>	<b>L</b>	<b>Atmosfera</b>	<b>F<sub>z</sub>(N)</b>
1	17	0,1	15	Girassol	831
2	25	0,1	15	Girassol	783
3	17	0,2	15	Girassol	1170,3
4	25	0,2	15	Girassol	1165,7
5	17	0,1	50	Girassol	709,1
6	25	0,1	50	Girassol	693,3
7	17	0,2	50	Girassol	1480,3
8	25	0,2	50	Girassol	1233,4
9	17	0,1	15	Lb2000	827,7
10	25	0,1	15	Lb2000	806,5
11	17	0,2	15	Lb2000	1434,5
12	25	0,2	15	Lb2000	1280,0
13	17	0,1	50	Lb2000	858,5
14	25	0,1	50	Lb2000	770,2
15	17	0,2	50	Lb2000	1443,7
16	25	0,2	50	Lb2000	1408,6

Tabela 15 - Resultados da matriz de planejamento girassol x jorro.

<b>Testes</b>	<b>v<sub>c</sub></b>	<b>f</b>	<b>L</b>	<b>Atmosfera</b>	<b>F<sub>z</sub>(N)</b>
1	17	0,1	15	Girassol	831
2	25	0,1	15	Girassol	783
3	17	0,2	15	Girassol	1170,3
4	25	0,2	15	Girassol	1165,7
5	17	0,1	50	Girassol	709,1
6	25	0,1	50	Girassol	693,3
7	17	0,2	50	Girassol	1480,3
8	25	0,2	50	Girassol	1233,4
9	17	0,1	15	Jorro	706,1
10	25	0,1	15	Jorro	736,3
11	17	0,2	15	Jorro	1435,2
12	25	0,2	15	Jorro	1138,7
13	17	0,1	50	Jorro	738,3
14	25	0,1	50	Jorro	790,0
15	17	0,2	50	Jorro	1282,7
16	25	0,2	50	Jorro	1261,3

Tabela 16. Média do momento Mz e desvio padrão, para cada óleo, jorro e a seco dos testes 1- 4, L=1,5 x D

		V1F1		V1F2f			V2F1			V2F2		
Bab	1	4,11	0,35	2	3,19	0,18	3	6,26	0,48	4	5,35	0,34
Gir	1	4,00	0,08	2	3,24	0,11	3	7,15	0,37	4	7,06	0,39
Soj	1	5,282	0,24	2	4,27	0,24	3	6,87	0,50	4	4,91	0,42
Mil	1	4,27	0,31	2	4,54	0,14	3	6,79	0,42	4	6,14	0,47
Can	1	3,85	0,29	2	3,80	0,26	3	6,38	0,31	4	5,54	0,29
LB	1	4,13	0,26	2	3,68	0,09	3	6,92	0,28	4	5,51	0,27
Jor	1	4,11	0,35	2	3,19	0,18	3	6,26	0,48	4	5,35	0,34
Sec	1	4,57	0,24	2	3,57	0,21	3	5,856	0,31	4	5,75	0,36

Tabela 17 - Média do momento Mz e desvio padrão, para cada óleo, jorro e a seco dos testes 5-8 , L= 5 x D

		V1F1		V2F1			V1F2			V2F2		
Bab	5	4,07	0,10	6	3,57	0,09	7	5,97	0,25	8	5,83	0,33
Gir	5	3,6	0,20	6	3,89	0,18	7	5,99	0,27	8	5,25	0,18
Soj	5	4,33	0,25	6	4,39	0,50	7	6,04	0,32	8	5,68	0,42
Mil	5	3,57	0,25	6	3,80	0,19	7	6,62	0,38	8	5,5	0,27
Can	5	3,8	0,19	6	3,53	0,21	7	5,95	0,35	8	5,62	0,38
Lb	5	3,5	0,19	6	3,78	0,19	7	5,73	0,41	8	6,12	0,4
Jor	5	3,4	0,37	6	2,92	0,13	7	6,25	0,39	8	7,26	0,48
Sec	5	3,9	0,12	6	3,71	0,23	7	7,06	0,55	8	6,57	0,43

Tabela 18 – ANOVA para os momentos Mz.

ANOVA TwoWay (06/02/2013 14:35:56)							
Notes							
Input Data							
Descriptive Statistics							
FactorA							
V1F1	24	4,28875	0,45304	0,09248	0,20525	0	24
V2F1	24	3,65958	0,50602	0,10329	0,25606	0	24
V1F2	24	6,48583	0,51775	0,10568	0,26806	0	24
V2F2	24	5,70292	0,72351	0,14769	0,52347	0	24
FactorB							
BABA $\ominus$	12	4,7275	1,22919	0,35484	1,51091	0	12
GIRASOL	12	5,34667	1,84612	0,53293	3,40817	0	12
SOJA	12	5,33417	1,01557	0,29317	1,03139	0	12
MILHO	12	5,46167	1,1709	0,33801	1,37102	0	12
CANOLA	12	4,84167	1,24349	0,35896	1,54627	0	12
LB2000	12	4,89583	1,10225	0,31819	1,21495	0	12
JORRO	12	4,73167	1,25959	0,36361	1,58656	0	12
A SECO	12	4,935	1,08636	0,3136	1,18017	0	12
Overall							
	N	Mean	SD	SEM	Variance	Missing	NonMissing
	96	5,03427	1,25156	0,12774	1,5664	0	96
Interaction							
V1F1							
BABA $\ominus$	3	4,10667	0,04509	0,02603	0,00203	0	3
GIRASOL	3	3,98333	0,08505	0,0491	0,00723	0	3
SOJA	3	5,28	0,10583	0,0611	0,0112	0	3
MILHO	3	4,27	0,1179	0,06807	0,0139	0	3
CANOLA	3	3,85	0,08718	0,05033	0,0076	0	3
LB2000	3	4,13	0,14526	0,08386	0,0211	0	3
JORRO	3	4,11667	0,15011	0,08667	0,02253	0	3
A SECO	3	4,57333	0,34385	0,19852	0,11823	0	3
V2F1							
BABA $\ominus$	3	3,19333	0,18877	0,10899	0,03563	0	3
GIRASOL	3	3,24333	0,04041	0,02333	0,00163	0	3
SOJA	3	4,27	0,1253	0,07234	0,0157	0	3
MILHO	3	4,53667	0,10263	0,05925	0,01053	0	3
CANOLA	3	3,59667	0,3453	0,19936	0,11923	0	3
LB2000	3	3,67667	0,1365	0,07881	0,01863	0	3
JORRO	3	3,19	0,1	0,05774	0,01	0	3
A SECO	3	3,57	0,29206	0,16862	0,0853	0	3
V1F2							
BABA $\ominus$	3	6,26	0,11533	0,06658	0,0133	0	3
GIRASOL	3	7,1	0,21794	0,12583	0,0475	0	3
SOJA	3	6,87333	0,31974	0,1846	0,10223	0	3
MILHO	3	6,89333	0,29704	0,1715	0,08823	0	3
CANOLA	3	6,37667	0,48604	0,28061	0,23623	0	3
LB2000	3	6,26667	0,26633	0,15377	0,07093	0	3
JORRO	3	6,26667	0,26633	0,15377	0,07093	0	3
A SECO	3	5,85	0,75386	0,43524	0,5683	0	3

	V2F2	BABA $\ominus$ 1	3	5,35	0,21517	0,12423	0,0463	0	3	
		GIRASOL	3	7,06	0,5	0,28868	0,25	0	3	
		SOJA	3	4,91333	0,14572	0,08413	0,02123	0	3	
		MILHO	3	6,14667	0,48583	0,2805	0,23603	0	3	
		CANOLA	3	5,54333	0,2616	0,15103	0,06843	0	3	
		LB2000	3	5,51	0,27875	0,16093	0,0777	0	3	
		JORRO	3	5,35333	0,6133	0,35409	0,37613	0	3	
		A SECO	3	5,74667	0,69573	0,40168	0,48403	0	3	

**ANOVA****Overall ANOVA**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
FactorA	3	119,99251	39,9975	392,85053	0
FactorB	7	7,46387	1,06627	10,47275	1,09088E-8
Interaction	21	14,8353	0,70644	6,93859	8,34661E-10
Model	31	142,29168	4,59005	45,08294	0
Error	64	6,51607	0,10181	--	--
Corrected Total	95	148,80775	--	--	--

At the 0.05 level, the population means of Factor A are significantly different.

At the 0.05 level, the population means of Factor B are significantly different.

At the 0.05 level, the interaction between Factor A and Factor B is significant.

**Means Comparisons****Tukey Test****FactorA**

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
V2F1 V1F1	-0,62917	0,09211	9,65981	9,40611E-9	0,05	1	-0,87214	-0,38619
V1F2 V1F1	2,19708	0,09211	33,73257	9,43343E-8	0,05	1	1,95411	2,44006
V1F2 V2F1	2,82625	0,09211	43,39238	--	0,05	1	2,58328	3,06922
V2F2 V1F1	1,41417	0,09211	21,71218	--	0,05	1	1,17119	1,65714
V2F2 V2F1	2,04333	0,09211	31,37199	2,26981E-9	0,05	1	1,80036	2,28631
V2F2 V1F2	-0,78292	0,09211	12,02039	--	0,05	1	-1,02589	-0,53994

**FactorB**

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
GIRASOL BABA $\ominus$ 1	0,61917	0,13026	6,72195	3,01391E-4	0,05	1	0,211	1,02734
SOJA BABA $\ominus$ 1	0,60667	0,13026	6,58625	4,24036E-4	0,05	1	0,1985	1,01484
SOJA GIRASOL	-0,0125	0,13026	0,13571	--	0,05	0	-0,42067	0,39567
MILHO BABA $\ominus$ 1	0,73417	0,13026	7,97044	1,13579E-5	0,05	1	0,326	1,14234
MILHO GIRASOL	0,115	0,13026	1,24849	0,98662	0,05	0	-0,29317	0,52317
MILHO SOJA	0,1275	0,13026	1,3842	0,97587	0,05	0	-0,28067	0,53567
CANOLA BABA $\ominus$ 1	0,11417	0,13026	1,23944	0,98717	0,05	0	-0,294	0,52234
CANOLA GIRASOL	-0,505	0,13026	5,48251	0,00582	0,05	1	-0,91317	-0,09683
CANOLA SOJA	-0,4925	0,13026	5,3468	0,00786	0,05	1	-0,90067	-0,08433
CANOLA MILHO	-0,62	0,13026	6,731	2,94571E-4	0,05	1	-1,02817	-0,21183
LB2000 BABA $\ominus$ 1	0,16833	0,13026	1,8275	0,89845	0,05	0	-0,23984	0,5765
LB2000 GIRASOL	-0,45083	0,13026	4,89445	0,02039	0,05	1	-0,859	-0,04266
LB2000 SOJA	-0,43833	0,13026	4,75874	0,02675	0,05	1	-0,8465	-0,03016
LB2000 MILHO	-0,56583	0,13026	6,14294	0,00126	0,05	1	-0,974	-0,15766
LB2000 CANOLA	0,05417	0,13026	0,58806	0,99989	0,05	0	-0,354	0,46234
JORRO BABA $\ominus$ 1	0,00417	0,13026	0,04524	--	0,05	0	-0,404	0,41234
JORRO GIRASOL	-0,615	0,13026	6,67672	3,37854E-4	0,05	1	-1,02317	-0,20683
JORRO SOJA	-0,6025	0,13026	6,54101	4,74757E-4	0,05	1	-1,01067	-0,19433
JORRO MILHO	-0,73	0,13026	7,92521	1,2831E-5	0,05	1	-1,13817	-0,32183
JORRO CANOLA	-0,11	0,13026	1,19421	0,98969	0,05	0	-0,51817	0,29817
JORRO LB2000	-0,16417	0,13026	1,78227	0,90984	0,05	0	-0,57234	0,244
A SECO BABA $\ominus$ 1	0,2075	0,13026	2,25271	0,7527	0,05	0	-0,20067	0,61567
A SECO GIRASOL	-0,41167	0,13026	4,46924	0,04661	0,05	1	-0,81984	-0,0035
A SECO SOJA	-0,39917	0,13026	4,33353	0,05973	0,05	0	-0,80734	0,009
A SECO MILHO	-0,52667	0,13026	5,71773	0,00342	0,05	1	-0,93484	-0,1185
A SECO CANOLA	0,09333	0,13026	1,01327	0,9962	0,05	0	-0,31484	0,5015
A SECO LB2000	0,03917	0,13026	0,42521	0,99999	0,05	0	-0,369	0,44734
A SECO JORRO	0,20333	0,13026	2,20748	0,77116	0,05	0	-0,20484	0,6115

Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0.05 level.

Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0.05 level.

Tabela 19 - Média do momento Mz e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8 de girassol,

girassol	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Mz	4,0	3,24	7,15	7,06	3,6	3,89	5,99	5,25
Sd	0,08	0,11	0,37	0,39	0,20	0,18	0,27	0,18
C. V. %	2	3,40	5,17	5,52	5,56	4,62	4,5	3,43

Tabela 20 - Média do momento Mz e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8 a seco.

A seco	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Mz	4,57	3,57	5,85	5,75	3,9	3,71	7,06	6,57
Sd	0,24	0,21	0,31	0,36	0,12	0,23	0,55	0,43
C. V. %	5,25	5,89	5,29	6,26	3,07	6,2	7,8	6,55

Tabela 21 - Média do momento Mz e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8 LB2000,

LB2000	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Mz	4,13	3,68	6,92	5,51	3,5	3,78	5,73	6,12
Sd	0,26	0,09	0,28	0,27	0,19	0,19	0,41	0,4
C. V. %	6,29	2,45	4,45	4,9	5,42	5,03	7,16	6,54

Tabela 22 - Média do momento Mz e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8 jorro,

Jorro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Mz	4,11	3,19	6,26	5,35	3,4	2,92	6,25	7,26
Sd	0,35	0,18	0,48	0,34	0,37	0,13	0,39	0,48
C. V. %	8,52	5,65	7,67	6,36	10,89	4,45	6,24	6,62

Tabela 23 - Média do momento Mz e desvio padrão (sd), dos testes 1 a 8 do óleo de canola,

canola	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Mz	3,85	3,80	6,38	5,54	3,8	3,53	5,95	5,62
Sd	0,29	0,26	0,31	0,29	0,19	0,21	0,35	0,38
C. V. %	7,54	6,85	4,86	5,24	5,00	5,95	5,89	6,76

Tabela 24 - Resultados da matriz de planejamento.

Testes	$v_c$	f	L	Atmosfera	$M_z$ (N.m)
1	17	0,1	15	Girassol	4,0
2	25	0,1	15	Girassol	3,24
3	17	0,2	15	Girassol	7,15
4	25	0,2	15	Girassol	7,06
5	17	0,1	50	Girassol	3,6
6	25	0,1	50	Girassol	3,89
7	17	0,2	50	Girassol	5,99
8	25	0,2	50	Girassol	5,25
9	17	0,1	15	A seco	4,57
10	25	0,1	15	A seco	3,57
11	17	0,2	15	A seco	5,85
12	25	0,2	15	A seco	5,75
13	17	0,1	50	A seco	3,9
14	25	0,1	50	A seco	3,71
15	17	0,2	50	A seco	7,06
16	25	0,2	50	A seco	6,57

Tabela 25 - Resultados da matriz de planejamento.

Testes	$v_c$	f	L	Atmosfera	$M_z$ (N.m)
1	17	0,1	15	Girassol	4,0
2	25	0,1	15	Girassol	3,24
3	17	0,2	15	Girassol	7,15
4	25	0,2	15	Girassol	7,06
5	17	0,1	50	Girassol	3,6
6	25	0,1	50	Girassol	3,89
7	17	0,2	50	Girassol	5,99
8	25	0,2	50	Girassol	5,25
9	17	0,1	15	LB2000	4,13
10	25	0,1	15	LB2000	3,68
11	17	0,2	15	LB2000	6,29
12	25	0,2	15	LB2000	5,51
13	17	0,1	50	LB2000	3,5
14	25	0,1	50	LB2000	3,78
15	17	0,2	50	LB2000	5,73
16	25	0,2	50	LB2000	6,12

Tabela 26 - Resultados da matriz de planejamento.

Testes	$v_c$	f	L	Atmosfera	$M_z$ (N.m)
1	17	0,1	15	Girassol	4,0
2	25	0,1	15	Girassol	3,24
3	17	0,2	15	Girassol	7,15
4	25	0,2	15	Girassol	7,06
5	17	0,1	50	Girassol	3,6
6	25	0,1	50	Girassol	3,89
7	17	0,2	50	Girassol	5,99
8	25	0,2	50	Girassol	5,25
9	17	0,1	15	Jorro	4,11
10	25	0,1	15	Jorro	3,19
11	17	0,2	15	Jorro	6,26
12	25	0,2	15	Jorro	5,35
13	17	0,1	50	Jorro	3,4
14	25	0,1	50	Jorro	2,92
15	17	0,2	50	Jorro	6,25
16	25	0,2	50	Jorro	7,26

Tabela 27 - Resultados da matriz de planejamento canola e a seco.

Testes	$v_c$	f	L	Atmosfera	$M_z$ (N.m)
1	17	0,1	15	Canola	3,85
2	25	0,1	15	Canola	3,80
3	17	0,2	15	Canola	6,38
4	25	0,2	15	Canola	5,54
5	17	0,1	50	Canola	3,8
6	25	0,1	50	Canola	3,53
7	17	0,2	50	Canola	5,95
8	25	0,2	50	Canola	5,62
9	17	0,1	15	A seco	4,57
10	25	0,1	15	A seco	3,57
11	17	0,2	15	A seco	5,85
12	25	0,2	15	A seco	5,75
13	17	0,1	50	A seco	3,9
14	25	0,1	50	A seco	3,71
15	17	0,2	50	A seco	7,06
16	25	0,2	50	A seco	6,57

Tabela 28 - Resultados da matriz de planejamento canola e LB2000.

Testes	$v_c$	f	L	Atmosfera	$M_z$ (N.m)
1	17	0,1	15	Canola	3,85
2	25	0,1	15	Canola	3,80
3	17	0,2	15	Canola	6,38
4	25	0,2	15	Canola	5,54
5	17	0,1	50	Canola	3,8
6	25	0,1	50	Canola	3,53
7	17	0,2	50	Canola	5,95
8	25	0,2	50	Canola	5,62
9	17	0,1	15	LB2000	4,13
10	25	0,1	15	LB2000	3,68
11	17	0,2	15	LB2000	6,92
12	25	0,2	15	LB2000	5,51
13	17	0,1	50	LB2000	3,5
14	25	0,1	50	LB2000	3,78
15	17	0,2	50	LB2000	5,73
16	25	0,2	50	LB2000	6,12

Tabela 29 - Resultados da matriz de planejamento canola e jorro.

Testes	$v_c$	f	L	Atmosfera	$M_z$ (N.m)
1	17	0,1	15	Canola	3,85
2	25	0,1	15	Canola	3,80
3	17	0,2	15	Canola	6,38
4	25	0,2	15	Canola	5,54
5	17	0,1	50	Canola	3,8
6	25	0,1	50	Canola	3,53
7	17	0,2	50	Canola	5,95
8	25	0,2	50	Canola	5,62
9	17	0,1	15	Jorro	4,11
10	25	0,1	15	Jorro	3,19
11	17	0,2	15	Jorro	6,26
12	25	0,2	15	Jorro	5,35
13	17	0,1	50	Jorro	3,4
14	25	0,1	50	Jorro	2,92
15	17	0,2	50	Jorro	6,25
16	25	0,2	50	Jorro	7,26

Tabela 30 - Planejamento fatorial utilizado nos testes de vida da ferramenta girassol e a seco.

Teste	$v_c$ (m/min)	f (mm/rot)	Atmosfera	Furos	Desgastes
1	17(-1)	0,10(-1)	Seco	90	0,30 Quebra
2	25(+1)	0,10(-1)	Girassol	80	0,31
3	17(-1)	0,20(+1)	Girassol	70	0,30
4	25(+1)	0,20(+1)	Seco	50	0,30
5	17(-1)	0,10(-1)	Girassol	140	0,30
6	25(+1)	0,10(-1)	Seco	60	0,30
7	17(-1)	0,20(+1)	Seco	60	0,30
8	25(+1)	0,20(+1)	Girassol	60	0,30

Tabela 31 - Planejamento fatorial utilizados nos testes de vida da ferramenta. girassol e LB2000.

Teste	$v_c$ (m/min)	f (mm/rot)	Atmosfera	Furos	Desgastes
1	17(-1)	0,10(-1)	LB200	110	0,30
2	25(+1)	0,10(-1)	Girassol	80	0,31
3	17(-1)	0,20(+1)	Girassol	70	0,30
4	25(+1)	0,20(+1)	LB2000	50	0,30
5	17(-1)	0,10(-1)	Girassol	140	0,30
6	25(+1)	0,10(-1)	LB200	80	0,30
7	17(-1)	0,20(+1)	LB200	60	0,30
8	25(+1)	0,20(+1)	Girassol	60	0,30

Tabela 32 - Desgastes dos testes a seco

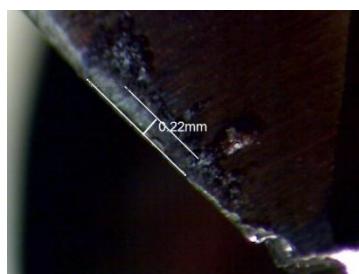
T1 a seco	40f = 0,16	50f = 0,18	60f = 0,20	70f = 0,22	80f = 0,25	90f = 0,30
T4 a seco	20f = 0,18	30f = 0,21	40f = 0,25	50f = 0,30	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx
T6 a seco	20f = 0,19	30f = 0,20	40f = 0,22	50f = 0,26	60f = 0,31	xxxxxxxxxx
T7 a seco	20f = 0,15	30f = 0,18	40f = 0,22	50f = 0,24	60f = 0,30	xxxxxxxxxx

Tabela 33. Desgastes dos testes de girassol

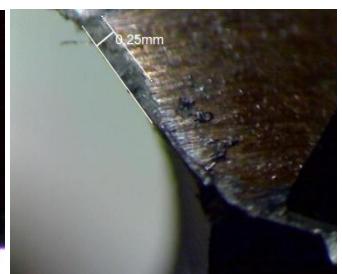
T2 girassol	30f = 0,19	40f = 0,21	50f = 0,24	60f = 0,27	70f = 0,29	80f = 0,31
T3 girassol	30f = 0,15	40f = 0,18	50f = 0,20	60f = 0,24	70f = 0,30	xxxxxxxxxx
T5 girassol	100f = 0,16	110f = 0,18	120f = 0,20	130f = 0,25	140f = 0,30	xxxxxxxxxx
T8 girassol	20f = 0,17	30f = 0,20	40f = 0,22	50f = 0,25	60f = 0,30	xxxxxxxxxx

Tabela 34. Desgastes dos testes de LB2000

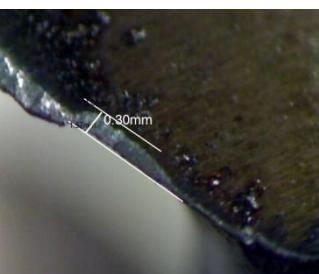
T1 LB2000	60 f=0,17	70f =0,18	80f =0,19	90f =0,23	100f=0,26	110f=0,30
T4 LB2000	20f =0,21	30f =0,24	40f =0,26	50f =0,30	xxxxxxxxx	xxxxxxxxxx
T6 LB2000	40f =0,16	50f =0,19	60f =0,22	70f =0,26	80f = 0,30	Xxxxxxxxxxx
T7 LB2000	30f =0,18	40f =0,22	50f =0,26	60f-=0,30	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx



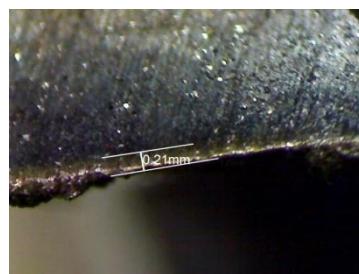
T1 70 furos a seco



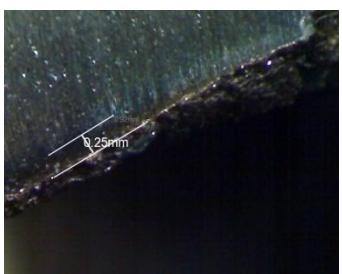
T1 80 furos a seco



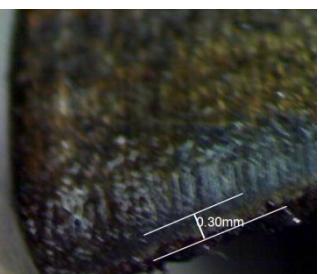
T1 90 furos a seco



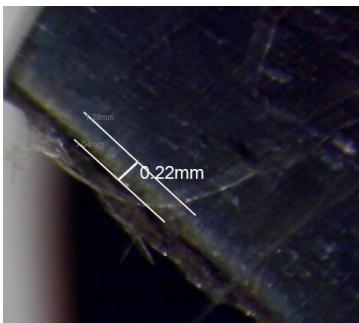
T2 30 furos a seco



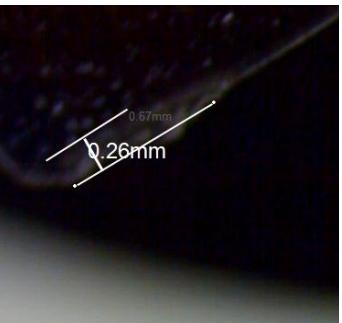
T2 40 furos a seco



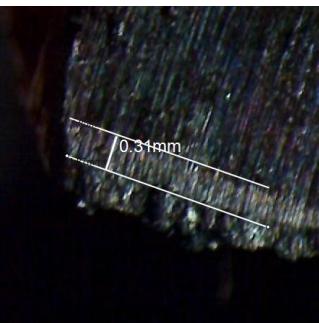
T2 50 furos a seco



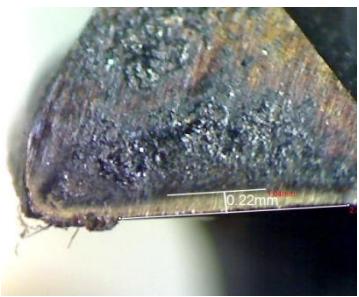
T6 30 furos a seco



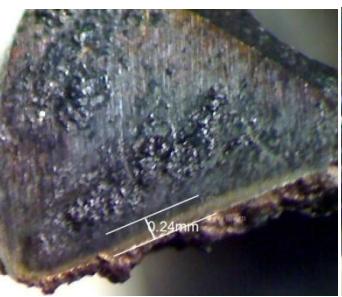
T6 40 furos a seco



T6 50 furos a seco



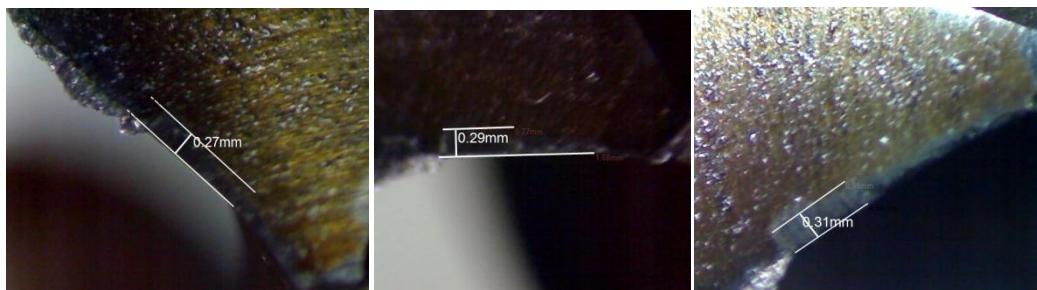
T7 40 furos a seco



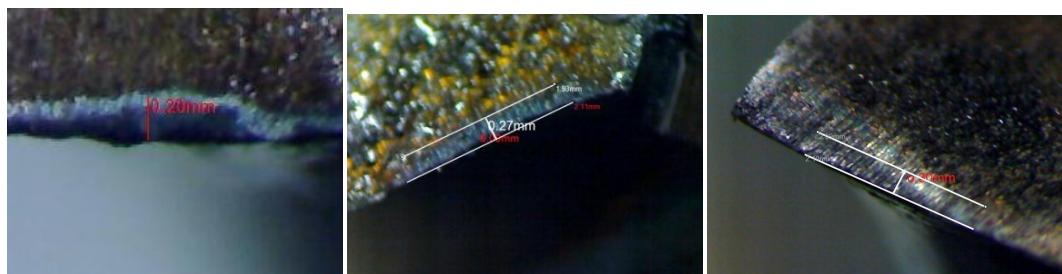
T7 50 furos a seco



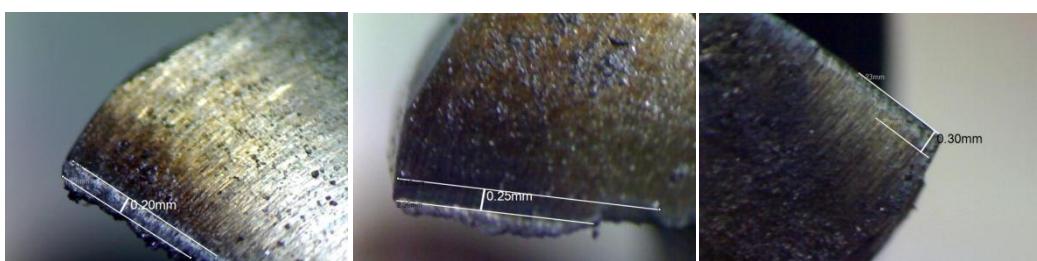
T7 60 furos a seco



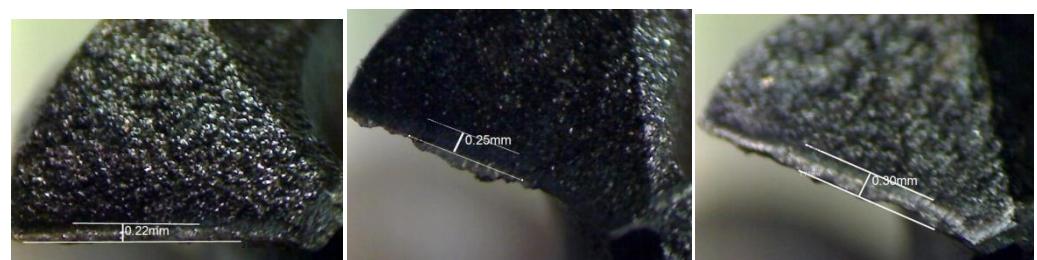
T2 60 furos girassol      T2 70 furos girassol      T2 80 furos girassol



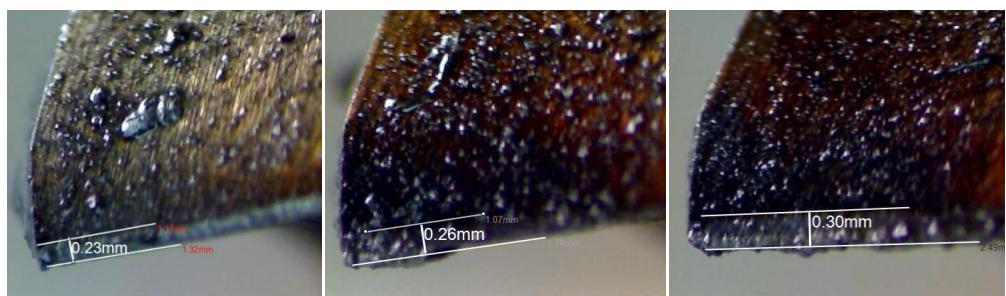
T3 50 furos girassol      T3 60 furos girassol      T3 70 furos girassol



T5 120 furos girassol      T5 130 furos girassol      T140 furos girassol



T8 40 furos girassol      T8 50 furos girassol      T8 60 furos girassol



T1 90 furos LB2000      T1 100 furos LB2000      T1 110 furos LB2000

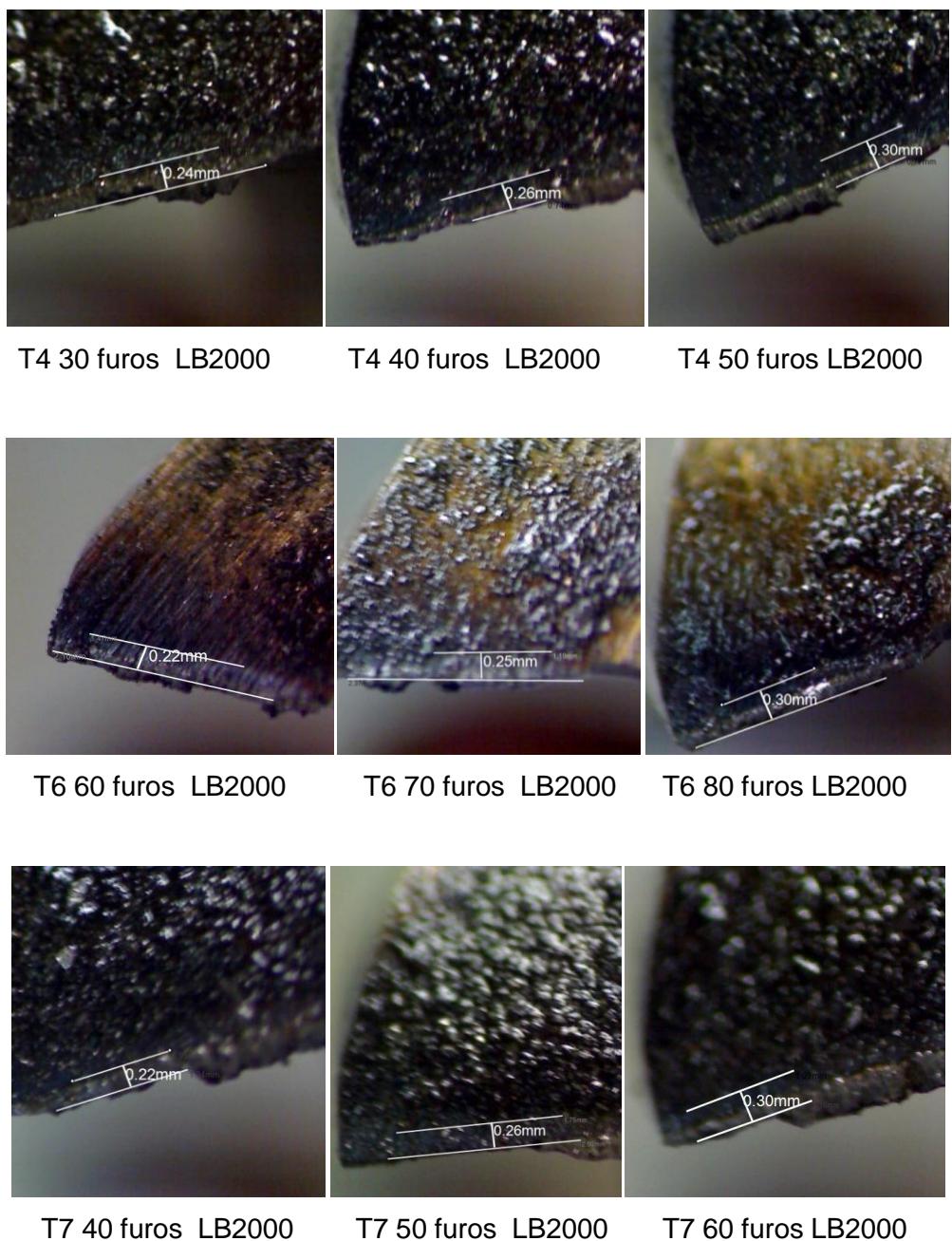


Figura 10 - Aspectos das pontas de corte das brocas HSS utilizadas nos testes de vida da furação a seco, óleo de girassol e LB2000 na forma MQF para os três últimas medidas ou números de furos.

Tabela 35 - Taxa de refrigeração no intervalo de temperatura de 300 a 200 °C

	MILHO	ALGO	LB2000	BABA	GIRA	CANO	SOJA	SECO
T1 (s)	6,767	6,1675	3,1674	1,89	1,3229	2,67	6,871	84,6
T2 (s)	17,73	17,99	16	15,609	16,2	17,8	35,97	368,4
ΔT °c/s	9,12	8,45	7,85	7,28	6,76	6,61	3,43	0,35

Tabela 36 - Taxa de refrigeração no intervalo de temperatura de 300 a 30 °C

	CANO	GIRA	BABA	MILHO	LB2000	ALGO	SOJA	SECO
T1 (s)	2,67	1,3229	1,89	6,7679	3,1674	6,1675	6,8715	
T2 (s)	373	398,2	394,41	417,811	520	542,2	549,80	
ΔT c/s	0,72	0,68	0,68	0,65	0,52	0,50	0,49	

Tabela 37 - Valores obtidos nos testes de energia

Testes	Peso antes do ensaio (g)	Valor da escala menor	Média	Peso após ensaio (g)	Perda de massa (mg )	Energia Específica J/mg
Canola T1	46,06	4,0	4,7	46,04	20	0,235
Canola R1		5,4		46,02		
Girassol T2	46,21	10,0	6	46,19	20	0,3
Girassol R2		2,0		46,17		
Milho T3	45,73	6,6	8	45,71	20	0,4
JMilho R3		9,5		45,69		
Babaçu T5	45,95	6,2	7,6	45,93	20	0,38
Babaçu R5		9,0		45,91		
Soja T6	45,83	6,0	7,0	45,81	20	0,35
Soja R6		8,0		45,79		
LB2000 T7	45,83	16,2	13,7	45,81	20	0,685
LB 2000 R7		11,2		45,79		
Jorro T8	45,40	12	10	45,38	20	0,5
Jorro R8		8,0		45,36		

Tabela 38 - Comparação dos momentos obtidos no centro e fora do centro nas mesmas condições de corte.

	Seco	Média	Desvio padrão
T9 Mz ct 50 mm		3,74029 *	0,21154
T2 Mz M15 mm		3,57234 *	0,21654
T6 Mz 50 mm		3,71072 *	0,23561
Soja	Mean		sd
T9 Mz ct 50 mm		3,41105 *	0,12934
T2 Mz 15 mm		4,27211 *	0,24268
T6 Mz 50 mm		4,39882 *	0,50699
Babaçú	Mean		sd
T9 Mz centro		4,22108 *	0,19013
T2 Mz 15 mm		4,11013 *	0,1812
T6 Mz 50 mm		3,57303*	0,09876
Canola	Mean		sd
T9 Mz ct		3,57599 *	0,2175
T2 Mz 15 mm		3,80183 *	0,2696
T6 Mz 50 mm		3,53691 *	0,21266

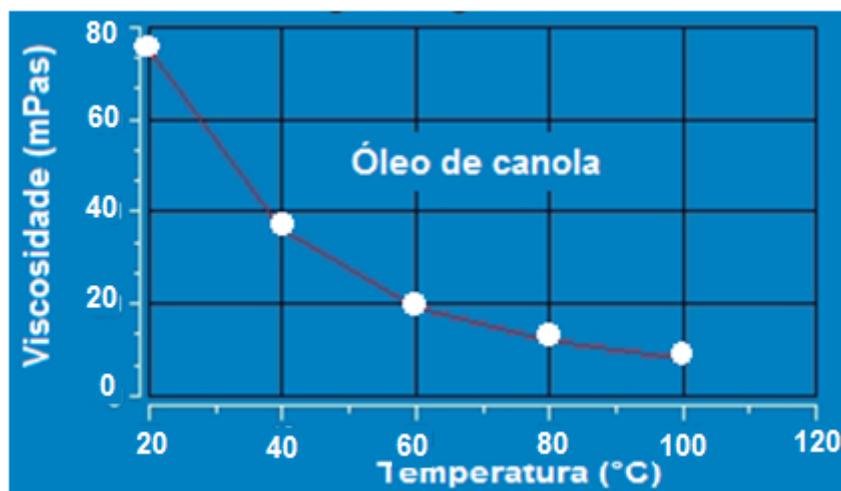


Figura 11 - gráfico viscosidade do óleo de canola

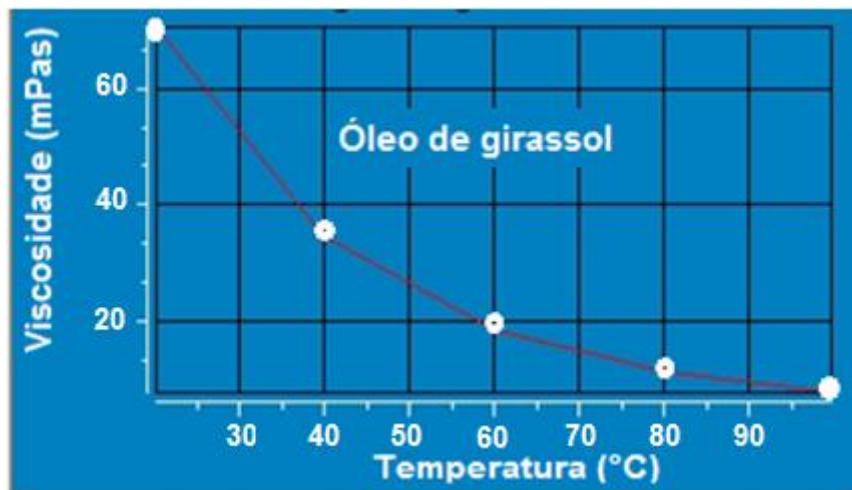


Figura 12 - Viscosidade do óleo de girassol.

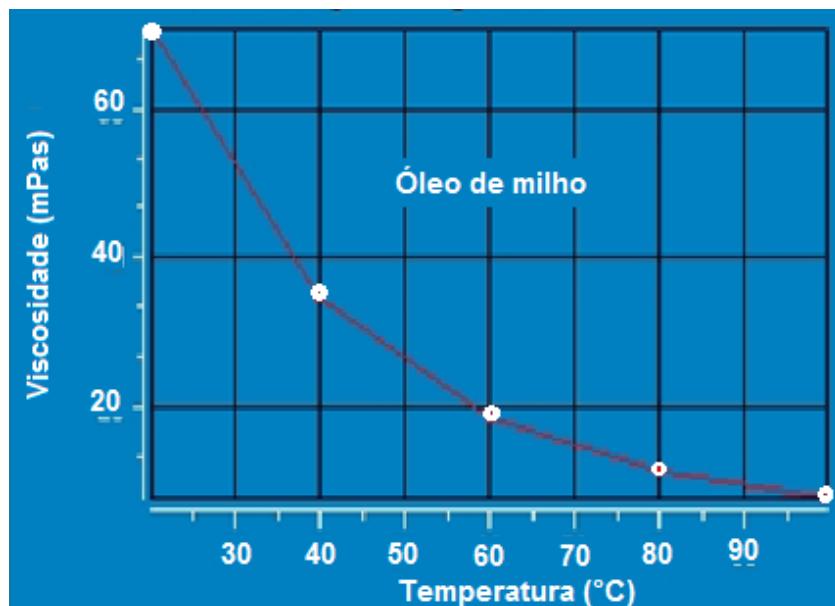


Figura 13 - Viscosidade do óleo de milho.

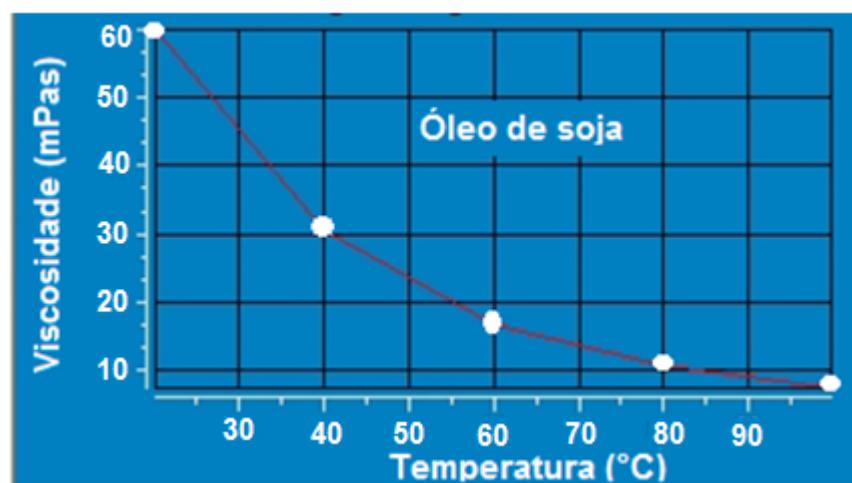


Figura 14 - Viscosidade do óleo de soja

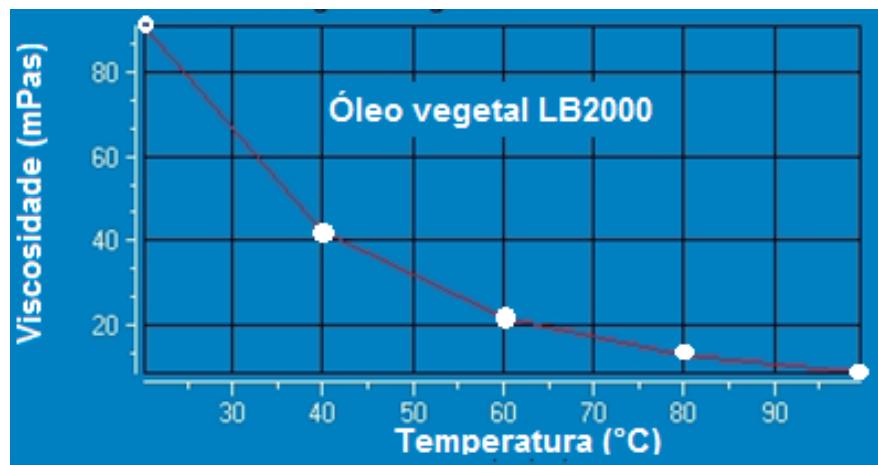


Figura 15 - Gráfico da viscosidade do óleo vegetal LB2000

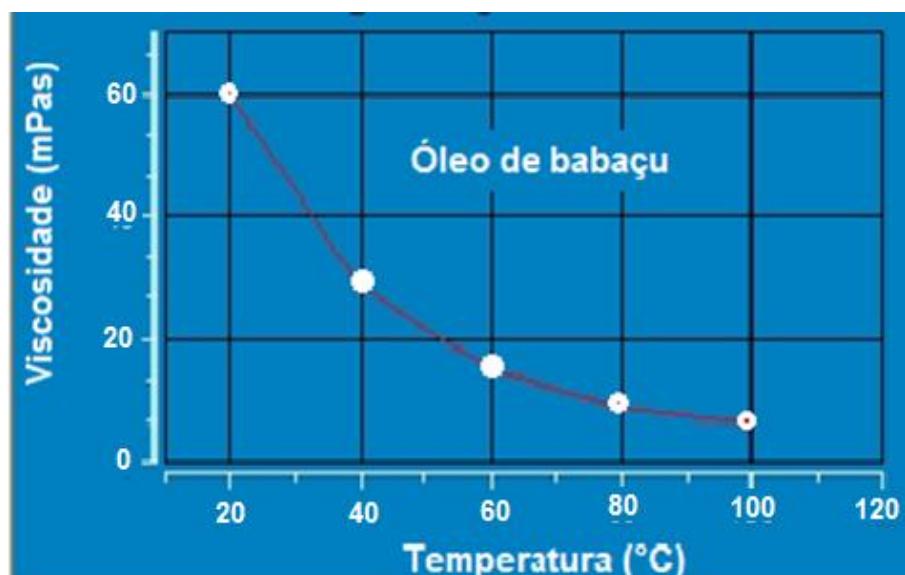


Figura 16 - Gráfico da viscosidade do óleo de babaçu.

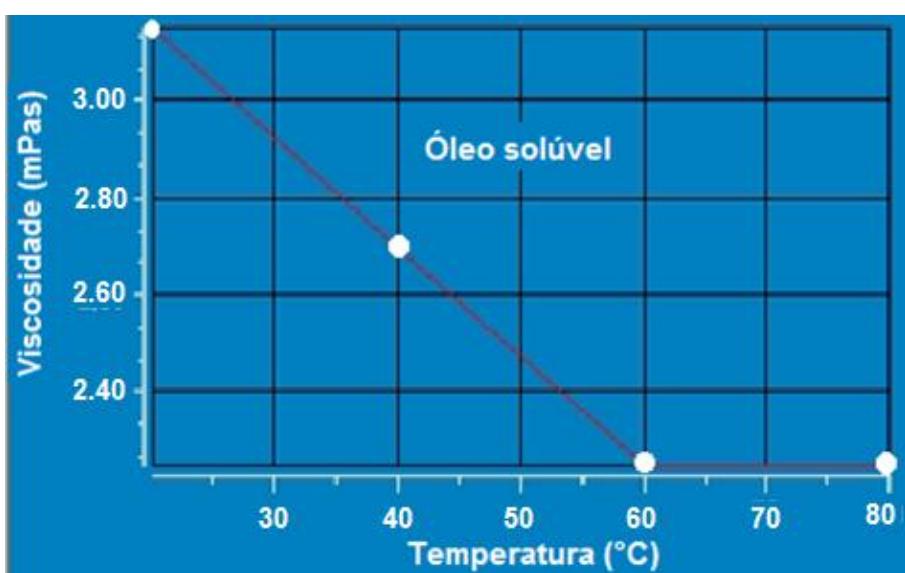


Figura 17 - Gráfico da viscosidade do óleo solúvel.

## APÊNDICE 2

### PROGRAMA CNC PARA FURAÇÃO

$$v_c = 25 \text{ m/min}$$

$$n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times D} \text{ rpm} \quad n = \frac{1000 \times 25}{3.14 \times 10} = 796 \cong 800 \text{ rpm}$$

$$v_c = 17 \text{ m/min}$$

$$n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times D} \text{ rpm} \quad n = \frac{1000 \times 17}{3.14 \times 10} = 541 \cong 540 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n = 0,2 \times 800 \rightarrow F = 160 \text{ mm/min} \quad \text{para programação com G54}$$

$$F = f \times n = 0,1 \times 800 \rightarrow F = 80 \text{ mm/min}$$

**; ... CICLO DE FURAÇÃO**

G17 G17 G90 G94

G53 G0 Z-110 D0

T8

M6

G54 D1

S800 M3

G1 X50 Y50 Z10 F1000

M00

M8

F160

MCALL CYCLE81 (5, 0, 2, -15)

ROLES2 (51.5, 51.5, 42, 0, 17.14, 5)

MCALL

G1 Z20 F300 M9

M30

## CAPÍTULO IX

### ANEXOS

#### **Composição química dos óleos comestíveis vegetais.**

a) Óleo de coco babaçu

1) Descrição

Óleo ou gordura comestível obtido da amêndoas do fruto de Attaleafunifera (babaçu) através de processos tecnológicos adequados.

2) Classificação:

Óleo de coco de babaçu ou gordura de coco de babaçu: óleo ou gordura obtido pelos processos de extração e refino.

3) Características físicas e químicas:

Tabela 1 Características físico – química do óleo de babaçu

Densidade relativa, 40°C/20°C	0,908 - 0,921
Índice de refração ( $n_D^{40}$ )	1,448 - 1,450
Índice de saponificação	248 - 265
Índice de iodo (Wijs)	6 – 11
Matéria insaponificável, g/100g	Máximo 1,5
ACIDEZ, G DE ÁCIDO OLÉICO/100G	
óleo refinado	Máximo 0,3
óleo bruto	Máximo 5,0
Índice de peróxido, meq/kg	Máximo 10

Fonte: Bondiloli (2003).

b) Óleo de canola

1) Descrição

Óleo obtido de sementes de Brassicacampestris L. e Brassicanapus L. (canola) através de processos tecnológicos adequados.

2) Classificação:

Óleo de canola: óleo obtido pelos processos de extração e refino.

3) Características físicas e químicas:

Tabela 2 - Características físico – química do óleo de canola

densidade relativa	0,914- 0,920 (20°C/20°C) 0,911 - 0,917 (25°C/25°C)
Índice de refração ( $n_D^{40}$ )	1,465 - 1,467
Índice de saponificação	182 -193
Índice de iodo (Wijs)	110 – 126
Matéria insaponificável, g/100g	Máximo 2,0
ACIDEZ, G DE ÁCIDO OLÉICO/100G	
óleo refinado	Máximo 0,3
Óleo semi-refinado	Máximo 0,5
Óleo degomado	Máximo 1,0
óleo bruto	Máximo 2,0
FÓSFORO, G/100G	
Óleo degomado	Máximo 0,02
Índice de peróxido, meq/kg	Máximo 10

Fonte: Bondiloli (2003).

c) Óleo de girassol

1) Descrição

Óleo comestível obtido de semente de HelianthusannusL. (girassol) através de processos tecnológicos adequados.

2) Classificação:

Óleo de girassol: óleo obtido pelos processos de extração e refino.

3) Características físicas e químicas:

Tabela 3 - Características físico – química do óleo de girassol

densidade relativa	0,918- 0,923 (20°C/20°C) 0,915 - 0,920 (25°C/25°C)
Índice de refração ( $n_D^{40}$ )	1,467 - 1,469
Índice de saponificação	188 - 194
Índice de iodo (Wijs)	110 - 143
Matéria insaponificável, g/100g	Máximo 1,5
ACIDEZ, G DE ÁCIDO OLÉICO/100G	
óleo refinado	Máximo 0,3
Óleo semi-refinado	Máximo 0,5
óleo bruto	Máximo 2,0
óleo virgem	Máximo 2,0
Índice de peróxido, meq/kg	Máximo 10

Fonte: Bondiloli (2003).

d) Óleo de milho

1) Descrição

Óleo comestível obtido do germe de Zeamays (milho) através de processos tecnológicos adequados.

2) Classificação:

Óleo de milho: óleo obtido pelos processos de extração e refino.

3) Características físicas e químicas:

Tabela 4 - Características físico – química do óleo de milho

Densidade relativa	0,917- 0,925 (20°C/20°C) 0,914 - 0,922 (25°C/25°C)
Índice de refração ( $n_D^{40}$ )	1,465 - 1,468
Índice de saponificação	187 - 195
Índice de iodo (Wijs)	103 - 128
Matéria insaponificável, g/100g	Máximo 2, 8
ACIDEZ, G DE ÁCIDO OLÉICO/100G	
óleo refinado	máximo 0,3
Óleo semi-refinado	máximo 0,5
óleo bruto	máximo 6,0
Índice de peróxido, meq/kg	máximo 10

Fonte: Bondiloli (2003).

e) Óleo de soja

1) Descrição

Óleo comestível obtido de sementes de Glycinemax L. (soja) através de processos tecnológicos adequados.

2) Classificação:

Óleo de soja: óleo obtido pelos processos de extração e refino.

3) Características físicas e químicas:

Tabela 5 - Características físico – química do óleo de soja

Densidade relativa	0,919- 0,925 (20°C/20°C) 0,916 - 0,922 (25°C/25°C)
Índice de refração ( $n_D^{40}$ )	1,466 - 1,470
Índice de saponificação	189 - 195
Índice de iodo (Wijs)	120 - 143
Matéria insaponificável, g/100g	Máximo 1,5
ACIDEZ, G DE ÁCIDO OLÉICO/100G	
óleo refinado	Máximo 0,3
Óleo semi-refinado	Máximo 0,5
Óleo degomado	Máximo 1,0
óleo bruto	Máximo 2,0
Índice de peróxido, meq/kg	Máximo 10
FÓSFORO, G/100G	
Óleo degomado	Máximo 0,02

Fonte: Bondiloli (2003).

#### Teor de ácidos graxos

O grau de insaturação do óleo tem sido considerado há muito tempo como um dos fatores mais importantes, devido à distinta reatividade dos ácidos graxos insaturados. Segundo Paul e Mittal (1997), os óleos vegetais apresentam alto índice de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados. Assim, são mais susceptíveis às alterações oxidativas e em pouco tempo se tornam rançosos e de qualidade inferior à temperatura ambiente. A Tab. 2.8 apresenta o teor de ácidos graxos dos óleos vegetais utilizados nesta pesquisa.

Tabela 6 - Teor de ácidos graxos em óleos vegetais

ÓLEOS	ÁCIDO GRAXO		ÁCIDO GRAXO POLIINSATURADO	
	SATURADO	MONOINSATURAD	AC.	AC.
			LINOLÉICO	LINOLÊNICO
Canola	6%	58%	26%	10%
Girassol	11%	19%	69%	1%
Milho	13%	25%	61%	1%
Soja	15%	24%	54%	7%
Babaçu	60%	25%	13%	2%

Fonte: Moretto (1998)

Tabela 7 - Composição química do material utilizado fornecido pelo vendedor

GERDAU ACOS ESPECIAIS PIRATINI												QUALITY CERTIFICATE MILL'S TEST CERTIFICATE CERTIFICADO DE CALIDAD											
A FISCAL/INVOICE			PESO/WEIGHT (kg)		PED./CLIENTE/CUST. ORDER		ORD-FORNEC/ORD-SUPPLY		QUALIDADE/GRADE		PRODUTO/PRODUCT BARRA LAMINADA REDONDA SEM TRATAMENTO SEM ACABAMENTO												
1195	20557,00	E-MAIL:15.1	13053574 - 807453106	SAE 1045	BITOLA/SIZE (mm)	101,60	NORMA/SPECIFICATION PADRÃO	LOTE/BATCH 84444800 CORRIDA/HEAT 12.333.576															
ALÍSE QUÍMICA/CHEMICAL COMPOSITION												SAIS MECÂNICOS/MECHANICAL PROPS.											
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Al	Sn	Cu	Pb	Nb	N	Cu105n	HB	DUREZA					
.48	0,26	0,66	0,023	0,017	0,16	0,05	0,02	0,002	0,002	0,013	0,009	0,10	0,001	0,001	0,0079	0,19	205						
SAIS METALÓGRAFICOS/METALLOGRAPHIC TESTS												TESTES METALÓGRAFICOS											
T.GRÃO												TESTES METALÓGRAFICOS											
USTENÍTICO												TESTES METALÓGRAFICOS											
ASTM												TESTES METALÓGRAFICOS											
7												TESTES METALÓGRAFICOS											
CRONLUSÔBES/INCLUSION RATING NUMBERS												TESTES METALÓGRAFICOS											
AF	AG	BF	BG	CF	CG	DF	DG	TESTES METALÓGRAFICOS															
ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	TESTES METALÓGRAFICOS															
2,0	1,0	0	0	0	0	1,0	0	TESTES METALÓGRAFICOS															
OBSERVAÇÕES/OBSERVATIONS												DEPARTAMENTO DA QUALIDADE/QUALITY DEPARTMENT CHARQUEADAS, 12.03.2010											
Itens som aprovado.												Ilmo Jânio Souza de Oliveira - CREA 117203											

Tabela 8 - Composição química de aços especificados pela norma DIN 17.200

Designação DIN 17200	Designação DIN 1663	C	Si	Mn	P	S
Aços Carbonos						
C22	C22	0,18 - 0,25	0,15 - 0,35	0,30 - 0,60	0,045	0,045
C35	C35	0,32 - 0,40	0,15 - 0,35	0,40 - 0,70	0,045	0,045
C45	C45	0,42 - 0,50	0,15 - 0,35	0,50 - 0,80	0,045	0,045
C60	C60	0,57 - 0,65	0,15 - 0,35	0,50 - 0,80	0,045	0,045

Fonte: A.9 Ferraresi, (1977).

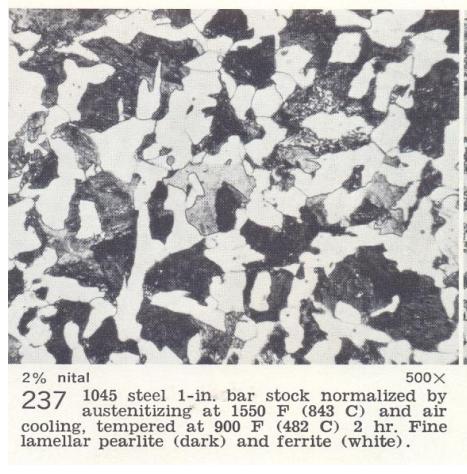


Figura 1 - Micografia do aço 1945 (METALS HANDBOOK, 1972).

Tabela 9 - Classificação dos metais segundo sua usinabilidade. Fonte: (Ferraresi, 1977).

CLASSE 2: FERROSOS (USINABILIDADE DE 50 A 70%)			
Notação AISI	Usinabilidade %	Dureza "Brinell"	
C — 1020 .....	65	137-174	
C — 1030 .....	70	170-212	
C — 1035 .....	65	174-217	
C — 1040* .....	60	179-229	
C — 1045* .....	60	179-229	
C — 1141 .....	65	183-241	
A — 2317 .....	55	174-217	
A — 3045* .....	60	179-229	
A — 3120 .....	60	163-207	
A — 3130* .....	55	179-217	
A — 3140* .....	55	187-229	
A — 3145* .....	50	187-235	
A — 4032* .....	65	170-229	

1 É tomada como base de comparação a usinagem do aço B-1112, ao qual se deu o índice 100% nas condições:

operação: torneamento;  
 velocidade de corte: 180 sfpm  $\cong$  55m/min;  
 avanço: 0,007 in per rev  $\cong$  0,178mm/giro;  
 profundidade de corte: 0,25 in  $\cong$  6,35mm;  
 ferramenta: aço rápido (18 W — 4 Cr — 1 V) com dureza 63 — 65 RC.

Tabela 10 - Valores dos parâmetros de corte para brocas HSS DIN 338.

RECOMENDAÇÃO DE PARÂMETROS DE CORTE POR TIPO DE MATERIAL														
TW104   TW105   TW106   TW204														
Classes de Materiais					A <sub>v</sub> · Avanço por Volta (mm)					Profundidade do Furo				
Tipo	Característica	Exemplos Classes / Normas (SAE - AISI)	Condição	Dureza	Velocidade de Corte (m/min)	1,59 mm 1/16"	3,17 mm 1/8"	6,35 mm 1/4"	9,52 mm 3/8"	12,70 mm 1/2"	15,87 mm 5/8"	19,05 mm 3/4"	25,40 mm 1"	Afé 4x0 5 a 8x0 acima
<b>AÇOS</b>														
<b>Aço Carbono</b>	Forjado Baixo Carbono	1005 ao 1025	Qualquer	85 a 275 HB	20 - 29	0,025	0,075	0,130	0,180	0,230	0,265	0,300	0,360	● ● ○ ○
	Forjado Médio Carbono	1030 ao 1050	Sem Têmpera / Revenido	125 a 225 HB	17 - 26	0,025	0,075	0,130	0,180	0,230	0,265	0,300	0,400	● ● ○ ○
			Temperado e Revenido	225 a 425 HB	11 - 18	0,015	0,050	0,075	0,128	0,180	0,205	0,230	0,280	● ○ ○ ○
	Forjado Alto Carbono	1060 ao 1572	Sem Têmpera / Revenido	175 a 225 HB	14 - 20	0,025	0,075	0,130	0,180	0,230	0,265	0,300	0,450	● ○ ○ ○
			Temperado e Revenido	225 a 425 HB	9 - 17	0,015	0,050	0,075	0,113	0,150	0,190	0,230	0,280	● ○ ○ ○

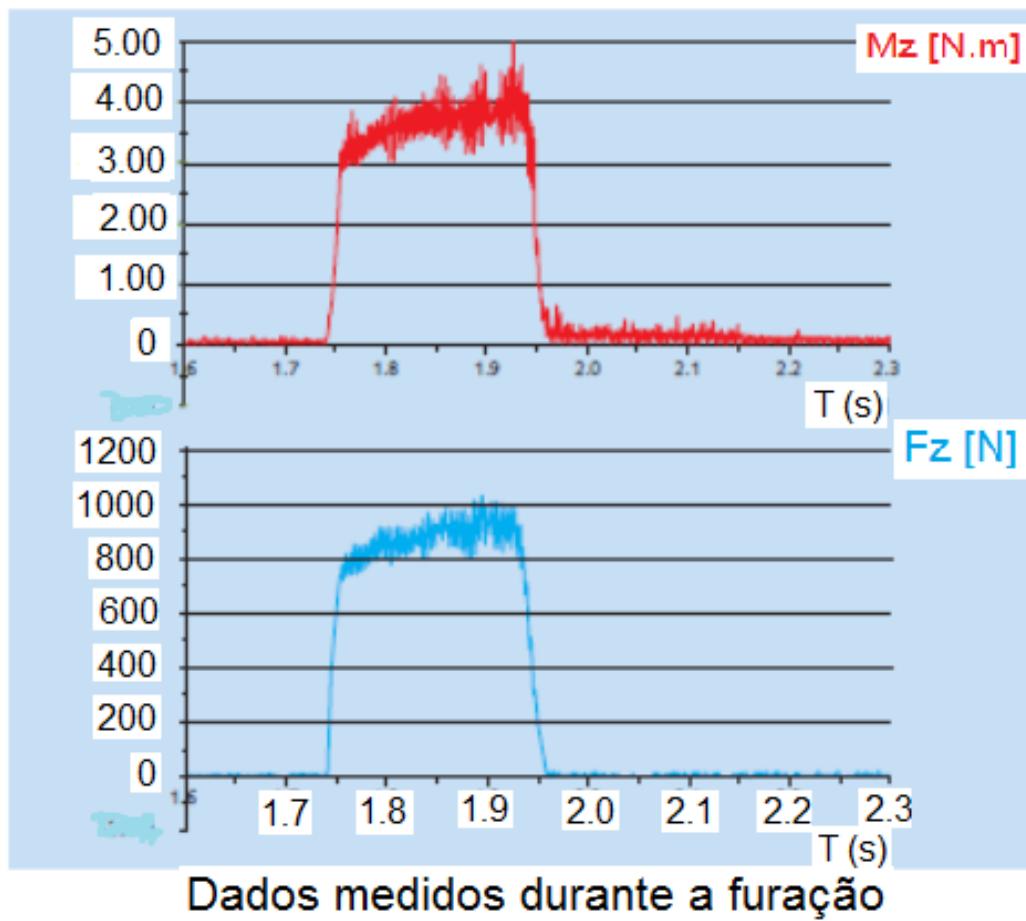


Figura 2. Gráfico característico de força de avanço e momento. Fonte: manual KISTLER.

Tabela 11 - Viscosidade dos óleos vegetais cSt. (BROCK, J. et al., 2008).

T(°C)	Soja	Milho	Girassol	Arroz	Algodão	Oliva	Canola
20	59,0	67,6	58,3	73,8	67,7	79,7	73,1
30	41,2	47,4	41,3	50,5	47,3	55,4	50,5
40	29,5	32,3	29,1	34,3	33,4	37,8	35,6
50	22,3	24,8	21,3	24,5	24,6	26,2	25,2
60	16,7	18,5	16,4	19,2	18,0	21,4	19,1
70	12,6	14,0	12,6	14,2	14,0	14,9	14,5

Tabela 12 - Densidade relativa e viscosidade cinemática dos óleos vegetais neutralizados  
Fonte: (SILVA, C. R. et al., 2011).

		Viscosidade (cSt)		
Tipo de óleo	Densidade relativa	T=20° C	T=40° C	T=100/ C
Limite NBR15442	0,96 máximo	150 máximo	50 máximo	15 máximo
Algodão	0,9207± 0,00	66,81 ± 0,09	33,98 ± 0,09	8,04 ± 0,00
Babaçu	-	-	27,51 ± 0,04	6,50 ± 0,02
Girassol	0,9249 ± 0,00	70,16 ± 0,13	32,15 ± 0,09	8,14 ± 0,00
Milho	0,9221 ± 0,00	74,95 ± 0,13	34,80 ± 0,06	8,35 ± 0,05
Soja	0,9239 ± 0,00	67,99 ± 0,27	31,60 ± 0,00	8,27 ± 0,02
Mineral	0,8797 ± 0,01	0,90 ± 0,00	9,35 ± 0,01	2,74 ± 0,00

Tabela 13 - Viscosidade cinemática dos óleos vegetais ABNT NBR 10441.

Características	Unidade	Método de ensaio	Valor especificado
Aspecto visual	-	-	O óleo deve ser claro, límpido e isento de materiais em suspensão
Cor	-	ABNT NBR 14483	1,0 máximo
Densidade relativa a 20/4 °C	-	ABNT NBR 7148	0,96 máximo
Viscosidade cinemática			
20°C	cSt	ABNT NBR 10441	150 máximo
40°C			50 máximo
100°C			15 máximo
Ponto de fulgor	°C	ABNT NBR 11341	275 mínimo
Ponto de combustão	°C	ABNT NBR 11341	300 mínimo
Ponto de fluidez	°C	ABNT NBR 11349	- 10 máximo
Rigidez dielétrica			
Eletrodo de disco	kV	ABNT NBR 6869	30 mínimo
Eletrodo de calota		ABNT NBR IEC 60156	42 mínimo
Rigidez dielétrica a impulso	kV	ASTM D 3300	130 mínimo
Fator de perdas dielétricas			
25°C	%	ABNT NBR 12133	0,20 máximo
90°C			3,6 máximo
100°C			4,0 máximo
Enxofre corrosivo	-	ABNT NBR 10505	Não corrosivo
Índice de neutralização	mg KOH/g	ABNT NBR 14248	0,06 máximo
Teor de água	mg/kg	ABNT NBR 10710 - Método B	200
Teor de PCB (bifenila policlorada)	mg/kg	ABNT NBR 13882 - Método B	Não detectável

FONTE: ABNT NBR 15422, 2006.

Tabela 14 - Resultados das análises do índice de acidez dos fluidos utilizados.



Ministério da  
Educação



### RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICOS QUÍMICA DE ÓLEOS VEGETAIS

Parâmetro	Óleo de Canola	Óleo de Milho	Óleo de Girassol	Óleo de Babaçu	Óleo de Algodão	Óleo de Soja	Óleo LB 2000	Óleo Misto solúvel (Vonder + Água)
Índice de Acidez (mg KOH/g)	0,811	1,083	0,814	0,552	0,824	0,568	2,458	1,372
Índice de Acidez (Ácido oleico % p/p)	0,408	0,544	0,409	0,277	0,414	0,285	-	-

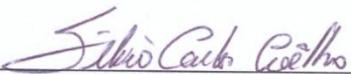
Parâmetro	Método
Índice de Acidez (mg KOH/g)	Titulométrico com indicador (Solução de NaOH 0,1N padronizada).
Índice de Acidez (Ácido oleico % p/p)	Titulométrico com indicador (Solução de NaOH 0,1N padronizada).

**Obs:** Valor obtido da média dos resultados das análises feitas em triplicatas.

#### Considerações Gerais

O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo. Altos índices de acidez têm um defeito bastante negativo sobre a qualidade do óleo, a ponto de torná-lo impróprio para alimentação humana ou até mesmo para fins carburantes. A pronunciada acidez dos óleos pode catalisar reações intermoleculares dos triacilgliceróis, ao mesmo tempo em que afeta a estabilidade térmica do combustível na câmara de combustão. Também no emprego carburante do óleo, elevada acidez livre tem ação corrosiva sobre os componentes metálicos do motor. Um óleo bem conservado deve apresentar uma acidez nula ou fraca. Várias são as formas de exprimir o índice de acidez. Assim, alguns preferem indicar a acidez em ácido oleico por cento. O Código Bromatológico em vigor avalia a acidez em ml de solução alcalina normal, necessária para neutralizar os ácidos livres de 100g de lipídeo. A expressão

mais utilizada nos dias de hoje é aquela que define o I.A (índice de acidez) como sendo o número de mg de KOH necessário para neutralizar os ácidos graxos livres de 1g da amostra.



Prof. Silvio Carlos Coêlho

IFMA – Campus São Luís Maracanã

## REFERÊNCIAS

- MORETTO, E. [et al]. **Introdução à ciência de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 2002. 255p. (Série Nutrição).
- SANTOS, N. A. DOS. **Estudo termoanálítico de biodiesel derivado do óleo do babaçu**. Paraíba: UFPB, 2005.33p.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3º ed. Viçosa: UFV, 2004.478p.