

ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE UM FLUIDO DE CORTE A BASE DE ÓLEO DE MARACUJÁ UTILIZANDO UMA METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Gabriel Silva Santos (1); Quíssila Gois Antunes (2); Emilly Beatriz Freire dos Santos (3);
Gabriel Francisco da Silva (4); Maria Susana Silva(5).

¹ Universidade Federal de Sergipe (UFS) gabriel.santos097@gmail.com; ² UFS, qgantunes@hotmail.com;

³UFS, emilly.beatriz@hotmail.com; ⁴ UFS, gabriel@ufs.br; ⁵UFS, susana_mss@yahoo.com.br

Resumo: Devido à grande aplicabilidade na indústria do processo de usinagem, a demanda por fluidos de corte tem se tornado cada vez maior, porém a utilização de óleos minerais tem sido preterida por conta do seu alto impacto ambiental. Por conta disso, a procura por óleos vegetais que possam suprir as funções de um fluido de corte sem causar grandes impactos ambientais e a preferência pelo fluido tipo emulsão tem sido fomentada. Foi estudado então o potencial do óleo de maracujá como alternativo, sendo este epoxidado e misturado com os seguintes aditivos: emulsificante (A), anticorrosivo (B), biocida (C) e antiespumante (D). Através do planejamento fatorial 2^4 foram determinadas as 17 possíveis combinações entre óleo e aditivos e suas características físico-químicas, como Índice de Acidez Total (ASTM D-974), estabilidade oxidativa (EM 14112) e viscosidade cinemática (ASTM D-445). Estudada cada formulação, foram selecionadas as formulações que demonstraram os melhores potenciais. São elas a FC 01, com estabilidade oxidativa de aproximadamente 3 horas, viscosidade de 33,075 cSt e acidez de 0,001 mgKOH/g, e a FC 15, com estabilidade oxidativa de 2,1 horas, viscosidade de 35,627 cSt e acidez de 0.001 mgKOH/g, sendo a 01 a melhor entre elas devido à maior estabilidade. Concluiu-se que o óleo de maracujá pode ser utilizado como base para um fluido de corte, entretanto o acréscimo de aditivos foi essencial para a melhoria das características físico-químicas do óleo.

Palavras-chave: Usinagem, fluido de corte, óleo de maracujá, epoxidação.

INTRODUÇÃO

O fluido de corte pode ser constituído de óleos integrais ou minerais, solúveis, semi-sintético e sintético, além de emulsões. O fluido escolhido para ser utilizado depende apenas do objetivo do processo aplicado, porém todos eles têm as mesmas funções essenciais: refrigerar a região de corte, lubrificar as superfícies em atrito, transportar o cavaco e proteger a ferramenta, a máquina e a peça contra a oxidação e a corrosão.

A alta demanda de fluido de corte, devido ao alto número de processos de usinagens realizados, vem impulsionando a sua produção na indústria. Por conta dos avanços nas

políticas de controle ambiental e maior fiscalização das mesmas, tem sido preferível a utilização de emulsões graças ao menor impacto causado por ela em relação aos demais tipos. Seguindo nessa linha, os óleos vegetais tem ganhado cada vez mais espaço por dispor de características físico-químicas satisfatórias e se mostrar não poluente e não tóxico (HONARY, 2001).

Apesar do grande benefício ambiental, os óleos vegetais são mais suscetíveis à degradação por oxidação ou reações hidrolíticas (WOODS, 2005). Há alternativas, porém, para se obter uma maior estabilidade oxidativa do óleo através da alteração da composição química do mesmo por meio da hidrogenação, alquilação de Friedel-Crafts e epoxidação, por exemplo. Outra maneira de aperfeiçoar o desempenho do fluido de corte é utilizando aditivos que afetam as propriedades físicas e/ou químicas do mesmo, de acordo com o processo no qual ele será utilizado.

Embasado nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho é desenvolver fluidos de corte tipo emulsão, onde a parte oleosa deste é composta pelo epóxido do óleo de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degener*), bem como obter as melhores concentrações de aditivos a serem utilizados nas formulações. O estudo é motivado pelo desenvolvimento de uma rota economicamente viável, bem como aproveitar a crescente demanda pelo desenvolvimento de fluidos de corte ambientalmente sustentável e de menor toxicidade mantendo o desempenho.

METODOLOGIA

Reagentes e solventes

Óleo de maracujá natural (100%; Extrair óleos naturais), peróxido de hidrogênio p.a (35%; Dinâmica), ácido fórmico P.A (85%, Dinâmica), álcool isopropílico P. A (99,5%; Dinâmica), hidróxido de Potássio P. A (85%, Synth).

Aditivos

Tabela 1: Descrição dos aditivos utilizados

Produto	Fabricante	Propriedades físico-químicas
Emulsificante	Miracema	Aspecto: líquido transparente Densidade a 25°C: 0,97 – 1,05 g/cm ³ Viscosidade a 40°C: 500 – 600 cSt I.A: 1,0 mgKOH/g
Anticorrosivo	Miracema	Aspecto: líquido viscoso Densidade a 25°C: 0,99 – 1,01 g/cm ³ Viscosidade a 40°C: 160 – 200 cSt I.A: 25 – 34 mg KOH/g
Biocida	Miracema	Aspecto: líquido transparente Densidade a 25°C: 1,14 – 1,16 g/cm ³ Índice de refração a 25°C: 1,460 – 1,465
Antiespumante	Lubrizol	Aspecto: líquido opaco branco Densidade a 25°C: 1,05 g/cm

Epoxidação do óleo de maracujá

Na base de cálculo para a epoxidação do óleo de maracujá, foi aplicada da a razão molar 1:1,5:1 de insaturação de óleo, peróxido de hidrogênio e ácido fórmico, respectivamente. Em um balão volumétrico foi adicionado o óleo de maracujá, o peróxido de hidrogênio e o ácido fórmico, sob agitação constante e à temperatura ambiente. Após um período de três horas a 30°C, o produto foi transferido para um funil de separação, onde a fase aquosa foi descartada. O epóxido foi então lavado com solução de bicarbonato de sódio para que o pH do meio atingisse o valor neutro, 7. Feito isso, a umidade residual foi removida com o sulfato de sódio anidro e o produto final devidamente armazenado em um recipiente de vidro, privado de incidência luminosa que podem comprometer a estabilidade oxidativa do epóxido (SILVA et al., 2015).

Formulação do fluido de corte

O sistema foi obtido perante agitação mecânica do óleo epoxidado, por cera de dez minutos a temperatura ambiente, com diferentes concentrações de aditivos. A matriz de planejamento fatorial 2⁴ apresentada na tabela 1 identifica o percentual de cada aditivo adicionado às amostras de epóxido, visando obter a melhor formulação. Na tabela 2 estão

descritas os aditivos (Fatores) e níveis do planejamento fatorial usados na obtenção do fluido de corte e na tabela 3 as normas técnicas utilizadas para fazer as caracterizações dessas formulações.

Tabela 2: Matriz de planejamento fatorial 2⁴

Ensaio	A	B	C	D
FC 01	-	-	-	-
FC 02	+	-	-	-
FC 03	-	+	-	-
FC 04	+	+	-	-
FC 05	-	-	+	-
FC 06	+	-	+	-
FC 07	-	+	+	-
FC 08	+	+	+	-
FC 09	-	-	-	+
FC 10	+	-	-	+
FC 11	-	+	-	+
FC 12	+	+	-	+
FC 13	-	-	+	+
FC 14	+	-	+	+
FC 15	-	+	+	+
FC 16	+	+	+	+
FC 17	0	0	0	0

A: Emulsificante; B: Anticorrosivo; C: Biocida; D: Antiespumante.

Tabela 3: Aditivos (Fatores) e níveis do planejamento fatorial usados na obtenção do fluido de corte

Fatores	Nome comercial	Constituinte	Códigos	Níveis		
				(-)	(+)	(0)
Emulsificante	Liovac 4260	Sulfonato de sódio	A	8%	12%	10%
Anticorrosivo	Liovac 3147	Alcanolamida de ácido bórico	B	1%	2%	1,5%
Biocida	Liocide 35	Triazina	C	0,5 %	1%	0,75%
Antiespumante	Liofam MW	Polidimetilsiloxana	D	0,5 %	1%	0,75%

Tabela 4: Normas técnicas das caracterizações

Propriedade físico-química	Norma
Índice de Acidez Total (I.A.T)	ASTM D-974
Estabilidade oxidativa	EN 14112
Viscosidade cinemática a 40°C	ASTM D-445

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as formulações apresentaram aspecto visual límpido e isento de impurezas, com ausência da formação de espuma (inclusive aquelas que tiveram menor concentração do

aditivo antiespumante). A espuma é geralmente causada pela aeração excessiva do óleo lubrificante, que resulta numa cavitação e fluxos deficientes. Além disso, ela pode provocar uma fraca transferência de calor e minimizar o efeito de refrigeração que a usinagem requer (alta perda de energia durante a recirculação no sistema).

Tabela 4 – Propriedades físico-químicas das novas formulações concentradas

Formulações	A	B	C	D	I.A.T (mg KOH/g)	Viscosidade a 40°C (cSt)	Estabilidade oxidativa (h)
FC 01	8%	1%	0,5%	0,5%	0,001	33,075	2,7
FC 02	12%	1%	0,5%	0,5%	0,003	37,29	3,3
FC 03	8%	2%	0,5%	0,5%	0,003	34,35	2,4
FC 04	12%	2%	0,5%	0,5%	0,002	37,44	2,4
FC 05	8%	1%	1%	0,5%	0,001	33,975	3,0
FC 06	12%	1%	1%	0,5%	0,002	37,59	1,5
FC 07	8%	2%	1%	0,5%	0,002	34,35	2,1
FC 08	12%	2%	1%	0,5%	0,001	36,15	2,4
FC 09	8%	1%	0,5%	1%	0,002	43,35	2,7
FC 10	12%	1%	0,5%	1%	0,002	33,6	2,7
FC 11	8%	2%	0,5%	1%	0,002	37,83	2,4
FC 12	12%	2%	0,5%	1%	0,001	34,275	2,4
FC 13	8%	1%	1%	1%	0,001	37,44	1,8
FC 14	12%	1%	1%	1%	0,003	35,7	1,5
FC 15	8%	2%	1%	1%	0,001	35,625	2,1
FC 16	12%	2%	1%	1%	0,001	32,475	1,5
FC 17	8%	1,5%	0,75%	0,75%	0,002	37,68	2,4

A análise dos resultados de estabilidade oxidativa, viscosidade cinemática e Índice de Acidez Total – I.A.T (Tabela 4) foi embasada em curvas de níveis, gráficos de pareto, ANOVA e superfície de resposta do programa Statistica 10.0. Para facilitar a escolha das condições das superfícies, foi levado em consideração os resultados dos gráficos de pareto, onde foi observado que os aditivos antiespumantes e biocidas são os mais significativos, por isso eles foram escolhidos para serem fixados nas superfícies de respostas. As superfícies de respostas considerando os limites superior e inferior dos aditivos antiespumante e biocidas são apresentadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 - Superfície de resposta do planejamento considerando os limites inferiores dos aditivos antiespumante e biocida.

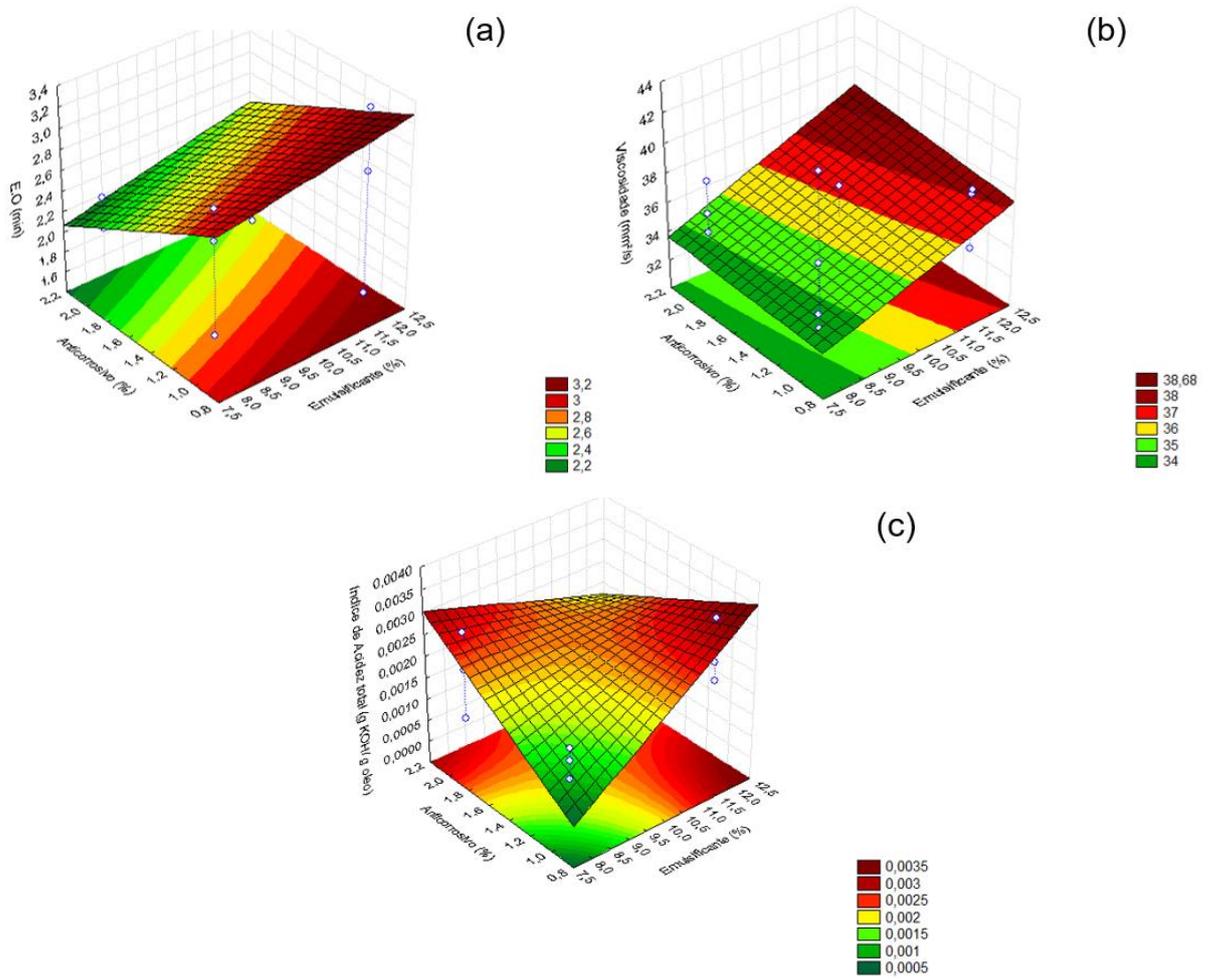
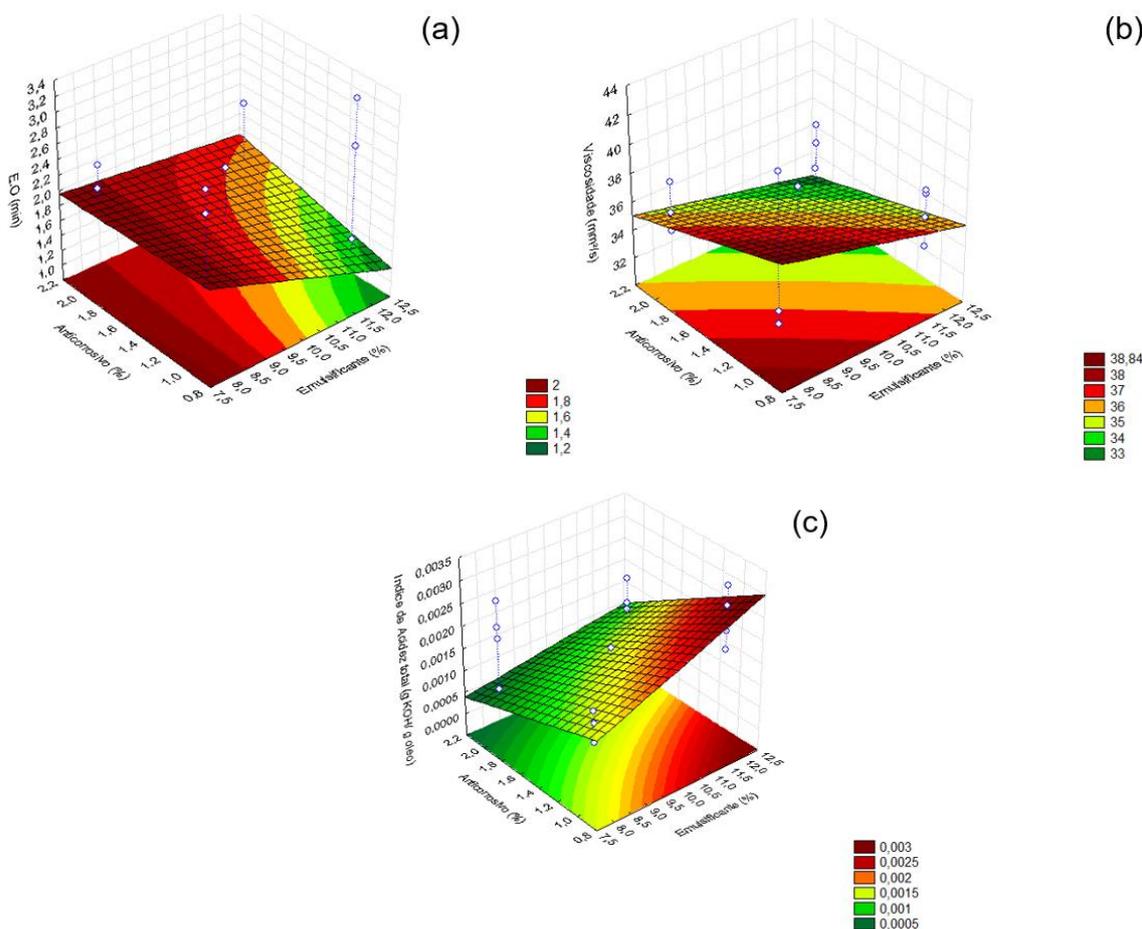


Figura 2 - Superfície de resposta do planejamento considerando os limites superiores dos aditivos antiespumante e biocida.



Observa-se que os resultados encontrados utilizando os limites inferiores (Figura 1) ou superiores (Figura 2) dos aditivos mais significativos não altera significativamente os resultados da acidez ou da viscosidade, porém a estabilidade oxidativa tem o comportamento de sinergia negativa (Figura 2A) quando são utilizados os limites superiores do biocida e do antiespumante. Nota-se também o aditivo emulsificante é o mais limitante, pois quando maior a quantidade dele na mistura menos é o desempenho para todas as resposta investigada.

Considerando a aplicação e viabilidade econômica, pode-se concluir que a melhor formulação é que utiliza menos aditivos, ou seja, a formulação 01 (FC 01) que utiliza menos aditivos. Porém, deve-se levar em conta também que esse fluido será utilizado em usinagem convencional na área metal-mecânica, em forma de emulsão O/A, então, podemos considerar também que uma formulação com mais aditivos biocidas e antiespumante também deve ser considerada eficiente, diante desse contexto, a FC 15 também é satisfatória, pois o uso de

mais aditivo biocida e antiespumante garante o bom desempenho das emulsões que serão formadas para aplicação real do fluido de corte. Isto que será detalhado em trabalho posterior.

CONCLUSÃO

A análise do planejamento feita no *Statistica 7.0* indica que os aditivos que possuem mais significância estatística positiva foram o biocida, o antiespumante e o anticorrosivo. O que aditivo com maior significância negativa foi o emulsificante. Dentre as formulações estudadas, as FC 01 e FC 15 foram as que apresentaram os resultados mais satisfatórios quanto às propriedades físico-químicas, tendo uma estabilidade de 2,7 e 2,1 horas, respectivamente, 0,001 mgKOH/g de acidez e viscosidades entre 35 e 37 cSt. Sendo que a formulação FC 01 é mais viável economicamente comparada com as demais. Porém, deve-se levar em conta também que esse fluido será utilizado em forma de emulsão O/A, então, podemos considerar também que uma formulação com mais aditivos biocidas e antiespumante também deve ser considerada eficiente, diante desse contexto, a FC 15 também é satisfatória, pois o uso de mais aditivo biocida e antiespumante garante o bom desempenho das emulsões que serão formadas para aplicação real do fluido de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D 445-17a, Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.
- EN 14112 - Fat and oil derivatives. Fatty acid methyl esters (FAME). Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test). 13 de maio, 2003.
- ASTM D974-14e2, Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.
- HONARY, L. Biodegradable/Biobased Lubricants and Greases. Mach. Lubr.Mag. Issue Number: 200109, Canadá, 2009.
- WOODS, S. Going Green. *Cutting Tool Engineering*, v.57, n.2, p.48-51, 2005.
- ANTUNES, Q. G. Obtenção e estudo das propriedades de novas formulações de fluidos de corte a base de óleo de Moringa *Oleífera Lam.* 9º PDPETRO. Maceió, 2017.
 - SILVA, M. S.; FOLETTTO, E. L. ; ALVES, S. M. ; DANTAS, T. N. C. ; DANTAS NETO, A. A. . New hydraulic biolubricants based on passion fruit and moringa oils and their epoxy. *Industrial Crops and Products (Print)*, v. 69, p. 362-370, 2015.