

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICA DE NOVAS FORMULAÇÕES DE FLUIDO DE CORTE UTILIZANDO UMA METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Muniz, C. A. S.² (UFRN), Castro Dantas, T. N.¹ (UFRN), Moura E. F. (UFRN), Dantas Neto, A. A. (UFRN), Fernandes, J. E. A. (UFRN) e Soares, A. P. J. (UFRN).

^{1,2} Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Departamento de Química (DQ), Campus Universitário, Lagoa Nova – 59078-970 – Natal/RN, tereza@eq.ufrn.br e claudiuquimica@yahoo.com.br

Fluidos de Corte são lubrificantes usados nas indústrias metal-mecânicas. Esses produtos apresentam composições complexas que variam de acordo com o tipo de operação executada e com os metais a serem trabalhados. Levando-se em conta a grande quantidade de óleo mineral produzido no Brasil, o presente trabalho desenvolveu novas formulações de fluidos de corte, usando-se como base óleos naftênicos. Realizou o estudo e investigação de parâmetros físico-químicos, por meio de uma metodologia experimental estatística, ainda para avaliar a influência dos aditivos: emulsificante (A), anticorrosivo (B), biocida (C) e antiespumante (D) na estabilidade das formulações dos fluidos de corte obtidos. Os parâmetros físico-químicos investigados foram viscosidade, η , e índice de acidez, I.A. As formulações foram preparadas a partir de um planejamento experimental ²⁴, variando-se os percentuais dos quatro aditivos em dois níveis: emulsificante (8% e 12%), anticorrosivo (1% e 2%), biocida (0,5% e 1%) e antiespumante (0,5% e 1%). Foram analisadas 16 formulações e suas respectivas duplicatas, e, preparadas a partir da mistura dos aditivos ao óleo mineral, sob agitação de 700rpm por 10 minutos, a 25°C. Os modelos encontrados foram maximizados por análise de curvas de isorespostas após a análise estatística das variáveis escolhidas, verificando-se a importância relativa das mesmas e de suas interações na resposta experimental (estabilidade dos fluidos). Através das curvas de isorespostas, fez-se uma busca por inspeção para se encontrar o ponto de melhor eficiência da viscosidade e do índice de acidez. As curvas de isorespostas permitem conhecer, em todos os pontos do domínio experimental, as variações da viscosidade e do índice de acidez das formulações. Os melhores resultados de viscosidade foram obtidos quando se utilizou o anticorrosivo e o biocida nos seus maiores níveis, 2% e 1%, respectivamente, e em uma diminuição do emulsificante (8%) e um aumento no antiespumante (1%); para o I.A, os melhores resultados foram obtidos quando se utilizou o emulsificante, o biocida e o antiespumante nos seus maiores níveis, 12%, 1% e 1%, respectivamente, e o anticorrosivo no seu menor nível (1%). Esses resultados mostraram uma estabilidade dos fluidos de corte obtidos, semelhante, e até melhor, quando comparados com os fluidos comerciais.

Palavras Chave: Fluidos de Corte, Óleos Naftênicos, Viscosidade, Índice de Acidez e Metodologia Experimental.

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução e modernização da indústria metal-mecânica tem-se observado a grande necessidade de produzir lubrificantes especiais que atendam às expectativas do mercado.

Fluidos de corte são lubrificantes usados nas indústrias metal-mecânicas e possuem composições complexas, contendo agentes químicos que variam de acordo com o tipo de operação a ser executada e os metais a serem trabalhados.

A Região Nordeste é considerada uma das maiores produtoras de óleos básicos para lubrificantes, destacando-se os naftênicos. São óleos básicos minerais, que se tornam emulsionáveis pela adição de agentes emulsificantes, os quais são adicionados à água para formar emulsões do tipo óleo em água (O/A). A composição dos fluidos de corte contém outros aditivos, como: anticorrosivos, biocidas e antiespumantes.

Os óleos lubrificantes são largamente utilizados como resfriadores, como lubrificantes para melhorar o acabamento de superfícies metálicas, reduzir o desgaste de ferramentas e protegê-las contra a corrosão, e utilizados, ainda, como fluidos de corte bioestáveis, os quais apresentam grandes vantagens em relação ao equilíbrio ambiental e à saúde dos operadores que manipulam os equipamentos.

Apesar dos fabricantes de máquinas especificarem os lubrificantes para o uso na manutenção de seus equipamentos, isso não significa a supressão dos problemas quanto a uma vida maior do equipamento em produção forçada. Há necessidade de períodos de lubrificação e parada das máquinas.

No presente trabalho foi estudado o comportamento de propriedades físico-químicas de novas formulações de fluidos de corte utilizando uma metodologia experimental.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nos últimos tempos, grandes avanços tecnológicos foram obtidos tanto nos materiais como nas máquinas-ferramentas. Isso fez com que a demanda dos fluidos de corte crescesse consideravelmente. Alta demanda causa necessidade de aumento da qualidade dos produtos. Outro fator que também influi no aumento da qualidade dos fluidos de corte modernos é a pressão exercida por Agências de Proteção Ambiental e Agências de Saúde, para que os produtos sejam comercializados com mais segurança e causem menos mal ao meio ambiente. (Nelson e Schaible, 1988; Kalhofer, 1997).

O sucesso dos fluidos de corte nos dias atuais é também devido a avanços conseguidos nos processos de sua fabricação, mas muito mais pelo desenvolvimento de novos aditivos. Com isso, os fluidos de corte atuais apresentam melhores propriedades refrigerantes, melhores propriedades lubrificantes, menos perigo ao operador e duram consideravelmente mais, com menos problemas de armazenagem do que os fluidos de corte de gerações passadas (Heilsel et al, 1998).

Geralmente, a seleção e aplicação de fluidos de corte não vêm sendo realizadas de maneira satisfatória. Quando corretamente aplicados, os fluidos de corte podem aumentar a produtividade e reduzir custos por tornar possível o uso de uma alta velocidade de corte, um alto grau de forragem e uma ótima profundidade de corte. Aplicações efetivas de fluidos de corte podem aumentar também a vida útil da ferramenta, diminuir a superfície áspera, diminuir a exatidão dimensional e diminuir a total capacidade de consumo.

Existem várias funções de fluidos de corte, as mais importantes são: a refrigeração, lubrificação e a redução de esforços e de desgastes (Carreteiro 1998).

Para o desempenho dessas funções, os fluidos de corte devem ter a capacidade de absorver calor; realizar uma boa lubrificação evitando o desgaste; proteger a peça, a ferramenta e a máquina contra corrosão e ferrugem; não manchar a peça trabalhada; ter estabilidade no armazenamento após seu uso; não possuir odor desagradável e possuir transparência suficiente para que se veja a operação de usinagem realizada.

Motta (1995) utilizou a água na região de corte com o intuito de minorar o indesejável efeito da alta temperatura, mas trouxe consigo desvantagens como a oxidação do conjunto máquina-ferramenta-peça, além da ausência do poder de lubrificação.

Baradie (1996) utilizou óleo mineral combinado com aditivos polares: emulsificante, antiespumante e bactericida. Os sabões são usados como emulsificantes em fluidos solúveis em água reduzindo a tensão superficial significativamente. Como os fluidos solúveis em água, algumas vezes, causam problemas de espuma em operações de corte, é necessário usar diminuidor de espuma. Usualmente compostos orgânicos não-fenólicos são adicionados para controlar o desenvolvimento de microorganismo como as bactérias, algas e fungos. Se o controle não é de interesse, os fenólicos podem ser usados.

Segundo Baradie (1996), o conhecimento das funções dos fluidos de corte, os tipos, as limitações físicas e as composições representam uma importante função na seleção e aplicação do fluido próprio para uma situação específica da máquina. Muitos fluidos de corte são disponíveis atualmente para satisfazer as exigências das ferramentas das máquinas modernas. Alta velocidade de corte, aumentando os graus de remoção dos metais, a emergência de novas ferramentas e materiais de trabalho e a demanda de acabamentos polidos e as tolerâncias finais, tudo tem contribuído para o desenvolvimento contínuo de uma grande variedade de fluidos que satisfazem as exigências mais específicas.

Kobesso, et al (1999) apresentaram a composição de fluidos de corte compreendendo os seguintes componentes: óleo base, sulfonato de um metal alcalino-terroso, sulfonato de um metal alcalino contendo agente de extrema pressão.

Kohut (2000) substitui os emulsificantes baseados em derivados do ácido succínico para sulfonato de sódio, pois melhora a estabilidade da “água-dura”, adequada para uso em bases naftênicas e parafínicas, melhora a lubrificação, não contém enxofre, sendo, portanto, menos susceptíveis ao desenvolvimento de bactérias, proteção contra a ferrugem e controlar a espuma.

Muniz (2005) utilizou metodologia de planejamento experimental na preparação de novas formulações de fluidos de corte a partir de óleos naftênicos.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os principais materiais e métodos experimentais utilizados na realização deste trabalho.

3.1. Materiais e métodos

3.1.1. Reagentes e solventes

- Álcool Isopropílico P. A (99,5%) – Dinâmica.

- Hidróxido de Potássio P. A (85,0%) - Synth
- Fase aquosa: água destilada.
- Fase oleosa: óleo mineral naftênico hidrogenado (NH – 20), fornecido pela Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste (LUBNOR PETROBRAS). A Tabela 1 apresenta o resultado da caracterização físico-química desse óleo. As análises foram realizadas pela LUBNOR segundo a metodologia padrão da American Society for Test Materials – ASTM [7].

Tabela 1. Caracterização físico-química do óleo mineral naftênico (NH – 20).

Característica	Método	Resultado	Unidade
Aparência	VIS000	PASS	
Cor ASTM	ASTM D1500	L O,5	
Viscosidade Cinemática 40° C	ASTM D445	21,14	c S t –
Viscosidade Cinemática 100° C	ASTM D445	3,608	c S t –
Ponto de Fulgor	ASTM D92	164,1	°C
Ponto de Fluidez	ASTM D97	-45	°C
Índice de Acidez Total	ASTM D974	0,01	mg KOH/g
Cinzas	ASTM D482	< 0,0010	% massa
Resíduo de Carbono Ramsbolton	ASTM D524	0,05	% massa
Corrosividade ao cobre 3H 100° C	ASTM D130	1	
Densidade Relativa 20/4° C	ASTM D4052	0,9023	
Enxofre Total	ASTM D4294	0,0580	% massa
Ponto de Anilina	ASTM D611	71,00	°C
Carbono Aromático	ASTM D3238	14,1	%
Carbono Naftênico	ASTM D3238	40,1	%
Carbono Parafínico	ASTM D3238	15,9	%
Água (Karl Fischer)	ASTM D1744	71	ppm
Índice de Refração a 20° C	ASTM D1218	1,4974	

3.1.2. Aditivos Utilizados

A Tabela 2 mostra os aditivos utilizados na preparação das formulações com seus fabricante e suas propriedades físico-químicas.

Tabela 2. Caracterização físico-química dos aditivos utilizados nas formulações.

Produto	Fabricante	Propriedades físico-químicas
Emulsificante	Miracema	- Aspecto: líquido Transparente - Densidade a 25°C: 0,97 g/cm³ – 1,05 g/cm³ - Viscosidade a 40° C: 500 – 600 cSt - I.A.: 1,0 mgKOH/g - Ponto de Fulgor: 175 °C
Anticorrosivo	Miracema	- Aspecto: Líquido Viscoso - Densidade a 25°C: 0,99 g/cm³ – 1,01 g/cm³ - Viscosidade a 100° C: 160 – 200 c S t - I.A.: 25 – 34 mgKOH/g - Ponto de Fulgor: 180 °C
Biocida	Miracema	- Aspecto: Líquido Transparente - Densidade a 25°c: 1,14 g/cm³ – 1,16 g/cm³ - Índice de Refração, 25° C: 1,460 – 1,4650 - pH Solução aquosa: 0,1%: 9,5 – 10,5 - Ponto de Fulgor: 70°C.
Antiespumante	Lubrizol	- Aspecto: Líquido Opaco Branca - Odor: Suave - Densidade a 25° C: 1,05 g/cm

3.2. Obtenção das formulações

As Formulações foram preparadas a partir de um planejamento fatorial, em que foram investigadas quatro variáveis (2^4), a dois níveis. Nas Formulações utilizou-se o óleo mineral naftênico (NH-20) e os seguintes aditivos: Emulsificante (A), Anticorrosivo (B), Biocida (C) e Antiespumante (D). O procedimento constituiu-se na adição prévia dos aditivos ao óleo. O sistema obtido foi então submetido à agitação mecânica em uma velocidade de 700 rpm por um período de 10 minutos, à temperatura ambiente (25° C). As variáveis investigadas encontram-se listadas, com seus respectivos níveis de variação, na Tabela 3.

Tabela 3. Fatores e níveis do planejamento fatorial usado na obtenção das Formulações de fluidos de corte.

Fatores	Símbolos	Níveis	
		Mínimo	Máximo
Emulsificante	A	(-) 8%	e (+) 12
Anticorrosivo	B	(-) 1%	e (+) 2%
Biocida	C	(-) 0,5%	e (+) 1%
Antiespumante	D	(-) 0,5%	e (+) 1%

A lista das 16 combinações de níveis (2^4) realizadas nesse planejamento fatorial é apresentada na Tabela 4. Todos os ensaios foram feitos em duplicatas.

Tabela 4. Matriz de experimentos do planejamento fatorial (2^4) usado para obtenção das Formulações.

Ensaio	A	B	C	D
1	-	-	-	-
2	+	-	-	-
3	-	+	-	-
4	+	+	-	-
5	-	-	+	-
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	-
9	-	-	-	+
10	+	-	-	+
11	-	+	-	+
12	+	+	-	+
13	-	-	+	+
14	+	-	+	+
15	-	+	+	+
16	+	+	+	+

3.3. Caracterização físico-química das formulações

3.3.1 – Índice de Acidez

Quantidade de base expressa em miligramas de hidróxido de potássio por grama de amostra, que é necessária para titular a amostra a um ponto final especificado, utilizando p-naftolbenzeína como indicador. Para a determinação do índice de acidez foi empregado o Método do indicador, de acordo com a norma ASTM D 974.

3.3.2. Viscosidade

As medidas de viscosidade foram realizadas empregando uma ampla faixa de cisalhamento. Tais medidas foram obtidas através do reômetro Raak, Modelo RS 150, durante 10min, à temperatura de 40° C, visto que é a temperatura utilizada nos fluidos de corte comerciais. As Formulações foram avaliadas nos dezesseis ensaios.

4. RESULTADOS e DISCUSSÕES

4.1 – Obtenção das Formulações

As Formulações foram preparadas a partir dos grupos de aditivos produzidos pela Miracema e Lubrizol. Com a finalidade de estudar a melhor composição das Formulações utilizou-se um planejamento fatorial 2^4 , em que foram investigadas quatro variáveis a dois níveis (-) e (+). Assim, variou-se a concentração do emulsificante (A), anticorrosivo (B), biocida (C) e antiespumante (D), em dois níveis, máximos (+) e mínimos (-) como mostra a Tabela 5. Esses valores foram escolhidos baseados na ficha técnica dos aditivos. A Tabela 6 apresenta as composições dos 16 ensaios, os quais foram realizados em duplicatas a fim de ampliar o teste estatístico e obter um modelo funcional.

Tabela 5. Valores do domínio experimental investigado (variáveis e seus níveis) para um plano fatorial completo 2^4 .

Aditivos	(+)	(-)
Emulsificante (A)	12%	8%
Anticorrosivo (B)	2%	1%
Biocida (C)	1%	0,5%
Antiespumante (D)	1%	0,5%

Os resultados de cada ensaio (ou resposta experimental Y), relativos a cada propriedades investigadas no presente trabalho, estão apresentados nas matrizes experimentais.

Os modelos matemáticos foram gerados para cada resposta experimental (índice de acidez e viscosidade), cujos coeficientes foram estimados por análise de regressão linear múltipla (Nunes, 1994) acompanhada por análise de variância através do software Statística 5.0.

Tabela 6. Composições dos 16 ensaios utilizados na preparação das Formulações.

Ensaios	A Emulsificante	B Anticorrosivo	C Biocida	D Antiespumante
1	8%	1%	0,5%	0,5%
2	12%	1%	0,5%	0,5%
3	8%	2%	0,5%	0,5%
4	12%	2%	0,5%	0,5%
5	8%	1%	1%	0,5%
6	12%	1%	1%	0,5%
7	8%	2%	1%	0,5%
8	12%	2%	1%	0,5%
9	8%	1%	0,5%	1%
10	12%	1%	0,5%	1%
11	8%	2%	0,5%	1%
12	12%	2%	0,5%	1%
13	8%	1%	1%	1%
14	12%	1%	1%	1%
15	8%	2%	1%	1%
16	12%	2%	1%	1%

Condições de preparação: agitação de 700 rpm, tempo de agitação 10 minutos, temperatura ambiente (25° C)

4.2. Caracterização Físico-Química das Formulações

Algumas propriedades físico-químicas foram determinadas para caracterizar as Formulações de acordo com as Tabelas 7 e 8 para todos os pontos da matriz experimental, entre elas: índice de acidez e viscosidade; estudou-se, através de isorespostas o comportamento das variáveis no domínio estudado do índice de acidez e da viscosidade.

4.2.1. Índice de Acidez (IA)

O índice de acidez foi determinado através do método indicador, de acordo com a norma ASTM D 974. Os resultados experimentais estão apresentados na Tabela 7 e Figura 1.

Tabela 7. Condições operacionais do índice de acidez das formulações, em um plano fatorial completo 2⁴.

Ensaio	A	B	C	D	IA mg KOH/g
1	8%	1%	0,5%	0,5%	1,33
2	12%	1%	0,5%	0,5%	0,65
3	8%	2%	0,5%	0,5%	0,99
4	12%	2%	0,5%	0,5%	1,01
5	8%	1%	1%	0,5%	0,66
6	12%	1%	1%	0,5%	0,99
7	8%	2%	1%	0,5%	1,32
8	12%	2%	1%	0,5%	1,33
9	8%	1%	0,5%	1%	0,66
10	12%	1%	0,5%	1%	1,00
11	8%	2%	0,5%	1%	1,01
12	12%	2%	0,5%	1%	0,99
13	8%	1%	1%	1%	0,66
14	12%	1%	1%	1%	0,67
15	8%	2%	1%	1%	1,33
16	12%	2%	1%	1%	1,32

De acordo com a Tabela 7, pode-se observar que as formulações apresentaram índice de acidez muito mais baixo em todos os ensaios (quando comparados com os fluidos comerciais), isso se deve a estrutura do anticorrosivo.

As curvas de isorespostas (Figura 1) permitem conhecer, em todos os pontos do domínio, as variações do índice de acidez das formulações.

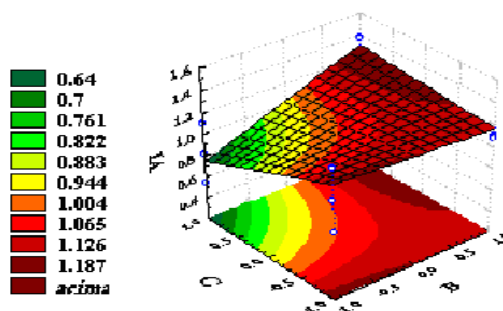


Figura 1. Isorespostas do índice de acidez nas Formulações em função do anticorrosivo (B) e do biocida (C), utilizando o emulsificante (A = 12%) e o antiespumante (D = 1%).

O estudo das curvas de isorespostas (Figura 1) permitiu avaliar os seguintes pontos mais importantes por inspeção:

- Quando o emulsificante (A) e o antiespumante (D) são mantidos nos seus maiores níveis 12% e 1% respectivamente, uma diminuição do anticorrosivo (B) e aumento do biocida (C) resultando em valores mais baixos do índice de acidez.

De acordo com a Tabela 7 e a Figura 1, observou-se que as Formulações apresentaram melhores valores do índice de acidez, isso se deve a estrutura do anticorrosivo (B) pertencer à classe das aminas. Assim sendo, obteve-se valores baixos do índice de acidez que é o esperado.

4.2.2. Viscosidade

As análises de viscosidade das Formulações foram realizadas em um reômetro Haake RS 150, à temperatura de 40°C, que é a temperatura encontrada nas viscosidades dos fluidos comerciais. Os resultados experimentais estão apresentados na Tabela 8 e Figura 2.

Tabela 8. Condições operacionais da viscosidade das formulações em um plano fatorial completo 2⁴.

Ensaio	A	B	C	D	Viscosidade cSt
1	8%	1%	0,5%	0,5%	25,30
2	12%	1%	0,5%	0,5%	27,30
3	8%	2%	0,5%	0,5%	27,10
4	12%	2%	0,5%	0,5%	28,80
5	8%	1%	1%	0,5%	27,80
6	12%	1%	1%	0,5%	28,70
7	8%	2%	1%	0,5%	29,90
8	12%	2%	1%	0,5%	31,50
9	8%	1%	0,5%	1%	26,50
10	12%	1%	0,5%	1%	26,70
11	8%	2%	0,5%	1%	27,90
12	12%	2%	0,5%	1%	29,90
13	8%	1%	1%	1%	20,90
14	12%	1%	1%	1%	28,70
15	8%	2%	1%	1%	22,90
16	12%	2%	1%	1%	34,30

De acordo com a Tabela 8, pode-se observar que as Formulações apresentaram melhores resultados de viscosidade (quando comparados com os fluidos comerciais). Esse resultado mostra que o emulsificante (A) utilizado na sua menor concentração favoreceu a obtenção da viscosidade desejada.

As curvas de isorespostas (Figura 2) permitem conhecer, em todos os pontos do domínio, as variações da viscosidade nas formulações.

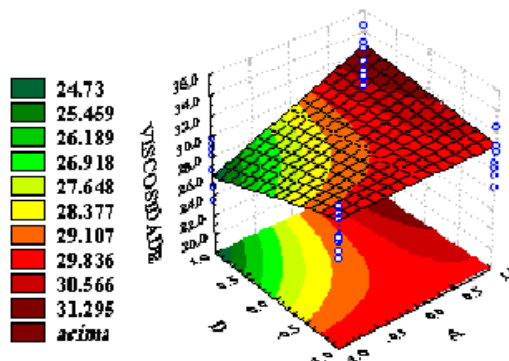


Figura 2. Isorespostas da viscosidade nas Formulações em função do emulsificante (A) e do antiespumante (D), utilizando o anticorrosivo (B = 2%) e o biocida (C = 1%).

O estudo das curvas de isorespostas (Figura 2) permitiu avaliar os seguintes pontos mais importantes por inspeção:

- Quando o anticorrosivo (B) e o biocida (C) são mantidos nos seus maiores níveis 2% e 1% respectivamente, uma diminuição do emulsificante (A) e um aumento no antiespumante (D) resultando em valores mais baixos de viscosidade.

De acordo com os resultados para as Formulações mantendo-se constantes o biocida (C) e o antiespumante (D) e variando-se o emulsificante (A) e o anticorrosivo (B) encontra-se os menores valores de viscosidade que é o que interessa para as Formulações, entretanto observa-se que a seqüência de valores de viscosidade das Formulações é menor que dos fluidos comerciais, isso se deve a natureza dos aditivos contidos nas Formulações.

4.2.3 - Estudo Comparativo das Formulações com os dois Fluidos Comerciais.

Finalizando o estudo das Formulações, foi feita uma análise comparativa com os Fluidos Comerciais: OP38 (Lubrax) e Dromus B (Shell) baseado no índice de acidez e viscosidade. Os resultados estão apresentados na Tabela 9.

A Tabela 9 mostra os melhores valores das Formulações (ensaio 8 e ensaio 16) comparados com os resultados obtidos a partir dos fluidos comerciais.

Propriedades	E 6	E 13	OP 38 (Shell)	Dromus B (Shell)
Índice de Acidez mgKOH/g	0,99	0,66	4,80	0,65
Viscosidade cP, 40°	28,70	20,90	42,50	39,80

De acordo com a Tabela 9, observou-se que o índice de acidez das Formulações foram semelhantes ao Dromus B.

Nas Formulações os valores de viscosidade são mais baixos, devido às características físico-químicas dos aditivos utilizados na mesma.

Observou-se que os resultados obtidos com as Formulações foram mais satisfatórios do que com os fluidos comerciais, visto que em cada uma das propriedades analisadas os valores são sempre melhores se comparados com os fluidos comerciais.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou que as formulações preparadas com as composições apresentadas na Tabela 6 possuem propriedades semelhantes aos fluidos comerciais, Dromus B (Shell) e OP 38 (Lubrax), e em alguns casos até melhores, mesmo havendo variações nas quantidades de aditivos utilizados nas formulações.

Assim, o estudo de novas formulações de fluidos de corte utilizando óleo básico naftênico mostrou que este fluido pode levar à formulações estáveis e com isso ampliar o campo de utilização do mesmo, ampliando seu mercado.

6. AGRADECIMENTOS

MIRACEMA-NUODEX Indústria Química LTDA.
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
PRH/ANP-14 – Programa de RH da Agência Nacional de Petróleo.

7. REFERÊNCIAS

BARADIE, M.A. EL. Cutting Fluids: Part II. Recycling and Clean Machining. Journal of Material Processing Technology. Dublin. Ireland. N° 56. 1996. p. 798-806.

CARRETEIRO, R. P. **Lubrificantes e Lubrificação**. MAKRON BOOKS, São Paulo, 1998.

HEISEL, V. **A Técnica da Quantidade Mínima de Fluidos e sua Aplicação nos Processos de Corte: Máquinas e Metais**. São Paulo: Arauda, 1998. pp.22-38.

KALHOFER, E. Dry machining: principles and applications. 20. Seminário Internacional de Alta Tecnologia, [2th Internacional Seminar on High Technology]. UNIMEP: Santos Bárbaras D'oeste, 1997.

KOBESSO; MASAHIRO; MATSUMOTO; KOMEI. Metal Working Oil Composition, United States Patent: 5, 908, 816, 1999.

KOHUT, M.R.P. Replacement of Natural and Synthetic Sulfonates in Metalworking Fluids. Fuls & Lubes Asia Publications, 2000.

NELSON, D.; SCHAIBLE, J. Update: Cutting Fluids and Related Products. Cutting Yool Engineering, 10/1998. pp. 31-35.

NUNES, E. C. A.; SEIDL, P. R.; FABRIANI, A. C. R. Revista de Química Industrial, 62, 695, 1994.

MOTTA, F e A. R. M. Fluidos de Corte: Tipos, Funções, Seleção, Métodos de Aplicação e Manutenção. Revista Máquinas e Metais. Editora Arauda Ltda. São Paulo-SP, Setembro, 1995. p.44-56.

MUNIZ, C. A. S.; Utilização de metodologia de planejamento experimental na otimização de novas formulações de fluidos de corte. Julho. 2005. 90p. Dissertação (Mestrado em Físico-Química). Orientador: Dantas, T. N. C. Dept. de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Química, Natal, 2005.

TAKAGI; FUMAKI; ABE; KAZUAKI. Extrema – pressure agent, friction coefficient modifier, and functional fluids, unitend states patent: 6,008, 168, 1999.