

**7 a 10 de novembro de 1999**  
**Águas de Lindóia - Hotel Vacance**

O maior e mais importante encontro técnico-científico em polímeros do Brasil. Mais de 530 apresentações de especialistas da indústria, centros de P&D e universidades.

*Principais sessões temáticas:*

aditivos  
biopolímeros  
blendas poliméricas  
caracterização/instrumentação  
compósitos  
desenvolvimento de produto/mercado

elastômeros  
estrutura e propriedades  
géis e membranas  
polímeros biodegradáveis  
polímeros condutores  
polímeros naturais

processos de polimerização  
processos de transformação  
projeto de moldes e equipamentos  
reciclagem  
síntese  
tintas e revestimentos

**Exposição industrial paralela ao Congresso**

**PATROCINADORES:**

- ASPENTECH BRASIL S/C LTDA. • BASF S/A • BAYER POLÍMEROS S/A
- CENTRO DE CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS/UFSCar/UNESP
- CIBA ESPECIALIDADES QUÍMICAS LTDA • DINATESTES INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA
- DP INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS LTDA. • DP UNION INSTRUMENTAÇÃO ANALÍTICA E CIENTÍFICA LTDA
- DSM SOUTH AMERICA • EMIC EQUIP. E SISTEMAS DE ENSAIO LTDA
- ESCOLA SENAI MARIO AMATO/DUPONT • FUNDAÇÃO CPqD EM TELECOMUNICAÇÕES
- GE PLASTICS SOUTH AMERICA S/A • IMPORT. E EXPORTAÇÃO DE MEDIDORES POLIMATE LTDA
- INSTITUTO DO PVC • IPIRANGA PETROQUÍMICA • IRMÃOS SEMERARO LTDA • MICRONAL S/A
- NETZSCH DO BRASIL IND. E COMÉRCIO LTDA. • NOVANALITICA IMPORT. E EXPORT. LTDA
- NÚCLEO DE REOLOGIA E PROCESSAMENTO DE POLÍMEROS / UFSCar/DEMa
- OPP PETROQUÍMICA S/A • PETROFLEX INDÚSTRIA E COMÉRCIO S.A
- PETROQUÍMICA TRIUNFO S/A • POLITENO INDÚSTRIA E COMÉRCIO S/A
- RADICPLASTICS COM. E IMPORT. LTDA. • RHODIA STER FIPACK S/A • UNIROYAL QUÍMICA S/A

PRODUÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA  
DO IPEN  
DEVOLVER NO BALCÃO DE  
EMPRÉSTIMO

CBPol 076



SÍNTESE DO PERFLUOPOLIÉTER

Leonardo G. Andrade e Silva<sup>(1)</sup>, Ademar B. Lugão<sup>(1)</sup>, Esperidiana A.B. Moura<sup>(1)</sup>, Hiroshi Oikawa<sup>(1)</sup>, Lilian C. Lopérgolo<sup>(2)</sup>, Edson Ghilardi<sup>(2)</sup>, Angela R.M. de Castro<sup>(2)</sup>

(1) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN-CNEN/SP  
Travessa R. n<sup>o</sup> 400 – Cidade Universitária  
05508-900 São Paulo – SP, Brasil  
E-mail: lgasilva@net.ipen.br

(2) Centro de Tecnologia da Marinha - CTMSP

Abstract

In this work, we present the different synthesis stages to produce perfluoropolyether. The raw material used was chlorodifluoromethane produced in Brazil from which was obtained the tetrafluoroethylene by pyrolysis. This tetrafluoroethylene was purified by fractional distillation and stabilized with terpenes and used in the hexafluoropropylene monomer synthesis. The hexafluoropropylene obtained was purified by fractional distillation and subsequent photo-polymerization with a UV-lamp at low temperature. The perfluoropolyether obtained was distilled and degraded resulting in the 6/06 and 25/05 fractions. These fractions were later fluorinated with elemental fluorine. The perfluoropolyether 6/06 fraction was operationally tested in a vacuum pump to verify its  $UF_6$  compatibility.

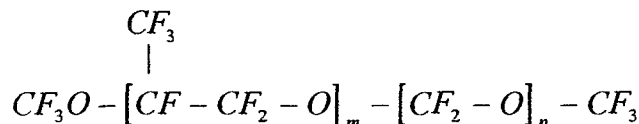
PALAVRAS -CHAVE

Perfluoropoliéter, tetrafluoroetileno, hexafluoropropileno, fluoração, síntese

INTRODUÇÃO

A indústria de compostos organo-fluorados no Brasil é incipiente. São fabricados atualmente os refrigerantes básicos Freons 11, 12 e 22 e o fluotano anestésico. Em 1980, foi obtido o flúor molecular nos laboratórios do IPEN, e, também, no IPEN iniciou-se a pesquisa da produção do politetrafluoroetileno (PTFE) com sucesso. Dando continuidade a estes estudos, iniciou-se a síntese do perfluoropoliéter (PFPE). Os perfluoropoliéteres, tipo Y, conhecidos comercialmente como Fomblin-Y, marca registrada da Montedison, foram sintetizados pela primeira vez por Sianesi e colaboradores<sup>(1)</sup>.

Os fluidos fluorados são oligômeros com estrutura de poliéteres perfluorados, estes consistem somente de átomos de carbono, oxigênio e flúor. O PFPE é um copolímero líquido de cadeia heteroatômica linear, representado pela seguinte fórmula estrutural:



onde  $m/n = 40/1$ .

A presença de átomos de flúor altamente eletronegativos, ligados a grupos -C-C-, ao longo da cadeia molecular, asseguram ao perfluoropoliéter alta estabilidade química e térmica, que os colocam como lubrificantes de alta potencialidade suportando árduas condições, como reagentes químicos e oxidantes. A presença de oxigênio intercalado no esqueleto carbônico torna-o líquido em uma ampla faixa de temperatura (-120 a 250°C), o que é muito importante tecnologicamente<sup>[2,3]</sup>.

A massa molar pode ser controlada por meio das condições de polimerização e o seu valor é da ordem de 1500 a 10000 g/mol. Pode-se obter várias frações com diferentes massas molares dos vários tipos de PFPE por meio de um fracionamento por destilação a vácuo.

Os perfluoropoliéteres são utilizados como fluidos dielétricos para transformadores, condensadores e retificadores; lubrificante para suportes elétricos de mancais de ultracentrifugas; lubrificante em ambientes corrosivos a temperaturas altas; fluido manométrico e vedante e lubrificante de mídia magnética e de bombas de vácuo<sup>[3]</sup>.

Suas aplicações devem-se às propriedades lubrificantes excelentes, possuindo ainda: tensão superficial baixa; pressão de vapor baixa; resistência à radiação; compatibilidade alta com resinas, plastômeros; estabilidade química e térmica e não toxicidade.

A densidade destes óleos é aproximadamente duas vezes a dos óleos minerais. As propriedades excelentes viscosimétricas são atribuídas à flexibilidade alta da cadeia polimérica devido às ligações carbono-oxigênio. Essa flexibilidade alta evita a cristalização e explica a temperatura de transição vítrea baixa. Os perfluoropoliéteres são insolúveis em muitos solventes orgânicos e inorgânicos, exceto os tipos fluorados, por isso são usados para lubrificação na presença de gasolina ou derivados do petróleo e solventes comumente usados na indústria química.

Este fluido tem inúmeras aplicações estratégicas nas diferentes indústrias. Em projetos aeroespaciais os fluidos PFPE têm espaço garantido como lubrificantes de motores a jato e de mecanismos expostos a sistemas de alta oxigenação. Na indústria de mídia magnética o PFPE substitui os óleos de silicones e os de hidrocarbonetos<sup>[4]</sup>. Na indústria nuclear o Fomblin-Y é um dos PFPE's aprovado como lubrificante para rolamentos de ultracentrifugas em plantas de enriquecimento de urânio, embora estudos realizados mostram que doses superiores a 400kGy já alteram a viscosidade e doses de apenas 50kGy introduzem grupos ácidos indesejáveis na molécula do PFPE<sup>[5]</sup>. Devido às suas aplicações nucleares e propriedades excelentes houve interesse do IPEN em dominar a tecnologia de produção do PFPE, com o intuito de substituir o Fomblin-Y comercial no consumo nacional. Deve-se destacar, também, as dificuldades de importação do óleo comercial e seu custo elevado (US\$800.00/kg).

Sendo assim neste trabalho estudou-se a síntese do PFPE que consta das seguintes etapas:

1. Síntese e purificação do monômero tetrafluoroetileno;
2. Estabilização do monômero tetrafluoroetileno;
3. Síntese e purificação do monômero hexafluoropropileno;
4. Fotopolimerização do hexafluoropropileno;
5. Destilação e degradação do perfluoropoliéter;
6. Fluoração do perfluoropoliéter sintetizado;
7. Teste do perfluoropoliéter sintetizado.

## PARTE EXPERIMENTAL

O tetrafluoroetileno (TFE) foi obtido a partir do gás refrigerante clorodifluorometano (R-22)<sup>[6]</sup>.

O R-22 foi pirolizado em um reator tubular de platina a uma temperatura entre 700 e 800°C e pressão ligeiramente acima da atmosférica.

A reação da pirólise é:



Nesta pirólise ocorre, ainda, a formação de vários subprodutos, tais como: C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>HClF<sub>4</sub>, ciclo-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, HF, HCl e outros.

Os produtos da reação de pirólise recebem tratamentos de resfriamento, neutralização dos grupos ácidos, purificação e secagem. Posteriormente, os gases são submetidos a uma destilação fracionada a baixa temperatura para a purificação do TFE. O TFE obtido possui uma pureza da ordem de 99,98%.

Como o TFE polimeriza-se espontaneamente, podendo produzir reações explosivas realizou-se estudos da estabilização do TFE utilizando hidrocarbonetos terpenos, tais como: dipenteno, terpinoleno e α-pineno. Este estudo consistiu em induzir as reações de polimerização e de desproporcionamento exotérmicas e explosivas do TFE, na presença e ausência de terpenos, com raios gama provenientes de uma fonte de <sup>60</sup>Co, simulando-se, em laboratório, as condições de temperatura e pressão em que o TFE encontra-se nas diversas etapas do processo de sua produção e estocagem, bem como no processo de produção do HFP. Os ensaios foram realizados em batelada segundo as condições estabelecidas na Tabela 1.

Utilizou-se um reator de aço inoxidável, dotado de sistema de segurança constituído de válvulas de alívio de pressão e disco de ruptura, projetado para possibilitar a fácil retirada de polímero depositado nas suas paredes e a monitoração "on-line" da temperatura e pressão internas. A capacidade do reator é de 290mL e a massa mínima de TFE utilizada nos ensaios foi de 1g.

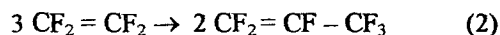
TABELA 1 – Condições Experimentais para o Estudo da Eficiência dos Terpenos na Estabilização do TFE

Materiais	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> abs.)	Temp. (°C)	Terpeno (%)	Taxa Dose (Gy/h)	Tempo Irradiação (h)	Tempo Pós- Polimerização (h)
TFE	1 – 30,7	-78; +24	--	107 – 550	0,5 – 5,0	0 – 70
TFE + TERPINOLENO	1 – 47	-78; +35	0,1 – 1,0	66 – 545	0,5 – 5,0	24 – 70
TFE + DIPENTENO	1 – 47	-78; +35	0,1 – 1,0	66 – 545	0,5 – 5,0	24 – 70
TFE + α-PINENO	1 – 47	-78; +35	0,1 – 1,0	66 – 545	0,5 – 5,0	24 – 70

Após a irradiação e o tempo de pós-polimerização pré-estabelecido (Tabela 1), transferiram-se os produtos gasosos remanescentes para um cilindro de amostragem e abriu-se o reator para retirada do PTFE. Os produtos gasosos foram analisados por cromatografia gasosa no cromatógrafo à gas, modelo CG-500 da Instrumentos Científicos C.G. Ltda.

O TFE com pureza de 99,98% foi utilizado na etapa seguinte da síntese do PFPE, isto é, na obtenção do hexafluoropropileno (HFP).

O HFP foi obtido pela pirólise do TFE, a uma temperatura de 700°C em um tubo de aço inox. A reação da pirólise é a seguinte:



Os produtos da reação foram esfriados e borbulhados em duas colunas. A primeira coluna de NaOH e a segunda contendo NaOH + CaCl<sub>2</sub>, com a finalidade de remover a umidade e evitar a formação de F<sub>2</sub> e HF. Os produtos da pirólise foram recolhidos em um cilindro de aço inoxidável e posteriormente foram enviados ao sistema de destilação fracionada que opera a baixas temperaturas, onde obteve-se o HFP com pureza superior a 98%.

Após a síntese e purificação do hexafluoropropileno, este foi levado ao sistema de fotopolimerização, seguindo o procedimento experimental de Sianesi e colaboradores<sup>[7]</sup> com algumas modificações. Este sistema consiste basicamente de: um reator de fotopolimerização com condensador de refluxo, lâmpada ultravioleta, colunas de neutralização e secagem, gasômetro e cilindro de armazenamento do monômero.

O reator de fotopolimerização é de borosilicato com capacidade de 1,5L contendo quatro entradas: uma para a fonte de radiação ultravioleta e seu sistema de resfriamento, outra alcançando o fundo com borbulhador para oxigênio, outra para introdução do termopar de Alumel-Chromel pelo qual controla-se a temperatura de reação e por último uma entrada para medir a pressão interna no reator. Ele possui duas saídas: uma alcançando o fundo do reator para a retirada dos produtos e outra para saída do oxigênio não reagido que novamente circula pelo sistema. Esta última saída está conectada a um condensador mantido a temperatura baixa (-70°C).

Logo após o condensador, encontram-se duas colunas de PVC contendo solução de hidróxido de potássio com a finalidade de neutralizar os eventuais gases que são arrastados pelo oxigênio e conseguem passar pelo condensador. Em seguida, temos duas colunas de lavagem, feitas de vidro, uma de segurança e outra contendo ácido sulfúrico concentrado. Estas colunas funcionam como secantes do oxigênio novo, proveniente do gasômetro, que alimenta a linha de recirculação e do oxigênio que está sendo reciclado pelo sistema. Depois da coluna de secagem tem-se uma coluna de vidro contendo hidróxido de potássio sólido com a finalidade de neutralizar os vapores ácidos provenientes das colunas anteriores.

Após esta coluna tem-se um compressor de diafragma que tem a função de circular oxigênio pelo sistema, passando pelo reator continuamente. A vazão de oxigênio que circula pelo sistema (1482 mL/min) é controlada por um rotâmetro localizado logo após o compressor. O oxigênio é alimentado ao sistema desde um gasômetro feito de PVC com selo de água e com capacidade de 41,5L. O gasômetro é alimentado continuamente com oxigênio comum proveniente de um cilindro comercial da Oxigênio do Brasil.

O HFP é armazenado em um cilindro de aço inox com capacidade máxima de 2000g de monômero o qual foi conectado a uma das entradas do reator. Como fonte de radiação ultravioleta utilizou-se uma lâmpada de vapor de mercúrio de pressão média, da Hanau, tipo TQ-150. A lâmpada é resfriada por meio de um sistema de duas camisas de quartzo, onde na camisa interna circula água e na externa, nitrogênio seco.

Para realizar a reação de fotopolimerização colocou-se o reator em um banho de refrigeração a -70°C. Posteriormente, pesou-se cerca de 1100g do monômero HFP no cilindro de aço e realizou-se a transferência do HFP para o reator. Uma vez carregado o reator, circulou-se oxigênio pelo sistema, borbulhando-o na solução de

monômero. Em seguida a lâmpada ultravioleta foi introduzida no poço de quartzo iniciando-se, assim, a reação de fotopolimerização. Após 22 horas de produção interrompeu-se a circulação de oxigênio pelo reator, mediante um "bypass", retirando o produto formado juntamente com HFP não reagido. Em seguida, carregou-se o reator novamente com HFP e iniciou-se a reação reativando a circulação de oxigênio. Após a produção do perfluoropoliéter bruto, de aspecto oleoso, este foi transferido para um recipiente de plástico para ser utilizado nas etapas subsequentes do processo.

O PFPE bruto obtido apresentou pH ácido por possuir concentração de grupos ácidos alta (-COF) e concentração de grupos peróxidos baixa (-O-O-). Antes de destilar o óleo bruto, houve a necessidade deste óleo passar por um processo de preparação que consistiu em aquecê-lo à 200°C por uma hora e com agitação constante. Esta etapa é necessária já que o óleo bruto apresenta pH bastante ácido, em torno de 1, e frações muito leves que podem danificar a aparelhagem de destilação.

A destilação fracionada do óleo perfluoropoliéter tipo Y foi realizada em um sistema de destilação segundo a norma ASTM D1160-77, específica para destilação a pressão reduzida de produtos de petróleo, que também foi utilizada por Sianesi e colaboradores<sup>[7]</sup>. Desta forma, as viscosidades cinemáticas de cada uma das frações a 20°C foram medidas com um viscosímetro tipo Ostwald, e as massas molares correspondentes foram calculadas segundo a equação 3<sup>[8]</sup>:

$$\eta = 5,3 \times 10^{-7} \times M_n^{2,474} \quad (3)$$

Esta destilação fracionada a vácuo foi efetuada no intervalo de pressão de 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-2</sup> mmHg e os demais parâmetros da destilação estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 – Parâmetros experimentais da destilação do óleo perfluoropoliéter tipo Y sintetizado.

Parâmetros Experimentais	
Tempo de destilação	8,5h.
Número de frações recolhidas	Quatro
Volume médio de cada fração	82mL
Volume da amostra	500mL
Viscosidade inicial do óleo	300cSt
Massa da amostra	1000g
Intervalo de temperatura	100 a 400°C
Intervalo de pressão	10 <sup>-1</sup> – 10 <sup>-2</sup> mmHg
Vazão média de destilação	0,75 mL/min.
Taxa de aquecimento durante a destilação	Descrito na Tabela 3

TABELA 3 – Programa da taxa de aquecimento para destilação do óleo perfluoropoliéter tipo Y sintetizado.

Temperatura (°C)	Tempo (min)	Taxa de aquec. (°C/min)
100	85	--
100 – 150	50	1
150	10	--
150 – 200	80	0,6
200	10	--
200 – 250	80	0,6
250	10	--
250 – 300	80	0,6
300	10	--
300 – 400	80	0,6
400	20	--

As frações mais pesadas, de 3000 a 5000 g/mol, foram degradadas termicamente para uma melhor adequação da massa molar do polímero nas faixas de interesse, com a finalidade de aumentar o rendimento do corte 25/05.

O processo de degradação consistiu basicamente no aquecimento das frações mais pesadas, ou seja, da fração 4 e do resíduo da destilação do perfluoropoliéter bruto na presença de 1 a 2% dos seguintes catalisadores: AlCl<sub>3</sub>,

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>. Elevou-se a temperatura a 300°C, com velocidade de aquecimento de 5°C/min, em um intervalo de pressão de 30-40mmHg. Vários experimentos foram realizados variando-se o tempo de decomposição e o tipo de catalisador, os quais foram acompanhados por análise infravermelho, análise térmica e por medidas de viscosidade.

A fluoração dos cortes 6/06 e 25/05 do perfluoropoliéter baseou-se no processo termocatalisado, o qual consistiu no borbulhamento do gás flúor nos cortes bruto de PFPE obtidos, sob agitação, em temperatura de aproximadamente 250°C por um tempo médio de 24 horas. O desaparecimento dos grupos ácidos foi verificado pelos espectros de absorção na região infravermelho utilizando-se um espectrofotômetro modelo "FT-IR Paragon 1000 PC" da Perkin-Elmer.

O corte 6/06 do PFPE foi testado em uma bomba de vácuo comparando o seu comportamento com o comercial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os monômeros TFE e HFP foram obtidos com uma pureza superior a 99% e 98%, respectivamente.

Para avaliar a eficiência dos terpenos na estabilização do TFE, comparou-se um experimento de polimerização de TFE sem terpeno com outro, nas mesmas condições, contendo terpeno. Comparou-se também, um cromatograma de uma análise dos produtos gasosos de um ensaio realizado com o TFE sem terpeno com outro do TFE contendo terpeno, realizado nas mesmas condições. Nos experimentos realizados com o TFE sem terpeno, a polimerização sempre ocorreu, independente da dose de radiação gama aplicada e do tempo de pós-polimerização. Durante a irradiação e no tempo de pós-polimerização observou-se o fenômeno de aceleração da reação e explosões. Para o TFE contendo terpeno, a pressão e a temperatura internas do reator mantiveram-se praticamente constantes durante a irradiação e a pós-polimerização estabelecidas para cada ensaio, mesmo para uma porcentagem em massa dos terpenos da ordem de 0,1%, independente do terpeno utilizado, o que indica que a reação de polimerização foi realmente inibida. Foi escolhido o terpeno terpinoleno considerando o fator custo.

Na foto-polimerização do HFP obteve-se uma mistura polimérica bastante viscosa, transparente e com forte cheiro ácido. Os espectros de absorção na região infravermelho deste produto foram coincidentes com o do perfluoropoliéter obtido por Sianesi e colaboradores<sup>[7]</sup>. Tanto o PFPE sintetizado neste laboratório como o produzido por Sianesi mostraram bandas de absorções em 5,25μ (1897cm<sup>-1</sup>) e 5,6μ (1781cm<sup>-1</sup>), explicando o caráter ácido do produto. A banda de absorção em 5,25μ é atribuída ao grupo fluorado ácido -COF e em 5,6μ ao grupo carboxílico -COOH, provavelmente formado pela hidrólise do grupo -COF em contato com a umidade do ar. A viscosidade a 20°C do PFPE bruto após a foto-polimerização foi de 300cSt.

Para obtenção do corte 6/06, utilizou-se as três primeiras frações da destilação do óleo PFPE tipo Y, em virtude destas possuírem massas molares próximas aos da literatura para o corte 6/06 comercial. Portanto, deve-se misturar 29% da fração 1 (1500 g/mol - 38,2cSt), 48% da fração 2 (2000 g/mol - 77,8cSt) e 23% da fração 3 (2500 g/mol - 135,1cSt) do óleo PFPE tipo Y sintetizado. Com esta composição conseguiu-se um rendimento final, após o processo de fluoração, de 27,5% do corte 6/06; rendimento bastante satisfatório já que o valor da literatura é de 20%<sup>[9]</sup>.

As frações mais pesadas foram degradadas termicamente na presença de diferentes catalisadores. Pelas medidas de viscosidade nota-se que o AlCl<sub>3</sub> é o catalisador que mais degrada o óleo PFPE tipo Y, mas é um composto altamente higroscópico e de difícil armazenagem. Por isto foi descartado. Por análise de curvas termogravimétricas, nota-se que o óxido que mais afeta a estabilidade do óleo é o TiO<sub>2</sub>, seguido do Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. O óleo PFPE tipo Y puro começa a degradar por volta de 300°C, já em presença de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> degrada por volta de 240°C e em presença de TiO<sub>2</sub> degrada em torno de 260°C. Para compor o corte 25/05 sintetizado, utilizou-se as frações 1 e 3, da destilação do óleo bruto, bem como a fração 4 e o resíduo degradados. Com esta composição conseguiu-se um rendimento de 40% do corte 25/05, o qual é bastante satisfatório se comparado com o da literatura que é de 25%<sup>[9]</sup>. Portanto pode-se afirmar que o método de degradação do óleo perfluoropoliéter tipo Y pode ser utilizado para aumentar o rendimento do corte 25/05, utilizando como catalisador o dióxido de titânio, pois este é de fácil armazenagem e de custo baixo.

Ao comparar os espectros de absorção na região infravermelho dos cortes 6/06 e 25/05 do perfluoropoliéter, antes e após a fluoração, observou-se que as bandas de absorção correspondentes aos grupos ácidos desapareceram, demonstrando a completa neutralização do perfluoropoliéter sintetizado.

Assim sendo, na síntese do perfluoropoliéter partindo-se de 1000g de clorodifluorometano obteve-se 66,0g do corte 6/06 e 95,2g do corte 25/05 do óleo perfluoropoliéter neutro, considerando-se todas as perdas durante a síntese.

Por último foi separado 650mL do corte 6/06, quantidade correspondente à carga da bomba de vácuo na qual o óleo obtido foi testado.

A Tabela 4 apresenta as pressões de vapor e viscosidades do PFPE sintetizado e do comercial, ao serem testados em uma bomba de vácuo.

TABELA 4 – Comparação do Comportamento do uso do PFPE Sintetizado e Comercial.

Tipo de PFPE Corte 6/06	Comercial	Sintetizado
Viscosidade a 20°C (cSt)	60	57
Pressão de Vapor (mbar)	$2,0 \times 10^{-2}$	$0,5 \times 10^{-2}$
Compatibilidade com UF <sub>6</sub>	Boa	Boa

Observa-se que em termos de viscosidade os óleos são semelhantes, havendo apenas uma pequena diferença na pressão de vapor. Esta diferença pode ser proveniente de uma distribuição maior da massa molar do óleo sintetizado.

### CONCLUSÃO

Ao comparar o comportamento do uso do perfluoropoliéter sintetizado com o comercial, em uma bomba de vácuo, verifica-se que apesar da diferença na pressão de vapor, pode-se dizer que o produto sintetizado em nosso laboratório teve um bom desempenho, sendo compatível com o UF<sub>6</sub> presente no sistema de vácuo.

### REFERÊNCIAS

1. Sianesi, D. – Am. Chem. Soc. Polym. Prep., 12, p.411-419 (1971).
2. Caporiccio, G. – J. Fluor. Chem., 33, p. 314-320 (1986).
3. Hiemenenz, P. C. – “Polymer Chemistry”, Marcel Dekker Inc., New York (1984).
4. Montedison – “Fomblin –Y-Vac Fluorinated Fluids for Vacuum Industry”, Milano (1978).
5. Arakawa, K.; Nakanisshi, H.; Morishita, N.; Soda, T.; Hayakawa N.; Yagi, T. & Machi, S. – “Data on Radiation Resistance of Lubricating Oil”, Jaeri-M 87-141 (1987).
6. Edwards, J. W. & Small, P. A. – Ind. Eng. Chem. Fundam., 4, p.396-400 (1965).
7. Sianesi, D.; Pasetti, A. & Corti, C. – “Fluorinated Oxygen Containing Acyl Fluorides”, US. Pat. 3,442,942 (1969).
8. Sianesi, D.; Pasetti, A.; Fontanelli, R.; Bernardi, G. C. & Caporiccio, G. – Chim. Ind., 2, p.206-222 (1973).
9. Caporiccio, G. & Steenrod, R. A. – J. Vac. Sci. Technol., 15(2), p.775-778 (1978).

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Djalma Batista Dias, Manoel Nunes Mori e a Reinaldo Gomes da Silva que colaboraram na execução deste trabalho.

Ao Centro Tecnológico da Marinha de São Paulo – CTMSP pelo financiamento do projeto.

Ao CNPq pela ajuda financeira na fase inicial do projeto.

À FAPESP.