



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

Dieli Carolina da Silva	Davi Marques Borges	Claudio Aparecido Galdeano
MGM Consultoria	AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.	MGM Consultoria
dielicaroline@gmail.com	davi.borges@aes.com	claudio@mgmdiag.com.br

Helena Maria Wilhelm	Jaqueline de Lorena
MGM Consultoria	AES Eletropaulo Metropolitana - Eletr. de São Paulo S.A.
helenaw@diagno.srv.br	jaqueline.lorena@aes.com

AVALIAÇÃO DO EFEITO DE MATERIAS INTERNOS DO TRANSFORMADOR SOBRE AS PROPRIEDADES DO ÓLEO VEGETAL ISOLANTE BIOVOLT A

Palavras-chave

Biovolt A
compatibilidade
envelhecimento acelerado
fluidos isolantes biodegradáveis
óleo vegetal isolante

Resumo

Com o intuito de minimizar ou eliminar impactos ambientais decorrentes do uso de óleo mineral isolante (OMI) o óleo vegetal isolante (OVI) entrou no mercado nacional, justificado, principalmente, pela ausência de enxofre corrosivo na sua composição química, rápida biodegradação, por se tratar de um produto natural, derivado de oleaginosas e por possuir maior resistência ao incêndio, uma vez que seu ponto de combustão é superior a 300 °C.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a compatibilidade do OVI, tipo Biovolt A, com materiais internos do transformador como papel (papel Kraft neutro, Termoestabilizado e Nomex), tintas (Mono e Bicomponente) e elastômeros (Nitrílico, Viton e Tealon), a fim de avaliar o efeito do material teste nas propriedades físico-

químicas do OVI. Também foi avaliada a degradação do Biovolt A na presença e na ausência de materiais testes (papel Kraft Termoestabilizado e elastômeros), a partir de ensaios de envelhecimento acelerado em laboratório, os quais foram realizados em sistema fechado, a temperatura de 120 °C, por 60 dias. Os resultados obtidos mostraram que alguns materiais podem afetar a qualidade do OVI e, portanto, não são recomendados em equipamentos isolados com esse fluido.

1. Introdução

A história dos transformadores teve início em 1885 com a construção de um transformador nos Estados Unidos que operava a seco (ar como fluido dielétrico e refrigerante). Em 1882, o professor Elihu Thomson mostrou que equipamentos isolados a óleo mineral são mais eficientes e compactos que os isolados a ar, mas foi apenas em 1892 que a General Electric fabricou o primeiro transformador com isolamento líquido (McSHANE, 2002, 7 p).

Em 1899 foram identificadas as propriedades mais importantes, necessárias para um fluido dielétrico, e algumas refinarias começaram a produzir OMI especialmente para este uso. Na mesma época, foram realizados experimentos com OVI que foram logo descartados devido dentre outras razões, à baixa estabilidade à oxidação e à elevada viscosidade (McSHANE, 2002, 7 p).

A principal parte do transformador de potência é o seu sistema de isolamento, que é constituído, basicamente, por um líquido isolante e uma isolação sólida, o papel Kraft. O papel é praticamente o elemento responsável por definir a vida útil do transformador, pois o mesmo não é regenerativo, diferente do óleo em uso que pode ser tratado ou regenerado para ser novamente utilizado. Também, fazem parte do núcleo do transformador, resinas e fibras, que são empregadas com a finalidade de fixar os componentes isolantes e magnéticos. Materiais elastômeros e tintas compatíveis com óleo isolante são utilizados com a finalidade de promover a vedação e a proteção do equipamento (MEYERS, KELLY & PARRISH, 1982, 830 p).

A função de um óleo isolante em transformadores é a de garantir isolamento elétrico entre suas partes energizadas e a de permitir a refrigeração interna destas partes por meio da transferência de calor (ARANTES, 2005, 99p).

O OMI utilizado em equipamentos elétricos é obtido pela destilação do petróleo natural, da fração entre 300 e 400 °C. Este destilado pode ser de origem parafínica ou naftênica (CLARK, 1962, 393 p). O OMI não é um composto puro, mas sim uma mistura de componentes na qual a maioria das moléculas é constituída basicamente por carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos).

Do ponto de vista ambiental, no caso de acidentes (incêndios, vazamentos ou derramamentos), o OMI pode trazer impactos ambientais significativos e conseqüentemente, consideráveis impactos econômicos para as empresas usuárias desse fluido. Os impactos ambientais oriundos desses acidentes podem ser refletidos no solo, no ar e nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do local impactado e de seus arredores (WILHELM & GRANATO & TULLIO & BATISTA & STOCCO & SABEC & OLIVEIRA & UHREN & JASINSKI & NUNO & ADONIS & JÚNIOR, 2007, 8p).

A partir da década de 1990 uma nova classe de fluidos isolantes obtida de oleaginosas foi desenvolvida para uso em transformadores que, devido principalmente às suas características biodegradável e renovável, foram denominados de “fluidos ecologicamente corretos”. Além disso, são considerados fluidos de segurança por terem ponto de combustão > 300 °C. (UHREN, 2007, 123 p).

Quimicamente, o óleo vegetal é formado por moléculas de acilgliceróis, que são originárias da condensação entre ácidos graxos e glicerol (tri-álcool), formando ésteres de ácidos graxos. Assim, estes compostos são classificados em mono, di ou triacilgliceróis, dependendo se uma, duas ou três moléculas de ácido graxo se associa(m) covalentemente ao glicerol, respectivamente, formando ésteres de ácido graxo. É importante salientar que os triacilgliceróis podem ser formados por ácidos graxos iguais ou diferentes entre si, e, dependendo da origem da matéria prima, podem ser saturados ou insaturados (UHREN, 2007, 123 p).

Os óleos vegetais são obtidos a partir de grãos, por processos de descortificação, descascamento, trituração, laminação, cozimento, prensagem mecânica ou extração por solvente. Ao final deste processo, é obtido o óleo bruto. Este óleo passa então pelos processos de degomagem, neutralização, branqueamento e desodorização, obtendo-se o óleo refinado (MORETTO & FETT, 1998, 150 p).

Por se tratar de um produto novo no mercado é necessário conhecer as interações do OVI com os outros componentes internos do transformador, isolações sólidas, vedações e tintas para determinar a compatibilidade entre eles. Além disso, é necessário determinar os valores limites dos parâmetros indicadores do estado de envelhecimento do sistema isolante, para as práticas de manutenção preventiva e preditiva dos transformadores isolados com esse tipo de fluido.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a compatibilidade do OVI, tipo Biovolt A, com diferentes tipos de isolamento sólido (papel Kraft neutro, Termoestabilizado e Nomex), tintas (Mono e Bicomponentes) e elastômeros (Nitrílico, Viton e Tealon). Também, avaliou-se o efeito do papel Kraft Termoestabilizado e dos elastômeros (Nitrílico, Viton e Tealon) sobre as condições físico-químicas do OVI quando submetidos a temperatura de 120 °C por 60 dias.

2. Desenvolvimento

PARTE EXPERIMENTAL

Fluidos Isolantes e Materiais Utilizados

Neste trabalho foi utilizado o OMI Lubrax Industrial AV60-IN, adquirido da PETROBRAS e como OVI o Biovolt A, adquirido da MINERALTEC. Os corpos de prova do papel isolante foram gentilmente cedidos pela WEIDMANN TECNOLOGIA ELÉTRICA LTDA, os elastômeros e as tintas foram fornecidos por fabricantes locais.

Caracterização dos fluidos isolantes

Para verificar as características dos fluidos isolantes antes do início das atividades experimentais foram realizados ensaios de caracterização. O óleo Biovolt A foi caracterizado em laboratório por análises físico-químicas de acordo com a norma ABNT NBR 15422 -*Óleo Vegetal Isolante para Equipamentos Elétricos* (ABNT NBR 15422, 2006), enquanto que o OMI foi caracterizado segundo a Resolução ANP nº 36 (ANP, 2012).

Ensaios de caracterização dos materiais utilizados no ensaio de envelhecimento acelerado

No papel Kraft Termoestabilizado utilizado no ensaio de envelhecimento acelerado em laboratório foi realizado o ensaio de determinação total de nitrogênio pelo método de Kjeldahl (A.O.A.C 991.20 2005). Nos elastômeros foram realizados ensaios de dureza shore A (ASTM D2240, 2010).

Realização de ensaios de compatibilidade dos fluidos isolantes com materiais internos

Foram realizados ensaios de compatibilidade do Biovolt A e do OMI, com os seguintes materiais internos do transformador: papel Kraft neutro, Termoestabilizado e Nomex; elastômeros denominados de Nitrílico, Viton e Tealon; tintas Mono e Bicomponente. Os ensaios de compatibilidade foram realizados em duplicata e baseados no procedimento experimental descrito na norma ABNT NBR 14274 (ABNT NBR 14274,1999). É importante ressaltar que esta norma é específica para ensaios de compatibilidade com OMI, pois ainda não existe norma publicada para esse ensaio com OVI.

Inicialmente os materiais foram secos em estufa a 105 °C, por 16 horas, segundo procedimento descrito na norma ABNT NBR 14274. Após este período, foram retirados da estufa e acondicionados em dessecador para resfriamento à temperatura ambiente. Os materiais secos foram imersos nos fluidos isolantes, em frascos de vidro âmbar com tampa esmerilhada.

Foram utilizadas as seguintes proporções entre os materiais testados e o fluido isolante:

- Prova em branco (somente o óleo): 800 ml de óleo
- Elastômero: 65 cm² em 800 ml de óleo
- Tinta: 1300 cm² em 800 ml de óleo
- Papel: 52 cm² em 800 ml de óleo

Na seqüência, foi borbulhado gás nitrogênio (grau de pureza 4,6), durante 2 minutos em cada frasco contendo o material teste. Os frascos devidamente fechados foram levados a estufa, a 100 °C, por 164 horas. Depois deste período as amostras foram acondicionadas a temperatura ambiente, sendo realizados os seguintes ensaios no fluido isolante:

- Fator de perdas dielétricas a 90 °C (ABNT NBR 12133,1991).
- Índice de neutralização (ABNT NBR 14248, 2009).
- Tensão interfacial (ABNT NBR 6234, 1965).

Segundo a norma ABNT NBR 14274 os seguintes critérios são suficientes para indicar a incompatibilidade do material com OMI:

1. Aumento do índice de neutralização superior a 0,02 mg KOH/g de óleo em relação à prova em branco.
2. Aumento da tangente delta superior a 0,5% em relação à prova em branco.
3. Redução da tensão interfacial superior a 5 dinas/cm em relação à prova em branco.

Ensaio de envelhecimento acelerado dos fluidos isolantes na ausência e presença de materiais

O ensaio de envelhecimento acelerado a 120 °C foi realizado na presença e na ausência dos seguintes materiais: papel Kraft Termoestabilizado; elastômeros Nitrílico, Viton e Tealon.

Para realização do ensaio de envelhecimento acelerado utilizou-se frascos de vidro com capacidade de 1 litro, com tampa esmerilhada. O ensaio foi realizado na presença de papel Kraft Termoestabilizado e cobre metálico. Inicialmente o papel Kraft Termoestabilizado foi seco em estufa a 105 °C por 24 horas. A proporção utilizada de papel e cobre para 150 ml de óleo foi de 16,35 g e 90,85 cm, respectivamente. Para remover parte do oxigênio presente no líquido, borbulhou-se nitrogênio durante 2 minutos. Após esse borbulhamento foram levados à estufa, programada para temperatura de 120 °C, 24 frascos contendo apenas Biovolt A (branco) e 24 frascos contendo Biovolt A, papel Kraft Termoestabilizado e cobre metálico. As amostras foram retiradas da estufa em intervalos regulares de tempo e os óleos analisados por ensaios físico-químicos, como viscosidade cinemática a 40 °C (ABNT NBR 10441, 2007) fator de perdas dielétricas (ABNT NBR 12133,1991) e índice de neutralização (ABNT NBR 14248, 2009).

Para o ensaio de envelhecimento com os elastômeros foi adotado o mesmo procedimento utilizado nos ensaios de compatibilidade (ABNT NBR 14274, 1999), porém o ensaio foi estendido de 164 para 1440 horas. A cada 10 dias foi retirado um frasco de cada combinação para realização de ensaios. Nas amostras de óleo foram realizados ensaios de índice de neutralização (ABNT NBR 14248, 2009), viscosidade cinemática a 40 °C (ABNT NBR 1044, 2007) e perdas dielétricas a 90 °C (ABNT NBR 12133,1991).

Resultados e discussão

CARACTERIZAÇÃO DOS FLUIDOS ISOLANTES

Na Tabela 01 estão apresentados os resultados obtidos para os óleos isolantes utilizados no estudo. As propriedades determinadas para o Biovolt A estão em conformidade com a especificação contida na norma ABNT NBR 15422 e os resultados obtidos para o OMI atenderam a resolução ANP 36 de 05.12.2008.

Tabela 01. Caracterização físico-química do OVI e OMI novos.

Ensaio	Método (ABNT)	Biovolt A	AV 60 - IN
Análise visual	VISUAL	Claro e límpido	Claro e límpido
Índice de neutralização (mg KOH/g óleo)	NBR 14248	0,01	0,01
Teor de água (ppm,m/m)	NBR 10710/B	190	19
Densidade a 20 °C (g/ml)	NBR 7148	0,9171	0,8823
Rigidez dielétrica (kV)	NBR 6869	42	51
Fator de Perdas Dieletricas a 25 °C (%)	NBR 12133	0,057	0,03
Fator de Perdas Dieletricas a 100°C (%)	NBR 12133	0,81	0,15
Viscosidade a 40 °C (cSt)	NBR 10441	38,95	10,60
Ponto de combustão (°C)	NBR 11341	354	154
Ponto de fulgor (°C)	NBR 11341	324	142

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Determinação de nitrogênio total

O papel Kraft do tipo Termoestabilizado é um papel cuja celulose passou por um processo de tratamento especial, que fornece uma vantagem térmica em relação a celulose do papel Kraft neutro, melhorando seu desempenho frente ao envelhecimento térmico e conseqüentemente aumentando a expectativa de vida do equipamento. O processo de termoestabilização pode envolver tanto reações de cianoetilação ou acetilação, como a adição de produtos químicos estabilizantes, tipo uréia, melanina, dicianodiamina e outros (FILHO, F. A, 2008,115p). Para saber se o papel Kraft Termoestabilizado utilizado nesse trabalho foi modificado com compostos de nitrogênio foi determinado o teor de nitrogênio. O resultado obtido para o ensaio de nitrogênio total foi de 3,31% (m/m).

Na Tabela 02 estão apresentados os resultados obtidos para os elastômeros utilizados no estudo, os quais atenderam à especificação da norma ASTM D2240 para o ensaio de dureza Shore A. O elastômero Tealon apresentou valor superior ao especificado para o ensaio de dureza Shore A, isto por ele ser um elastômero mais rígido e duro em comparação aos outros elastômeros testados neste trabalho.

TABELA 02. Resultados de Dureza shore A para os elastômeros.

Amostra de elastômero	Valor medido para Dureza Shore A	Valor limite da norma para Dureza Shore A
Tealon	94 ± 1	65 ± 5
Viton	69 ± 1	65 ± 5
Nitrílico	66 ± 1	65 ± 5

ENSAIOS DE COMPATIBILIDADE DOS FLUIDOS ISOLANTES COM OS MATERIAIS.

Nas Figuras 01 e 02 estão apresentados os resultados obtidos para os ensaios de compatibilidade dos fluidos isolantes novos com papéis isolantes (Kraft neutro, Termoestabilizado e Nomex), os elastômeros (Nitrílico,

Viton e Tealon) e tintas (Mono e Bicomponente).

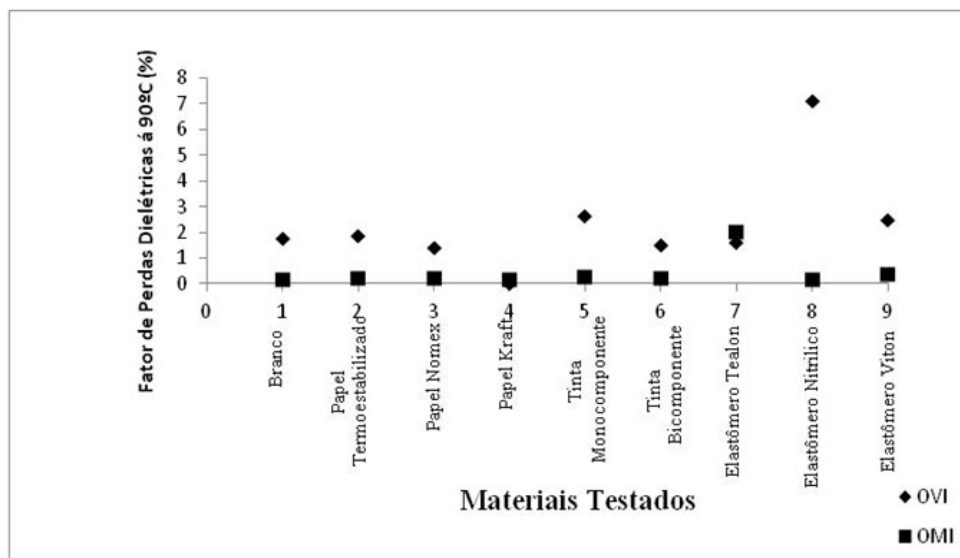


Figura 01. Efeito dos materiais testados sobre o fator de perdas dielétricas a 90°C do OVI e OMI.

Considerando o valor limite da variação para o fator de perdas dielétricas a 90 °C, descrito na norma ABNT NBR 14274 (aumento máximo de 0,50%) apenas o elastômero Nitrílico pode ser considerado incompatível com o OVI. Os outros materiais testados podem ser considerados compatíveis (Figura 01).

Analisando os resultados obtidos para o índice de neutralização dos óleos não foi observado nenhuma variação após o ensaio de compatibilidade (dados não mostrados), indicando que todos os materiais podem ser considerados compatíveis com os óleos que foram testados neste trabalho.

Na Figura 02 estão apresentados os resultados para tensão interfacial do OMI. Dentre todos os materiais testados, dois afetaram a tensão interfacial do OMI, a tinta Monocomponente e o elastômero Nitrílico. Considerando a variação máxima apresentada na norma ABNT NBR 14274 (diminuição de 5 mN/m) estes materiais podem ser considerados incompatíveis com OMI.

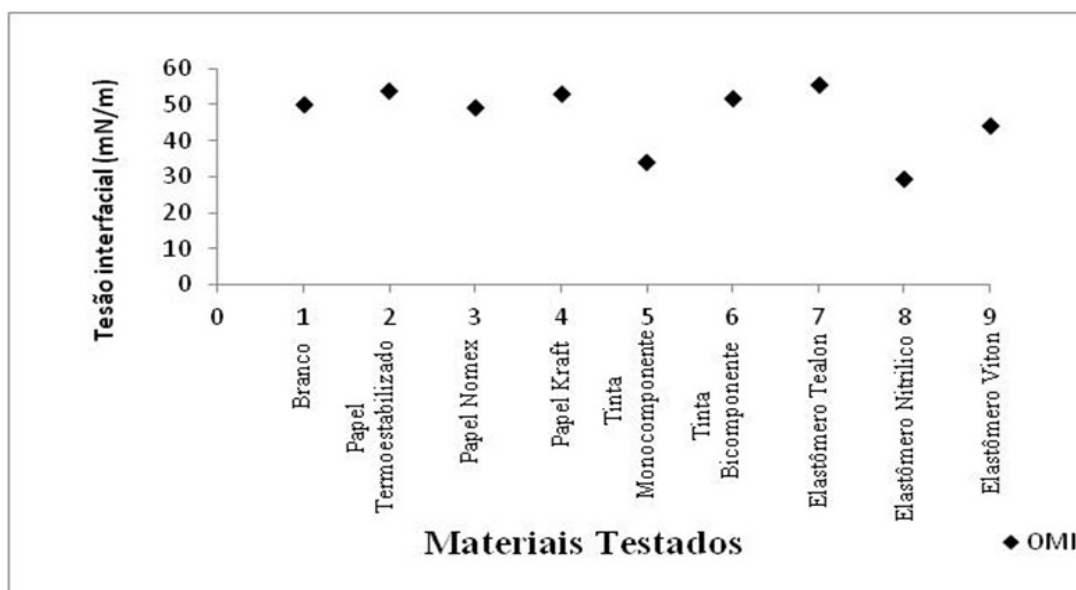


Figura 02. Efeito dos materiais testados sobre a tensão interfacial do OMI.

ENSAIOS DE ENVELHECIMENTO ACELERADO EM ESTUFA A 120°C POR 60 DIAS DO BIOVOLT A COM PAPEL KRAFT TERMOESTABILIZADO E OS ELASTÔMEROS

O fator de perdas dielétricas a 90 °C para as amostras de OMI envelhecidas com papel Kraft Termoestabilizado apresentou um aumento brusco após cerca de 35 dias de ensaio (Figura 03), evidenciando o consumo do aditivo antioxidante no intervalo entre 30 e 35 dias. Para o OVI esse parâmetro teve um aumento constante com o tempo de envelhecimento. Como não foi observada uma variação no fator para a prova em branco do OVI (OVI Branco) o aumento observado para o OVI na presença do papel é devido ao papel, provavelmente, em decorrência da umidade residual presente neste.

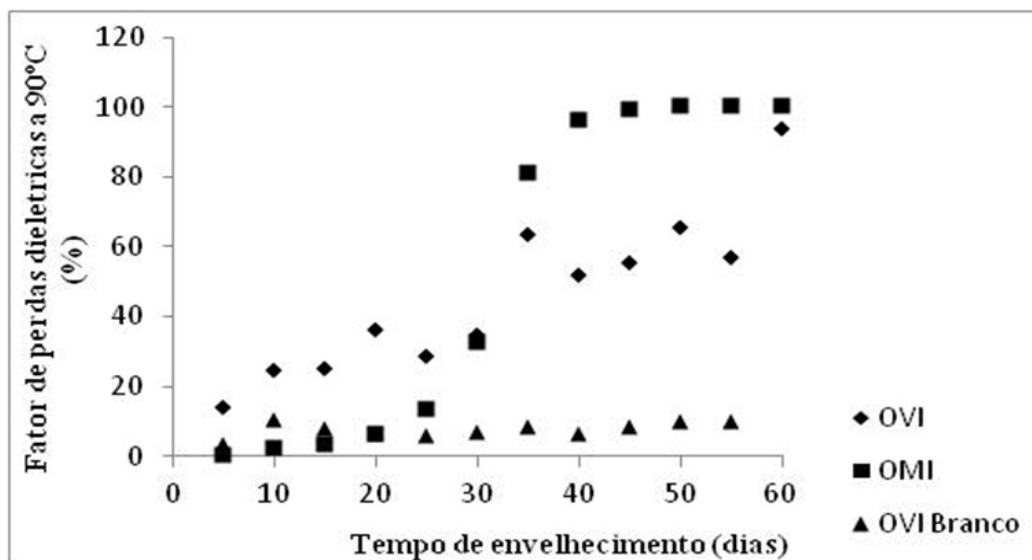


Figura 03. Efeito do tempo de envelhecimento e do papel Kraft Termoestabilizado sobre as perdas dielétricas a 90 °C do OVI e OMI.

Na Figura 04 estão ilustrados os resultados obtidos para o índice de neutralização. O OMI apresentou valores mais elevados em relação ao OVI e ao branco de OVI, principalmente após 30 dias do início do envelhecimento, corroborando com os resultados apresentados na Figura 03. O OVI tende a formar longas cadeias de ácidos graxos enquanto que o OMI tende a formar ácidos orgânicos, sendo estes muito mais agressivos em comparação aos formados no OVI. A literatura reporta que os produtos de oxidação do OVI não são prejudiciais ao papel isolante, ao contrário, evitam a sua degradação precoce em função da ocorrência de uma reação de esterificação na superfície do papel (TULIO,L, 2007, 123p).

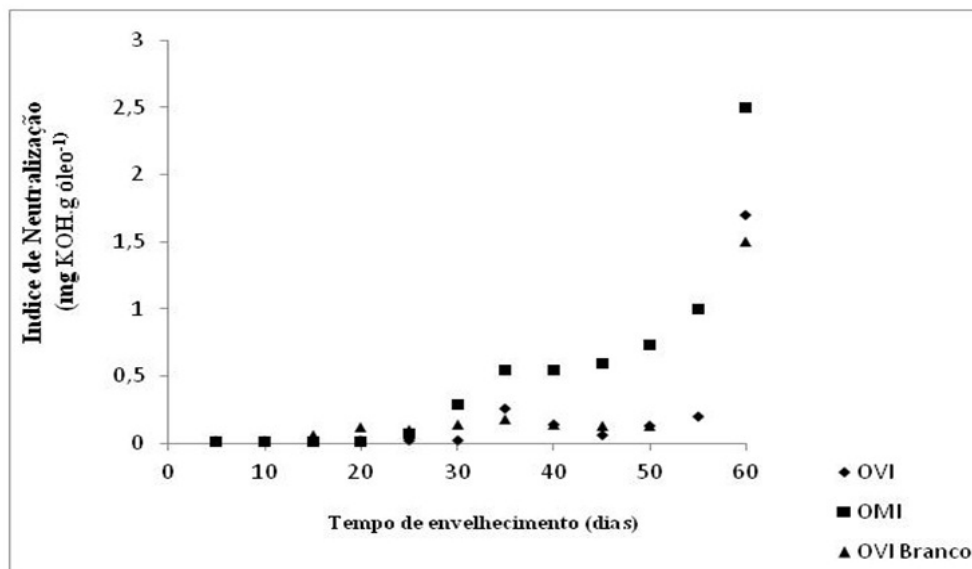


Figura 04. Efeito do tempo de envelhecimento e do papel Kraft Termoestabilizado sobre o índice de neutralização do OVI e OMI.

Na Figura 05 estão ilustrados os resultados para o ensaio de tensão interfacial do OMI. Observa-se uma diminuição na tensão após 30 dias de ensaio, corroborando com os demais dados apresentados (Figuras 03 e 04): provavelmente o aditivo antioxidante foi totalmente consumido a partir desse intervalo de tempo.

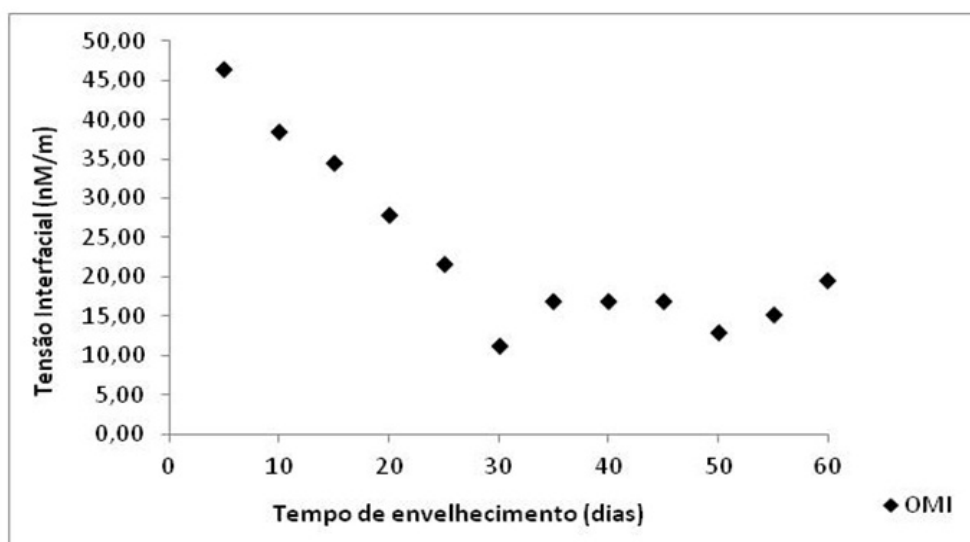


Figura 05. Efeito do tempo de envelhecimento e do papel Kraft Termoestabilizado sobre a tensão interfacial do OMI.

A viscosidade de ambos os óleos não foi alterada significativamente, durante o tempo de envelhecimento (Figura 06), com o papel Kraft Termoestabilizado.

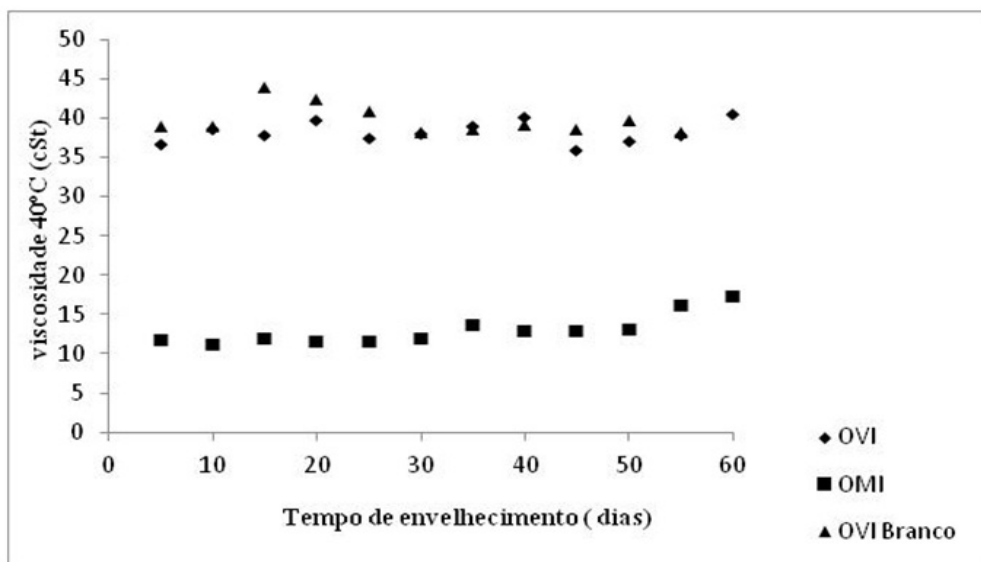


Figura 06. Efeito do tempo de envelhecimento e do papel Kraft Termoestabilizado sobre a viscosidade a 40°C, do OVI e OMI.

Na Figura 07-A nota-se que o fator de perdas dielétricas a 90° foi alterado na presença do elastômero Nitrílico e OVI em função do tempo de envelhecimento. Este aumento pode ser devido a algum componente adicionado na formulação deste elastômero que pode estar afetando diretamente o fator de perdas dielétricas do OVI. Os resultados obtidos indicam que esse material não é indicado para aplicação em transformadores isolados com esse fluido. O fator de perdas dielétricas também foi alterado na presença do elastômero Viton para o OVI (Figura 07-B), porém em menor proporção em relação ao elastômero Nitrílico. Para o OMI os valores ficaram constantes até o final dos 60 dias de envelhecimento.

Na Figura 07-C, observa-se que houve pouca variação no fator de perdas dielétricas do OVI em função do tempo de envelhecimento na presença do elastômero Tealon. Dentre os elastômeros testados neste trabalho, este elastômero foi o que apresentou melhor desempenho com o OVI.

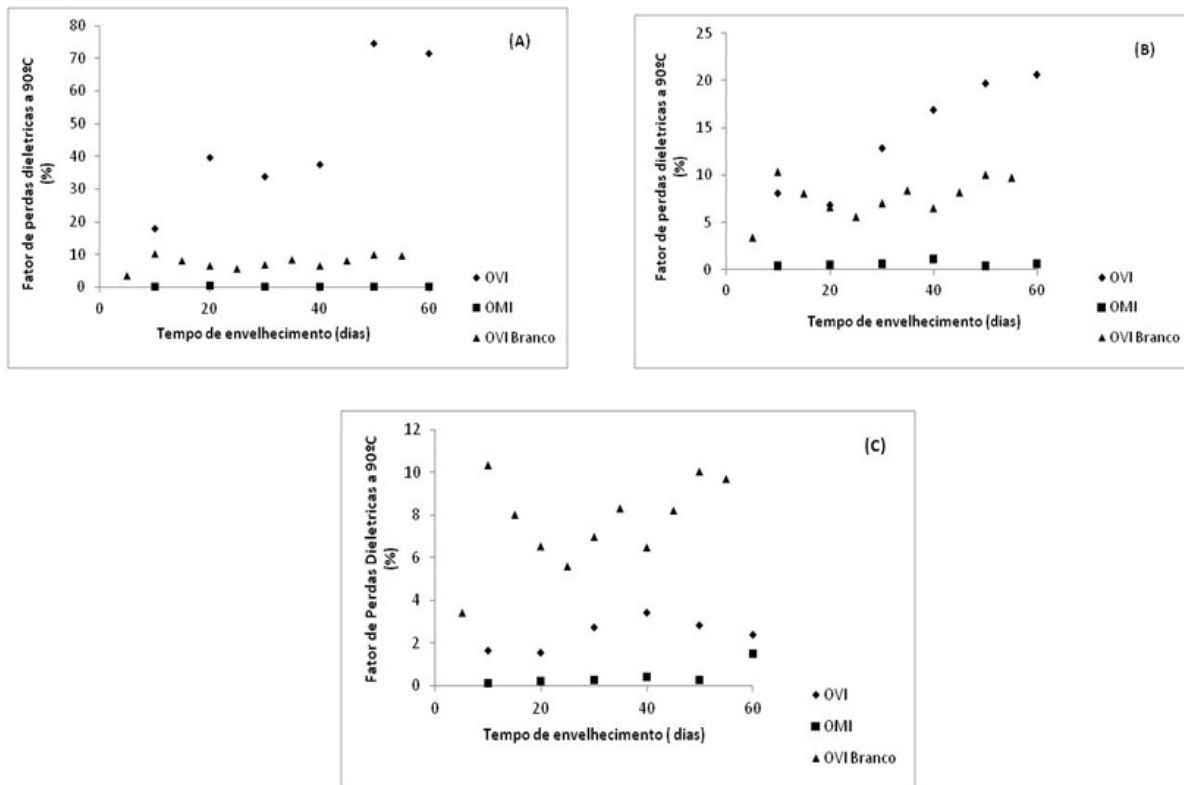


Figura 07. Efeito do tempo de envelhecimento sobre as perdas dielétricas a 90 °C do OVI e OMI na presença dos elastômeros (A) Nitrílico, (B) Viton e (C) Tealon.

Quanto ao índice de neutralização do OVI, observa-se uma pequena variação do mesmo na presença dos três elastômeros (Figura 08), Nitrílico, Viton e Tealon. Um aumento maior pode ser observado após 50 dias de envelhecimento do OVI branco, provavelmente em decorrência da sua própria hidrólise. Esse efeito não foi observado na presença dos elastômeros.

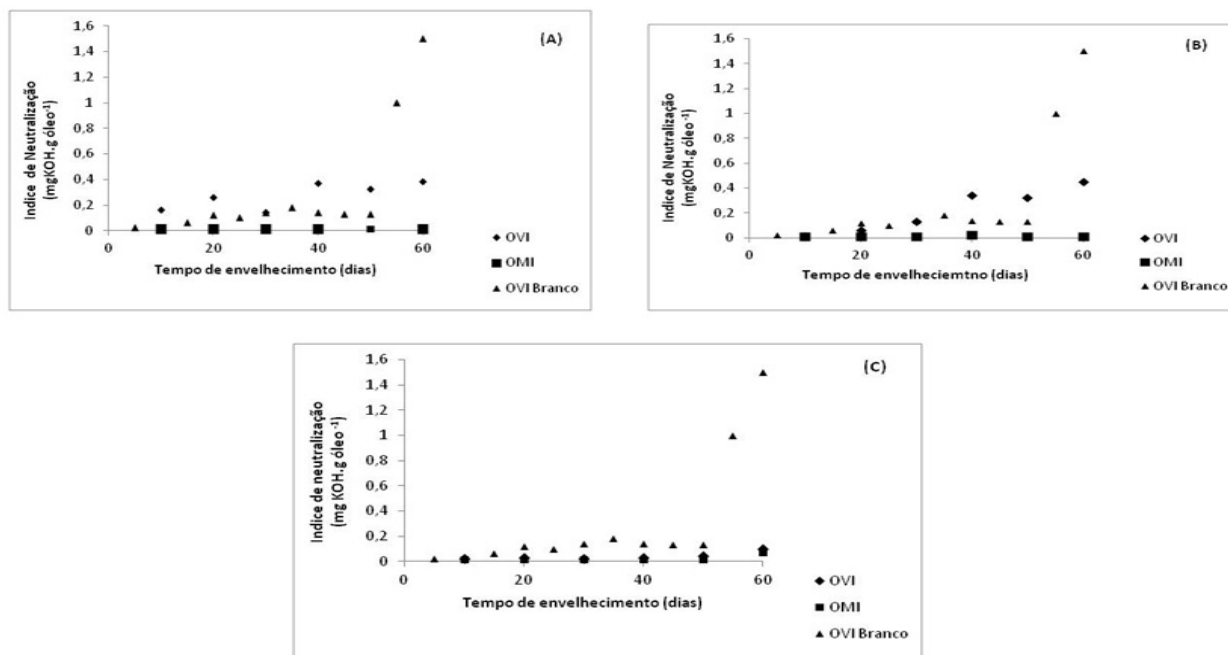


Figura 08. Efeito do tempo de envelhecimento sobre o índice de neutralização do OVI e OMI na presença dos elastômeros (A) Nitrílico, (B) Viton e (C) Tealon.

Não foi possível observar variação significativa na tensão interfacial do OMI ao longo do ensaio de envelhecimento acelerado na presença do elastômero Nitrílico (Figura 09-A) e Viton (Figura 09-B). Houve uma diminuição na tensão interfacial do OMI ao longo do ensaio de envelhecimento acelerado na presença do elastômero Tealon (Figura 09-C), indicando que esse material não é indicado para esse tipo de fluido.

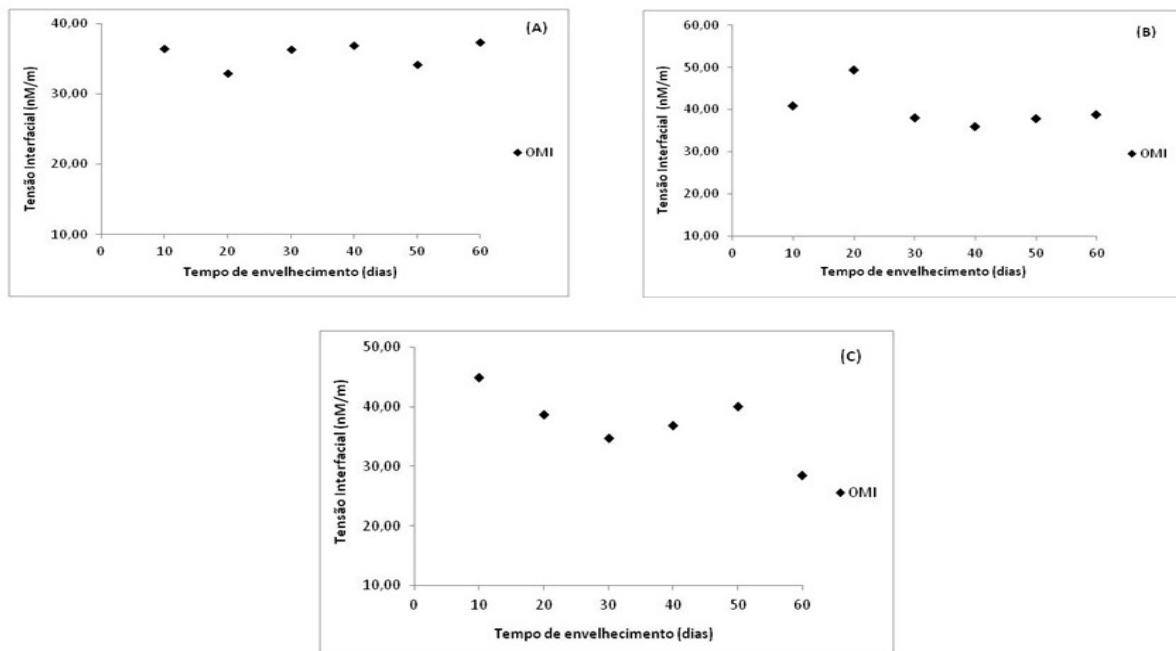


Figura 09. Efeito do tempo de envelhecimento sobre a tensão interfacial do OMI na presença dos elastômeros (A) Nitrílico, (B) Viton e (C) Tealon.

A viscosidade dos dois óleos não foi alterada durante os 60 dias de ensaio na presença dos elastômeros Nítrico, Viton e Tealon (dados não apresentados).

3. Conclusões

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que:

O OVI apresenta propriedades diferentes do OMI, como maior fator de perdas dielétricas, viscosidade, teor de água e índice de neutralização. O OVI possui grupos polares em comparação ao OMI e esta característica deve ser levada em conta na sua aplicação.

Considerando os valores limites indicado na norma ABNT NBR 14274, dois materiais testados neste trabalho, o elastômero nitrílico e a tinta monocomponente, foram considerados incompatíveis com o OVI, enquanto que os outros materiais testados podem ser considerados compatíveis com o OVI. Esses mesmos materiais também foram incompatíveis com o OMI.

O fator de perdas dielétricas apresentou um aumento com o tempo de envelhecimento na presença dos elastômeros Nitrílico e Viton. Estes parâmetros devem ser monitorados e avaliados durante o envelhecimento do OVI. Estudos adicionais estão sendo realizados para avaliar o porquê da interferência destes elastômeros nesses parâmetros físico-químicos do OVI.

O elastômero Tealon apresentou o melhor desempenho com o OVI.

4. Referências bibliográficas

- ARANTES, J. G. **Diagnóstico de falhas em transformadores de potência pela análise de gases dissolvidos e óleo isolante através de redes neurais.** Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá. 2005, 99 p.
- CLARK, F. M. **Insulating materials for design and engineering practice.** New York: John Wiley and Sons, 1962, 393 p.
- FILHO, F. A. **Avaliação da Formação e Migração do Sulfeto de Cobre em Papel Isolante Utilizado em Equipamentos Elétricos.** Rio de Janeiro, 2008,115p. Dissertação (Mestrado UFRJ/COPPE)- Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.
- McSHANE, C. P. **Vegetable-oil-based dielectric coolants.** IEEE Applications Magazine, June 2002,7 p.
- MYERS, S. D.; KELLY, J.J.; PARRISH, R.H. **A guide to transformer maintenance.** Ohio: Transformer Maintenance Institute, 1982, 830 p.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais.** São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda, 1998. 150 p.
- TULIO, L. **Estudo do Envelhecimento Acelerado de Óleo Vegetal Isolante em Escala Laboratorial.** Curitiba, 2007. 123 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante - PRODETEC) - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e Instituto de Engenharia do Paraná.
- WILHELM, H. M., GRANATO, R. C.,TULIO,L., BATISTA, D. A., STOCCO, G. B., SABEC, D., OLIVEIRA, J., UHREN, W., JASINSKI, R., NUNO G. ADONIS, N. G.,JÚNIOR, S. B. G. **Desempenho de óleo vegetal isolante frente ao envelhecimento acelerado.** Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica a ser realizado em Outubro de 2007,8 p.
- UHREN, W. **Aplicação de óleo vegetal como meio isolante em equipamentos elétricos, em substituição ao óleo mineral isolante.** Curitiba, 2007. 123 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante - PRODETEC) - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e Instituto de Engenharia do Paraná.
-