



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GTM/05

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO – XIII

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES –
GTM**

**AValiação DO DESEMPENHO DE ELASTÔMEROS COMERCIAIS COM
FLUIDOS ISOLANTES USADOS EM TRANSFORMADORES**

Aline Souza Salum*
Institutos Lactec

Mauro César de Ávila
Institutos Lactec

Fábio Scussiato Richart
Institutos Lactec

Francyle Ines de C. Silva
Institutos Lactec

Nuno Gustavo Adonis
COPEL

Marilda Munaro
Institutos Lactec

RESUMO

No sentido de compreender os mecanismos de interação entre o óleo e os elastômeros, alguns estudos têm sido desenvolvidos visando o entendimento dos fenômenos e a proposição da melhoria nas formulações para atingir melhor desempenho desses materiais nestas solicitações. Neste trabalho foi avaliado o comportamento de cordões elastoméricos comerciais utilizados como vedações em transformadores de potência, quando em contato com fluidos isolantes. Quatro amostras de diferentes fabricantes foram caracterizadas térmica e mecanicamente, e em seguida, foram envelhecidas em óleo mineral isolante (OMI) e em éster natural isolante base soja e base milho, por períodos diferentes de tempo, a 100 °C, e avaliaram-se as alterações de propriedades destas após o envelhecimento.

PALAVRAS-CHAVE

Elastômeros, óleo mineral isolante, éster natural isolante, compatibilidade, NBR.

1.0 - INTRODUÇÃO

Vedações elastoméricas são utilizadas em transformadores de potência e estão submetidas a solicitações múltiplas como: mecânica, térmica e ataque químico, que podem acelerar os processos de degradação e reduzir a vida útil dos mesmos. Para os transformadores, é estimada vida útil entre 35 a 40 anos, e dentre os vários fatores que podem reduzir este tempo, encontram-se a incompatibilidade do elastômero com o óleo isolante do transformador e a sua degradação. Há relatos apontando que muitas falhas em transformadores têm sido ocasionadas pelo envelhecimento precoce das vedações (1).

As propriedades físicas e mecânicas de elastômeros são alteradas pelo envelhecimento, que causa mudanças na estrutura ou na morfologia destes materiais. O grau de envelhecimento depende de muitos fatores incluindo tipo de polímero, formulação, geometria do produto em teste, e condições ambientais (2,3). Em contato com fluidos isolantes, os elastômeros podem absorvê-los, inchar e/ou reagir quimicamente, causando alterações na estrutura polimérica. Ainda, compostos presentes nos elastômeros podem ser solubilizados, contaminando o fluido isolante (4). Todos esses processos podem levar a modificações importantes nas propriedades mecânicas, físicas, químicas e dielétricas do material elastomérico, acarretando vazamentos e falhas nos equipamentos elétricos.

O elastômero mais comumente utilizado na fabricação das vedações é o NBR (copolímero acrilonitrila butadieno).

(*) Institutos Lactec, Rodovia BR 116, km 98, n° 8813, Laboratório de Polímeros – CEP 81.530-980, Curitiba, PR, Brasil

A fim de avaliar o comportamento destes materiais em função do envelhecimento em fluidos isolantes, foram adquiridos quatro elastômeros comerciais, e avaliadas as propriedades destes antes e após envelhecimento térmico em óleo mineral isolante (OMI) e em éster natural isolante de diferentes bases, um à base de óleo de soja (ENI soja) e outro à base de óleo de milho (ENI milho). Para isto, foram utilizadas análises térmicas e mecânicas para caracterizar e avaliar o comportamento das amostras quando em contato com os fluidos isolantes.

2.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram avaliadas quatro amostras de vedações elastoméricas utilizadas em transformadores no formato de cordões (A, B, C e D). Foram utilizados os fluidos isolantes: óleo mineral isolante (OMI), éster natural base soja (ENI soja) e éster natural base milho (ENI milho).

2.2 Caracterização das amostras

Foram realizados ensaios de caracterização por termogravimetria (TGA), calorimetria exploratória diferencial (DSC), espectroscopia vibracional no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), microanálise química por energia dispersiva de elétrons no microscópio eletrônico de varredura (MEV/EDS), determinação do teor de acrilonitrila, ensaio mecânico de dureza e ensaio relaxação de tensão por compressão.

2.2.1 Termogravimetria (TGA)

Foram realizadas análises termogravimétricas em balança termogravimétrica Netzsch, modelo TG 209 F1, com atmosfera inerte (N₂) da temperatura ambiente a 550 °C, e oxidante (O₂) de 550 a 900 °C, com taxa de aquecimento de 20 °C/min, conforme ASTM D6370 (5).

2.2.2 Espectroscopia vibracional no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Foram realizadas análises em um espectrofotômetro de infravermelho da Bruker, modelo Lumos, no modo ATR, com faixa de aquisição de dados de 4000 a 400 cm⁻¹, resolução de 4 cm⁻¹, e 64 scans.

Foi realizada extração do plastificante das amostras utilizando equipamento Soxhlet. Os extratos obtidos foram analisados em equipamento Bomem, modelo MB-100, nas seguintes condições de ensaio: faixa de aquisição de 4000 a 600 cm⁻¹, resolução de 4 cm⁻¹ e 16 scans.

Os ensaios foram realizados conforme ASTM E1252 e ASTM E2310 (6,7).

2.2.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Foram realizadas análises de microanálise química por energia dispersiva de elétrons (EDS), utilizando microscópio eletrônico de varredura, Tescan, modelo VEGA 3 LMU, e o equipamento para microanálise química (EDS), Oxford, modelo X-ACT.

2.2.4 Determinação do teor de acrilonitrila (ACN)

A determinação do teor de acrilonitrila das amostras foi realizada em duas etapas principais. Primeiro uma etapa de digestão e posteriormente, uma etapa de destilação de nitrogênio. Os ensaios foram realizados conforme ASTM D297 (8), em equipamentos Tecnal.

2.3 Envelhecimento em fluidos isolantes

Quatro corpos de prova (batoques) foram cortados dos cordões com altura de aproximadamente 5 mm e submetidos ao envelhecimento nos fluidos isolantes em estufa Fanem 515C, a 100 °C por períodos de tempo de 96, 168 e 264 horas, conforme ASTM D471 (9).

2.3.1 Variação de massa e volume

Os corpos de prova foram pesados antes e após os períodos de envelhecimento em balança analítica Shimadzu AX200 com acessórios para medida de densidade, conforme ASTM D471 (9). Os corpos de prova foram pesados no ar (M1), na água (M2), e após os períodos de imersão nos fluidos isolantes os corpos de prova foram transferidos para outro tubo com nova porção do mesmo fluido e deixados resfriar por 60 min, sendo retirados e rapidamente imersos em acetona, para remoção do fluido aderido superficialmente, secos e novamente pesados no ar (M3).

A variação da massa foi calculada pela Equação 1:

$$\text{Variação da massa (\%)} = \frac{M_3 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

E a variação do volume foi calculada pela Equação 2:

$$\text{Variação de volume (\%)} = \frac{(M_3 - M_1)}{d(M_1 - M_2)} \times 100 \quad (2)$$

Onde: "d" corresponde à densidade do óleo medida conforme ABNT NBR 14065 (10).

2.3.2 Variação de dureza

A variação de dureza foi calculada pela diferença da dureza inicial (D_i) antes do envelhecimento e da dureza final (D_f), após o envelhecimento em durômetro Asker, modelo CL – 150, conforme ASTM D2240 (10), de acordo com a Equação 3.

$$\text{Variação de dureza (Shore A)} = D_i - D_f \quad (3)$$

2.4 Ensaio de relaxação de tensão por compressão

No ensaio de relaxação de tensão a amostra é submetida à uma deformação, compressiva neste caso, que é mantida constante durante todo o tempo de ensaio. A amostra responde com uma tensão, que é registrada durante todo o tempo. Em razão da relaxação individual das moléculas, a tensão necessária para manter a deformação constante diminui com o tempo. Os ensaios foram realizados com base na ASTM D6147 (11), em equipamento Elastocon, modelo EB23, utilizando-se compressão de 25 %, em ar a 100 °C, e nos ésteres naturais isolantes base soja e base milho a 60 °C, por 168 horas.

A relaxação de tensão ($R(t)$) após um período de teste determinado (t) é expresso como uma porcentagem da força inicial, calculada pela Equação 9, e também foi calculada a variação percentual de força.

$$R(t) = \frac{F_0 - F_t}{F_0} \times 100 \quad (9)$$

Onde F_0 é a força inicial, medida após 30 min da aplicação da deformação, e F_t é a força no instante de tempo t .

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização dos elastômeros

Pela microanálise química por energia dispersiva de elétrons (EDS) realizada no corte transversal dos cordões dos elastômeros foi possível observar a presença de enxofre na composição das amostras, indicando que estes elastômeros utilizaram como agente de vulcanização este elemento.

Nas análises por FTIR/ATR, verificou-se que as amostras A, B e C são borrachas nitrílicas (copolímero acrilonitrila butadieno – NBR) e a amostra D trata-se de uma borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM). Após a extração do aditivo plastificante com acetona, utilizando aparelho Soxhlet, foi realizada análise por FTIR (dados não apresentados), e nos espectros das três amostras (A, B e C) observou-se uma banda em 1728 cm^{-1} que corresponde à ligação dupla carbono-oxigênio atribuída a éster, e fazendo a correlação das demais bandas com a estrutura química do dioctil ftalato (DOP), feita pela biblioteca do equipamento, foi possível identificar a utilização deste plastificante nesses três elastômeros.

A presença deste plastificante também pôde ser observada nas curvas termogravimétricas, dos ensaios de TGA das amostras, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1, onde foi observada perda de massa entre 150 °C e 330 °C. A amostra D provavelmente pode ter sido processada com plastificante polimérico por não ter apresentado indicação de presença de DOP ou com outro plastificante menos volátil. A perda entre 330 °C e 550 °C corresponde à pirólise do polímero, a perda entre 550 °C e 620 °C corresponde à decomposição do negro de carbono e do carbono estável formado durante a decomposição da NBR, e a perda entre 620 °C e 750 °C observada para as amostras A, B e D corresponde à decomposição do carbonato de cálcio (CaCO_3) utilizado na formulação desses elastômeros. Em relação à massa residual das amostras, observa-se que para as amostras A, B e C, a porcentagem de resíduos final foi similar, já a amostra D apresentou uma porcentagem bastante elevada, aproximadamente 03 vezes maior que das outras amostras.

TABELA 1 – Valores obtidos nos ensaios de termogravimetria das amostras.

Amostra	Perda de massa (%) entre 150 e 330 °C	Perda de massa (%) entre 330 e 550 °C	Perda de massa (%) entre 550 e 620 °C	Perda de massa (%) entre 620 e 750 °C	Massa residual (%)
A	13,08	32,3	33,45	4,31	15,84
B	13,55	33,92	33,6	3,36	15,67
C	8,28	42,26	36,39	-	12,5
D	-	33,16	20,17	3,49	43,11

Analisando as curvas obtidas por DMTA na Tabela 2, observa-se que a amostra D apresentou valor de temperatura de transição vítrea (T_g) mais baixo que as outras amostras. As amostras A e C apresentaram valores similares e a amostra B foi a que apresentou maior valor de T_g , que pode ser devido à maior reticulação e/ou o teor de plastificantes.

TABELA 2 – Valores de temperatura de transição vítrea obtidas pelas amostras por DMTA.

Amostra	Temperatura de transição vítrea - T_g (°C)
A	-12,3
B	-7,6
C	-11,5
D	-16,6

Analisando os resultados do teor de acrilonitrila (ACN) (TABELA 3) realizados nas amostras de NBR (A, B e C) verificou-se que estas apresentaram aproximadamente 30 % de acrilonitrila em sua composição. Estes valores encontrados são inferiores ao indicado na norma ABNT NBR 5440, que cita o valor de (39 a 40) % como valor mínimo de ACN em borrachas nitrílicas, e estas amostras apresentaram valor 25 % inferior. A acrilonitrila presente nos elastômeros confere à borracha maior resistência química.

TABELA 3 – Resultados obtidos no ensaio de determinação do teor de acrilonitrila.

Amostra	Teor de acrilonitrila – ACN (%)
A	31,3
B	29,1
C	31,0

3.2 Envelhecimento em fluidos isolantes

Os resultados estão apresentados da Figura 1 à Figura 3.

Verificou-se que as amostras apresentaram comportamentos distintos quando envelhecidas em OMI e em ésteres naturais.

Em relação à variação de massa, a amostra C foi a que apresentou menor variação após as 264 horas de envelhecimento nos três fluidos, em torno de -0,9 % para o OMI; -5,4 % para ENI soja e -5,1 % para ENI milho, indicando que componentes da formulação polimérica podem ter sido extraídas. A amostra A apresentou variação média de 5,8 % e a amostra B de 1,2 % para o OMI, indicando que uma quantidade do fluido permeou pelas amostras, sendo maior na amostra A. Em relação aos ésteres naturais, o comportamento das amostras A e B foi similar, com variação média de -7 % nos dois fluidos, indicando que componentes estão sendo extraídos pelos fluidos. A amostra D apresentou variação de 29,4 % para o OMI, e média de 12,9 % para os ésteres (ENI soja e ENI milho), indicando que grande quantidade dos fluidos está permeando no interior da amostra, isso ocorre devido ao tipo de elastômero (EPDM) que tem baixa resistência química aos óleos e gorduras, sendo esse inchamento bastante prejudicial no desempenho do material quando em uso.

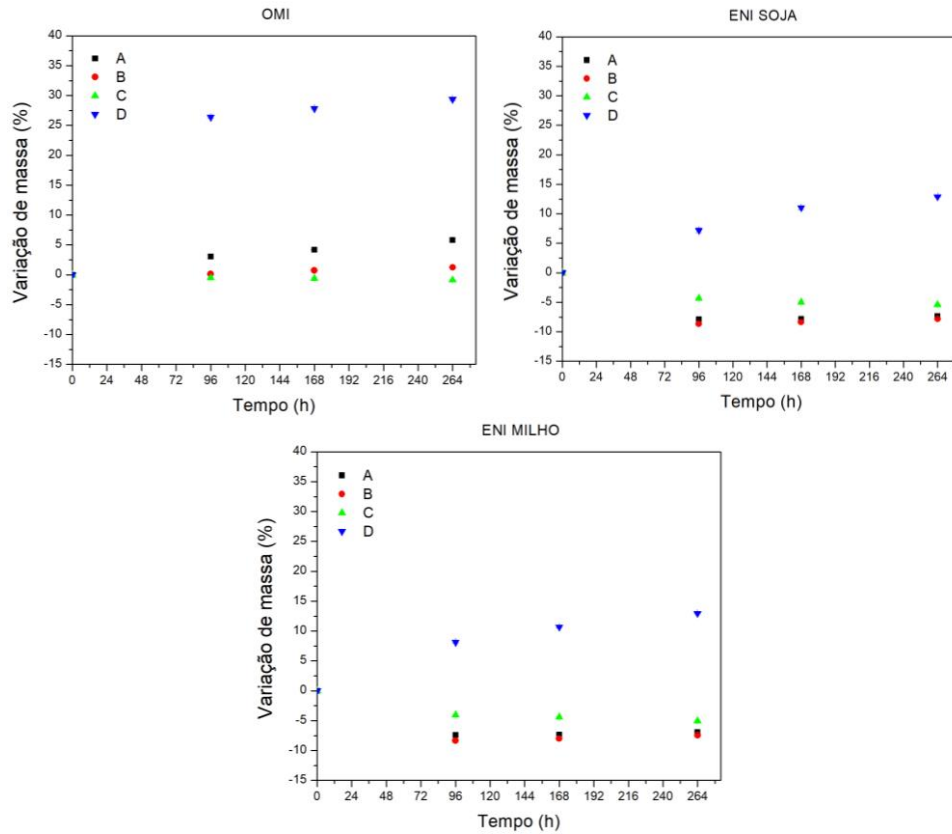


FIGURA 1 – Resultados de variação de massa obtidos pelas amostras A, B, C e D envelhecidas a 100 °C nos fluidos isolantes.

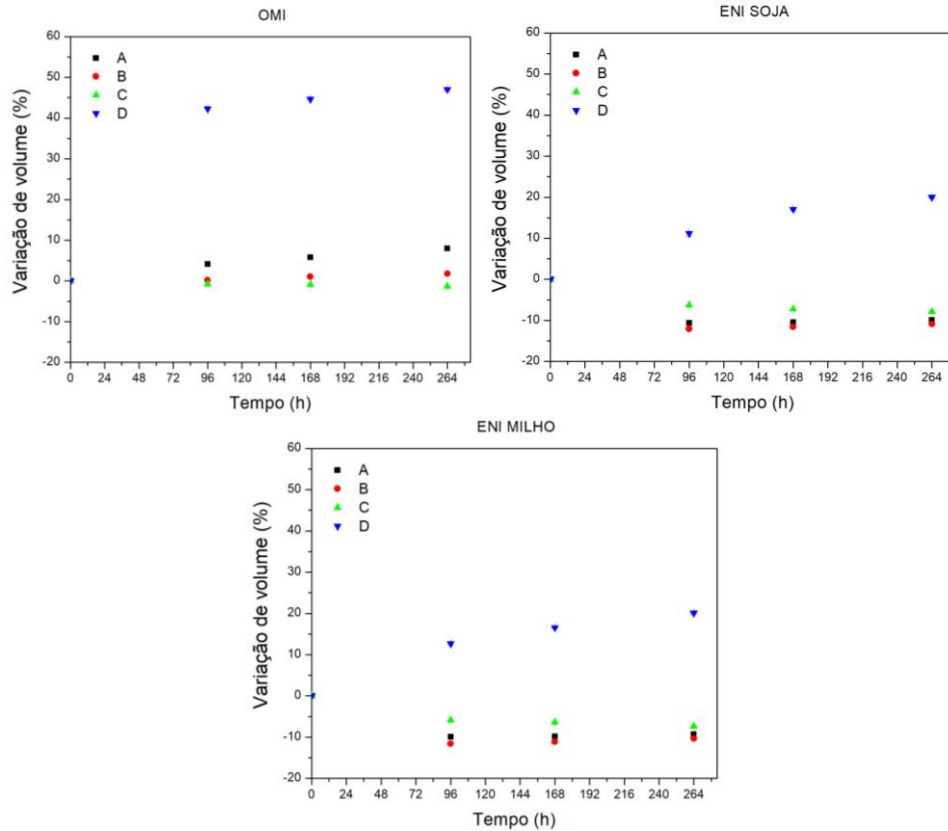


FIGURA 2 – Resultados de variação de volume obtidos pelas amostras A, B, C e D envelhecidas a 100 °C nos fluidos isolantes.

Em relação ao comportamento mecânico, após 264 horas de envelhecimento a 100 °C em OMI, as amostras A, B apresentaram pequena variação positiva de dureza, indicando que pode ter ocorrido extração do plastificante, e a amostra C pequena variação negativa na dureza, indicando leve permeação do OMI na amostra.

Para amostras envelhecidas em ENI soja, a amostra A apresentou variação de 7,0 pontos; a amostra B de 5,9 pontos; e a amostra C de 3,7 pontos positivos. Para o ENI milho, a variação da amostra A foi de 8,5 pontos; da amostra B foi de 4,7 pontos; e da amostra C foi de 3,4 pontos. Essa variação positiva das amostras envelhecidas em ésteres naturais já era esperada, pois como apresentaram redução na massa após os ensaios, indicando que os fluidos isolantes extraem componentes da amostra, principalmente o plastificante, e a dureza tende a aumentar, pois o sistema fica mais rígido.

A amostra D apresentou variações de dureza em torno de 25 pontos negativos após o envelhecimento em OMI e 15 pontos negativos em ENI soja e ENI milho, que corrobora com a provável explicação dada ao fato das grandes variações de massa, de que uma quantidade grande dos fluidos está permeando na amostra.

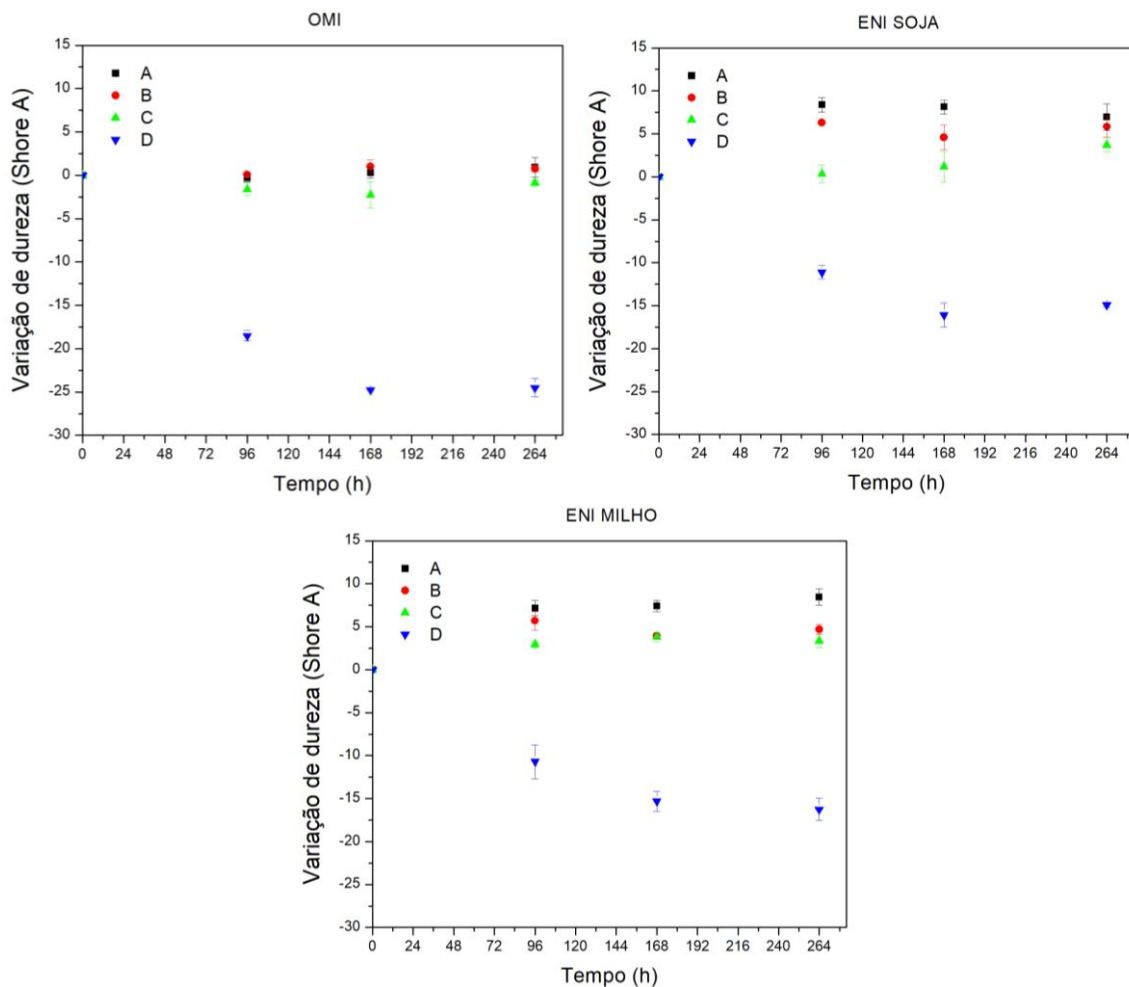


FIGURA 3 – Resultados de variação de dureza obtidos pelas amostras A, B, C e D envelhecidas a 100 °C nos fluidos isolantes.

3.3 Ensaio de relaxação de tensão por compressão

Os resultados obtidos no ensaio de relaxação de tensão por compressão estão apresentados na Tabela 4. Observa-se que os menores valores de relaxação de tensão foram obtidos pelas amostras ensaiadas em OMI, e a amostra C apresentou os menores valores de relaxação em todas as condições de envelhecimento. Com esse resultado é possível indicar que a amostra C teria a o melhor desempenho durante a aplicação por ter apresentado menor deformação permanente sob a sollicitação de compressão, ou seja, manteve mais as propriedades iniciais de recuperação da deformação.

TABELA 4 – Resultados obtidos no ensaio de relaxação de tensão por compressão após 168 horas, a 100 °C para os ensaios realizados em ar e 60 °C para os ensaios realizados nos fluidos isolantes (OMI, ENI soja e ENi milho).

Amostra	Relaxação de tensão - Rt (%)			
	AR	OMI	ENI SOJA	ENI MILHO
A	32,5	18,9	28,5	28,9
B	34,4	19,4	32,3	33,2
C	16,3	9,6	15,5	14,2
D	32,0	18,5	22,9	19,0

4.0 - CONCLUSÕES

Este estudo avaliou o comportamento de amostras de cordões de elastômeros comerciais que são utilizados como vedações em transformadores de potência. As amostras avaliadas foram caracterizadas e verificou-se que três (A, B e C) delas são borrachas nitrílicas (NBR) e a amostra D é uma borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM). As quatro amostras foram reticuladas com enxofre. Nas amostras A, B e C verificou-se a presença do plastificante DOP, e na amostra D provavelmente foi utilizado plastificante polimérico. Verificou-se também a presença de carbonato de cálcio (CaCO₃) nas amostras A, B e D.

Verificou-se, pelos resultados obtidos, que das amostras de NBR, nenhuma delas atendeu à especificação do teor de acrilonitrila, responsável pela resistência química, especificado na ABNT NBR 5440, de 39 a 40 %.

Após o envelhecimento das amostras nos fluidos isolantes, verificou-se que o comportamento das amostras variou em função do fluido isolante utilizado. As amostras (A, B e C) apresentaram comportamento similar, com variações de massa e volume pequenas após envelhecimento em OMI, e variações de massa e volume negativas após envelhecimento em ENI soja e ENI milho, indicando que o éster natural extraiu componentes do elastômero, fato este que pode prejudicar o desempenho das vedações quando solicitadas. A amostra D apresentou grandes e positivas variações de massa após o envelhecimento nos três fluidos, principalmente com OMI, indicando que houve grande quantidade dos fluidos permeando para o interior da amostra.

A relaxação de tensão das amostras também foi influenciada pelo meio em que elas estavam, ou seja, do fluido isolante utilizado. Verificou-se que os menores valores de relaxação de tensão foram obtidos pelas amostras ensaiadas em OMI, e o melhor resultado foi obtido pela amostra C com menores valores de relaxação em todas as condições de envelhecimento.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BECHARA, R.; JR, A. F. B. Análise de falhas em transformadores de potência e seus mecanismos de ocorrência. **XIII ERIAC - Décimo Terceiro Encontro Regional Iberoamericano de Cigré**, Puerto Iguazú - Argentina, mayo 2009.
- (2) ESCÓCIO, V. A. et al. Efeito do envelhecimento nas propriedades mecânicas e dinâmico-mecânicas de composições de borracha natural com mica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 13-16, 2004.
- (3) COSTA, P. et al. Effect of butadiene/styrene ratio, block structure and carbon nanotube content on the mechanical and electrical properties of thermoplastic elastomers after UV ageing. **Polymer Testing**, n. 42, p. 225-233, 2015.
- (4) STAHL, W. M. Choosing the right elastomer for the right application. **World Pumps**, p. 30-33, October 2006.
- (5) ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6370**. Standard Test Method for Rubber—Compositional Analysis by Thermogravimetry (TGA) ASTM, American Society for Testing and Materials. 2014.
- (6) ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1252**. Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis. 2013.
- (7) ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E2310**. Standard Guide for Use of Spectral Searching by Curve Matching Algorithms with Data Recorded Using Mid-Infrared Spectroscopy. 2015.
- (8) ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D297**. Standard Test Methods for Rubber Products — Chemical Analysis. 2013.

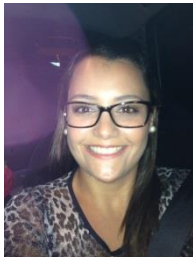
(9) ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D471**. Standard Test Method for Rubber Property — Effect of Liquids. 2012.

(10) ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14065**. Destilados de petróleo e óleos viscosos — Determinação da massa específica e da densidade relativa pelo densímetro digital. 2013.

(11) ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2240**. Standard Test Method for Rubber Property — Durometer Hardness. 2010.

(12) ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6147**. Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomer — Determination of Force Decay (Stress Relaxation) in Compression. 2014.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Aline Souza Salum, M.Sc. Nasceu em Castro – PR, em 1989.

Possui graduação em Engenharia de Materiais (2011) e mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais (2014) pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Atualmente é doutoranda em Engenharia e Ciência de Materiais na Universidade Federal do Paraná (UFPR), pesquisadora no Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - Institutos Lactec, no Departamento de Eletricidade e Materiais (DPEM) e professora na Faculdade Opet, nos cursos de Engenharia Civil, Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais, com ênfase em polímeros, atuando principalmente nos seguintes temas: elastômeros, desenvolvimento de materiais compósitos, processamento e caracterização de materiais.

Mauro César de Ávila, M.Sc.

Possui graduação em Química pela Escola Técnica Federal São João Batista, graduação em Tecnologia em Polímeros pela Sociedade Educacional de Santa Catarina (SOCIESC) na Faculdade de Tecnologia Tupy (2010) e mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais (2014), pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Atualmente é doutorando em Engenharia e Ciência de Materiais na Universidade Federal do Paraná (UFPR) e gerente de Pesquisa e Desenvolvimento Industrial na empresa Tecnol S/A. Possui experiência na área de Engenharia de Materiais, principalmente com elastômeros e compostos termoplásticos como EVA, PU e PVC.

Fábio Scussiato Richart, M.Sc.

Possui graduação em Tecnologia de Polímeros pela Sociedade Educacional de Santa Catarina (SOCIESC) na Faculdade de Tecnologia Tupy (2010) e mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais pela Universidade Federal do Paraná (2013). Profissionalmente, atua como pesquisador no Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento – Institutos Lactec, no Departamento de Eletricidade e Materiais. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais, com ênfase em materiais poliméricos e processamento de polímeros, atuando principalmente nos temas: desenvolvimento de materiais poliméricos, nanocompósitos, compósitos poliméricos e caracterização de materiais.

Franciele Ines de Carvalho Silva, M.Sc. Nasceu em Curitiba – PR.

Possui graduação em Licenciatura em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2010) e mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Paraná (2015). Atualmente é pesquisadora no Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - Institutos Lactec. Tem experiência nas áreas de Engenharia de Materiais e Química, com ênfase em corrosão, intemperismo acelerado, metais, polímeros e caracterização de materiais.

Nuno Gustavo Adonis

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná (1982). Atualmente exerce a função de engenheiro eletricista na Companhia Paranaense de Energia – COPEL DIS. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase na elaboração de especificações técnicas de materiais e equipamentos, assim como na avaliação técnica e controle de qualidade dos mesmos.

Marilda Munaro, D.Sc. Nasceu em Santa Izabel do Oeste – PR.

Possui graduação em Química pela Universidade Federal do Paraná (1993), mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais (2000) e doutorado em Engenharia e Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Paraná (2007). Atualmente é pesquisadora no Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec, no Departamento de Eletricidade e Materiais (DPEM). Tem experiência na área de Engenharia de Materiais, com ênfase em Polímeros. Atuando principalmente nos seguintes temas: materiais poliméricos - avaliação da degradação, caracterização, análise de falhas; e desenvolvimento de novos materiais.