



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

FI/GTL/14
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XV

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS
ELÉTRICOS - GTL**

NOVA METODOLOGIA PARA ENSAIOS DE FLUÊNCIA EM CABOS ÓPTICOS OPGW

Marcos José Mannala
Institutos LACTEC/UFPR
Luiz Siguenobu Obara
Furukawa Industrial S.A.

C.E.L Mattos (*)
Institutos LACTEC/UTFPR/OPET
Mario Masuda
Furukawa Industrial S.A.

G.R. Amaral
Institutos LACTEC/PUCPR

RESUMO

Este artigo visa através de ensaios de laboratório conceber uma ferramenta sistêmica para o aperfeiçoamento do método de determinação da fluência em cabos condutores de energia e OPGW (*Optical Ground Wire*), que tem sido utilizada no Brasil durante os últimos 30 anos. Desta forma, proporcionar ganhos de confiabilidade ao sistema de transmissão de energia elétrica, pois o projeto, a construção, a operação e a manutenção de linhas de transmissão dependem de parâmetros de desempenho mecânico dos cabos. Conclui-se que a metodologia de ensaio proposta proporciona resultados finais mais confiáveis quando comparado com o atual procedimento normatizado utilizado no Brasil, e sua utilização em projetos de linha aéreas de transmissão de energia podem reduzir custos de construção, aumentar a ampacidade das linhas já existentes ⁽¹⁾.

PALAVRAS-CHAVE

Projeto de LT's, Repotenciação, Condutores Elétricos, OPGW, Ensaio de Fluência, ABNT NBR 7303

1.0 - INTRODUÇÃO

A construção de novas linhas de transmissão de energia elétrica são obras de grandes investimentos financeiros e impactos ambientais, e requeem que seja realizado um planejamento adequado, como forma de manter o menor custo e tempo de execução, bem como um controle sobre o impacto ambiental.

No Brasil, estão propostos e previstos até 2017, ampliações e reforços em 53 linhas de transmissão, que em conjunto com as unidades transformadores estima-se um investimento global da ordem de 13 bilhões de reais. O volume de investimentos associados à expansão das linhas de transmissão de energia projetada no Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 será de R\$ 78 bilhões até 2023 ⁽²⁾.

Para melhor aproveitamento deste recurso é necessário o conhecimento dos principais materiais utilizados na construção das linhas de transmissão sendo a caracterização do comportamento mecânico dos condutores e cabos OPGW um aspecto importante que determinam os fatores de segurança e desempenho.

Os métodos de ensaio de fluência em cabos condutores de energia elétrica e OPGW têm sido discutidos, pois a utilização da norma brasileira para ensaio de fluência apresentam resultados inconsistentes com a literatura e este fato tem motivado pesquisas nesta área.

(*) BR 116 – km 98, n° 8813 – sala 132 - Centro Politécnico da UFPR – CEP 81531-980 Curitiba, PR, – Brasil.
Tel: (+55 41) 3361-6259 – Fax: (+55 41) 3361-6259 – Email: mannala@lactec.org.br

No Brasil as normas que regem o ensaio de fluência para cabos utilizados em linhas aéreas são ABNT NBR 7303:1982- Condutores elétricos de alumínio – Fluência em condutores de alumínio ABNT 14074:2009 Cabos para-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão - Requisitos e métodos de ensaio e NBR 13516:2010 Cabos ópticos – Ensaio de fluência – Métodos de ensaio.

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu em função do projeto de P&D com patrocínio da Furukawa Industrial S.A Produtos Elétricos e executado pelo Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, subsidiada pela Lei nº 10.176, de 11 de janeiro de 2001, a ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações e ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico na concessão da utilização da lei 8.010/90 para a compra de equipamentos.

Este trabalho tem o objetivo geral de realizar o aperfeiçoamento da metodologia de ensaio de fluência, e os objetivos específicos de produzir subsídios para alteração dos parâmetros de controle do ensaio de fluência, realizar o monitoramento adequado dos parâmetros de desempenho de cabos condutores durante ensaios de resistência à fluência e subsidiar os projetistas com dados precisos para o cálculo trações e flechas dos cabos.

2.0 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fluência

Fluência é a deformação permanente do metal quando o mesmo está sujeito a tensões menores que a tensão do limite de elasticidade por longos períodos de tempo⁽³⁾. A completa compreensão do comportamento das curvas de fluência pode ser analisada através da taxa de fluência ao longo do ensaio⁽⁴⁾.

As três fases da fluência são conhecidas, respectivamente, por fluências “primária”, “secundária” e “terciária”. A fluência primária inclui uma quantidade considerável de acomodações geométricas entre os fios, ajuste de carga entre as diversas camadas (se houver), e transferência de tensão entre os diferentes materiais do cabo. A fluência secundária, por sua vez, é constituída principalmente de fluência metalúrgica, mais estável. A fluência terciária possui uma taxa de crescente no tempo e leva o material a ruptura⁽⁵⁾.

2.2 Curva de fluência e constantes b e m

Algumas características básicas do fenômeno da fluência em condutores são definidas como:

- Para um material ensaiado mantendo-se constantes a temperatura e tensão aplicada sobre o material, é possível traçar um gráfico da deformação pelo tempo em escala log-log, sendo a curva representada por uma reta⁽³⁾.
- O coeficiente linear, denominado “b”, é considerado uma medida da suscetibilidade inicial do material de fluir com a aplicação de determinada carga, é uma função do material, da temperatura de ensaio, da história do condutor, da carga aplicada e do tempo, portanto, “b” é a fluência no início do ensaio para tempo t igual a uma hora⁽³⁾.
- A constante angular (inclinação) da reta, “m”, por sua vez, é descrita como a suscetibilidade do material de continuar a fluir uma vez iniciado o processo da fluência⁽³⁾.
- Os dois coeficientes, “b” e “m”, são influenciados pelas propriedades do material de que a amostra é constituída e se alteram dependendo das condições de ensaio, por exemplo, “m” aumenta com incremento de temperatura⁽⁶⁾ e diminui com o aumento de “b”.
- A relação linear entre as grandezas representadas em escala logarítmica da fluência e tempo facilita a extrapolação e melhora a sua precisão dos resultados⁽⁷⁾.
- O método de fabricação dos fios componentes do condutor afeta a taxa de fluência⁽⁸⁾, por exemplo, a conformação ou moldagem dos fios; e
- A influência das condições de ensaio na curva de fluência, o aumento do nível de tensão resulta num deslocamento vertical para cima da curva de fluência, sem alteração em sua inclinação (constante “m”) ⁽⁹⁾.

2.3 Influência da duração do ensaio

A análise da curva de deformação sob tração constante permite identificar dois parâmetros, tempo de ruptura, quando a ruptura é a preocupação dominante, e a taxa de fluência em estado estacionário, quando a ruptura não ocorrer durante a vida útil do componente. Neste caso, a taxa de fluência secundária pode ser utilizada para avaliar a acumulação constante de tensão com o tempo de serviço⁽⁴⁾.

Para fins de extrapolação, o ensaio deve ter no mínimo chegado a um ponto em que a fluência secundária esteja firmemente estabelecida e seja claramente reconhecível no gráfico, o que, para alguns cabos, pode exigir mais de mil h de ensaio. A fluência terciária possui uma taxa de fluência e leva o material à ruptura⁽⁹⁾.

As diferenças no resultado final (projeção para 100 000 h) de ensaios de 1 000 para ensaios de 500 h são consideravelmente pequenas, em sua maioria menor que 5%. Em geral, ensaios de menor duração resultarão em valores finais de fluência ligeiramente mais pessimistas⁽¹⁰⁾.

2.4 Influência da pré-carga

É observado que a pré-carga tem as seguintes influências no ensaio⁽¹¹⁾.

- Para uma tensão constante de pré-carga, aumentando-se a duração da pré-carga, “b” aumenta e m diminui;
- Para qualquer duração da pré-carga, aumentando-se a tensão de pré-carga, “b” aumenta e “n” diminui;
- Quando da retirada da tensão de pré-carga, há um período de tempo durante o qual a deformação (fluência) apresenta pequeno alongamento ou contração;
- O aumento da severidade da pré-carga (duração e/ou tensão) reduz a fluência.

Outras considerações importantes para a garantia da confiabilidade dos ensaios são os métodos de carregamento e de medição e registro de dados. O carregamento e a manutenção da tensão no cabo durante o teste devem ser feitos uniformemente e de maneira a evitar variações bruscas e sobrepassagens (o recomendado por todas as normas já citadas), de forma que devem ser a todo custo evitadas as operações manuais, dando preferência para equipamentos e instrumentos automatizados⁽¹²⁾. As leituras de deformação por fluência devem ser igualmente espaçadas na escala logarítmica de tempo, a fim de que a regressão linear nesta escala apresente boa correlação com os dados experimentais⁽¹³⁾.

3.0 - METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de um estudo exploratório o qual foi apoiado em métodos experimental para obtenção de dados e comparativo para análise dos resultados. Na primeira etapa foi sugerida mudanças nas condições de controle ambientais do ensaio, com objetivo de criar condições para interferir na metodologia do ensaio de fluência buscando a reprodutibilidade de resultados e coerência com a literatura técnica. Na segunda etapa foi realizado o estudo da influencia destes fatores e na terceira foi realizada uma análise comparativa dos resultados obtidos na metodologia proposta com os resultados seguindo a metodologia NBR 7303:1982.

Foram utilizadas 3 bancadas de ensaios para a realização dos testes de fluência nos cabos.

As três bancadas foram projetadas para realizar diversos ensaios mecânicos e elétricos, tais como: fadiga, tensão-deformação, ruptura, fluência, determinação do coeficiente de dilatação térmica, impedância elétrica em corrente alternada e resistência elétrica em corrente contínua em função da temperatura em cabos de transmissão de energia e de dados, bem como ensaios mecânicos em acessórios para cabos e estruturas utilizadas em linhas de transmissão e de distribuição.

As três bancadas possuíam em comum os mesmos princípios de funcionamento do sistema de tração (controle ativo de tração), do sistema de controle de temperatura do ambiente e de aquisição de dados. Para atender os requisitos solicitados da metodologia proposta foi necessário realizar uma reforma na bancada 2, com a aquisição de novos sistemas de tração e controle de temperatura do ambiente.

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo foi realizado em nove tipos de cabos OPGW, um cabo de alumínio e um condutor de alumínio com alma de aço, os principais resultados dos cabos OPGW estão descritos abaixo.

4.1 Proposta de parâmetros de ensaio.

Com o objetivo de assegurar os resultados dos ensaios de fluência apresentassem reprodutibilidade e estivessem em conformidade com a literatura estudada, principalmente que houvesse coerência entre os coeficientes angulares e lineares das retas, foi desenvolvida uma metodologia, onde os parâmetros controle adotados durante o ensaio são demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de controle e justificativa da metodologia de ensaio adotada

Item de controle	Proposta	Justificativa
Atenuação Óptica (Para Cabos OPGW)	Conforme requisito do cliente	O objetivo principal do ensaio é medir a fluência.
Duração mínima	250 h	O aumento da duração do ensaio resulta em ganho da precisão dos resultados.
Temperatura (início ensaio)	Temperatura ambiente (de 20 °C a 24 °C)	Diminuição da variação térmica na amostra, evita efeitos de dilatação/contração que podem interferir no resultado.
Variação temperatura	± 1 °C	Quanto menor, melhor.
Método de ancoragem	De forma que os componentes que suportam carga estejam impedidos de se moverem um em relação ao outro.	Eliminação da possibilidade de deslizamento do cabo e fios, evitando medições errôneas da deformação.
Mínimo Comprimento Útil	Mínimo 11,0 m	Obtenção de leitura na melhor faixa de precisão dos instrumentos de medição
Pré-Carga	Quando necessário 2% da RMC por 5 minutos ± 10 s	Pré carga inicial a menor possível, para viabilizar a instalação dos acessórios e medição do comprimento do cabo condutor
Carga do Ensaio	No mínimo em duas trações sugere-se as cargas de 10, 15, 20 e 25 da RMC	Melhor caracterização do comportamento da fluência do cabo
Taxa de Carregamento	Taxa necessária para atingir a carga (tolerância de $\pm 1\%$) em 5 minutos ± 10 s	Padronização das condições de acomodação mecânica dos fios e da quantidade de fluência ocorrida nesta fase do ensaio
Variação da carga de tração (Ensaio)	$\pm 1\%$	Aumento da precisão dos resultados do ensaio
Precisão do Sistema de Deformação	0,0005% (5 $\mu\epsilon$)	No início do ensaio as deformações são pequenas.
Registro de Dados	1ª leitura imediatamente após o final do carregamento. Medições igualmente espaçadas na escala logarítmica de tempo, com 375 leituras por década.	Padronização do início das medições e melhor descrever a fluência do material.
Início do Registro	Desde o final da pré-carga.	Obter registro do histórico completo do ensaio
Apresentação dos Resultados	Gráfico log-log {Deformação (ϵ) vs Tempo(t)} com extrapolação para 100 000 h ou 10 anos, com ajuste por mínimos quadrados da equação $\epsilon = (b) + m \cdot \log(t)$	Distribuição uniforme dos pontos em escala logarítmica

4.2 Influência da taxa de carregamento da pré-carga à tração de ensaio

A Figura 1 apresenta o gráfico da força aplicada no condutor ao longo do tempo durante o período de carregamento, para o ensaio com tração de 10% da carga de ruptura do condutor, utilizando-se os parâmetros de carregamento sugeridos pela NBR 7303 e método proposto identificado como LACTEC.

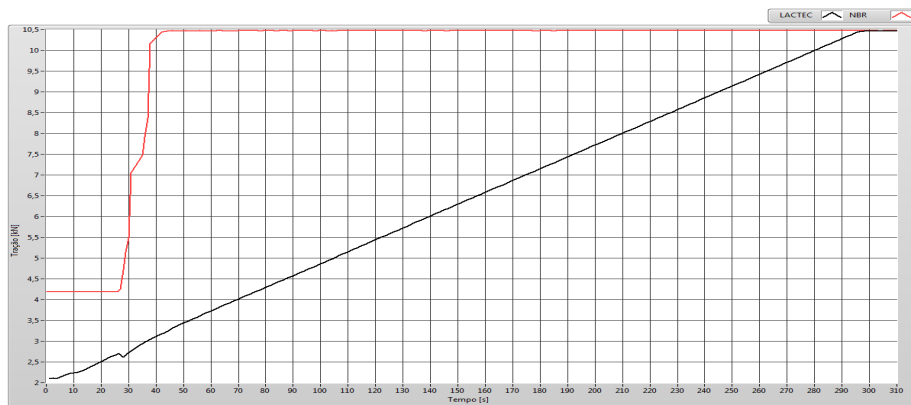


Figura 1 - Gráfico do carregamento em ensaios a 10% da RMC

Fonte: O autor.

O efeito da alteração da taxa de carregamento utilizada nos dois métodos pode ser analisado na Figura 2, onde é mostrado o alongamento dos corpos-de-prova em função da carga durante o carregamento. Comparando as curvas é possível notar que o carregamento da amostra que ocorre “o mais rápido possível” conforme sugerido pela NBR 7303 provoca um alongamento menor no corpo de prova, ou seja, parte da deformação plástica devido a aplicação da carga de carregamento do início do ensaio é transferida para a medição de fluência.

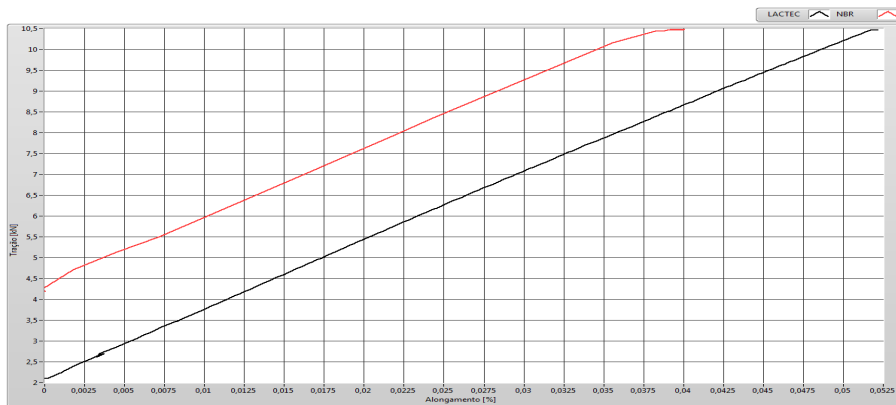


Figura 2 - Diferença de alongamento no início do ensaio de fluência devido às diferentes taxas de carregamento adotadas, a 10% da RMC.

Fonte: O autor.

A “adição” de alongamento no início da curva de fluência provoca aumento do coeficiente linear da reta ajustada, parâmetro (b), que representa deformação versus tempo, e consequentemente por tratar-se de uma reta em gráfico LOG- LOG haverá em via de regra uma diminuição do coeficiente angular (m), da reta. A Figura 3 apresenta o gráfico para a extrapolação para 10 anos do resultado da fluência e demonstra graficamente o efeito da divergência dos coeficientes angular para o ensaio realizado a tração de 10 % da RMC.

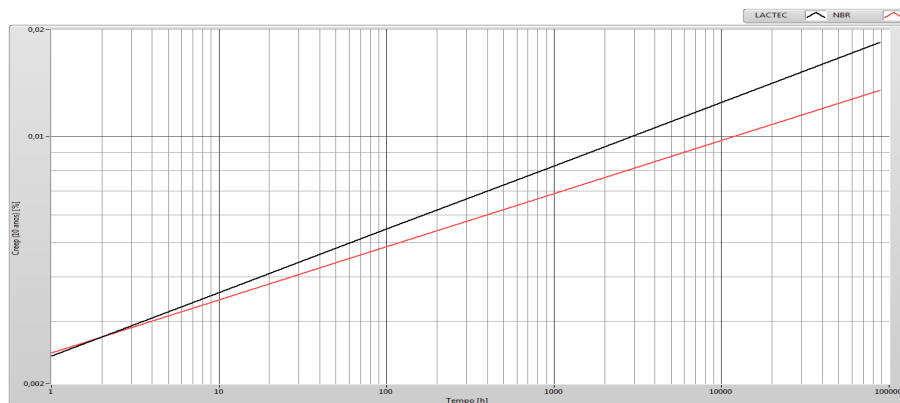


Figura 3 - Reta ajustada com extrapolação para 10 anos, a 10% da RMC

Fonte: O autor.

4.3 Influência das variações de temperatura e tração ao longo dos ensaios

A influência da variação da temperatura no ensaio foi analisada variando a temperatura em mais de 1 °C, porém dentro dos parâmetros da norma NBR 7303 de ± 2 °C e a variação na tendência de fluência de longo prazo, ao longo de dois ensaios. A Figura 4 é a representação gráfica dos dados temperatura que apresentou um desvio negativo de temperatura superior a 1 °C do set point desejado.

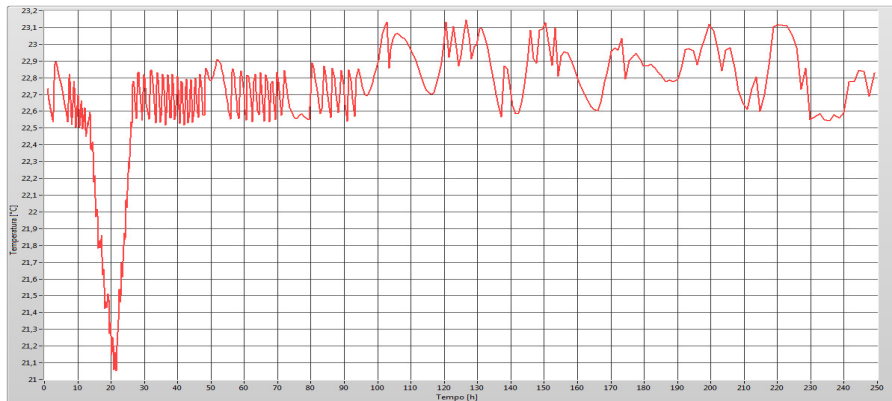


Figura 4 - Temperatura versus tempo (método proposto 15% da RMC, 250 h).

Fonte: O autor.

A Figura 5 é a representação gráfica dos dados da extrapolação da projeção da tendência de fluência para 10 anos durante o ensaio, ou seja, o valor da fluência extrapolado para 10 anos se o ensaio terminasse no momento correspondente ao eixo das abscissas, deste ensaio. A consequência do desvio da temperatura é demonstrada no gráfico da Figura 5, no qual se observa que, a tendência da fluência de longo prazo teve um aumentando drástico enquanto a temperatura sofre um decréscimo.

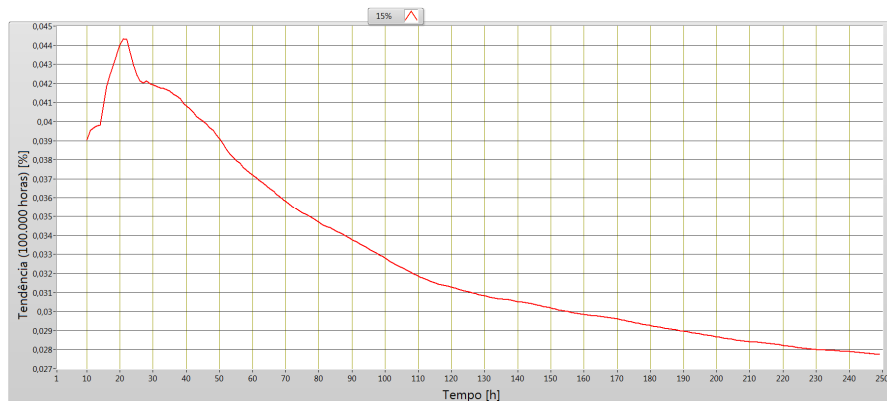


Figura 5 - Tendência da fluência de longo prazo (método proposto, 15% RMC, 250 h).

Fonte: O autor.

4.4 Influência do tempo de ensaio

Para determinar a duração mínima de ensaio é fundamental a completa compreensão do comportamento das curvas de fluência dos cabos. Este comportamento pode ser analisado através da taxa de fluência ao longo do ensaio. A Tabela 2 apresenta os valores dos coeficientes b e m e da extrapolação para 10 anos da curva de fluência em quatro ensaios com trações distintas de cabos OPGW com duração de 250 h e a simulação com os mesmos dados caso o ensaio fosse interrompido com 120 h.

Tabela 2 - Comparativo dos resultados de ensaios com duração de 120 h e 250 h – metodologia proposta

OPGW		Tração [%RMC]	B	M	Fluência (10 anos)
Formado por um tubo de aço inoxidável em um tubo de alumínio e uma única camada com fios de aço revestido de alumínio (20% IACS)	250 h	10	1,3792	0,17897	184
		15	1,3865	0,21125	270
		20	1,5629	0,17930	281
		25	1,6666	0,16238	295
	120 h	10	1,3750	0,18446	194
		15	1,3773	0,22352	303
		20	1,5554	0,18941	310
		25	1,6606	0,17033	318
	Variação [%]	10	-0,30	3,0	5,4
		15	-0,66	5,5	12,6
		20	-0,48	5,3	10,3
		25	-0,36	4,7	8,0

Fonte: O autor.

Verificou-se que os valores dos parâmetros (b) e (m) não permaneceram constantes e da extrapolação para 10 anos, com 120 h possuem resultados mais pessimistas que os de 250 h sem que houvesse uma correlação com a tração aplicada ao condutor. A figura 7 é a representação gráfica da Tabela 2, aparentemente há a estabilização dos resultados entre 70 e 160 h, entretanto ao analisar os dados após 130 h, nota-se que houve uma variação significativa.

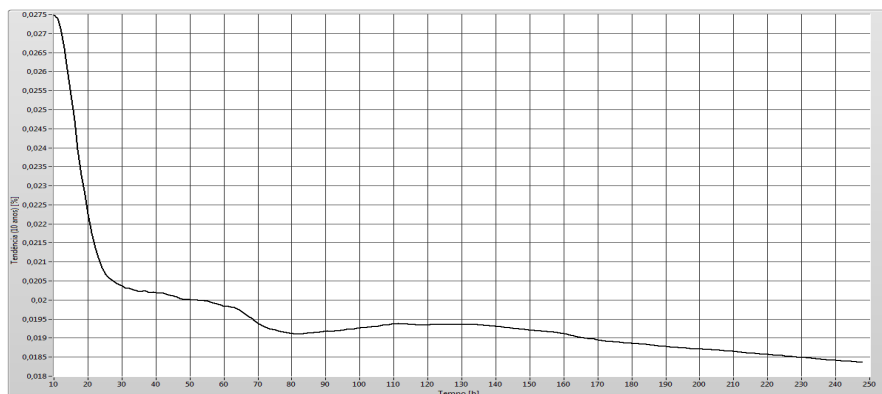


Figura 6 - Tendência até 250 h (10% da RMC, método proposto).

Fonte: O autor.

4.5 Influência da aquisição de dados do ensaio

Considerando-se que o maior número de aquisição por década é a metodologia que melhor descreve o fenômeno analisado durante o ensaio, foi realizado um estudo comparativo dos métodos de aquisição propostos pelas diferentes normas tendo como base a metodologia de maior número de aquisição. O número de dados coletados durante os ensaios foi superior a 37 vezes o mínimo de dados solicitados normas nacionais e internacionais. Sendo possível selecionar nos ensaios realizados, os dados conforme recomendações ou exigências de cada norma e compara-los. A Tabela 3 apresenta, para um cabo OPGW formado por um tubo de aço inoxidável em um tubo de alumínio e uma única camada com fios de aço revestido de alumínio (20% IACS), o comparativo dos valores da projeção da fluência para 100.000 h, considerando as diferentes metodologias de aquisição e ensaio.

Tabela 3 - Comparativo dos valores de fluência de longo prazo obtidos com cada taxa de aquisição.

MÉTODO	TRAÇÃO	AQUISIÇÃO	ξ [mm/km]	$\Delta\xi$ [%]	σ_m [%]
LACTEC 250 h	10%	PROPOSTO	184	---	2,52
		IEC 61395	190	3,3	
		NBR 14074	174	-5,3	
		NBR 7303	180	-1,7	
	15%	PROPOSTO	270	---	1,91
		IEC 61395	258	-4,3	
		NBR 14074	245	-9,1	
		NBR 7303	251	-6,8	
	20%	PROPOSTO	281	---	3,22
		IEC 61395	278	-1,1	
		NBR 14074	258	-8,4	
		NBR 7303	259	-7,9	
	25%	PROPOSTO	295	---	2,77
		IEC 61395	284	-3,5	
		NBR 14074	272	-7,5	
		NBR 7303	273	-7,3	

Fonte: O autor.

A diferença em percentual do valor da fluência de longo prazo, obtida com a taxa de aquisição das respectivas normas em relação à taxa de aquisição utilizada neste estudo é indicada por $\Delta\xi$, e σ_m é o desvio padrão dos coeficientes angulares das retas obtidas com cada taxa de aquisição.

Notou-se que os resultados da extrapolação da fluência para 100.000 h possuem diferenças negativas em relação ao método proposto, ou seja, com uma taxa de aquisição menor que a adotada resulta em uma fluência de longo prazo mais otimista. Verificou-se que com um espaçamento “linear”, ou seja, intervalo de amostragem constante em função do tempo, conforme proposto pelas normas brasileiras obtêm-se resultados de ensaio com maiores divergências em relação ao método proposto.

4.6 Comparação dos resultados dos ensaios segundo as diferentes metodologias

Os resultados apresentados são de 4 ensaios variando as trações em 15%, 20%, 25% e 30% da RMC de um cabo OPGW composto de fios de aço revestido de alumínio com as fibras óticas dentro de um tubo de aço inoxidável e um tubo de alumínio segundo a metodologia proposta e pela NBR 7303. A Figura 7 que contém os dados do resultado de ensaio de fluência do cabo OPGW utilizando a norma NBR 7303.

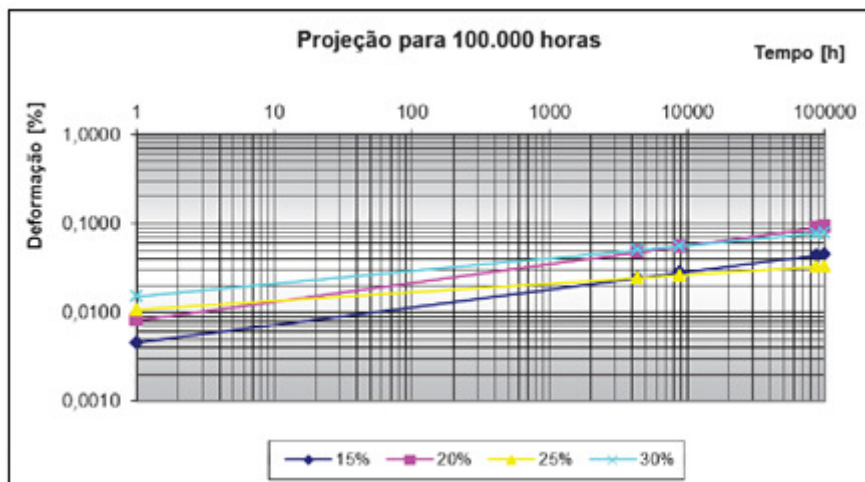


Figura 7 - Extrapolação da fluência para 100 000 h Cabo OPGW com variação de tração método – NBR 7303

Fonte: adaptado relatório credenciado pelo IMMETRO

Verifica-se que os coeficientes angulares das curvas de 25% e 30% são menores que os das curvas de 15% e 20% indicando que para uma projeção de 100.000 h os valores de fluência para trações mais elevadas são menores que para os de trações menos elevadas.

Nos ensaios com a metodologia proposta verificou-se o correto ordenamento dos coeficientes lineares com o aumento da tração. Os resultados da extrapolação da fluência para 10 anos apresentaram resultados coerentes com a bibliografia pesquisada e o coeficiente angular apresentou um baixo desvio padrão de sua média (10,8%) efeito que pode ser observado na representação gráfica da extrapolação para 10 anos que estão representadas na Figura 8.

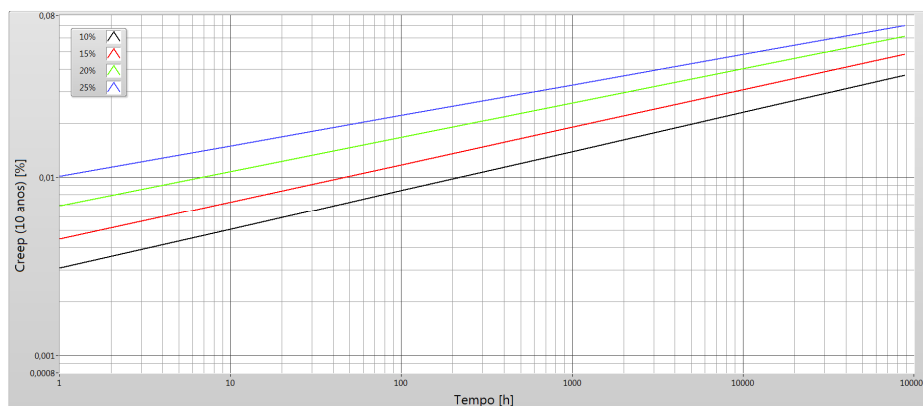


Figura 8 - Extrapolação dos dados de ensaio para 10 anos cabo OPGW.

Fonte: O autor.

5.0 - CONCLUSÃO

A norma NBR 7303 foi publicada em Abril de 1982 e desde desta época não teve uma revisão técnica para acompanhar o desenvolvimento tecnológico dos condutores ou equipamentos de medição e controle dos parâmetros de ensaio.

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia que obtivesse a reprodutibilidade dos resultados do ensaio de fluência em diversos tipos de condutores das linhas de transmissão que se diferenciam por serem construídos com diferentes materiais e arranjos. A inclusão e alteração dos parâmetros de processo do ensaio resultou na melhora dos resultados. Os resultados dos coeficientes angular e linear, na grande maioria dos ensaios, convergiram com os referenciais teóricos.

O principal item de controle inserido na proposta da nova metodologia foi o controle do carregamento da amostra desde a pré-carga até a carga nominal a ser ensaiada. Os estreitamentos da faixa de controle de alguns itens do ensaio também demonstraram uma melhora no processo. Entre os itens de controle existentes, a temperatura é um dos parâmetros que merece maior atenção, pois as variações de temperatura da amostra durante o ensaio introduzem alterações significativas no alongamento medido pelos transdutores de deslocamento. Por isso é importante um sistema de compensação eficiente da deformação por efeito da dilatação térmica.

O aumento da taxa de aquisição da coleta dos dados e a mudança da aquisição para incrementos constantes por década em escala logarítmica proporcionaram dois efeitos positivos, descrevendo melhor o fenômeno da fluência do material durante o ensaio e possibilitaram um melhor controle do processo⁽¹⁾.

A fim de se caracterizar melhor a curva de fluência, recomenda-se a adoção de ensaios de, no mínimo, 500 h de duração, sendo aconselhável somente interromper o ensaio após a fluência secundária passar a ser claramente identificável. Para os ensaios de tipo a duração mínima deve ser de 1.000 h preferencialmente em duas trações ou temperaturas diferentes para que melhor descreva o comportamento do condutor durante sua vida útil.

Estas alterações visam criar um procedimento de ensaio com o objetivo de isolarmos o máximo possível a deformação durante a etapa de deformação plástica do ensaio de fluência. O objetivo é de

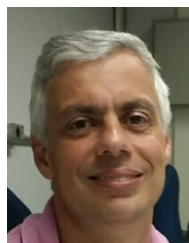
evitar a influência da dilatação térmica, o deslocamento relativo, nos pontos de fixação, dos componentes que suportam carga, as deformações elásticas e por acomodação dos fios.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- (1) Mattos C. E. L. Metodologia de Ensaio de Fluência em Cabos de Transmissão de Energia. UTFPR 2015.
- (2) Mattos C. E. L., AMARAL G.R., Mannala M.J. A., ROMANO C.A. Importância da Correta Caracterização da Fluência em Condutores Elétricos e Cabos OPGW e seu Impacto sobre Projetos Cíveis de Linhas de Transmissão Aéreas ERIAC 2015.
- (3) CIGRÉ - WG B2-12. Conductors for the Uprating of Overhead Lines, Abril de 2004.
- (4) THRASH F.R. Technical Support Resources. Carrolton, Southwire, 1999.
- (5) DRURY M. D., The Effect of Prestressing on The Inelastic (Creep) Behavior of Australian Made Bare Overhead Conductors, University of Wollongong, 1993.
- (6) EEA, EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION "Creep of Aluminium and Aluminium Alloys", TALAT - Lecture 1253, 1999.
- (7) CIGRE SC 22 WG 05, A Practical Method of Conductor Creep Determination. CIGRE Electra nº 24. Paris, França. 1972.
- (8) BRADBURY, J. Creep of S.C.A. Conductors at Elevated Temperatures. Relatório de laboratório nº RD/L/N 134/69 para Central Electricity Research Laboratories. Março de 1970.
- (9) HARVEY J. R. Creep of Transmission Line Conductors IEEE Transactions on Apparatus and Systems. April 1960.
- (10) ROCHE, J.B., DZIEDZIC, E. Some Factors Affecting Creep and Sag in EHV Transmission Lines. Kaiser Aluminum and Chemical Sales, Inc. Divisão de Produtos Elétricos. Março de 1968.
- (11) WINKELMAN, P.F. Sag-Tension Computations and Field Measurements of Bonneville Power Administration. AIEE Trans. Pt III, pp 1532-1548. Fevereiro de 1960.
- (12) PON, C., LYNCH, O. J. Creep Test Study - A Comparison of Test Durations. Conductors and Accessories WG. San Diego. Julho de 2012.
- (13) GAYLARD, B., MUSGRAVE, K.C. The Effect of Prestressing on the Short Term Creep Behaviour of Zebra 0.4 in2 ACSR. British Insulated Callender's Cables Limited (BICC) Report No. WM/F/561. 1965.
- (14) NORD, E. Creep Tests on Aluminium Wires and Stranded Conductors for Overhead Lines - Survey of results obtained in Sweden in the period from 1976-1985.
- (15) INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMITTEE. IEC 61395. Genebra, Suíça. 1998.



Marcos José Mannala nasceu em Curitiba PR em 23 de Agosto de 1967. Recebeu o título de técnico em eletrotécnica pelo CEFET em 1988, graduado em engenharia elétrica pela UFPR em Março 2001 e mestrado em engenharia de produção e sistemas com ênfase em sistema de controle em outubro de 2004 pela PUCPR. Trabalhou na Companhia Paranaense de Energia – COPEL – como fiscal de obras de LT's e na área de estudo de projetos de LT's. Atualmente trabalha na área de pesquisa e ensaios na área de distribuição e transmissão de energia no Instituto de pesquisa e desenvolvimento (LACTEC). Doutorando em Engenharia Mecânica pela PUC PR.



Carlos Eduardo Lourenço Mattos nasceu em São Paulo, SP, em 10 de maio de 1967. Graduiu-se em Engenharia Metalúrgica na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) em Ouro Preto, MG, em 1991. Especialista em Engenharia da Qualidade pela American Society for Quality, em 1996, pós-graduado em Comércio Exterior pela Universidade Mackenzie, em 1998, e Gestão de Negócios pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, em 2003, e Mestre pela UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Trabalhou na Samarco Mineração AS, Nacional de Grafite LTDA, Hitachi Ar Condicionado Brasil S/A, Orica do Brasil e IBQ, atuando nas áreas de Engenharia de Processos, Qualidade, Comércio Exterior e Logística. Atualmente, trabalha em pesquisa e ensaios na área de distribuição e transmissão de energia no Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC).

	<p>Gabriel Ruggiero do Amaral é engenheiro mecânico pela Universidade Federal do Paraná – UFPR, e mestrando em vibrações mecânicas, também pela UFPR. Trabalha nos Institutos Lactec, no Laboratório de Ensaios em Cabos e Acessórios, desenvolvendo projetos de pesquisa na área mecânica, e elaborando, desenvolvendo e executando diversos ensaios em cabos condutores, OPGW e acessórios de linhas aéreas de transmissão, com ênfase na área de vibrações.</p>
	<p>Luiz Siguenobu Obara, nascido em 30 de junho de 1956 em Lucélia, estado de São Paulo, Brasil. Formado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1982 e pós-graduação em telecomunicações pela Fundação Getúlio Vargas em 2001. De 1988 a 2004 trabalhou na Furukawa Industrial S.A. na área de cabos de energia para redes de transmissão e distribuição e sistemas de telecomunicações. De 2004 a 2010, trabalhou na Procable Energia e Telecomunicações S.A. na área de construções de linhas de transmissão e instalação de cabos OPGW. Atualmente trabalha na Furukawa Industrial SA na área de cabos de energia.</p>
	<p>Mario Masuda nascido em 25 de junho de 1948 em Tupã estado de São Paulo, Brasil. Formado em Engenharia Elétrica e recebeu o título de mestrado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1973 e 2006 respectivamente. De 1973 a 1991 trabalhou na Themag Engenharia Ltda na área de Sistema Transmissão de Energia. De 1991 a 1997, trabalhou como autônomo executando projetos, supervisionando obras, ministrando cursos de instalação de fibras óticas em linhas de transmissão (OPGW). De 1997 a 2002, trabalhou na Furukawa Empreendimentos Ltda., também em atividades relacionadas com projetos e instalação de OPGW. De 2002 a 2012 trabalhou como pesquisador do GAGTD, grupo ligado à FDTE. Atualmente presta consultoria à Furukawa Industrial SA em projetos de instalação de cabo OPGW.</p>