



**SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GMI 34
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XII

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS – GMI

TECNOLOGIA DE LOCALIZAÇÃO DE PERDAS DE ÓLEO EM CABOS DO TIPO OF DIRETAMENTE ENTERRADO

Ricardo Piergallini

ELETROPAULO METROPOLITANA ELETRICIDADE DE SÃO PAULO S.A.

1. RESUMO

Projeto de P&D desenvolvido pela AES Eletropaulo em conjunto com a Universidade de São Paulo, para o desenvolvimento de ferramenta para detecção de micro vazamentos em cabos OF.

2. PALAVRAS-CHAVE

Transmissão subterrânea, Cabos OF, Perdas de óleo, Acessórios.

3. INTRODUÇÃO

Os cabos do tipo óleo fluido (OF em línguas latinas e SCOF em língua inglesa) foram inventados pela PIRELLI em 1919 e as primeiras instalações datam de 1923. Pela engenharia do dielétrico e sua construção a vida mínima estimada para estes cabos é da ordem de pelo 100 anos.

No Brasil os primeiros cabos deste tipo datam dos anos 50 e todos ainda estão em operação até hoje. Todavia, por várias razões vários destes cabos tem apresentados vazamentos com perdas significativas de óleo. Este tipo de evento deve ser sempre corrigido por pelo menos dois motivos: (1) O dielétrico do cabo somente desempenha bem suas características quando estão pressurizados com pelo menos 4 metros de coluna de óleo de pressão (em todos os pontos e em todo o tempo), portanto perdas de óleo e / ou perdas de pressão não podem ser toleradas; (2) O óleo perdido contamina o meio ambiente e numa sociedade moderna isto não pode ser permitido. A solução radical seria substituir todos os cabos OF atuais por cabos com isolamento do tipo XLPE ou EPR. Isto porem significa um notável gasto em obras, pois este sistema custa cerca de US\$ 5000,00 /MVA x Km e para potências (150 MVA) e distâncias (3,5 Km) significariam um forte desembolso, onerando de modo definitivo a concessão.

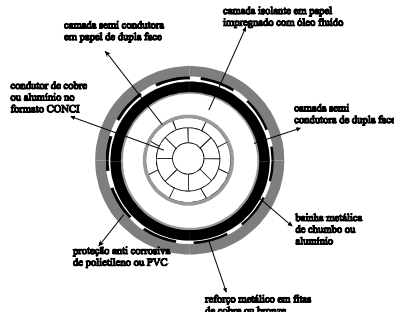
A outra solução, mais simples e econômica, é reparar todos os vazamentos, pois na grande maioria dos sistemas no Brasil, tais cabos tem no mínimo mais 50 anos de vida. Por isso, foi delineado um projeto que instalado em todas as linhas fosse adaptado para detecção e localização de qualquer micro vazamento que eventualmente acontecesse durante o exercício dos cabos.

Este trabalho relata a concepção do modelo, sua construção, ensaios e testes de aderência entre o modelo e um protótipo em escala reduzida e testes reais realizados em Linhas de Transmissão da AES Eletropaulo.

4. O CABO TIPO OF

É um vaso de pressão fechado (sistema auto contido, que não troca massa com o meio ambiente), conforme ilustra a figura 1. Este dispositivo termodinamicamente fechado para troca de massa é mantido em pressão absoluta positiva de no mínimo 4 metros de coluna de óleo impregnante em condição estacionária ou transitória. O sistema isolante (papel e óleo) é livre de descargas parciais devido à limitação da pressão residual de gás de 25 mm de Hg (para cabos até 138 kV), no vaso de pressão. Este processo é executado em fase industrial.

Figura 1 – Detalhe Construtivo Cabo Óleo Fluido



Desde que estes conceitos sejam preservados os cabos OF têm uma vida elétrica e térmica de pelo menos 100 anos. Todavia, após alguns anos de uso alguns cabos têm apresentado perdas de óleo por diversas causas, que vão do desempenho de soldas das emendas até fraturas frágeis ou fraturas por fluência dos metais que formam o vaso de pressão que contém a isolação.

5. A LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA

Na construção de uma linha de transmissão subterrânea, o cabo apresentado na figura 1 é fornecido em lances de comprimento da ordem de 350 a 500 metros e, portanto para interligações longas as emendas são necessárias. A figura 2 apresenta um perfil típico de linhas de transmissão subterrânea com cabos do tipo OF onde ficam caracterizados alguns elementos essenciais deste tipo de circuito.

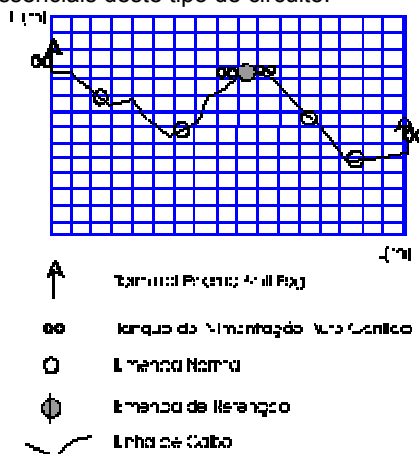


Figura 2 – Perfil Típico de Linhas de Transmissão Subterrânea com Cabos do Tipo OF

O terminal externo antifog tem a função de conectar linha aérea com o circuito isolado.

- Os tanques auto contidos de alimentação têm a função de absorver e suprir os volumes de óleo isolante durante o ciclo de variação da carga ou mesmo em transitórios de curta ou média duração.
- A emenda de retenção tem a função de seccionar o circuito hidráulico para aliviar a pressão interna do cabo ou administrar as depressões ou sobre pressões durante os transitórios hidráulicos.
- As emendas normais têm a função simples de conectar os diversos trechos dos cabos.

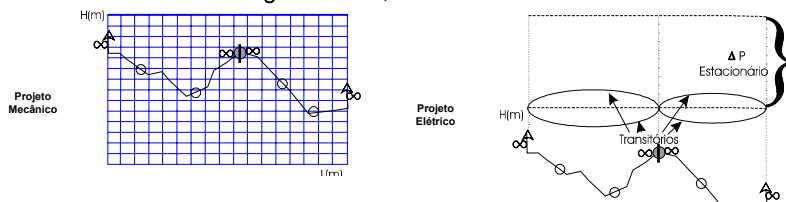
Como pode ser verificada a linha de transmissão subterrânea com cabos do tipo OF é além de um circuito elétrico, também uma linha hidráulica e uma linha elástica mecânica que pode deformar-se ou ficar em estado de tensão mecânica, dependendo do sistema de fixação do cabo.

Uma linha de transmissão com cabos do tipo óleo fluido (CABO OF) pode ser modelada em três dimensões interdependentes entre si.

- A- Uma linha de transmissão de energia elétrica
- B- Uma linha mecânica elástica rígida ou móvel
- C- Uma linha hidráulica com fluido auto contido

Para considerar o ESTADO DA ARTE sobre as técnicas de localização de vazamentos de óleo neste sistema, o modelo que será adotado será aquele de um tubo em U com a conformação do perfil do terreno em que foi instalada a linha de cabo OF. A figura a seguir ilustra a MODELAGEM sugerida.

No projeto mecânico mostrado na figura acima, o circuito subterrâneo é instalado diretamente enterrado A linha de



transmissão no projeto hidráulico em questão está dividida em dois circuitos hidráulicos (provavelmente devido ao comprimento do circuito e/ou do perfil altimétrico). Para cada circuito hidráulico é calculada a variação estacionária de volume de óleo para o caso do cabo estar desligado numa temperatura ambiente mínima e tomar carga chegado na temperatura máxima do ambiente em que está instalado. Estas variações estacionárias servem para determinar o volume de óleo nos tanques de alimentação que são instalados nas extremidades dos circuitos hidráulicos. Além da variação estacionária de volume de óleo, o projeto hidráulico deve contar ainda com as variações estacionárias de pressão, quando da variação da corrente elétrica que está circulando nos condutores, que são as principais fontes de perdas térmicas que provocam elevação da temperatura do óleo e por conseguinte variação de volume e pressão. Estas condições estacionárias estão ilustradas na figura anterior. O circuito hidráulico é totalmente auto contido (não existe troca de material com o meio circunstante), e isto é necessário para garantir que o óleo isolante não seja contaminado por qualquer interdifusão de materiais para

6. HIPÓTESES E CONJECTURAS DE DEFEITOS

dentro do sítio isolante do cabo.

A falha hidráulica em cabos do tipo OF é um evento raro com causas determinadas. As causas podem ser: (1) De origem externas; (2) De origem interna; (3) De desempenho dos cabos fora das especificação; (4) Qualidade da instalação, entre outras.

A falha hidráulica é o primeiro sinal de funcionamento inadequado (“off Standard”) dos cabos do tipo OF e deve ser corrigido o mais breve possível antes que este pequeno defeito transforme em um defeito muito mais severo, como por exemplo à perda de um trecho de cabo ou mesmo de toda a linha de transmissão subterrânea. A grande maioria de falhas hidráulicas em cabos do tipo OF ocorre por interferência de OBRAS CIVIS nas proximidades dos mesmos. Geralmente algum movimento cortante termina por seccionar parte ou o cabo como um todo. Freqüentemente este tipo de falha é seguido por falha elétrica.

Em menor quantidade mas também com efeitos severos os MODOS de falhas hidráulicas internos são devido aos acessórios e ao cabo propriamente dito. Estes modos se apresentam depois de muito tempo de uso (25 anos ou mais). Quase sempre a falha elétrica do sistema pode ser evitada porque em geral o vazamento tem início com um valor muito pequeno indicando o prelúdio de uma falha a tempo muito longo.

O desempenho dos cabos fora das especificações pode conduzir a MODOS de falha hidráulica a longo tempo. A principal causa é em geral térmica, ou seja, funcionamento em temperatura superior àquela que foi especificado. Se o condutor vai a sobrecarga por um tempo suficientemente longo, as soldas de liga Sn-Pb sofrem FLUÊNCIA mecânica iniciando a debilitação de todas as zonas de solda. Este MODO de falha é muito grave pois

7. O MODELO

afeta toda a linha hidráulica submetida à pressão (> 3,5 atm).

A localização do ponto de vazamento pode ser realizada com técnicas hidráulicas e com micro prospecção ou as duas sucessivamente. A localização com técnica hidráulica pode ser realizada com instalação de uma ponte hidráulica, que pode ser feita sem necessidade de desligamento dos cabos da LTS, conforme ilustra a figura a seguir

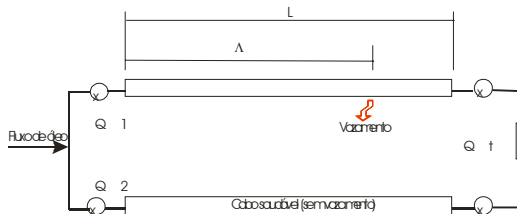


FIGURA 5 PONTE HIDRÁULICA ELEMENTAR

O tempo necessário para a localização do defeito dependerá da precisão dos fluxômetros instalados em Q1, Q2 e Qt, todavia não seria relevante considerando que a localização do ponto de vazamento poderia ser feita sem desligamento do circuito. O primeiro local de vazamento pode ser estimado com a Fórmula (1)

$$\Delta = \frac{2Q_t}{Q_1 - Q_2 + Q_t} \text{ Fórmula (1)}$$

O modelo é válido para a situação onde o ponto de vazamento é único. Caso haja mais de um ponto de vazamento o valor de Δ será qualquer número que forneça a melhor esperança matemática das variáveis estatísticas de perda de óleo naquele intervalo.

O protótipo de um indicador e localizador de falha hidráulica num sistema de cabos SCOF, no seu estágio simplificado teve uma configuração mínima onde manômetros de linha, manômetros diferenciais e medidores de fluxo (fixos ou removíveis) foram instalados.

8. PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO DE LOCALIZAÇÃO

Neste estágio de desenvolvimento tecnológico a conta para identificação do ponto de vazamento feita por planilha eletrônica.

8.1. PROTÓTIPO

O protótipo de localização de um micro vazamento foi construído nas instalações da AES ELETROPAULO na Rua Carlo del Prete 100 em São Caetano do Sul. Na engenharia básica do protótipo foram obedecidas as orientações anteriores de construção do sistema de localização de vazamento mais o sítio de contaminação para estudo de contaminação e remediação do meio ambiente.

Na seqüência de figuras a seguir estão apresentados os progressos de construção. Até sua fase final.



FIGURA 8
Progresso da instalação dos tubos



FIGURA 9
Simulação do sítio de contaminação



FIGURA 10
Detalhe da montagem



FIGURA 11
Fluxômetros montados

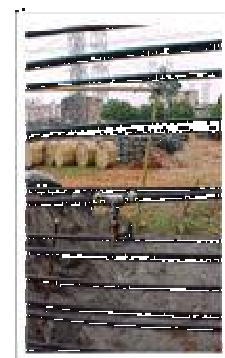


FIGURA 12
Simulador de vazamentos

O problema da localização de defeito através de ponte hidráulica é um problema formulado da seguinte maneira:

- 1) Existe uma LTS formada por 3 ou 6 cabos colocados na mesma vala e que percorre a mesma rota e o mesmo perfil hidráulico;
- 2) Existe um único micro vazamento que tem início num determinado instante, detetado por manômetros diferenciais instalados entre os cabos.
- 3) Existe um sistema de fluxômetro capaz de medir perdas de óleo instaladas entre um cabo sem vazamento e outro com vazamento

Com estas condições e considerando a figura a seguir, podemos escrever as seguintes equações;

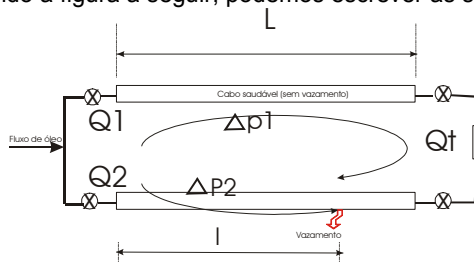


FIGURA 13
QUEDA DE PRESSÃO DEVIDO AO VAZAMENTO

Na figura acima considerando as hipóteses do problema temos

$$\Delta p_1 = kQ_1L + kQ_1(L-l) \quad \text{e} \quad \Delta p_2 = kQ_2l$$

Considerando que os cabos estão no mesmo perfil altimétrico tem-se

$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

e então

$$kQ_1L + kQ_1(L-l) = kQ_2l$$

ou ainda

$$Q_1L + Q_1(L-l) = Q_2l$$

subtraindo Q_1l de ambos os membros da equação anterior tem-se

$$Q_1L - Q_1l + Q_1(L-l) = Q_2l - Q_1l$$

e assim

$$l[(Q_2 - Q_1) + (Q_1 + Q_1)] = Q_1L + Q_1L$$

logo

$$l = 0$$

se $l = 0$ $Q_1 = -Q_T$ se $l = L$ $Q_2 = Q_1$

para valores estabilizados entre $0 < l < L$ $l = L \frac{2Q_T}{(Q_2 - Q_1) + 2Q_1}$

8.2 ENSAIO EM CAMPO TECNOLÓGICO

Aqui todo detalhe será direcionado para medir o erro entre duas amostras, uma com média e desvio conhecida (coordenadas dos pontos de vazamento) e outra amostra com média e desvio dos pontos de vazamento calculados.

Os primeiros ensaios foram realizados com óleo isolante comercial, gaseificado e com nível de pureza industrial. Os medidores de vazão foram calibrados em l/h com precisão de uma casa decimal. Nestas condições foram detectados os seguintes problemas:

- 1- Os fluxômetros com sistema elíptico de medição interrompiam freqüentemente a medida devido ao travamento das engrenagens.
- 2- Os erros das medidas eram entidades quase totalmente aleatórias sem significado físico.

Na tabela a seguir encontram-se os valores medidos de uma campanha onde os dados de grande aleatoriedade foram expurgados.

	l (m)	L (m)	Qt (l/h)	Q2 (l/h)	Q1 (l/h)	L medido (m)	Temperatura (°C)	Tempo Cronometrado	Erro (m)	Erro (%)	Hora	Data
m 1	765.96	3000	0,6	4,1	0,6	1208,23		30'48"21"	442,27	57,74		
m 2	765.96	3000	0,6	4,1	0,6	1030		30'48"21"	264,04	34,47		08/04/2004
m 1	545.45	3000	0,1	1	0,1	1030	33,6		484,55	88,83	12:00	
m 1	863.01	3000	4,2	25	4,2	1030	33,6		166,99	19,35	13:15	13/04/2004
m 1	162.16	3000	0,6	21,8	0,6	252	32,9		89,84	59,40	13:30	13/04/2004
m 1	243.24	3000	0,6	21,8	1,2	252	32,9		8,76	3,60	13:30	13/04/2004
m 1	192.98	3000	0,01	1,7	0,1	252	32,9		59,02	30,58	13:30	13/04/2004
m 1	214.29	3000	1,2	2,4	0,6	252	32,9		37,71	17,60	13:30	13/04/2004
m 1	247.71	3000	0,6	21,2	1,2	252	32,9		4,29	1,73	13:30	13/04/2004
m 1	290.66	3000	1,4	27,5	1,4	252			38,66	13,30	13:30	13/04/2004
m 1	211.27	3000	0,09	2,04	0,06	252			40,73	19,28	13:30	13/04/2004
m 1	1687.50	3000	0,8	0,8	0,1	252			1435,50	85,07	20:50	13/04/2004
m 1	189.19	3000	0,07	2,15	0,07	252			62,81	35,20	20:50	13/04/2004
m 1	2892.86	3000	3	2,6	2,4	2435			457,86	15,83		
m 2	2776.12	3000	3,2	3,5	3	2435	21,8		341,12	12,29	21:10	13/04/2004
m 3	2779.41	3000	3,2	3,6	3,1	2435			344,41	12,39		
m 1	750.00	3000	2,1	12,3	1,5	1031			281,00	37,47		
m 2	834.44	3000	2,3	12,8	1,9	1031			196,66	23,56		
m 3	820.31	3000	1,9	10,9	1,6	1031	21,8		210,63	25,68	21:00	13/04/2004
m 1	840.00	3000	0,34	1,91	0,29	1031			191,00	22,74		
m 1	102.00	3000	1,6	48,4	0,1	252			150,00	147,06		
m 2	121.39	3000	1,9	50	0,2	252			130,61	107,60		
m 3	267.24	3000	2	32,8	1,1	252	21,4		15,24	5,70	20:40	13/04/2004
m 3	269.90	3000	1,4	27,5	1,2	252			17,99	6,83		
m 1	186.60	3000	0,08	2,01	0,05	252			65,40	35,05		

Após esta campanha de medição e considerando a maioria dos resultados insatisfatória foram executadas duas ações: (1) Determinação da precisão mínima aceitável para os medidores de vazão; (2) Limpeza e degaseificação do óleo.

Considerando que a equação usada para cálculo do ponto de vazamento é um quociente

$$l = L \frac{Q_1 + Q_T}{(Q_2 - Q_1) + Q_1 + Q_T}$$

foi feita uma simulação truncando o valor medido de Q1, Qt e Q2 em apenas uma casa decimal e verificando a sensibilidade do erro para duas variáveis: (1) Variável simplesmente truncada $x(0,1) = INT(10x)/10$ (2) Variável Arredondo para cima $x(0,1) = INT(10x + 0,5)/10$

Desta simulação resultou o quadro mostrado na figura a seguir :

Lmedido	Q2	Qt(0.1)	Qt(0.1)^	Q1(0.1)	Q1(0.1)^	L(m)	L(m)>(0.1)	L(m)>(0.1)^	e(m)>(0.1)	e%(0.1)
252	40.8	1.7	1.8	1.7	1.8	3000	240	253.5211	12	4.8
252	40.1	1.7	1.8	1.7	1.8	3000	244.0191	257.7566	8	3.2
252	39.4	1.7	1.7	1.7	1.7	3000	248.1752	248.1752	3.8	1.5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
252	7.9	0.3	0.3	0.3	0.3	3000	219.5122	219.5122	32.5	12.9
252	7.2	0.3	0.3	0.3	0.3	3000	240	240	12	4.8
252	6.5	0.2	0.3	0.2	0.3	3000	179.1045	264.7059	72.9	28.9

Foram feitas simulações com distância de vazamento de l=254m, l=1031m e l=2435m e os resultados apresentam que para pequenas distancias e baixas vazões o erro pode chegar até 30% do valor estimado. Para distancias maiores o truncamento na primeira casa não causa erro elevado.

A mesma simulação foi feita truncando o valor medido na segunda e terceira casa decimal com as seguintes variáveis:

SEGUNDA CASA

(1) Variável simplesmente truncada ;(2) Variável Arredondo para cima $x(0,01) = INT(100x + 0,5)/100$

TERCEIRA CASA

(1) Variável simplesmente truncada ; (2) Variável Arredondo para cima $x(0,001) = INT(1000x + 0,5)/1000$

Nas condições anteriores a simulação revelou que o erro reduzia de modo significativo mesmo para pequenas distancias de vazamento e baixas vazões, para duas casas decimais e para três casas decimais

Após estas simulações foram reprogramados os medidores para a precisão com duas casas decimais seja na vazão instantânea seja na vazão acumulada.

8.3 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Após a redução do erro de leitura a um valor inferior a 1% foi considerado a necessidade de simulação de propagação de erro em duas situações características:

- Considerando apenas o erro dos instrumentos (1% informação do fabricante;
- Considerando o erro de de o sistema (incluindo tubos e acessórios), estimado em princípio em 5%.

Para tal foi construído um simulador com o método de MONTE CARLO onde as distancias l=254m l=1031m e l=2435m foram consideradas, bem como vazões desde 40l/h até 1l/h.

Novamente pequenas distâncias e baixas vazões revelaram uma notável propagação do erro (posivelmente devido a características do quociente da estimação).

Quando a simulação considerou erro de 5% apenas reforçou o quando já observado anteriormente.

8.4 ENSAIOS FINAIS

Conhecido os MODOS de propagação dos erros e executada a degaseificação e limpeza do óleo foram realizadas outra campanha de medição com os seguintes resultados indicando que o MODELO trabalha bem com erro em torno de 5% do valor estimado para o ponto de vazamento.

8.5 ENSAIO NO CASO REAL

Afim de validar o modelo estudado em um ambiente controlado (simulações em campo de prova), testamos o localizador em três linhas de transmissão subterrânea da AES Eletropaulo.

Nos primeiros testes não obtivemos sucesso, pois não conhecíamos o local do vazamento. A partir desta conclusão avaliamos que não seria possível validar a metodologia em campo sem saber o local exato do vazamento, além disso notou-se que havia fluxo reverso no sistema.

Os valores de Qt não foram registrados no fluxômetro. Isto se deu ao fato de o vazamento ser menor que 720 litros/mês, e a não utilização de válvulas de não retorno.

A partir dos resultados insatisfatórios, adotamos a LTS Hipódromo como modelo ideal para realizar os testes. Avaliamos a necessidade de instalar válvulas de não retorno afim de não ter fluxo reverso e a contabilização do acumulador de dados. O motivo da escolha desta LTS é o fato de a mesma não apresentar vazamentos e possuir na caixa de emenda a possibilidade de simular um vazamento em uma distância conhecida. A partir desta distância conhecida é possível avaliar a eficácia do modelo. Antes de instalar os fluxômetros verificamos a precisão dos mesmos. Detectamos que eles apresentam um erro de aproximadamente 1%. Conforme figuras abaixo, segue o exemplo prático.



Na tabela abaixo é possível verificar os resultados encontrados.

LTS: ETR/ETD HIPÓDROMO 1	FASE: BRANCA		
LOCAL:	TRECHO:ENTRE ETR E ETD		
DATA DA MEDIÇÃO:30/05/2006	RESPONSÁVEL:PAULO DEUS D		
LOCALIZAÇÃO DOS FLUXÔMETROS	Q1-FASE BRANCA (ETR)		
	Q2-FASE AZUL (ETR)		
	QT-BY-PASS (ETD)		
	SERNEGIZADA		
CONDIÇÕES DE MEDIÇÃO			
HORA DA MEDIÇÃO	(l/h)	(l/h)	(l/h)
13:35	1.98	1.2	1.32
13:40	2.02	1.23	1.35
13:45	2.01	1.22	1.34
13:50	1.97	1.24	1.33
13:55	2.02	1.24	1.33
14:00	2.05	1.32	1.32
14:05	1.97	1.19	1.32
14:10	2.02	1.25	1.31
14:15	2.11	1.34	1.32
14:20	2.01	1.24	1.31
14:25	2.12	1.35	1.31
14:30	2.06	1.29	1.3
14:35	2.02	1.23	1.31
MÉDIA	2.03	1.26	1.32
ACUMULADO	1.96	1.2	1.34

VALORES MEDIDOS EM JUNHO DE 2006							
l medido	Q2	Qt(0,001)^	Q1(0,001)^	L(m)	l(m)>(0,001)^	e(m)>(0,001)^	e%(0,001)^
1650	1.20	1.32	1.98	2050	1582.456	67.544	4.094
1650	1.23	1.35	2.02	2050	1585.960	64.040	3.881
1650	1.22	1.34	2.01	2051	1584.058	65.942	3.997
1650	1.24	1.33	1.97	2052	1610.124	39.876	2.417
1650	1.24	1.33	2.02	2053	1587.494	62.506	3.788
1650	1.32	1.32	2.05	2054	1609.068	40.932	2.481
1650	1.19	1.32	1.97	2055	1586.316	63.684	3.860
1650	1.25	1.31	2.02	2056	1589.003	60.997	3.697
1650	1.34	1.32	2.11	2057	1592.516	57.484	3.484
1650	1.24	1.31	2.01	2058	1590.549	59.451	3.603
1650	1.35	1.31	2.12	2059	1591.322	58.678	3.556
1650	1.29	1.30	2.06	2060	1589.318	60.682	3.678
1650	1.23	1.31	2.02	2061	1583.525	66.475	4.029

$$L = \frac{2Qt \times l}{(Q1-Q2)+2Qt}$$

MÉDIA	1590.901	59.099	3.582
DESVIO	8.495	8.495	0.515

% de erro

A partir dos resultados obtemos a tabela acima.

Tomando como premissa que o método encontrou um erro de aproximadamente 3,5% e descontando o erro de 1% do fluxômetro, podemos afirmar que a precisão do método é de + ou - 2,5%.

9. CONCLUSÃO

Considerando a experiência adquirida durante a campanha de medição são recomendadas as seguintes ações para uma efetiva estimativa:

- 1) Executar as medidas com duas casas decimais (valor de ml ou dezenas de ml);
- 2) Executar pelo menos 10 leituras para considerar a média para as estimativas de localização.
- 3) Se o processo de medição for contínuo, considerar pelo menos 1 hora de leitura e as vazões acumuladas.
- 4) É necessário adquirir medidores com uma menor vazão, já que o medidor adquirido para o projeto trabalha somente com vazamentos iguais ou maiores que 720 litros/mês.

10. BIBLIOGRAFIA

- [1] "Effects of high temperatures and electrical stress on degradation of SCOF cables insulation" J.G.Head, P.S.Gale, W.G.,\ Lawson, IEE Third International Conference on Dielectrics Materials, Measurements and Applications, Sept 1979 pp 56-60.
- [2] "Direct reading pressure gauges for oil filled cables systems"UK Electricity Supply Industry Standard ESI 50-1, Issue 2 1977.
- [3] "Monitoring oil pressure in H.V. cables" Electrical Review Vol 216 N° 6 March 1985 pp 22-27.
- [4] Soldagem do aço inoxidável AISI 304 por laser de Nd:YAG, Neves, M.D.M.; Berretta, J.R.; Rossi, W.; Nogueira, G.E.C.; Wetter, N.U.; Vieira, N.D.J.; XXIV Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem e V Ibero-Americano - Fortaleza-CE (1998)
- [5] Soldagem de aços utilizados para amortecimento de vibração e ruídos - Neves, M.D.M.; XXV Encontro Nacional de Tecnologia de Soldagem e VI Ibero-Americano, setembro 1999, Belo Horizonte - MG, Brasil a a cargo da Entidade Coordenadora (ver Figura 2).

11. DADOS BIográficos

Ricardo Piergallini

Nascido em São Paulo, SP, em 12 de novembro de 1976.

Técnico em eletrônica pela Escola Técnica Oswaldo Cruz (1996)

Engenheiro Eletricista (Universidade Mackenzie). Julho de 2000.

MBA, Gerência de Energia (Fundação Getúlio Vargas). Outubro de 2003.

Empresa: Funcionário da Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A, desde 2001, onde trabalhou nas áreas de manutenção da Subtransmissão, Planejamento da Subtransmissão e atualmente exerce funções na área de Planejamento da Distribuição.