

Mitigação Técnica das Perdas nos Circuitos Secundários da Distribuição e nos Sistemas de Medição

J.A.Cipoli, M.A.Marco, N. Simão, H.Takanayagi e E.C. Nogueira

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia para pesquisar e identificar as perdas técnicas e comerciais nos circuitos de baixa tensão, identificar os tipos de fraudes mais praticados e erros de medição, propor procedimentos técnicos para a sua localização e também para sua redução. Analisa, sob o ponto de vista técnico, se os tipos de medidores utilizados são os adequados para a configuração atual do sistema elétrico de baixa tensão. Com a medição da perda total e com o cálculo da perda técnica, é possível avaliar com boa aproximação o montante da perda comercial.

PALAVRAS CHAVE

Perda comercial, medição de energia e fraudes em medição.

I. INTRODUÇÃO

Este informe foi preparado a partir dos estudos e pesquisas desenvolvidas no Projeto de P&D “MITIGAÇÃO TÉCNICA DAS PERDAS NOS CIRCUITOS SECUNDÁRIOS DA DISTRIBUIÇÃO E NOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO”, realizado pela Universidade Mackenzie para a Bandeirante Energia.

O projeto de P&D que está em andamento (primeiro ciclo), tem como objetivo pesquisar e identificar as perdas técnicas e comerciais nos circuitos de baixa tensão.

Priorizou-se a obtenção dos dados de perdas de forma direta através de pesquisas em campo e de medições amostrais na rede elétrica e em componentes.

Este projeto de P&D utiliza as informações e processos desenvolvidos no Projeto – “Perdas de Energia Elétrica” desenvolvido anteriormente pelo Mackenzie para a Bandeirante Energia, que estudou detalhadamente as perdas no circuito primário de distribuição Campo Limpo-01 (CLI-01), com cerca de 5.000 consumidores e demanda da ordem de 6.000 kW.

A mesma metodologia aplicada no circuito CLI-01 está sendo aplicada no circuito José Centro – 02 (JCE 1302) de São José dos Campos, com cerca de 6.000 consumidores e demanda da ordem de 5.600 kW.

O presente artigo apresenta em sua primeira parte detalhes das perdas nos circuitos CLI – 01 e JCE 1302 e relata as atividades desenvolvidas até o momento para a efetivação da mitigação técnica das perdas nos circuitos secundários e nos sistemas de medição.

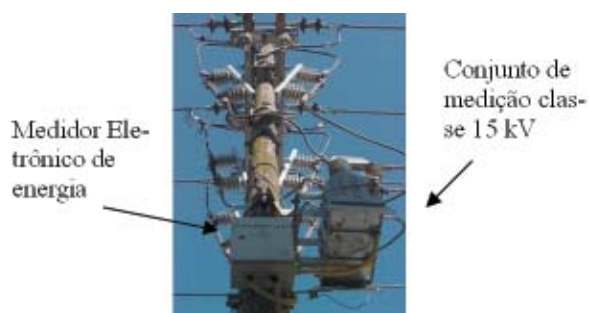
II. METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DAS PERDAS TOTAIS DE UM CIRCUITO

A metodologia para medição das perdas de um circuito seja ele primário ou secundário é basicamente a mesma e suas etapas são apresentadas a seguir:

A. Medição da Energia Total Fornecida ao Circuito

É necessário que se instale o mais próximo possível da saída do circuito:

- Conjunto de medição de três elementos para medição, uso ao tempo e,
- Um medidor eletrônico de energia com boa precisão (ex. classe 0,2 %).



B. Leitura e Análise dos Dados Registrados

Esta etapa é composta dos seguintes passos:

- 1° – Obter os dados da medição
- 2° – Analisar o Gráfico para verificar possíveis manobras (primária) ou remanejamento de cargas (secundária)
- 3° – Considerar as manobras ou remanejamento na energia medida no circuito
- 4° – Cálculo da Energia Total Fornecida durante o período

C. Adequação dos Valores Registrados

É necessário que os valores da Energia Total Fornecida registrados retratem adequadamente o mês.

- 1 – Verificar o número de horas do mês
- 2 – Verificar o número de horas do período de medição.

$$kWh_{Tot\ Forn} = \left(\frac{Horas_{Mês}}{Horas_{Medição}} \right) \times kWh_{Medido} \quad (1)$$

D. Dados do Consumo em kWh da Iluminação Pública Conectada ao Circuito em Análise

Proceder a levantamento de dados disponíveis nos sistemas de gerência de redes e comercial.

$$kWh_{I.Púb} = Potência_{I.Púb}(W) \times Horas_{Funcion} / 1000 \quad (2)$$

E. Dados do Consumo em kWh dos Consumidores Atendidos em Média Tensão – “MT”, pelo Circuito Primário em Análise

Coletar as informações disponíveis nos bancos de dados da área comercial, do sistema de gerenciamento de redes e do C.O.D., e levantamentos de campo.

Para o caso de circuito secundário adotar $kWh_{MT} = 0$

F. Dados do Consumo em kWh dos Consumidores Atendidos em Baixa Tensão – “BT”, pelo Circuito Primário ou Secundário em Análise

Coletar nos sistemas de gerenciamento de redes e comercial e efetuar a soma dos consumos individuais de todos os consumidores, conforme (3):

$$kWh_{ConsumBT} = \sum (Consumo\ Atual\ dos\ Consumid\ em\ BT) \quad (3)$$

G. Cálculo das Perdas

Para tornar os resultados imunes a fatores sazonais e/ou aleatórios, é recomendável que sejam efetuados dois cálculos de perda:

- Cálculo da perda mensal : este valor é sensível aos fatores sazonais e/ou aleatórios;
- Cálculo da perda acumulada : este valor torna-se imune aos fatores sazonais e/ou aleatórios.

1) Cálculo das Perdas Totais Mensais

$$kWh_{Perdas\ Mês} = kWh_{Tot\ Forn} - [kWh_{(Illum\ Púb + MT + BT)}] \quad (4)$$

O valor percentual é calculado conforme (5):

$$Perdas\ \%_{Mês} = (kWh_{Perdas\ Mês} / kWh_{Tot\ Forn}) \times 100 \quad (5)$$

2) Cálculo das Perdas Totais Acumuladas

$$kWh_{Perda\ Ac\ Atual} = kWh_{Perda\ Ac\ Ant} + kWh_{Perda\ Mês} \quad (6)$$

O valor acumulado percentual é obtido por (7):

$$Perda\ \%_{Ac\ Atual} = \left[\frac{kWh_{(Perda\ Ac\ Ant + Perda\ Mês)}}{kWh_{(Medido\ Ac\ Ant + Medido\ Mês)}} \right] \times 100 \quad (7)$$

H. Exemplo da medição da Perda Total Acumulada, no Circuito CLI 1301, no período de 242 dias (oito meses):

- Energia fornecida ao Circuito CLI-01 em 242 dias:
- Energia Medida em 5.727,50 horas (dia 29/08 às 16:15 ao dia 25/04 às 08:30) = 20.634.262 kWh
- Energia Total corrigida para o período de 242 dias = 20.860.338 kWh (Já considera as manobras do período)
- Energia fornecida aos clientes em 242 dias

- Energia Fornec. em BT Acumulada = 11.259.699 kWh
- Energia Fornec. em MT Acumulada = 5.833.971 kWh
- Energia Fornec. à IP Acumulada = 1.103.120 kWh

Energia Total fornecida aos clientes em 242 dias = 11.259.699 + 5.833.971 + 1.103.120 = 18.196.790 kWh.

Estimativa da Perda Total Acumulada da Distribuição

Perda Tot kWh = 20.860.338 - 18.196.790 = 2.663.548 kWh / Perda Tot % = (2.663.548/20.860.338)x100 = 12,77 %

Já no caso do circuito JCE 1302 a Perda Total Acumulada no período Julho a Dezembro de 2002 é apresentada no quadro a seguir:

JCE - 1302 - PERDAS DE JULHO A DEZEMBRO DE 2002 (IP com Reator)							
PERÍODO EM ANÁLISE	ENERGIA CORRIGIDA (kWh)	ENERGIA FATUR. (kWh)		EN. FATUR. TOTAL (kWh)		PERDAS	
		FATUR. MT	FATUR. BT	FATUR. IP	TOTAL	kWh	%
JUL/02	2.190.132	308.252	1.421.806	103.967	1.834.025	356.107	16,3%
AGO/02	2.319.655	300.821	1.475.555	103.967	1.880.343	439.312	18,9%
SET/02	2.209.199	362.117	1.438.726	103.967	1.904.810	304.389	13,8%
OUT/02	2.435.336	330.972	1.516.154	103.967	1.951.093	484.243	19,9%
NOV/02	2.364.500	401.209	1.509.696	103.967	2.014.872	349.628	14,8%
DEZ/02	2.446.866	374.454	1.593.926	103.967	2.072.347	374.519	15,3%
JUL-DEZ/02	13.965.658	2.077.825	8.955.863	623.802	11.657.490	2.308.168	16,5%

III. SEGMENTAÇÃO DAS PERDAS TOTAIS DE UM CIRCUITO

A. Comentários

A avaliação foi realizada a partir de medições e pesquisas de campo e cálculos diretos realizados em todos os segmentos elétricos do circuito primário CLI-01.

B. Cálculo Direto das Perdas no Circuito Primário CLI-01

Foi preparada uma planilha para o cálculo das perdas nos troncos do circuito, encontrando-se o total de 85.219 kWh.

TABELA 1
Cálculo das Perdas em kWh no Tronco – Método Direto

trecho	Bitola	(A)	(m)	(W/km)	Perda
A	A 3 x 336	251	2561	0,19	35.404
B	500 MCM	251	37	0,11	296
C	A 3 x 336	251	71	0,19	982
D	A 3 x 336	219	703	0,19	7.399
....
Perda Total nos Troncos do CLI-01					85.219

Como resultado deste estudo, verificou-se a conveniência da substituição de cabo 1/0 para 336 numa extensão de 1.237 metros, reduzindo as perdas em 18.455 kWh por mês e ainda melhorando a tensão em um consumidor industrial.

C. Perdas nos Transformadores de Distribuição do CLI-01 Estudo específico sobre “Perdas Mensais” concluiu:

	Perdas (kWh)	Perdas (%)
P Fe	49.645	78,3
P Co	13.719	21,7
TOT.	63.364	100,0

D. Perdas nas Redes Secundárias do Circuito CLI-01

Processamento específico indicou que o total das perdas nas redes secundárias do circuito primário CLI-01 era de 18.077 kWh.

Verificou-se que a região atendida por um transformador de 150 kVA respondia por cerca de 20% destas perdas, sendo escolhida para ser objeto de pesquisa específica.

E. Avaliação das Perdas nos Ramais de Ligação do CLI-01

Foi realizado um levantamento dos dados básicos de 110 consumidores do circuito primário CLI01, obtendo-se os dados da Tabela 2.

TABELA 2
Comprimento Médio dos Ramais de Serviço e de Entrada do CLI-1301 - (em metros)

	1f	2f	1f + 2f	3f
Ram. Serviço	12,72	10,38	12,34	12,81
Ram. Entrada	4,54	4,78	4,58	6,09

A seguir foi preparado o estudo “Perdas em Ramais de Serviço e de Entrada no CLI 01”, que concluiu por uma perda de potência da ordem de 90 kW e perda de energia por volta de 5.000 kWh/mês.

F. Perdas em Medidores

TABELA 3
Perdas no CLI-01 Devidas aos Medidores em BT

	Perda de Potência	Perda de Energia
Mínima	6,52 (kW)	4.760 (kWh)
Máxima9090	8,15 (kW)	5.950 (kWh)

A estimativa das perdas em medidores foi realizada por um estudo específico, cujos resultados constam da Tabela 3.

G. Perdas em Conectores

Foi utilizado na pesquisa um aparelho que mede a corrente e a resistência em microohms de uma conexão.

TABELA 4
Exemplo de Valores de Resistência de Conexões em Conector Tipo “Crimpit” à Compressão

	Fase	Bitola	Resistência
		Cabo	Conexão
A	336 MCM	63,7 m W	326 m W
B	336 MCM	63,7 m W	115 m W
C	336 MCM	63,7 m W	80,4 m W

Observações :

1. A medição de 63,7 m W foi realizada em um pedaço de 30 cm de cabo 336 MCM. Coerente, portanto com o valor de tabela do cabo que é de 0,19 ohms / km.
2. A má conexão da fase A (326 m W) corresponde do ponto de vista de perdas, a estender o circuito em dois metros de cabo 336 MCM.

3. A perda de potência na fase A, para I medida de 238 A, era da ordem de 18 W ($238^2 \times 326 / 10^6$).

4. Nota-se que a perda em conexões pode ser significativa nos locais com problemas técnicos e correntes elevadas.

H. Perdas em Isoladores

Foram medidas as correntes de fuga em isoladores instalados em dois postes, um em Jundiá (interior) e outro em Caraguatubá (litoral), sendo avaliados 6 isoladores classe 15 KV de 3 tipos (comum, pilar e raybowl).

Como os isoladores são novos, as medições indicaram correntes de fuga inferiores a 0,1 mA.

Correntes de fuga superiores a 0,5 mA, justificam a colocação de isoladores de melhor qualidade nos locais poluídos ou com deposição salina elevada.

I. Balanço das Perdas em um Circuito

As medições e os estudos de avaliação realizados no circuito CLI-01, no período de 8 meses, indicam:

Balanço de Energia Medida e Perdas Totais (Tabela 5):

TABELA 5
Balanço da Energia Medida e Perdas Totais – CLI-01

Em	Energia Medida (kWh)	Perdas (kWh)
242 Dias	20.860.338	2.663.548
Mês Médio	2.607.542	332.944

TABELA 6
Segmentação das Perdas Técnicas – Circuito CLI01

Perda no Segmento	Mínimo (kWh)	Máximo (kWh)
Circuito Primário	70.000	100.000
Transformadores	60.000	80.000
Rede Secundária	18.000	25.000
Ramal de Serviço	5.000	6.000
Medidores	5.000	6.000
Outras Perd. Técnicas	15.000	20.000
Total Perdas Técnicas	173.000	237.000

TABELA 7
Segmentação das Perdas Técnicas – Circuito CLI01

Perda no Segmento	Mínimo (kWh)	Máximo (kWh)
Circuito Primário	70.000	100.000
Transformadores	60.000	80.000
Rede Secundária	18.000	25.000
Ramal de Serviço	5.000	6.000
Medidores	5.000	6.000
Outras Perd. Técnicas	15.000	20.000
Total Perdas Técnicas	173.000	237.000

IV. AVALIAÇÃO DA PERDA COMERCIAL DE UM CIRCUITO

O balanço das perdas tem registrado no circuito CLI-01:

Perdas: totais da ordem de 12,5 %, Técnicas da ordem de 7%, e conseqüentemente, Comerciais da ordem de 5,5%.

Considerando que a área atendida pelo circuito CLI-

A. Medição de Clientes 220 V entre fases – sem neutro (Medidor Monofásico – 240 V – 15 A - 3 fios – 1 fase)

Quando o consumidor consegue instalar cargas entre fase e terra, os registros do medidor dependem do fator de potência e são sempre à menor (de 0 à 50% menos).

B. Medição dos Clientes Trifásicos sem Neutro na Baixa Tensão (é utilizado o Medidor Trifásico de 2 elementos)

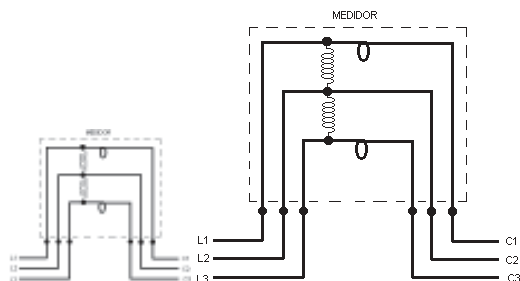


FIG.URA 1. Medidor de 2 Elementos para Clientes Trifásicos Sem Neutro

A utilização deste medidor não é recomendada em hipótese alguma na baixa tensão, por possibilitar registros sempre a menor, nas seguintes condições:

- 1) Ligação de carga monofásica em “terra” criado pelo cliente
Caso o cliente ligue uma carga monofásica na fase central e um terra criado por ele, o medidor nada registrará.
- 2) Ligação de uma bobina entre uma das fase e terra
A corrente que percorre esta bobina está atrasada de 90° em relação a tensão VC1N (o medidor roda para trás)
- 3) Ligação de um capacitor entre uma das fases e terra
A corrente que percorre este capacitor está adiantada de 90° em relação a tensão VC3N (o medidor roda para trás).
- 4) Empréstimo de fases entre vizinhos
A ligação de cargas entre duas fases de dois clientes distintos sem que elas sejam medidas. Basta que a fase da entrada central do medidor 1 seja diferente da do medidor 2.

V. METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO DE DADOS NECESSÁRIOS A EFETIVAÇÃO DA MITIGAÇÃO TÉCNICA DAS PERDAS EM CIRCUITOS SECUNDÁRIOS

Em função da significativa influência de fatores tais como: entrada e saída de consumidores, deslocamentos de cargas ou mesmo apropriação indevida de consumo, os circuitos secundários apresentam características bastante peculiares no que diz respeito à atualização de sua configuração e dos consumidores conectados.

Assim sendo, para assegurar a qualidade dos estudos e dos cálculos é necessário:

A. Escolha do Circuito Secundário a ser medido

A escolha de circuitos típicos a serem estudados deve levar em consideração:

- a existência de uma quantidade considerável de consumidores residenciais comuns de baixa tensão
- a existência também de consumidores que potencial e/ou historicamente tendem a tentar fraudar a medição de energia elétrica e, que produzam redução significativa no seu consumo. Enquadram-se neste perfil : padarias, açougues, supermercados, restaurantes, etc.

B. Medição da Energia Fornecida – Instalação Fixa

É necessário que se instale na saída do transformador:

- Conjunto de medição de três elementos para medição, uso ao tempo e,
- Um medidor eletrônico de energia com boa precisão (ex. classe 0,2 %).



Kit para medição de energia na saída de transformador de distribuição

C. Medição da Energia Fornecida – Instalação Itinerante

Devido à característica da rede secundária e dos consumidores é importante que se disponha de um conjunto de medição que possa ser instalado em qualquer ponto da rede secundária de maneira rápida e sem necessidade de interromper o fornecimento de energia aos consumidores.

- Um registrador eletrônico classe 1 % ou melhor e,
- Transformadores de corrente tipo alicate.

Com esse equipamento é possível avaliar detalhadamente o consumo de um trecho de rede ou de um consumidor específico que se suspeita poder estar “fraudando”.

D. Plantas Detalhadas e Atualizadas do Circuito Secundário

Para a efetivação dos levantamentos de campo é importante estar de posse de plantas atualizadas contendo : potência do transformador instalado, composição da rede e bitola de cada trecho, identificação das ruas, consumidores atendidos e poste de ligação, etc.

E. Dados dos Arquivos do Sistema GRADE

Os arquivos do sistema GRADE possuem informações que englobam a identificação do endereço do consumidor, do poste ao qual o mesmo está conectado, o seu número de identificação no cadastro da empresa, as fases de ligação, etc.

F. kWh Faturados Mensalmente

Estes dados são necessários para possibilitar a elaboração dos cálculos e às análises para avaliação das perdas nos circuitos secundários.

VI. LEVANTAMENTOS DE DADOS EM CAMPO

De posse dos dados obtidos no ITEM V é importante que se efetue o levantamento de dados em campo com os seguintes objetivos :

- Conhecer a rede secundária, os consumidores a ela conectados, peculiaridades da rede em estudo, existência de consumidores com características especiais, tipo de medidor instalado, etc.
- Confrontar os dados disponíveis em planta e nos cadastros com aqueles efetivamente existentes em campo.
- Se forem observadas divergências e/ou distorções solicitar que se tomem as providências necessárias para sua eliminação e/ou correção.
- Definição do(s) ponto(s) de instalação da *Medição da Energia Fornecida – Instalação Itinerante* ao longo da rede secundária.
- Efetuar a consistência dos dados.

VII. AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DO MEDIDOR INSTALADO AO TIPO DE REDE

Conforme já citado no ITEM IV há alguns tipos de medidores que não são compatíveis com algumas configurações de rede e, que favorecem fraudes ou que devido à sua característica podem possibilitar registros a menor.

Assim sendo, depois de encerradas as atividades de levantamento de campo é importante que se efetue a verificação do tipo de medidor instalado, consumidor-por-consumidor, e sua adequação à rede a qual está conectado.

No caso de se detectar consumidor(es) com medidor(es) incompatível(is) com o tipo de rede solicitar a imediata substituição do(s) mesmo(s) visando eliminar de imediato o(s) potencial(is) facilitado(es) de fraude(s) ou erros de medição.

VIII. ANÁLISE DOS EFEITOS DAS INTERRUPÇÕES TOTAIS NO CIRCUITO JCE - 1302 SOBRE OS REGISTROS DA ENERGIA FORNECIDA

Para a consecução dos objetivos do Projeto Perdas, foi instalado um registrador eletrônico na saída do circuito primário JCE-1302 na cidade de São José dos Campos – SP. Este equipamento, semelhante ao utilizado na medição de consumidores em Média Tensão, além de registrar a demanda média ocorrida a cada intervalo de 15 minutos (para efeito da apuração da energia fornecida ao circuito), indica também o horário de início e término das discontinuidades de fornecimento de energia. Dessa forma, surgiu a oportunidade de se obter como mais um produto do Projeto Perdas, a análise dos efeitos das interrupções na redução da energia demandada pelo circuito, e via de consequência, da energia faturada.

Se a utilização de energia por parte de todas as cargas de um circuito retornasse à plena normalidade tão logo o

fornecimento tivesse sido restabelecido, poderia-se dizer que uma interrupção que durasse, por exemplo, “X” minutos, causaria apenas a perda “X” minutos de faturamento. Assim sendo, simples “piscadas” que durassem apenas 2 ou 3 segundos, e até mesmo as interrupções com duração por volta de 1 minuto, mesmo que em horário de pico, poderiam ser consideradas desprezíveis. Entretanto, essa não é a realidade em função de vários fatores (como por exemplo, o fato das cargas hoje atendidas serem bem mais complexas, os grandes consumidores se utilizarem de esquemas de proteção em função do alto custo dos equipamentos protegidos, etc.), o que pode fazer com que o montante da energia fornecida não volte à plena normalidade logo após religamento do disjuntor.

Obs: Para facilitar o entendimento dos procedimentos efetuados, a partir desse ponto será adotado como exemplo um caso real de uma interrupção ocorrida por volta das 17:50h, numa sexta-feira (25/10/02).

Falha		Retorno		Duração
25/10/2002	17:56:45	25/10/2002	17:56:48	00:00:03
25/10/2002	17:56:56	25/10/2002	17:57:49	00:00:53
Duração Total da Interrupção -->				00:00:56

A. Dados Fornecidos Pelo Registrador

Entre os dados fornecidos pelo registrador eletrônico, dois são de suma importância para a realização desse tipo de análise.

1. Horário de início e término da interrupção

São fornecidos o horário de início e término da interrupção, o que permite calcular a duração da mesma.

2. Demanda Média a Cada Intervalo de 15 Minutos

Horário	Pot (kW)	Horário	Pot (kW)	Horário	Pot (kW)
17:45	4.812	18:00	4.041	18:15	3.763

Para cada horário, o registrador apresenta o resultado da integração das potências momentâneas ocorridas durante os respectivos 15 minutos anteriores, ou seja, a Demanda Média ocorrida nesse intervalo.

Portanto, integrando-se os valores das potências momentâneas ocorridas entre as 17:30 e 17:45h (horário do final do período), chega-se à Demanda Média de 4.812 kW. Da mesma forma, a integração das potências momentâneas ocorridas entre as 17:45 e 18:00h, fornece a Demanda Média do período (4.041kW), que é lançada no registro das 18:00h, e assim sucessivamente. Como cada intervalo (i) tem a duração de 15 minutos (1/4h), a Energia de cada intervalo (i) é obtida por:

$$ENERG_{(i)} (kWh) = DEM.MÉDIA_{(i)} (kW) \times \frac{1}{4} (h)$$

Graficamente, a representação desses 3 intervalos seria:

B. Metodologia Adotada

Para o cálculo do efeito de uma interrupção na redução na energia fornecida em um determinado período, são necessários vários passos.

1º passo – Identificação do Período Afetado

Após o restabelecimento da energia, a recomposição da carga pode ser:

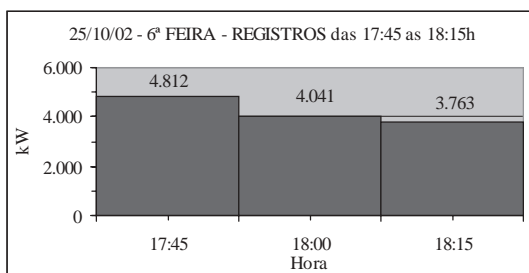
- rápida ã a redução na energia afeta apenas o próximo valor a ser registrado pelo equipamento;
- mais demorada ã a redução na energia se faz sentir em 2 ou mais registros.

Para se identificar o período afetado, é necessário então:

- alinhar os dados fornecidos pelo registrador de forma a que se possa plotar num mesmo gráfico, todos os dias do mês que correspondam ao dia afetado pela interrupção (no exemplo, todas as 6^{as} feiras de out/02);
- plotar os relações “kW x h” desses dias em forma de “gráficos de linhas” (embora os “gráficos de colunas” sejam a representação física mais correta, eles dificultam a realização do próximo passo);
- comparar a curva do dia da interrupção com as demais, verificando qual o primeiro registro que volta a apresentar um valor normal após o restabelecimento da energia;
- plotar novamente as curvas, usando apenas alguns registros dos horários antes da interrupção, os afetados pela mesma, e alguns após o 1º registro considerado de valor normal, a fim de se obter uma melhor visualização das curvas e permitir algum ajuste fino que se faça necessário na apuração do registro do item “c”;
- o período afetado passa a ser então composto pelos “n” registros compreendidos entre o 1º registro após a ocorrência da interrupção e o registro apontado no item “c” (ou o redefinido em “d”). Quando a recuperação da utilização da energia é rápida, tem-se “n=1”.

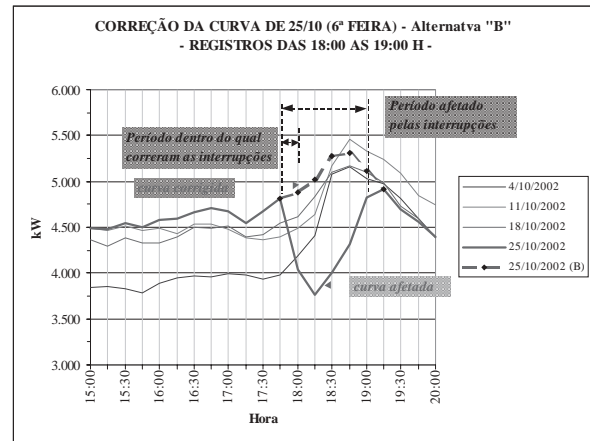
2º passo – Correção dos Valores dos Registros Afetados

- comparando-se as curvas do dia da interrupção com as demais, verifica-se qual (ou quais) apresentam comportamento mais semelhante antes da ocorrência da interrupção (estudos anteriores do Projeto Perdas mostraram que as curvas de um mesmo dia da semana apresentam um comportamento “típico”, ou seja, tem semelhança entre si);
- com base na(s) curva(s) escolhida(s), estima-se os valores que teriam cada um dos “n” registros do período afetado, caso não tivesse ocorrido a interrupção.



Obs: Não há uma sistemática única que possa ser aplicada a todos os casos. A semelhança entre as curvas é que vai definir se será usada a interpolação, a variação do gradiente em relação ao valor de pico, etc.. Havendo mais de

uma alternativa válida, nesse princípio de estudo está sendo escolhida a mais conservadora (menor perda).



A figura abaixo mostra a curva do dia 25/10/02 afetada pela interrupção, os 5 registros corrigidos (pela alternativa mais conservadora (“B”)), e as demais curvas usadas para comparação.

3º passo – Estimativa da Perda Devido à Interrupção

O efeito de uma interrupção na redução na energia fornecida no período afetado é obtido pela expressão:

$$REDUÇ(kWh) = (ENERG_{ESPERADA} - ENERG_{REGISTRADA})$$

onde:

$ENERG_{REGISTRADA}$ = Energia efetivamente registrada no período afetado pela interrupção.

$$ENERG_{REGISTRADA} (kWh) = \sum_{i_{registr}=1}^n kW_{(i_{registr})} \times \frac{1}{4} (h)$$

$ENERG_{ESPERADA}$ = Energia estimada para o período caso não houvesse a interrupção.

$$ENERG_{ESPERADA} (kWh) = \sum_{i_{corrig}=1}^n kW_{(i_{corrig})} \times \frac{1}{4} (h)$$

No caso da interrupção adotada como exemplo:

$$ENERG_{ESPERADA} = 6.398 \text{ kWh}$$

$$ENERG_{REGISTRADA} = 5.237 \text{ kWh}$$

Portanto, a redução na energia registrada foi de:

$$REDUÇ. = 1.161 \text{ (kWh)}$$

C. Adoção de Um Parâmetro Comparativo

Embora os estudos sobre os efeitos das interrupções ainda estejam em fase inicial, e com a amostragem de casos a ser ainda ampliada, sentiu-se a necessidade de se criar algum parâmetro que auxiliasse na comparação dos resultados. A sistemática adotada foi a seguinte:

- Calcula-se para o período afetado pela interrupção, qual seria a Energia Esperada para cada unidade de tempo igual à um minuto ($Energ_{min.}$), ou seja, o quociente entre a $ENERG_{ESPERADA}$ para todo o intervalo afetado e a duração desse intervalo.

$$Energ_{min.} (kWh / min) = \frac{ENERG_{ESPERADA} (kWh)}{n \times 15 (min)}$$

No exemplo dado, a $ENERG_{ESPERADA}$ para todo o intervalo afetado seria de 6.398 kWh, sendo que foram afetados 5 registros (de 15min cada), num total de 75 minutos. Portanto:

$$Energ_{min.} = \frac{6.398(kWh)}{75(min)} = 85,30 (kWh / min)$$

2) Calcula-se qual seria o tempo de interrupção necessário para provocar a mesma redução na energia registrada, caso todas as cargas voltassem a operar normalmente tão logo o restabelecimento da energia fosse efetuado. À esse tempo, deu-se o nome de “Tempo Equivalente” ($Tempo_{Equiv}$)

$$Tempo_{Equiv} (min) = \frac{REDUÇ(kWh)}{Energ_{min} (kWh / min)}$$

No exemplo:

$$Tempo_{Equiv} = \frac{1.161(kWh)}{85,30(kWh / min)} = 13,61(min)$$

Isso significa que, se no instante seguinte ao restabelecimento do fornecimento, 100% da carga voltasse à utilização plena da energia, seria necessária uma interrupção de 13,61 minutos para provocar a mesma redução de 1.161 kWh no fornecimento causada pelas interrupções que duraram apenas 56 segundos.

3) Calcula-se então o “Fator Interrup.”, que representa o quociente entre o Tempo Equiv e o Tempo Real da interrupção, ou seja,

$$Fator Interrup = \frac{Tempo_{Equiv}}{Tempo_{Real}}$$

No exemplo:

Isto significa que devido a vários fatores, as 2 interrupções com duração total de 56s, causaram uma redução na energia registrada que foi 14,58 vezes maior que a redução que seria causada caso a totalidade das cargas retomasse a utilização normal da energia logo após o restabelecimento da mesma.

D. Outras Considerações

Até o presente momento, estão disponíveis as análises de 10 eventos. Considerando a dispersão dos mesmos no que diz respeito aos dias em que ocorreram as interrupções (dias úteis e finais de semana), duração e horário das mesmas, a quantidade de eventos analisados deverá ser ampliada para verificar a real influência de cada um dos fatores na redução do energia fornecida ao ocorrer uma interrupção.

Recentemente foram instalados registradores eletrônicos na saída de 3 transformadores de distribuição, o que permitirá ampliar a análise para a Baixa Tensão.

IX – COMENTÁRIOS FINAIS

- Periodicamente está sendo calculada a perda total no circuito primário JCE 1302 e, os valores totais obtidos têm-se revelado da mesma ordem daqueles calculados em um circuito primário de outra região já estudada anteriormente. O valor médio obtido no período analisado foi da ordem de 15 %.
- O detalhamento da mitigação das causas das perdas em alimentadores com quantidade elevada de consumidores a ele conectados é uma atividade muito complexa por envolver uma quantidade considerável de detalhes e possibilidades. Em função desta peculiaridade, este projeto, além de medir e calcular de forma abrangente as perdas no circuito primário desde a saída da subestação, escolheu três circuitos secundários típicos onde as pesquisas estão sendo realizadas com todo o detalhamento necessário para subsidiar ações da concessionária visando à redução das perdas.
- Nos caso dos circuitos secundários típicos, a pesquisa está englobando atividades tais como : análise das medições efetuadas através de medidores instalados na saída dos transformadores; análise dos dados cadastrais dos 246 consumidores atendidos pelos três transformadores abrangidos no Projeto; análise dos tipos de medidores instalados nos consumidores; acompanhamento da evolução do consumo, em kWh, de cada um dos consumidores.
- Concluídas as atividades previstas no item acima, o Projeto efetuará o detalhamento de pesquisas e ações destinadas a estimarem as perdas, os possíveis desvios de energia e as possíveis falhas de medição, enfatizando suas causas e formas de minimização/correção.
- Conforme o mostrado no item VIII, a análise preliminar da redução da energia fornecida aos consumidores devido a desligamentos momentâneos apresentou informações técnicas valiosas. Em função desses resultados, o projeto aprofundará esta análise nas futuras ocorrências no circuito primário .

X. REFERÊNCIAS

LIVROS

- Solon, M. F , “ Medição de Energia Elétrica “, editora UFPE
- Cipoli. J. A , “Engenharia de Distribuição “, Editora Qualitymark - 1993
- Gouvêa. M.R, Hashimoto K, Maliuk. I. R. P , “ Metodologia Agregada para Avaliação de Perdas em sistemas de Distribuição “- CSPE – USP – 2000