

## XVI SEMINÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – SENDI 2004

COBRANÇA DE ENERGIA REATIVA DE UNIDADES CONSUMIDORAS LIGADAS  
NA BAIXA TENSÃO

André Luiz de Castro

COELBA

acastro@coelba.com.br

## ENERGIA REATIVA COBRANÇA

## Resumo:

Baseado no registro da energia reativa (kVArh) em cerca de 1500 medidores instalados em unidades consumidoras (uc) ligadas em baixa tensão (bt), desenvolveu-se estudo visando a cobrança da energia reativa excedente, de acordo com a RESOLUÇÃO 456 ANEEL.

Foram calculados e consistidos por processo estatístico, fatores de potência médios ( fpm ) por classe CNAE, contemplando as diferentes atividades típicas das uc. Conseguiu-se avaliar o fpm de cerca de 50% das uc trifásicas faturadas em BT na COELBA.

Apresenta-se dois métodos de análise de viabilidade econômica que indicam, baseados no consumo médio mensal de uma uc qualquer e no fpm característico de sua classe CNAE, em quais deve-se implantar a cobrança da energia reativa excedente.

Juntando-se às etapas anteriores informações do faturamento, estratificados, projetou-se que a COELBA possui cerca de 8.700 uc trifásicas indicadas a cobrança da energia reativa com retorno anual estimado em R\$8.700.000,00, caso todas não corrijam seus fpm. O investimento inicial seria de cerca de R\$7.500.000,00. Estima-se que cerca de 25% destas uc, mesmo que corrijam seus fpm trarão grandes benefícios técnicos e econômicos ao sistema através da liberação de capacidade à rede, permitindo a ligação de novas uc sem necessidade de novos investimentos.

## 1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho orienta a cobrança do excedente de energia reativa de forma viável economicamente, nos consumidores ligados a rede de baixa tensão (bt), por conseguinte faturados como GRUPO B. Teve início quando a COELBA substituiu cerca de 1.500 medidores eletrônicos de 200 A que foram instalados com o propósito de retirar transformadores de corrente instalados na bt e realizar as medições de forma direta. O registro das leituras (kwh e kVArh) destes medidores forneceu a matéria prima necessária ao desenvolvimento deste.

Procurou-se analisar as diversas variáveis e etapas envolvidas de forma criteriosa, a fim de se chegar a orientações e proposições de ações finais de forma segura no que se refere a cobrança de energia reativa de uc na bt..

Contando com os elementos disponíveis, as leituras dos medidores já instalados, não se pôde avaliar o fpm (fator de potência médio) de todos os tipos característicos de uc ligadas na bt existentes. Somente pôde-se avaliar o fpm de cerca de 50% do total de uc trifásicas faturadas na COELBA, devido a insuficiência do tamanho da amostra de medições para os diversos tipos de atividades fim, as quais seguem a classificação CNAE para efeitos de faturamento.

Observa-se que a classificação por código CNAE é dada uma para cada uc por atividade específica desenvolvida, seja ela comercial, residencial, industrial..., em consonância à Resolução 456 ANEEL e disposição normativa da Receita Federal.

Este trabalho compôs-se de quatro etapas distintas:

### **a- Cálculo e consistência do fator de potência médio**

Foram calculados e consistidos os fpm das cerca de 1500 uc devidamente agrupadas por tipo de atividade característica. Os fpm foram consistidos através de procedimento estatístico de estimação e avaliação da confiabilidade dos mesmos;

Com referência ao processo estatístico envolvido, consultou-se a Mestra Giovana Oliveira Silva (Estatística / UFBA) para melhor embasar as conclusões pretendidas com segurança. O procedimento estatístico e as conclusões referentes estão descritas adiante.

O uso da estatística buscou resposta à questão: quais fpm (fatores de potência médios) estimados para os diversos tipos de uc avaliadas podiam ser considerados válidos como fpm típico da sua classe.

### **b- Definição de Procedimentos de Cálculos Financeiros / Análise de Viabilidade Econômica**

Com a análise de viabilidade financeira, buscou-se solução à questão: quando se tornaria viável economicamente à COELBA intervir em uma medição substituindo-a por outra que permitisse a cobrança definitiva da energia reativa excedente mensal.

Nas definições dos processos de cálculos de análise financeira, optou-se pela adoção dos parâmetros que levavam a **posições mais conservadoras** e portanto mais seguras.

### **c- Definição das uc (por Classe CNAE ) a serem implantadas medição de energia reativa**

De posse das informações obtidas nos itens anteriores (fpm por classe de uc considerados críticos e dos processos indicadores da viabilidade econômica) bem como do faturamento por classe das uc trifásicas faturadas em abril de 2003, devidamente estratificadas de 200 em 200 kWh, identificou-se em quais uc dever-se-ia aplicar a cobrança da energia reativa excedente (quantas dentro da mesma classe CNAE).

### **d- Conclusões**

Uma vez dispondo da informação de quais seriam as uc faturadas em bt que possuíam fpm crítico, e consumo médio mensal indicativo de viabilidade econômica para se cobrar o excedente de energia reativa, bem como de seu montante estratificado acumulado de kWh-mês, utilizou-se a fórmula de cálculo da multa devida a fpm menor que 0,92, conforme Resolução 456 ANEEL, e se estimou o retorno financeiro devido a implantação da cobrança nestas uc. Segundo cálculos feitos, a COELBA possui cerca de 8.700 uc indicadas como viáveis, necessitando de investimento inicial de R\$7.500.000,00 com retorno previsto de R\$8.700.000,00 anuais.

Ressalva seja feita que devido a não consistência de todos os fpm calculados, somente pode-se avaliar cerca de 50 % das uc trifásicas da COELBA, ficando a avaliação dos 50 % restantes para uma próxima fase.

## **2- Cálculo e Consistência do Fator de Potência Médio – Procedimento Estatístico**

Como fonte de dados utilizou-se as informações de leitura de energia ativa e reativa fornecidas pelos cerca de 1.500 medidores eletrônicos instalados na área de concessão da COELBA a partir de 2000. Estes medidores admitiam até 200 A e foram instalados em um programa de substituição de medidores eletromecânicos com TCs.

Observa-se que as uc em que se processaram as substituições não foram pré escolhidas a fim de subsidiarem o presente trabalho, mas este sim foi feito em função das informações que puderam ser obtidas a partir dos medidores instalados, quais sejam os fpm extraídos das médias aritméticas simples dos fatores de potência das uc agrupadas por categoria CNAE.

A fim de se determinar os fpm, dever-se-ia primeiro, em função dos diversos agrupamentos de consumidores por tipo, definir o tamanho das amostras de medições mínimas necessárias para se obter o fpm com relativo grau de confiança. Todavia, não foi esta a condição que se teve. Por isto, foi realizado este trabalho estatístico a fim de saber:

- para quais classes de consumidores poder-se-ia considerar como válido o tamanho das amostras de medições já realizadas para a estimação dos respectivos fpm por classe CNAE;
- qual o erro esperado para o fpm calculado com os dados que se dispunham, os quais representam amostras, dentro de populações de medições existentes por classe CNAE;
- qual seria o tamanho da amostra ideal por classe CNAE para se estimar o respectivo fpm, caso fosse de interesse da COELBA levar adiante este trabalho, obtendo as estimativas dos fpm para as classes que não puderam ser contempladas, devido a insuficiência de suas amostras.

Na determinação do ERRO AMOSTRAL E DA AMOSTRAGEM MÍNIMA POR CLASSE CNAE foi utilizado o método da Amostragem Aleatória Simples sem reposição para se determinar o tamanho de cada amostra, bem como para se determinar o erro amostral.

Sendo do interesse a estimação do fp por classe CNAE e o parâmetro desejado, a média dos respectivos fatores de potência, admitindo-se que estes possuíssem seu comportamento aproximado pela curva de Gauss ou Normal, o tamanho da amostra (n) foi definido pela fórmula:

$n = NS^2 / (ND + S^2)$  (1), onde S = desvio padrão populacional da característica de interesse, no caso o fator de potência por classe CNAE.

$D = e^2 / Z^2_{\alpha/2}$ , onde e = erro máximo admissível e  $(1-\alpha)$  = nível de confiança desejado. Os valores de  $Z_{\alpha/2}$  são determinados pelo nível de confiança desejado  $(1-\alpha)$  e obtidos da tabela da distribuição NORMAL PADRÃO que podem ser achados nos diversos livros de estatística.

n = tamanho da amostra

N = tamanho da população para a qual se deseja calcular a amostra mínima necessária “n”

Neste trabalho definiu-se como ideal uma confiança de 95 % e um erro absoluto pretendido de 0,03 no fpm para mais ou para menos. Sendo assim,  $Z_{\alpha/2} = 1,96$ . Isto significa que ao calcular o tamanho de uma amostra “n” para determinada classe CNAE, teremos 95 % de confiança de que a média amostral difere da média populacional de menos de 0,03, ou seja, a amostra deve estar fornecendo uma boa estimativa para a média populacional.

Da fórmula acima advém a do ERRO amostral:

$$e^2 = (Z^2_{\alpha/2} \cdot S^2 \cdot (N-n)) / n \cdot N \quad (2)$$

Será utilizada no cálculo do ERRO que se teve na estimação de cada fpm para as diversas classes de uc. Utilizaremos esta fórmula com fator  $Z_{\alpha/2} = 1,96$ , conforme explicado em parágrafo anterior. Estimar o ERRO do fpm de uma classe CNAE por esta fórmula, significa que este é a diferença máxima da média amostral para a média populacional com 95 % de confiança. As classes que apresentaram ERRO acima de mais ou menos 0,03 tiveram os fpm considerados **inviáveis** para o presente trabalho, sendo as células indicadas na tabela de cálculo como “**indeterminável**”.

No emprego das fórmulas apresentadas, precisa-se do desvio padrão populacional (S), que, conquanto não é conhecido será utilizado o valor do desvio padrão amostral, para uma amostra de não menos de 25 medições, por classe CNAE, conforme orientam os melhores procedimentos estatísticos. Observa-se que como nem sempre se teve esta amostragem mínima, as que não atingiram este patamar mínimo tiveram seu ERRO calculado, porém **não aceito**, e por isto não se pôde estimar a quantidade mínima de amostras (n) por categoria CNAE, que seriam necessárias para a determinação do fpm em uma etapa posterior deste trabalho. Nas células da tabela onde se calculou o ERRO amostral e o tamanho da AMOSTRA MÍNIMA “n”, e estes foram considerados não aceitos pelos critérios acima, as células foram identificadas com “**inviável**” e “**cálculo não possível**” respectivamente.

No cálculo do desvio padrão das diversas amostras, utilizou-se a fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (3) - \text{fórmula do desvio padrão de uma amostra retirada de uma população}$$

sem reposição

O resultado do trabalho estatístico pode ser visto nas Tabelas 1 e 2, sendo que a primeira mostra parte da memória de cálculo dos procedimentos estatísticos envolvidos, e a segunda condensa todo o resultado consistido obtido.

Note-se ainda que, devido ao fato de diversas classes CNAE pertencerem a tipos de uc com atividades muito próximas, foram consideradas no presente trabalho agrupadas para fins estatísticos.

O ERRO amostral (e) e o tamanho da AMOSTRA MÍNIMA (n) para as uc foi calculado e o modelo de planilha de cálculo utilizada pode ser vista na TABELA 1.

TABELA 1

VERIFICAÇÃO DA VALIDADE DA AMOSTRA UTILIZADA, DETERMINAÇÃO DO ERRO AMOSTRAL (e) E DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA MÍNIMA (n) POR CLASSE CNAE.										
FÓRMULAS EMPREGADAS										
$n = N.S^2/(N.D+S^2)$ sendo $D = e^2 / Z^2_{\alpha/2}$										
$e^2 = (Z^2_{\alpha/2} \cdot S2 \cdot (N-n)) / n.N$										
n - número de amostras tomadas em consideração										
e - erro considerando-se que 95 % dos consumidores do universo de consumidores trifásicos COELBA BT possuem o fator de potência médio calculado, com uma variação em torno da média igual ao Erro %.										
N - população total de medições por classe CNAE										
$Z_{\alpha/2}$ - fator igual a 1,96 para intervalo de confiança de 95 % na curva de Gauss ou normal										
ATIVIDADES ECONOMICAS POR CLASSES CNAE	fpm	desvio padrão	AMOSTRA UTILIZADA	TOTAL CONTRATOS	RASCUNHO		RASCUNHO			
					(auxiliar)	RASCUNHO ERRO	erro e	AMOSTRA MÍNIMA	TESTE VALIDADE DO DESVIO PADRÃO CALCULADO NA DETERMINAÇÃO DA AMOSTRA	AMOSTRA MÍNIMA NECESSÁRIA
AA9310 CONS PROPRIO ESC,OFIC DEMAIS INST/CONCES Total	0,95	0,0349	5	99		inviável	indetermi nável	5	cálculo não possível	cálculo não possível
CLASSE B	0,8	0,1024	439	61.768		0,01	0,01	45	45	45
CLASSE C	0,9	0,1099	680	44.600		0,01	0,01	51	51	51
CLASSE D	0,85	0,1295	204	11.894		0,02	0,02	71	71	71
CLASSE E	0,91	0,0921	107	8.536		0,02	0,02	36	36	36
BA9901 CASA Total	0,81	0,1173	91	39.258		0,02	0,02	59	59	59
BA9902 APARTAMENTO Total	0,83	0,0751	73	17.406		0,02	0,02	24	24	25
BA9903 CONDOMINIO Total	0,7	0,0924	275	5.006		0,01	0,01	36	36	36
CF5111 HOTEIS Total	0,91	0,0568	30	574		0,02	0,02	13	13	25
CF5112 PENSÕES,HOSPED,POUSADAS,DOR MIT,CAMPING Total	0,87	0,1005	6	1.050		inviável	indetermi nável	41	cálculo não possível	cálculo não possível
CF5121 REST,CHURRASC,PIZZAR,PENS/ALI MENTAÇ Total	0,79	0,0890	28	959		0,03	0,03	33	33	33
CF5212 REPAR,MANUT INSTALACAO MÁQ APARELHOS Total	0,87	0,0829	2	344		inviável	indetermi nável	27	cálculo não possível	cálculo não possível
CF5213 REPAR MANUT MOTORES VEICULOS RODOVIARIOS Total				3.797						
CF5214 REPAR ART MADEIRA MOB INCL SERV MONT/INS Total				522						
CF5215 REPAR ART BORRACHA,COURO,PELE,ART VIAGEM Total				351						
CF5216 REPAR ART,ACES VESTUA,TECIDOS,COB BOTAO Total	0,87	0,0842	32	17	5.785	0,03	0,03	30	30	30
CF5217 REPAR DE CALCADOS Total				3						
CF5218 REPAR DE JOIAS E RELOGIOS Total				5						
CF5219 SERV REPARACAO,MAN,INS,N/ESPECIF N/CLAS Total				1.090						

TABELA 2

ATIVIDADE ECONÔMICA POR CLASSES CNAE	fpm	CONTRATOS ABRIL 2003	CONTRATOS VIÁVEIS
CLASSE B	0,77	61.768	
CLASSE C	0,88	44.600	
CLASSE D	0,85	11.894	
CLASSE E	0,91	8.536	
SUB-TOTAL		126.798	
BA9901 CASA Total	0,81	39.258	3.768
BA9902 APARTAMENTO Total	0,83	17.406	1.046
BA9903 CONDOMINIO Total	0,74	5.006	2.243
CF5111 HOTEIS Total	0,91	574	
CF5121 REST,CHURRASC,PIZZAR,PENS/ALIMENTAÇ Total	0,79	959	532
CF5213 REPAR MANUT MOTORES VEICULOS RODOVIARIOS Total		3.797	
CF5214 REPAR ART MADEIRA MOB INCL SERV MONT/INS Total		522	
CF5215 REPAR ART BORRACHA,COURO,PELE,ART VIAGEM Total		351	
CF5216 REPAR ART,ACES VESTUA,TECIDOS,COB BOTAO Total	0,87	17	166
CF5217 REPAR DE CALCADOS Total		3	
CF5218 REPAR DE JOIAS E RELOGIOS Total		5	
CF5219 SERV REPARACAO,MAN,INS,N/ESPECIF N/CLAS Total		1.090	
CF5529 SERV AUX COM N/ESPECIFICADOS N/CLASSIF Total	0,87	2.160	350
CF5611 SERV M/HOSPITAL(HOSP,CASA REPOUSO,ETC) Total		454	
CF5612 SERV LABOR(ANAL CLIN,RADIOLOGIA,ETC) Total		322	
CF5613 SERV FISIOTERAPIA E REABILITACAO Total		45	
CF5621 SERV ODONTOLOGICOS Total	0,92	217	
CF5631 SERV VETERI (HOSP,CLIN,IMUNIZACAO,ETC) Total		20	
CF5641 SERV PROMOCAO PLANOS AS MED/ODONTOL Total		18	
CF5699 SERV SAUDE N/ESPECIFICADOS E N/CLASSIF Total		884	
CF5911 BANCOS COMERCIAIS E CAIXAS ECONOMICAS Total		587	
CF5912 BANCOS INVEST,FOMENTO E DESENVOLVIMENTO Total		37	
CF5913 SOC CREDITO,FINANC INVEST(FINANCEIRAS) Total		74	
CF5914 SOCIEDADES DE ARREDAMENTO MERCANTIL Total		4	
CF5915 SOC CRED IMOBIL,ASSOC POUPANCA EMPR Total	0,91	15	
CF5916 COOPERATIVAS DE CREDITO Total		12	
CF5917 SOC CORRETORAS DISTR TIT,VEND MOBILIAR Total		6	
CF5918 FUNDOS MUTUOS,CLU,SOC INVEST(CAP ESTR) Total		5	
CF5919 INST CRED,INV,FIN DENS N/ESPECIF,N/CLAS Total		16	
CF5921 SEGUROS Total		45	
CF6011 ESC GERENCIAS ADM EMPRE INDUSTRIAIS Total		176	
CF6012 ESC GERENCIA ADM DE EMPRESAS COMERCIAIS Total	0,91	167	
CF6013 ESC GERENCIA ADM EMPRE PREST SERVICO Total		534	
CF6019 ESC GERENCIA ADM N/ESPECIF, N/CLASSIFI Total		376	
CF6311 ENSINO REGULAR (PRE-ESCOLAR,1 E 2GRAU) Total		480	
CF6321 ENSINO SUPLETIVO(SUPLENCIA PROF) Total		36	
CF6331 EDUCAC ESP P/SUB SUPERDOTADOS DEF FIS Total		2	
CF6341 ENSINO SUPERIOR(GRADUACAO,MESTRADO,ETC) Total		64	
CF6351 IDIOMAS Total		35	
CF6352 PRE-VESTIBULAR Total	0,94	21	
CF6353 TECNICO-PROFISSIONALIZANTE Total		20	
CF6354 DATILOGRAFIA,TAQUIGRAFIA E ESTENOGRAFIA Total		6	
CF6355 AUTO-ESCOLA Total		8	
CF6356 ARTES, MUSICA Total		7	
CF6357 DANCA,ESPORTES E GINASTICA Total		91	
CF6359 CURSOS LIVRES N/ESPECIF E N/CLASSIF Total		136	
DA2683 FAB PAES,BOLOS,BISCOITOS E TORTAS Total (EM CONJUNTO COM DG2683)	0,86	886	163
DG2683 FABRICACAO PAES, BOLOS, BISCOITOS, Total VER DA2683 - DADOS COMPUTADOS EM CONJUNTO	0,86	1.242	449
EM7021 ADMINISTRACAO PUBLICA ESTADUAL Total	0,93	1.860	
TOTAL MEDIÇÕES TRIFÁSICAS FATURADAS EM ABRIL ABRANGIDAS POR ESTE TRABALHO		<b>80.056</b>	<b>8.717</b>
TOTAL DE MEDIÇÕES TRIFÁSICAS FATURADAS EM ABRIL 2003		<b>153.014</b>	

### 3- Análise de Viabilidade Econômica

Buscou-se solução à questão: **quando se tornaria viável economicamente** a COELBA intervir em uma medição, substituindo-a por outra que permitisse a cobrança definitiva da energia reativa excedente mensal ou ainda cobrando-a através de medição temporária conforme permite a Resolução 456 ANEEL.

Procurou-se fazer análises de viabilidade econômica sob vários prismas, buscando-se alternativas que viessem a tornar a execução de um projeto de cobrança de excedente de energia reativa a uc faturadas em BT viável.

Entre as primeiras possibilidades estava a de se fazer a cobrança através de medição temporária, conforme artigos 34 e 68 da Resolução 456, porém esta logo foi descartada pelo fato de ser considerada antieconômica pelos motivos:

- para se efetuar a cobrança de uma uc, se faria necessário pelo menos uma instalação temporária de medição durante uma semana;
- quando o cliente informasse que já corrigiu o fp, seria necessário mais uma medição temporária;
- de tempos em tempos a COELBA deveria realizar medições na uc para averiguar se está mantendo o fp dentro do padronizado 0,92;

Dessa forma, sendo o custo de cada medição temporária estimado em R\$ 150,00, e previsto para cada uc pelo menos três medições, previu-se investimento de R\$ 450,00, o que correspondia aproximadamente ao custo de um medidor. Acrescentando-se a este o de se administrar este sistema, com o gerenciamento do fp, descartou-se esta opção. Dessa forma o estudo prosseguiu por outros caminhos, visando sempre a substituição definitiva do medidor.

Nas definições dos processos de cálculos de análise financeira, optou-se pela adoção de parâmetros que levassem às **posições mais conservadoras** e portanto mais seguras. Foram desenvolvidos basicamente dois diferentes processos de análise baseados na fórmula de valor atual de investimento em série uniforme, considerando:

$$PV = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \cdot PMT \quad (4)$$

Os dois métodos utilizados foram:

#### 3.1 Viabilidade econômica em função do retorno mensal pela multa do excedente de energia reativa

Baseado no procedimento de cobrança, de acordo com os artigos 34 e 66 da Resolução 456 ANEEL.

A fórmula da multa pelo excedente de energia reativa é:

$$\text{Multa} = \text{kWh-mês} \times ((0,92/\text{fpm}) - 1) \times \text{tarifa} \quad (5)$$

Utilizou-se as tarifas de BT sem o ICMS, que melhor espelhavam o retorno financeiro.

Por este procedimento, em contra posição aos investimentos a serem realizados, foram dispostas as multas mensais de cobrança pelo excesso da energia reativa. Como investimento a ser realizado estão as substituições dos atuais medidores instalados, que não permitem esta cobrança. Analisando as opções de medidores ora utilizados na COELBA, a fim de tornar este projeto mais viável, em consulta a fabricantes e outras concessionárias, previu-se a utilização de medidores ainda não utilizados na COELBA, definidos para este tipo de serviço, por um custo aproximado de R\$ 500,00, o que veio a favorecer em muito a viabilidade econômica desta proposta. Ao custo dos investimentos, acrescentou-se o da mão de obra e acessórios.

Considerou-se como viável um investimento de substituição de medidor para a cobrança de energia reativa, que retornasse o valor investido em no **máximo 3 (três) anos**.

Em função destas definições, foi realizada uma planilha que forneceu as indicações de quando uma uc deve ter seu medidor substituído – ver Modelo de Planilha de Análise Financeira I e Modelo de Planilha Resultado de Análise Financeira I

### MODELO DE PLANILHA ANÁLISE FINANCEIRA I

1		CUSTOS DE INSTALAÇÃO DA MEDIÇÃO			
			CORRIGIDO		
	MEDIDOR 200 A		500,00		
	6 m CABO 95 mm2 (R\$ 22,85)		157,67		
	6 CONECTORES PERF. (R\$ 5,67)		39,12		
	TAMPA (R\$ 60,00)+ ACESSÓRIOS (R\$ 10,00)		80,50		
	MDO		61,72		
	TOTAL		839,01		
2		CÁLCULO DO VALOR DO RETORNO MÍNIMO MENSAL (BENEFÍCIO) QUE COMPENSA O INVESTIMENTO INICIAL			
	valor total investido por UC	Vp	-850,00		
	tempo em meses para o retorno do investimento	n	36		
	taxa de retorno de investim anual - %	tir	15,00%		
	taxa de retorno de investim mensal correspondente a tir anual		1,17%		$Vp = Rmme \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$
	Valor do retorno mínimo mensal que compensa o investimento inicial	Rmme	R\$ 29,07		
3		TARIFAS CONSIDERADAS NOS CÁLCULOS			
	TARIFA consumidores GRUPO B1 - RESIDENCIAL sem ICMS =	R\$ 0,276850	por kWh		
	TARIFA consumidores GRUPO B demais categorias sem ICMS =	R\$ 0,289770	por kWh		
4		CÁLCULO DO kWh MENSAL MÍNIMO POR FATOR DE POTÊNCIA, QUE COMPENSA O INVESTIMENTO INICIAL			
	Para calcular o kWh mensal mínimo necessário a compensar o valor do investimento inicial, com o Rmme igual ao valor da multa mensal a ser cobrada pelo excesso de reativo: <b>Multa = kWh x ((0,92/fpm) - 1) x tarifa (Resolução 456 ANEEL)</b>				
	$kWh\text{-mensal-min} = Rmme / (tarifa \times ((0,92/fpm) - 1))$				

### MODELO DE PLANILHA RESULTADO DE ANÁLISE FINANCEIRA I

fpm	KWh- mensal min (residencial)	kWh- mensal min (comercial)
0,91	9.557	9.131
0,90	4.726	4.515
0,89	3.116	2.977
0,88	2.310	2.207
0,53	143	136
0,52	137	130
0,51	131	125
0,50	125	119

Esta planilha anterior indica que quando uma uc com fpm estabelecido por sua atividade típica, conforme processo estatístico explicado no item anterior, tiver valor de consumo (kWh mensal) superior ao mínimo calculado e disposto nesta planilha, então a adoção da cobrança da energia reativa será viável. O investimento feito com a substituição do medidor deverá retornar em 3 anos.

### **3.2 Análise da viabilidade econômica em função da desoneração da rede BT com a correção do fp pelas uc**

Esta análise tem por base a desoneração da rede BT com a possível correção do FP pelas uc.

Quando uma uc corrige seu fp, ela permite a COELBA adicionar a sua rede uma capacidade de kW sem ter que realizar novos investimentos. Por isto utilizou-se o conceito do CUSTO MARGINAL DE 1KW na rede BT, estimado em R\$ 107,27 pelo RT (Regulação Tarifária - GUARANIANA 2003). Este custo reflete os custos da COELBA em adicionar 1 kW a rede BT, com reflexo em todos os demais níveis de tensão incluindo Linhas de Transmissão e Subestações.

Os procedimentos aqui descritos serviram como base para elaborar o Modelo de Planilha de Análise Financeira II, que apresenta os resultados finais desta análise em questão.

O objetivo final desta análise foi o de encontrar o kWh-mês mínimo para cada uc, com fpm já definido no processo estatístico, que tornasse viável o investimento com a substituição do medidor em função da liberação de capacidade ao sistema em - kW devido às possíveis correções dos fp pelos consumidores.

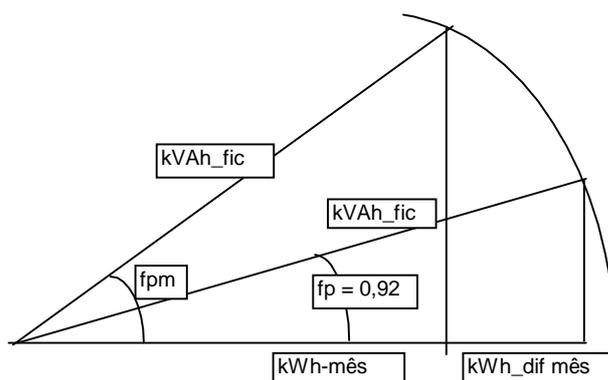
Estabeleceu-se a correlação direta com a **correção do fp por uma UC** e:

1- o kW liberado a rede BT;

2- a conseqüente **desoneração do sistema em Reais**, que permitiria ligação de outras cargas sem necessidade de novos investimento;

3- indicação do kWh-mês mínimo da uc que viabilizaria financeiramente a cobrança da energia reativa independentemente de qualquer outro critério de análise;

A dedução da fórmula básica segue abaixo:



$$(kWh\text{-mês} / fpm) \times 0,92 - kWh\text{-mês} = kWh\_dif \text{ mês} \quad (6)$$

$$kWh\_dif \text{ mês} = kWh\text{-mês} \times ((0,92/fpm) - 1) \quad (7)$$

$$kW \text{ médio} = kWh\_dif \text{ mês} / (24 \times 30) \quad (8)$$

$$kW \text{ na ponta} = kW \text{ médio} / fc \quad (9)$$

#### MODELO DE PLANILHA DE ANÁLISE FINANCEIRA II

1	<b>Rmme</b> Retorno de investimento mínimo mensal estimado que compensa o investimento inicial com a nova medição (instalação do novo medidor) - mesmo valor do Rmme disposto na planilha "RET P MULTA",	<b>Rmme =</b>	R\$ 29,07	
2	<b>CkW/ano</b> Custo de 1 KW / ANO BT agregado ao sistema ( <b>CkW/ano</b> ) no horário de ponta	<b>CkW/ano =</b>	R\$ 107,27	
3	<b>kW liber = (Rmme / (CkW/ano)/12)</b> - corresponde a quantidade de KW MÊS liberados ao sistema COELBA, também correspondentes ao menor retorno de investimento mensal necessários a compensar o investimento inicial ( Rmme item 1)	<b>kW liber =</b>	3,252529	kW
4	<b>kW medio = kW liber x fc</b> - determina o valor do kW a ser considerado no cálculo do kWh mensal a ser disponibilizado para uso na rede BT quando o fp de um determinado cliente for corrigido – foi utilizado fc típico da bt igual a 0,55	<b>kWm =</b>	ver item 4 planilha	kW
5	<b>kWhmm = kWmedio x 24h x 30d</b> KWhmm - kWh mensal mínimo de ganho com liberação de Kw - este valor corresponde ao consumo mínimo em kWh que precisa ser disponibilizado na rede BT para retornar o investimento inicial	<b>kWhmm =</b>	ver item 5 planilha	kWh
6	<b>kWh min mensal = kWh_min = kWh_dif / ((0,92/fpm) - 1)</b> - define o menor consumo em kWh mensal que um consumidor, dentro de sua classe com fator de potência médio definido (fpm), o qual corrigiu seu fp para 0,92, deva ter para compensar o investimento inicial na nova medição (substituição do medidor).	<b>kWh min mensal =</b>	ver item 6 planilha	kWh

CONTINUAÇÃO DE MODELO DE PLANILHA DE ANÁLISE FINANCEIRA II

	3		4	5	6
fpm	kW liber	fc típico	kWmedio = kW liber x fc	kWh_dif = kWmedio x 24h x 30d	kWh mensal mínimo!
0,92					
0,65	3,252529	0,55	1,78889	1288,001289	3.101
0,64	3,252529	0,55	1,78889	1288,001289	2.944

- A Tabela 3 a seguir mostra o resultado dos dois processos de análise financeira em função do fpm de uma uc . Apresenta o **KWh-mensal mínimo** necessário a viabilizar o investimento tendo por base o retorno financeiro em função da multa de excedente de energia reativa e apresenta também o kwh-mensal mínimo que viabiliza o investimento segundo processo de desoneração da rede de bt de 1, 2, 3 ... até 10 anos.

TABELA 3

(Resultados finais das análises de viabilidade pelos dois processos)

			Tempo de retorno do investimento inicial em <b>anos</b> , considerando a correção do fator de potência.							
fpm	KWh-mensal min residencial)	kWh-mensal min (comercial e industrial)	3	4	5	6	7	8	9	10
			kWh mínimo mensal necessário para retornar o investimento em um número de anos conforme acima. Este retorno de investimento é calculado em função do kW liberado à rede e de seu respectivo custo.							
0,92	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0,91	9.557	9.131	117.208	93.735	79.833	70.713	64.323	59.637	56.085	53.322
0,90	4.726	4.515	57.960	46.353	39.478	34.968	31.808	29.491	27.734	26.368
0,89	3.116	2.977	38.211	30.558	26.026	23.053	20.970	19.442	18.284	17.383
0,88	2.310	2.207	28.336	22.661	19.300	17.095	15.551	14.418	13.559	12.891
0,87	1.827	1.746	22.411	17.923	15.265	13.521	12.299	11.403	10.724	10.196
0,86	1.505	1.438	18.461	14.764	12.574	11.138	10.132	9.393	8.834	8.399
0,85	1.275	1.218	15.640	12.508	10.653	9.436	8.583	7.958	7.484	7.115
0,84	1.103	1.054	13.524	10.816	9.211	8.159	7.422	6.881	6.471	6.153
0,83	969	925	11.878	9.499	8.091	7.166	6.519	6.044	5.684	5.404
0,82	861	823	10.562	8.446	7.194	6.372	5.796	5.374	5.054	4.805
0,81	773	739	9.484	7.585	6.460	5.722	5.205	4.826	4.538	4.315
0,80	700	669	8.587	6.867	5.849	5.180	4.712	4.369	4.109	3.906
0,79	638	610	7.827	6.260	5.331	4.722	4.295	3.983	3.745	3.561
0,78	585	559	7.176	5.739	4.888	4.329	3.938	3.651	3.434	3.265
0,77	539	515	6.612	5.288	4.503	3.989	3.629	3.364	3.164	3.008
0,76	499	477	6.118	4.893	4.167	3.691	3.358	3.113	2.927	2.783
0,75	463	443	5.682	4.544	3.870	3.428	3.118	2.891	2.719	2.585
0,74	432	412	5.295	4.235	3.607	3.195	2.906	2.694	2.534	2.409
0,73	403	386	4.949	3.958	3.371	2.986	2.716	2.518	2.368	2.251
0,72	378	361	4.637	3.708	3.158	2.797	2.545	2.359	2.219	2.109
0,71	355	339	4.355	3.483	2.966	2.627	2.390	2.216	2.084	1.981
0,70	334	319	4.098	3.277	2.791	2.472	2.249	2.085	1.961	1.864
0,69	315	301	3.864	3.090	2.632	2.331	2.121	1.966	1.849	1.758
0,68	298	284	3.649	2.919	2.486	2.202	2.003	1.857	1.746	1.660
0,67	281	269	3.452	2.761	2.351	2.083	1.894	1.756	1.652	1.570
0,66	267	255	3.270	2.615	2.227	1.973	1.794	1.664	1.564	1.487
0,65	253	242	3.101	2.480	2.112	1.871	1.702	1.578	1.484	1.411
0,64	240	229	2.944	2.354	2.005	1.776	1.616	1.498	1.409	1.339
0,63	228	218	2.798	2.238	1.906	1.688	1.536	1.424	1.339	1.273

			Tempo de retorno do investimento inicial em <b>anos</b> , considerando a correção do fator de potência.							
fpm	KWh- mensal min residencial)	kWh- mensal min (comercial e industrial)	3	4	5	6	7	8	9	10
			kWh mínimo mensal necessário para retornar o investimento em um número de anos conforme acima. Este retorno de investimento é calculado em função do kW liberado à rede e de seu respectivo custo.							
0,62	217	207	2.662	2.129	1.813	1.606	1.461	1.354	1.274	1.211
0,61	207	197	2.534	2.027	1.726	1.529	1.391	1.290	1.213	1.153
0,60	197	188	2.415	1.931	1.645	1.457	1.325	1.229	1.156	1.099
0,59	188	179	2.303	1.842	1.568	1.389	1.264	1.172	1.102	1.048
0,58	179	171	2.197	1.757	1.497	1.326	1.206	1.118	1.051	1.000
0,57	171	163	2.098	1.678	1.429	1.266	1.151	1.067	1.004	954
0,56	163	156	2.004	1.602	1.365	1.209	1.100	1.019	959	911
0,55	156	149	1.915	1.531	1.304	1.155	1.051	974	916	871
0,54	149	143	1.830	1.464	1.247	1.104	1.004	931	876	833
0,53	143	136	1.750	1.400	1.192	1.056	961	891	838	796
0,52	137	130	1.674	1.339	1.140	1.010	919	852	801	762
0,51	131	125	1.602	1.281	1.091	967	879	815	767	729
0,50	125	119	1.533	1.226	1.044	925	841	780	734	698

A TABELA 4 apresenta o resultado prático das aplicações das análises de viabilidade juntando-se às informações extraídas do faturamento das uc trifásicas de abril de 2003, devidamente estratificadas. A tabela mostra ainda as projeções de retorno financeiro considerando-se a implementação das medições nas uc indicadas neste trabalho.

**TABELA 4**

CLASSE CNAE	Fpm TÍPICO DA UC	KWh min mês INDICADO COMO VIÁVEL	MEDIÇÕES INDICADAS POR CLASSE	INVESTIM RELATIVOS MILHARES R\$	RETORNO MENSAL PREVISTO		TOTAL RETORNO MENSAL MILHARES R\$	TOTAL RETORNO ANUAL MILHARES R\$	TEMPO RETORNO INVEST MÊS	TEMPO DE RETORNO DE INVESTIMENTO EM ANOS CASO SE CORRÍJAM OS FP
					MULTA MÊS MILHARES R\$	RECUPERAÇÃO DE 1 % DO KWH MÊS				
BA9903 CONDOMINIO	0,74	412	2.243	1.906,55	263,48	10.831,96	274,31	3.291,74	<b>6,36</b>	17
CF5121 REST,CHURRASC,PIZZAR,PENS/ALIMENTAÇÃO	0,79	610	532	452,20	97,67	3.836,27	101,51	1.218,07	<b>4,35</b>	26
BA9901 CASA	0,81	773	3.768	3.202,80	197,97	4.191,40	202,16	2.425,97	<b>17,16</b>	INDEFINIDO
BA9902 APARTAMENTO	0,83	969	1.046	889,10	44,37	4.091,68	48,46	581,51	<b>19,15</b>	INDEFINIDO
CF5529 SERV AUX COM N/ESPECIFICADOS N/CLASSIF	0,87	1.743	350	297,50	24,42	4.060,26	28,48	341,81	<b>9,68</b>	INDEFINIDO
DA2683 FAB PAES,BOLOS,BISCOITOS E TORTAS	0,86	1.438	163	138,55	13,67	1.960,06	15,63	187,62	<b>8,92</b>	INDEFINIDO
DG2683 FABRICACAO PAES, BOLOS, BISCOITOS,	0,86	1.438	449	381,65	38,62	5.535,35	44,15	529,85	<b>7,08</b>	INDEFINIDO
CF5213 REPAR MANUT MOTORES VEICULOS RODOVIARIOS CF5214 REPAR ART MADEIRA MOB INCL SERV MONT/INS CF5215 REPAR ART BORRACHA,COURO,PELE,ART VIAGEM CF5216 REPAR ART,ACES VESTUA,TECIDOS,COB BOTAO CF5217 REPAR DE CALCADOS CF5218 REPAR DE JOIAS E RELOGIOS	0,87	1.746	166	141,10	10,60	1.844,57	12,45	149,35	<b>9,74</b>	INDEFINIDO
			8.717	7.409,45	690,81	36.351,56	727,16	8.725,92	<b>10,05</b>	INDEFINIDO

#### 4 -CONCLUSÕES:

Apesar de não se ter conseguido analisar mais do que cerca de 50 % dos consumidores trifásicos faturados em BT, mesmo assim obteve-se resultados expressivos, que indicam claramente onde a COELBA pode e deve atuar procurando a compensação pelas perdas ocasionadas pelo excedente de energia reativa. Indicam também o oposto, ou seja tipos de uc por classe CNAE, que não necessitam de correções no fp. Ver Tabela 4.

#### 4.1 - Unidades Consumidoras com indicação de cobrança de excedente de energia reativa

Do universo pesquisado 80.056 UC, de um total de 153.014 UC, foi constatado, analisando a Tabela 2, que existem hoje na COELBA, entre as uc trifásicas faturadas em BT, **8.717 UC que atendem aos critérios de viabilidade financeira**. Ressalta-se, contudo que, caso todas as uc corrijam seus fp o investimento tornar-se-ia **inviável**. Todavia esta seria uma ocorrência quase impossível, de muito pouca probabilidade. Estima-se que entre as uc com indicação de viabilidade, ainda que estas corrigissem seus fp, haveria o retorno de investimento pela desoneração da rede bt em menos de 10 anos.

#### 4.2 - Projeção de investimento e retorno financeiro

A perspectiva de retorno de investimento previsto é R\$ 8.725.921,06 **por ano**, tendo-se que investir no momento inicial R\$ 8.717.000,00.

Na Tabela 4, verifica-se uma rentabilidade maior do que a requerida inicialmente nesse estudo, com prazos previstos de retorno de investimentos bastante inferiores a 3 anos. O prazo médio de retorno de investimentos para todas as uc indicadas viáveis a realização da cobrança, foi de **10,05 meses**. Este fato se explica por quê:

1- o estudo inicial foi feito baseado no kWh mensal mínimo, e na Tabela 4 os prazos de retorno de investimento levam em consideração o **montante total mensal do kWh para cada tipo de uc**

2- no cálculo do retorno do investimento global, expresso nesta tabela foi ainda considerada a recuperação de kWh devido a substituição dos medidores atuais, que são antigos e, segundo tendência já verificada em campo, apresentam erro médio negativo no kWh registrado com no mínimo 1 % de perdas, o que foi considerado neste cálculo final.

#### 4.3 - Conclusão geral

Como pôde ser visto a substituição de medidores em uc já ligadas com medição não apropriada a fim de se implantar a cobrança de energia reativa é um empreendimento viável desde que realizado em uc que apresentam fp crítico (abaixo de 0,92) e kWh mínimo que justifique a intervenção. Todavia, para as novas ligações onde a diferença de custos (estima-se menor que R\$200,00) de instalação de uma medição com registro de energia reativa para uma sem é pequena, comparando-se aos custos neste trabalho considerados com a substituição (R\$850,00). Esta ponderação aponta para a realização de todas as novas ligações trifásicas com a cobrança de energia reativa.

Essa prática seria ainda de grande valia a fim de formatar novos procedimentos junto a projetistas e instaladores que estariam mais conscientes de sua responsabilidade em zelar pela manutenção do fator de potência normatizado (0,92 mínimo) dos equipamentos que pretendem conectar a rede de energia, em especial a de bt, onde costumeiramente tal fator não é gerenciado, e têm-se como resultado redes com capacidade de carregamento diminuída devido ao baixo fator de potência das cargas a ela interligadas. Ressalva-se contudo que um estudo neste sentido precisa ser feito para melhor estabelecer tal conclusão, uma vez que o tempo de vida útil estimado para o medidor eletrônico é aproximadamente metade do tempo estimado para um medidor eletromecânico.