

## XV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SENDI 2002

### Sistema Computacional TARDIST - Novos Desenvolvimentos

R.M.G. Velasquez- COPPE/UFRJ, J.M.F. Pessanha- CEPEL/UERJ,

R.P. Caldas- CEPEL, A.C.G. Melo- CEPEL/UERJ

[rmgv@cepel.br](mailto:rmgv@cepel.br)

**Palavras-chave** - custos marginais de fornecimento de potência, tarifas de uso dos sistemas de distribuição, receita de distribuição, *Tardist*.

**Resumo** - Este trabalho descreve as formulações referentes às mudanças e alterações realizadas na metodologia usada na passagem dos custos marginais de fornecimento para as tarifas de uso dos Sistemas de Distribuição. Estas alterações foram definidas pelo órgão regulador na resolução N<sup>o</sup>594/ANEEL, do 21 de dezembro de 2001, e foram incluídas no sistema computacional *Tardist*, desenvolvido pelo CEPEL. Neste trabalho são apresentados alguns exemplos visando esclarecer cada um dos conceitos apresentados.

### 1. INTRODUÇÃO

Na reestruturação do setor elétrico brasileiro, os segmentos transmissão e de distribuição continuam sendo vistos como monopólios naturais, entretanto, mudanças significativas na regulamentação econômica e a introdução do livre acesso às redes de distribuição e transmissão, conduziu a uma reavaliação da estrutura tarifária vigente, que resultou na criação das tarifas de uso, com o objetivo de viabilizar o acesso à rede pelos consumidores e fornecedores.

A competição, nos segmentos de geração e comercialização de energia, favoreceu o surgimento dos consumidores livres, grandes consumidores que podem escolher seu fornecedor de energia.

Entretanto, sendo a atividade de distribuição um monopólio natural, as tarifas de uso das distribuidoras estão sujeitas a regulamentação

da ANEEL, que dentro de suas atribuições de órgão regulador, estabeleceu uma série de princípios e procedimentos a serem seguidos pelas distribuidoras no momento da revisão tarifária. Estes princípios procuram garantir que todas as distribuidoras tenham uma estrutura tarifária consistente e que contenham o mesmo conjunto de incentivos econômicos, além de acomodar as condições específicas do mercado de cada distribuidora, reconhecendo a diferença de custos entre as mesmas.

Neste contexto, as distribuidoras necessitam conhecer de forma precisa a sua estrutura de custos de fornecimento e de tarifas de uso, pois, através destas informações elas podem elaborar estratégias adequadas de ajustes tarifários.

Para atender esta necessidade, o CEPEL desenvolveu o *Tardist*, um sistema computacional que segue a metodologia estabelecida pela ANEEL nas resoluções N<sup>o</sup>.286 do 01 de outubro de 1999 e N<sup>o</sup>.594 do 21 de dezembro de 2001, no que se refere ao cálculo dos custos marginais de fornecimento e das tarifas de uso dos sistemas de distribuição.

### 2. TARIFICAÇÃO COM BASE EM CUSTOS MARGINAIS

A estrutura tarifária definida a partir dos custos marginais, tem como orientação a busca por uma estrutura justa e racional, pois se baseia em três princípios [1]: neutralidade, igualdade e eficácia. O princípio da neutralidade significa que a relação entre a tarifa e o custo é próxima da unidade, enquanto que pelo princípio da igualdade, consumidores semelhantes são tarifados da mesma forma. Já o princípio da eficácia é a

capacidade de se conjugar objetivos econômicos, tais como a racionalização da utilização da capacidade instalada e o melhor uso dos excedentes sociais, evitando investimentos desnecessários.

Nos itens a seguir são descritas as etapas da metodologia de cálculo das tarifas de uso da distribuição, com base em custos marginais : caracterização da carga, cálculo dos custos marginais de fornecimento e passagem dos custos marginais às tarifas de uso.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA CARGA

A inviabilidade prática da construção de tarifas, a partir da análise do comportamento individual de cada consumidor, torna necessário a definição de um número conveniente de tipologias de curvas de carga, representativas do universo dos consumidores e das redes da distribuidora, respectivamente, clientes-tipo e redes-tipo.

As tipologias são o resultado do estudo de caracterização da carga, que começa com a realização de campanhas de medidas, em transformadores e consumidores de baixa e média tensão, e envolve também a recuperação de medições de grandes consumidores e subestações. De cada medição obtida, são extraídas a curva de carga de um útil, de um sábado e de um domingo, que melhor caracterizem o perfil da demanda.

### 4. CUSTOS MARGINAIS DE FORNECIMENTO DE CAPACIDADE

O custo marginal de fornecimento de potência de um cliente-tipo é o custo para atender um incremento unitário de sua demanda, no nível de atendimento, em uma determinada hora. Tais custos constituem um instrumento considerado ideal para construir uma estrutura racional e justa para as tarifas de uso da distribuição, pois através dele é atribuído a cada grupo de consumidores, i.e., cliente-tipo, o custo efetivo que a distribuidora incorre no seu atendimento. A tarifa de uso obtida desta forma também constitui um sinal econômico que orienta o perfil de demanda dos

consumidores, no sentido de racionalizar o uso da energia elétrica.

Os custos marginais do sistema são calculados com base no cronograma de expansão da distribuidora de acordo com metodologias específicas para os segmentos de geração, transmissão e distribuição [3].

O custo marginal de fornecimento de potência de um cliente-tipo  $k$ ,  $CMF_{k,u}$ , é a soma dos custos marginais de fornecimento do cliente-tipo, por nível, desde o nível de atendimento  $J$  até o nível mais a montante  $N$ :

$$CMF_{k,u} = \sum_{L=J}^N CMF_{k,u}^L \quad (1)$$

O custo marginal de fornecimento de potência deste nível no posto tarifário  $u$  é :

$$CMF_u^J = \frac{\sum_{k=1}^n CMF_{k,u} \cdot d_{k,u}}{D_{J,u}} \quad (2)$$

onde  $d_{k,u}$  é a demanda máxima ou demanda teórica do cliente-tipo  $k$  e  $D_{J,u}$  é a demanda máxima do agregado de tipologias no nível  $J$ , no posto  $u$  [2].

### 5. TARIFAS DE USO DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Uma vez calculados os custos marginais de capacidade, calcula-se uma receita teórica. A receita teórica é o somatório dos produtos dos custos marginais de capacidade pelas demandas teóricas identificadas nas tipologias ajustadas.

Por outro lado, a receita teórica, ajustada aos custos reais incorridos pelas empresas (operacionais, de expansão, de remuneração e em impostos), define as tarifas de distribuição a serem praticadas, caso não houvesse a necessidade de uma definição de subsídios entre os níveis de tensão.

Considerando que as tarifas aqui definidas devem preservar o equilíbrio econômico-financeiro contratual, torna-se necessário definir tarifas de uso que recuperem a receita de distribuição e compensem as despesas com

Conexão e com encargos de ONS de cada empresa.

As despesas com ONS e Conexão não guardam nenhuma relação com os custos marginais de capacidade das redes de distribuição. Assim, no caso das receitas destinadas a esses elementos de despesas, serão calculadas as respectivas tarifas selo para cada concessionária em função da demanda total faturada[4,5].

As tarifas de distribuição, que recuperam a receita de distribuição, resultam de 3 (três) ajustes nos custos marginais de capacidade:

1. Ajuste à Receita de Distribuição;
2. Ajuste aos Postos Tarifários;
3. Ajuste à Demanda Faturada.

## 6. AJUSTE À RECEITA DE DISTRIBUIÇÃO

Os custos marginais de fornecimento de potência são transformados em tarifas de uso através de um ajuste à receita permitida para a atividade de distribuição, definida para a concessionária [4,5].

Por outro lado a receita teórica (Rt) para um nível de tensão J é obtida a partir dos custos marginais de fornecimento de potência dos clientes-tipo atendidos neste nível

:

$$Rt_J = \sum_{k=1}^n CMF_{k,P} \cdot d_{k,P} + \sum_{k=1}^n CMF_{k,FP} \cdot d_{k,FP} \quad (3)$$

onde  $d_{k,P}$  e  $d_{k,FP}$  são as demandas máximas teóricas e  $CMF_{k,P}$  e  $CMF_{k,FP}$  os custos marginais de fornecimento de potência do cliente-tipo k, respectivamente nos postos ponta e fora de ponta.

A receita teórica total da concessionária (RT) é a soma das receitas marginais obtidas em todos os níveis de tensão :

$$RT = \sum_{J=1}^N Rt_J \quad (4)$$

A partir da receita de distribuição anual da concessionária, RD, definida pela ANEEL e da receita teórica total RT, é calculado o fator de ajuste mensal, F, [4] :

$$F = RD/(12 \cdot RT) \quad (5)$$

Utilizando este fator de ajuste F são recalculados os custos marginais de capacidade para cada tipologia k, em cada um dos postos tarifários u. A expressão resultante em (6) é denominada de Tarifas Preliminares(Tp) no nível J, no posto tarifário u. Esta expressão representa o ajuste dos custos à receita de distribuição RD, e correspondem às primeiras tarifas estabelecidas.

$$Tp_u^J = F \cdot CMF_u^J \quad (6)$$

## 7. AJUSTE AOS POSTOS TARIFÁRIOS

Com o intuito de manter nas relações entre as tarifas de uso de ponta e fora de ponta àquelas relações existentes nas atuais tarifas de fornecimento do grupamento tarifário horosazonal azul, um novo ajuste é realizado. Este ajuste muda a relação dos custos de capacidade dos postos tarifários, mantendo, no entanto, a Receita Teórica Ajustada inalterada em cada nível de tensão. Estas tarifas, cujas relações de ponta e fora de ponta foram alteradas, são denominadas de “Tarifas Preliminares P/FP”. Para alterar as relações naturais de custos entre postos tarifários, é inserida uma relação fixa (para cada nível de tensão) entre os postos tarifários ponta e fora de ponta denominada “relação ponta/fora da ponta”, denotada por  $r_J$ .

A receita teórica ajustada (Ra) em R\$/mês, para o nível J, nos postos ponta e fora de ponta abaixo definida pelas expressões (7) e (8)

$$Ra_{(J,P)} = \sum_{k=1}^n Tp_{(k,P)} \cdot d_{k,P} \quad (7)$$

$$Ra_{(J,FP)} = \sum_{k=1}^n Tp_{(k,FP)} \cdot d_{k,FP} \quad (8)$$

Então a receita ajustada total do nível J está definida por:

$$Ra_J = Ra_{(J,P)} + Ra_{(J,FP)} \quad (9)$$

Utilizando os conceitos acima descritos e inserindo o fator  $r_J$ , as Tarifas Preliminares P/FP ( $T_{J,FP}$  e  $T_{J,P}$ ) para o nível J, nos postos

tarifários ponta e fora da ponta são definidas como:

$$T_{J,FP} = \frac{Ra_J}{D_{(J,P)} \cdot r_J + D_{(J,FP)}} \quad (10)$$

$$T_{J,P} = r_J \cdot T_{J,FP} \quad (11)$$

Nas equações 10 e 11  $D_{J,P}$  e  $D_{J,FP}$  correspondem aos valores de demanda máxima da tipologia agregada no nível J, nos postos de ponta e fora da ponta respectivamente.

## 8. AJUSTE À DEMANDA FATURADA

Como as demandas faturadas carregam intrinsecamente informações dos comportamentos dos consumidores, e são estes comportamentos que efetivamente definem os montantes anuais de receita faturada, é necessário verificar se é nula a diferença entre a Receita de Distribuição (RD) e a Receita de Distribuição Recuperada (RDR) definida como:

$$RDR = \sum_{J=1}^N T_{J,P} \cdot DF_{J,P} + T_{J,FP} \cdot DF_{J,FP} \quad (12)$$

onde  $DF_{J,P}$ ,  $DF_{J,FP}$  são os valores de demanda faturada no nível J nos postos tarifários ponta e fora da ponta respectivamente. Caso essa diferença seja não nula, calcula-se um novo fator de ajuste  $F^*$ , definido por:

$$F^* = \frac{RD}{RDR} \quad (13)$$

Uma vez determinado esse fator, cada Tarifa Preliminar P/FP é multiplicada por ele, obtendo-se assim a “Tarifa de Distribuição”, para os postos tarifários ponta e fora da ponta,

$$Td_{J,P} = F^* \cdot T_{J,P} \quad (14)$$

$$Td_{J,FP} = F^* \cdot T_{J,FP} \quad (15)$$

Os valores de demanda faturada utilizados para o cálculo da RDR, são obtidos da seguinte forma dependendo do nível de tensão e da modalidade tarifária:

1. Os consumidores pertencentes ao Grupo A, e que estão conectados em níveis de tensão iguais ou acima de 69 kV são obrigatoriamente faturados na tarifa azul, desta forma as demandas faturadas nos postos tarifários ponta e fora da ponta são conhecidas;

2. Os consumidores pertencentes ao Grupo A, que estão conectados em níveis de tensão inferiores a 69 kV e maiores a 2,3 kV, podem optar por pela tarifa verde ou pela tarifa convencional. Neste casos, a demanda faturada usada no posto fora da ponta, é a própria demanda faturada definida na modalidade tarifária. Por outro lado, a demanda faturada no posto ponta, é resultado da divisão entre a demanda faturada no posto fora da ponta, e relação de demanda de ponta e fora de ponta de sua respectiva tipologia.

3. Para os consumidores sujeitos unicamente às tarifas monômias (Grupo B), as demandas de ponta e fora de ponta adotadas são as mesmas das tipologias de carga [4,6].

## 9. ONS E CONEXÃO

Ao incluir os valores das despesas com ONS e Conexão às “Tarifas de Distribuição” já definidas, obtém-se finalmente as Tarifas de Uso de Distribuição.

O selo de ONS e o selo de conexão em R\$/kW, são definidos por,

$$Selo_{ONS} = \frac{Valores_{ONS}}{DF_{total}} \quad (16)$$

$$Selo_{CONEXÃO} = \frac{Valores_{CONEXÃO}}{DF_{total}} \quad (17)$$

onde  $DF_{total}$  corresponde ao somatório das demandas faturadas de todos os níveis de tensão, e de todos os postos tarifários.

Desta forma, o cálculo das Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição para o nível J, no posto u é dado por:

$$Tusd_{J,u} = Td_{J,u} + Selo_{ONS} + Selo_{CONEXÃO} \quad (18)$$

## 10. TUSD COM N POSTOS TARIFÁRIOS

Na seção 7 deste trabalho é apresentado um ajuste que muda a relação dos custos de capacidade entre os postos tarifários, mantendo, no entanto, a Receita Teórica Ajustada inalterada em cada nível de tensão.

As tarifas resultantes de este ajuste são denominadas “Tarifas Preliminares P/FP”, isto porque a atual metodologia, definida pelo órgão regulador, só considera a possibilidade de dois postos tarifários.

Nesta seção é mostrada uma generalização dos conceitos mostrados na seção 7, desta vez considerando o cálculo de uma tarifa de uso para  $N$  postos tarifários.

Considerando que a relação ponta/fora de ponta ( $r_j$ ), foi definida originalmente como uma relação entre as tarifas de fornecimento de um determinado nível de tensão, pode ser definida a expressão (19).

$$r_j = \frac{T_{ponta}}{TF_{ponta}} \quad (19)$$

Utilizando a expressões definidas em (10) e (19) e fazendo um arranjo algébrico, como mostrado em (20), é possível definir a tarifa de uso (no posto fora da ponta) para dois postos tarifários.

$$T_{J,FP} = \frac{Ra_J}{\frac{T_{ponta}}{D(J,P)} + \frac{D(J,FP)}{TF_{ponta}}} \cdot \left( \frac{TF_{ponta}}{TF_{ponta}} \right) \quad (20)$$

A expressão em (20) pode ser re-escrita da seguinte forma:

$$T_{J,FP} = \frac{Ra_J \cdot TF_{ponta}}{D(J,P) \cdot T_{ponta} + D(J,FP) \cdot TF_{ponta}} \quad (21)$$

A expressão usada para o cálculo da tarifa preliminar no posto de ponta definida em (11), pode ser re-escrita como em (22), que por sua vez é:

$$T_{J,P} = \frac{Ra_J}{\frac{T_{ponta}}{D(J,P)} + \frac{D(J,FP)}{TF_{ponta}}} \cdot \left( \frac{T_{ponta}}{TF_{ponta}} \right) \quad (22)$$

Podendo também ser definida como em (23).

$$T_{J,P} = \frac{Ra_J \cdot T_{ponta}}{D(J,P) \cdot T_{ponta} + D(J,FP) \cdot TF_{ponta}} \quad (23)$$

Da mesma forma que em (21) e (23) podemos generalizar o cálculo de uma tarifa preliminar para um posto tarifário  $i$  da seguinte forma:

$$T_{J,i} = \frac{Ra_J \cdot T_i}{D(J,1) \cdot T_1 + D(J,2) \cdot T_2 + \dots + D(J,i) \cdot T_i} \cdot \left( \frac{1/T_i}{1/T_i} \right) \quad (24)$$

Finalmente depois do arranjo feito na expressão (24) é definida a tarifa preliminar no nível  $J$  para o posto tarifário  $i$ . A expressão definida em (25) mostra esta tarifa.

$$T_{J,i} = \frac{Ra_J}{D(J,1) \cdot \frac{T_1}{T_i} + D(J,2) \cdot \frac{T_2}{T_i} + \dots + D(J,i)} \quad (25)$$

Onde  $\frac{T_1}{T_i}, \frac{T_2}{T_i}$  correspondem às relações entre os postos tarifários  $1/i$  e  $2/i$  respectivamente.

## 11. ESTUDO DE CASO 1

A seguir são apresentados os resultados, obtidos pelo *Tardist*, em um caso estudo com 6 níveis de tensão, cujo diagrama unifilar simplificado está ilustrado na Figura 1, junto com os fluxos de potência (MW) e mercados anuais (MWh).

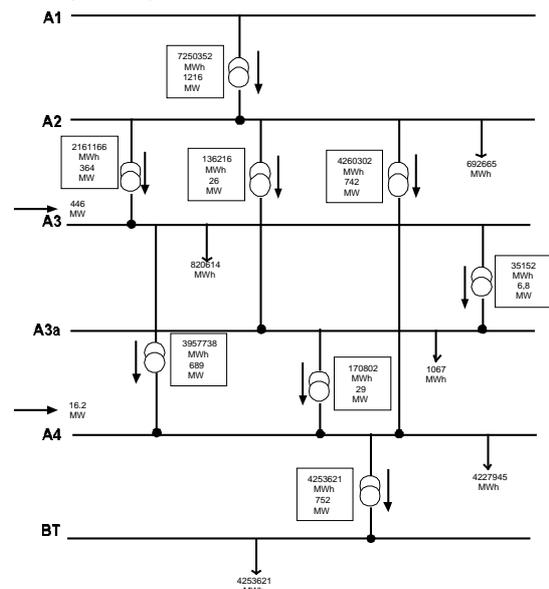


Figura 1. Rede do Caso estudo

Utilizando a metodologia de cálculo de custos marginais de capacidade definida em [2], pode-se obter os custos para cada nível de tensão, nos dois postos tarifários, ponta e fora da ponta.

A figura 2 mostra os resultados dos custos de capacidade para o subgrupo A4, no posto tarifário ponta.

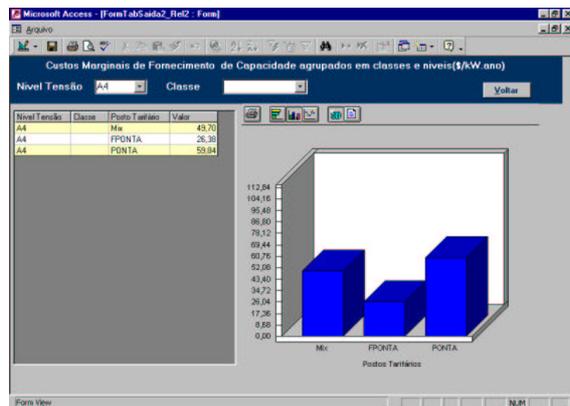


Figura 2. Custos de capacidade nível A4

Os resultados de custos para a totalidade dos níveis considerados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Custos marginais de capacidade

Subgrupo	Fponta	Ponta
BT	22.87	97.17
A4	26.38	59.84
A3A	2.77	50.00
A3	3.13	39.89
A2	7.28	21.40

O programa *Tardist* oferece a possibilidade de realizar os agrupamentos de consumidores e transformadores de forma interna, para o qual usa técnicas de agrupamentos conhecidas como algoritmos de “Clusters Analysis”.

Por outro lado, também podem ser lidas tipologias criadas externamente, as quais são posteriormente utilizadas para o cálculo dos custos e tarifas de uso. No caso 1, apresentado nesta seção, foram utilizadas tipologias agrupadas com ferramentas externas ao programa.

A seguir na figura 3 são mostradas as tipologias de clientes atendidos no subgrupo A4.

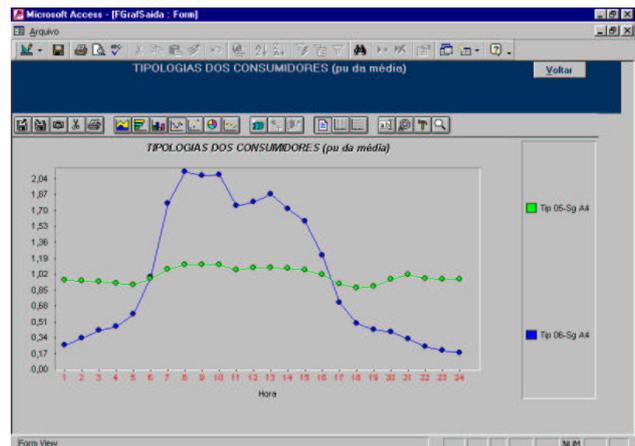


Figura 3. Tipologias de clientes atendidos no subgrupo A4

Na figura 4 é possível observar as tipologias definidas para as redes A2/A3, A2/A3A, A2/A4.

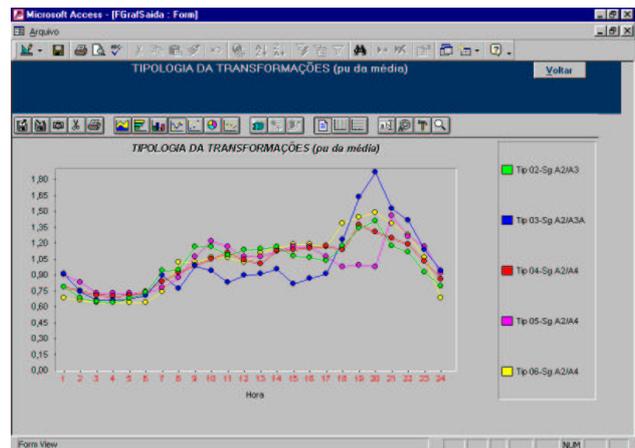


Figura 4. Tipologias de redes.

Utilizando a expressão (5), é calculado o fator de ajuste F, o qual ajusta os custos à receita de distribuição, os resultados são mostrados a seguir na Tabela 2. O valor da receita teórica foi obtido aplicando a expressão definida em (4).

Tabela 2. Fator de Ajuste

Receita de Distribuição (R\$)	437025054.900
Receita Teórica (R\$)	166229193.662
Fator de Ajuste Anual	2.629
Fator de Ajuste Mensal (F)	0.219

As tarifas preliminares para cada nível de tensão, são obtidas usando a equação (6) e mostradas a seguir na Tabela 3.

Tabela 3. Tarifas Preliminares (R\$/kW)

Subgrupo	Tarifas Preliminares (R\$/kW)	
	Fponta	Ponta
BT	5.01	21.29
A4	5.78	13.11
A3A	0.61	10.95
A3	0.69	8.74
A2	1.60	4.69

Utilizando as expressões (9), (10) e (11) e as relações de ponta e fora da ponta definidas na Tabela 4, se obtêm os resultados das Tarifas Preliminares P/FP, as quais podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 4. Relações entre postos tarifários

Subgrupo	BT	A4	A3A	A3	A2
Relação	10	3	2.99	3.65	4.35

Tabela 5. Tarifas Preliminares P/FP (R\$/kW)

Subgrupo	Tarifas Preliminares P/FP (R\$/kW)	
	Fponta	Ponta
BT	1.95	23.43
A4	5.02	15.06
A3A	2.54	7.58
A3	1.94	7.07
A2	1.17	5.08

Uma vez realizado o cálculo das Tarifas Preliminares P/FP se faz necessário verificar se estas recuperam a receita de distribuição. Com esse intuito é calculado o valor de RDR definido pela expressão (12) e para o qual foram utilizadas as demandas faturadas definidas na tabela 6. Posteriormente foi calculado um novo fator de ajuste  $F^*$ , definido pela expressão (13). Os resultados são mostrados na Tabela 7.

Tabela 6. Demandas Faturadas

Subgrupo	Demandas faturadas (MW)	
	Fponta	Ponta
BT	9144.699	12192.750
A4	13954.234	8426.079
A3A	1.088	0.784
A3	1957.519	1465.107
A2	1669.866	1385.706

Tabela 7. Fator de Ajuste  $F^*$ 

Receita de Distribuição (R\$)	437025054.9
RDR (R\$)	445081854.7
Fator de Ajuste $F^*$	0.982

Utilizando as expressões (14) e (15) pode-se obter os valores das Tarifas de Distribuição, que são os valores de tarifas que finalmente recuperam o valor da receita de distribuição, definida para distribuidora. Os valores das Tarifas de Distribuição são mostrados a seguir na Tabela 8.

Tabela 8. Tarifas de Distribuição (R\$/kW)

Subgrupo	Tarifas de Distribuição (R\$/kW)	
	Fponta	Ponta
BT	1.92	23.01
A4	4.93	14.79
A3A	2.49	7.44
A3	1.90	6.95
A2	1.15	4.99

Como também se faz necessário que as tarifas compensem as despesas de Conexão e de ONS, são calculados os respectivos selos usando as expressões definidas em (16) e (17). Os valores dos selos são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9. Selos ONS e Conexão

Subgrupo	Selo ONS (R\$/kW)		Selo Conexão (R\$/kW)	
	Fponta	Ponta	Fponta	Ponta
BT	0.002	0.002	0.174	0.174
A4	0.002	0.002	0.174	0.174
A3A	0.002	0.002	0.174	0.174
A3	0.002	0.002	0.174	0.174
A2	0.002	0.002	0.174	0.174

Os valores de despesas de ONS e de Conexão utilizados neste exemplo, foram R\$101.687,00 e R\$8.753.272,00 respectivamente.

Finalmente, aplicando a equação (19), são definidas as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição, sendo que para o estudo de caso, os resultados são mostrados na Tabela 10.

Na figura 5 podem ser observados, em detalhe, os valores para as tarifas de uso no nível A3 nos diferentes postos tarifários.

Tabela 10. Tarifas de Uso (R\$/kW)

Subgrupo	Tarifas de Uso (R\$/kW)	
	Fponta	Ponta
BT	2.09	23.18
A4	5.10	14.96
A3A	2.67	7.62
A3	2.08	7.12
A2	1.32	5.17

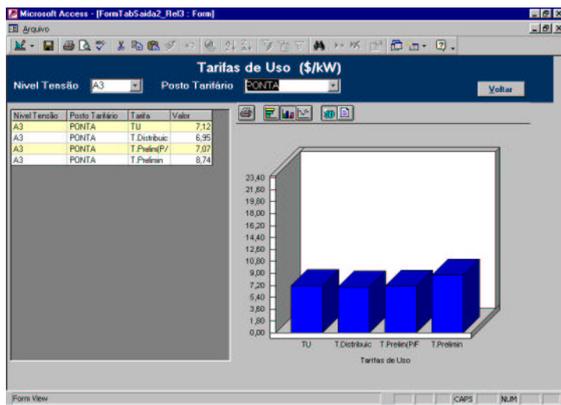


Figura 5. TUSD nível A3 posto ponta

## 12. ESTUDO DE CASO 2

No estudo de caso 2, são calculadas as tarifas de uso de um outro caso hipotético de distribuidora. Esta distribuidora possui 6 níveis de tensão, sendo que a caracterização da carga foi feita utilizando as ferramentas de clusterização disponíveis no programa *Tardist*. A empresa em questão fez uma campanha de medidas onde foram disponibilizadas 260 medições de consumidores e 300 medições de transformações.

O programa oferece a possibilidade de escolha entre vários métodos de agrupamento estatístico, sendo que para o estudo de caso 2 foi usado o método hierárquico de Ward.

A definição do número de “clusters” ótimo é arbitrária, sendo que existem alguns critérios empíricos, como por exemplo, os baseados em análise da variância dos agrupamentos. Por isso é interessante analisar a sensibilidade dos custos marginais de fornecimento e conseqüentemente das tarifas de uso, com relação ao número de tipologias.

Para isto serão considerados três diferentes cenários: cenário base, onde foram consideradas 19 tipologias para os consumidores e 26 tipologias para as redes, cenário 2, onde foram consideradas 47 tipologias para os consumidores e 48 tipologias para as redes e cenário 3, onde foram consideradas 12 tipologias para os consumidores e 16 tipologias para as redes.

Nas tabelas 11 e 12 é mostrado, em detalhe, a quantidade de tipologias por nível de tensão, usada em cada um dos cenários analisados.

Tabela 11. Tipologias de consumidores usadas

Subgrupo	Quantidade de tipologias de consumidores		
	C.Base	Cenário2	Cenário3
<b>BT</b>	<b>11</b>	<b>30</b>	<b>6</b>
BT(comercial)	4	10	2
BT(industrial)	3	10	2
BT(Residencial)	4	10	2
<b>A4</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
A4 (Rural)	1	1	1
A4 (MT)	2	5	2
<b>A3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>A2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>2</b>

Tabela 12. Tipologias das redes usadas

Subgrupo	Quantidade de tipologias de redes		
	C.Base	Cenário2	Cenário3
<b>A4/BT</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>A3A/A4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>A3 /A4</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>A2 /A4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>A2 /A3A</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>1</b>
<b>A3 /A3A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>A2 /A3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>A1 /A2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>

### 12.1 Cenário Base

Os valores de custos de fornecimento de capacidade por nível de tensão, classes e postos tarifários podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13. Custos marginais de capacidade

Subgrupo	Fponta	Ponta
<b>BT</b>	<b>45.25</b>	<b>70.00</b>
BT(comercial)	61.71	54.82
BT(industrial)	81.16	21.06
BT(Residencial)	24.18	76.20
<b>A4</b>	<b>28.26</b>	<b>29.47</b>
A4 (Rural)	31.48	24.01
A4 (MT)	27.87	29.76
<b>A3A</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>A3</b>	<b>29.56</b>	<b>10.77</b>
<b>A2</b>	<b>13.90</b>	<b>10.98</b>

A seguir, são mostradas algumas das tipologias criadas pelo programa: na figura 6 pode-se observar algumas das tipologias BT, no caso as de consumidores residenciais e na figura 7 algumas transformações tipos.

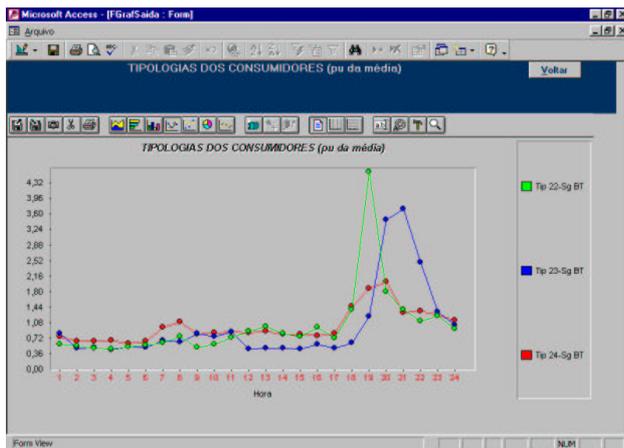


Figura 6. Tipologias BT residencial

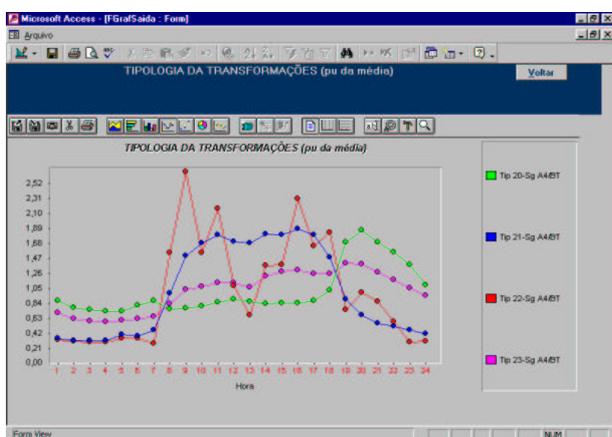


Figura 7. Tipologias A4/BT

A figura 8 a seguir, mostra a contribuição de cada nível para a formação da receita teórica total, esta receita é usada para o cálculo do primeiro fator de ajuste  $F$  definida pela equação 5.

Tabela de Receita Mutua Entre Subgrupos Tarifários(k\$)

	A2	A3	A3A	A4	BT
A2	9260.16	81.18	0.00	24123.06	34006.64
A3	0.00	134.90	0.00	3706.71	6419.34
A3A	0.00	0.00	0.00	272.58	638.75
A4	0.00	0.00	0.00	31582.40	58892.75
BT	0.00	0.00	0.00	0.00	106578.93
Total	9260.16	216.08	0.00	59684.75	206536.41

Receita Marginal Total(k\$): 275697.40

Figura 8.Saída do *Tardist* com receita mutuas

Utilizando a metodologia definida nas seções (5-9) deste trabalho, o programa calcula as tarifas de uso do sistema de distribuição por nível de tensão e postos tarifários. Estes resultados são mostrados na tabela 14.

Tabela 14.Tarifas de Uso (R\$/kW)

Subgrupo	Tarifas de Uso (R\$/kW)	
	Fponta	Ponta
BT	34.30	136.59
A4	19.94	79.14
A3A	0.20	0.20
A3	20.50	81.41
A2	8.46	33.25

## 12.2 Cenário 2

Os valores de custos marginais de fornecimento de capacidade por nível de tensão, classes e postos tarifários podem ser observados na Tabela 15.

Tabela 15.Custos marginais de capacidade

Subgrupo	Fponta	Ponta
<b>BT</b>	44.78	79.23
BT(comercial)	62.27	55.84
BT(industrial)	66.61	59.18
BT(Residencial)	24.91	86.13
<b>A4</b>	23.74	35.31
A4 (Rural)	26.32	29.18
A4 (MT)	23.43	35.60
<b>A3A</b>	0.00	0.00
<b>A3</b>	30.42	10.71
<b>A2</b>	14.62	9.95

Utilizando a metodologia definida nas seções (5-9) deste trabalho, o programa calcula as tarifas de uso do sistema de distribuição por nível de tensão, e postos tarifários. Os resultados são mostrados a seguir na tabela 16.

Tabela 16.Tarifas de Uso (R\$/kW)

Subgrupo	Tarifas de Uso (R\$/kW)	
	Fponta	Ponta
BT	36.64	145.97
A4	19.58	77.73
A3A	0.20	0.20
A3	20.64	81.93
A2	8.25	32.40

## 12.2 Cenário 3

Os valores de custos de fornecimento de capacidade para cada nível de tensão, classes e postos tarifários podem ser observados na Tabela 17.

Tabela 17. Custos marginais de capacidade

Subgrupo	Fponta	Ponta
<b>BT</b>	32.59	83.22
BT(comercial)	51.64	48.21
BT(industrial)	67.67	34.67
BT(Residencial)	12.87	94.44
<b>A4</b>	17.92	39.83
A4 (Rural)	27.13	26.75
A4 (MT)	16.80	41.04
<b>A3A</b>	0.00	0.00
<b>A3</b>	28.74	13.75
<b>A2</b>	8.05	16.95

Na tabela 18, são mostradas as tarifas de uso para todos os níveis de tensão, nos diferentes postos tarifários.

Tabela 18. Tarifas de Uso (R\$/kW)

Subgrupo	Tarifas de Uso (R\$/kW)	
	Fponta	Ponta
BT	36.69	146.16
A4	19.49	77.33
A3A	0.20	0.20
A3	21.24	84.35
A2	8.44	33.14

A seguir, serão analisados os resultados obtidos para os custos marginais de fornecimento quando variada a quantidade de tipologias.

Nas figuras 9 e 10 podem ser observados os custos de fornecimento de capacidade nos diferentes níveis de tensão. Enquanto na figura 9, são comparados os custos no posto fora da ponta, na figura 10 é feita a comparação dos custos no posto ponta da rede.

Para o caso em estudo, os resultados dos custos indicam, que no cenário 3 (menor quantidade de tipologias) o custo no posto fora da ponta foi o menor entre os três cenários, enquanto o custo no posto ponta, foi o maior entre os três. Isto pode ser explicado pelo fato que ao ter menos tipologias de redes, existe a possibilidade de se ter menos horas de ponta das mesmas (horas em que a demanda causa um custo à rede).

Além disso, ao se escolher menos tipologias, estas têm uma tendência a se concentrar nos períodos de ponta do sistema. A escolha de poucas tipologias pode produzir uma perda de diversidade de comportamentos, já que na hora do agrupamento, clientes-tipo com magnitudes pequenas são absorvidos por aqueles que têm

valores de demanda maiores. Podemos perceber que para o cenário base (segunda maior quantidade de tipologias), esta explicação também é válida, já que os custos no posto fora da ponta são os segundo maiores, e para os custos no posto ponta, são os segundo menores. Porém observa-se que para os casos analisados, a única exceção acontece no nível BT, entre o cenário base e o cenário 2. Mas deve se deixar claro que os custos para BT (e para qualquer outro nível de tensão) dependem, entre outras variáveis, da combinação de tipologias de redes-tipo e de tipologias de consumidores usadas. Desta forma, para o nível BT, as tipologias usadas no cenário base têm uma forte presença no posto fora da ponta, causando um resultado diferente do esperado e superando os custos do cenário 2.

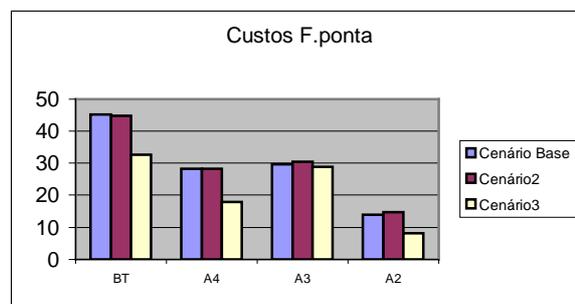


Figura 9. Comparação de Custos, posto F.Ponta

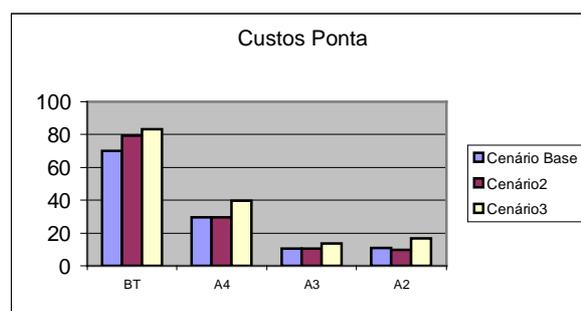


Figura 10. Comparação de Custos, posto Ponta

Finalmente, as figuras 11 e 12, mostram os resultados de tarifas de uso para os três casos analisados. Os resultados indicam que a sensibilidade da tarifa de uso com relação à quantidade de tipologias é baixa; isto pode ser explicado pelos vários ajustes que são realizados no processo de passagem de custos para tarifas.

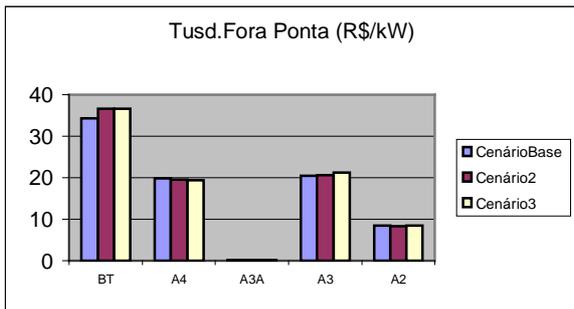


Figura 11. Comparação de TUSD, posto fora da ponta

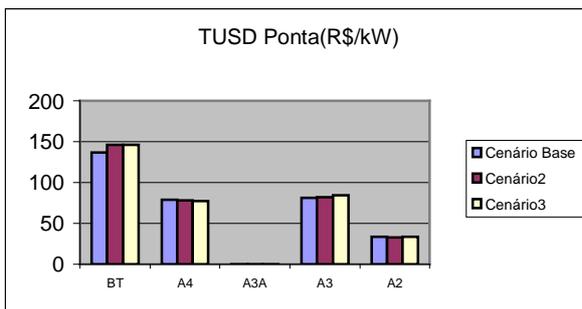


Figura 12. Comparação de TUSD, posto Ponta

### 13. ESTUDO DE CASO 3

Este caso corresponde a uma variação do estudo de caso 1. A idéia é inserir um terceiro posto tarifário e calcular os custos de fornecimento de capacidade. O novo posto tarifário cobre as horas de madrugada (entre 0 e 7 horas).. Foram inseridos novos consumidores, os quais estão conectados no nível BT. As características dos consumidores, neste horário, são representadas pela tipologia mostrada na figura 13. Na tabela 18, podem ser observados os resultados de custos marginais de capacidade por nível de tensão, para os três postos tarifários. Ao se comparar estes resultados com os obtidos na tabela 1, observa-se que a única mudança na estrutura de custos aconteceu no nível BT.

Os custos de fornecimento assim calculados podem ser utilizados para criar uma tarifa de uso e/ou de fornecimento para aquele novo posto tarifário.

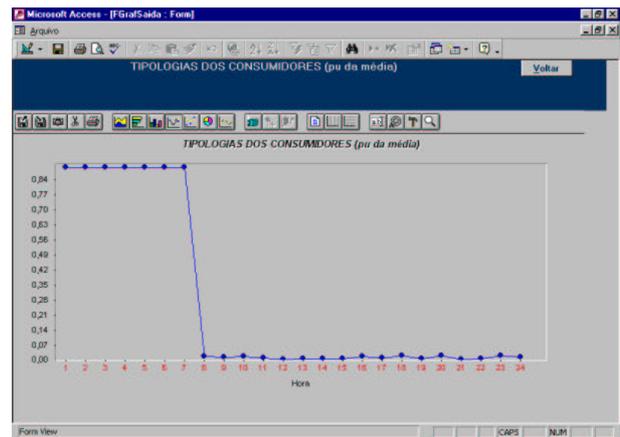


Figura 13. Tipologia de consumidores no terceiro posto tarifário

Tabela 18. Custos marginais de capacidade

Subgrupo	Fponta	Ponta	terceiro
BT	22.83	96.85	19.07
A4	27.08	58.49	0.00
A3A	2.77	50.00	0.00
A3	3.13	39.89	0.00
A2	7.28	21.40	0.00

### 14. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou, de forma explícita e detalhada, cada um dos passos teóricos para realizar a passagem de custos marginais de capacidade, para tarifas de uso do sistema de distribuição.

Foi analisada a sensibilidade dos custos e consequentemente das tarifas de uso, com relação ao número de tipologias, e foi incluído um breve exemplo com três postos tarifários com a finalidade de analisar os custos de fornecimento de capacidade neste terceiro posto. Também foi incluída uma generalização da passagem de custos para tarifas de uso, desta vez incluindo  $N$  postos tarifários.

Finalmente neste trabalho foram evidenciadas as vantagens e flexibilidades do aplicativo *Tardist* para lidar com estudos para a determinação de custos de fornecimento de capacidade e cálculo de tarifas de uso.

## 15. REFERÊNCIAS

- [1] Pereira,M.V.F.,Neto,T.A.A., Introdução ao Planejamento da Expansão e Operação de Sistemas de Produção de Energia Elétrica, Niterói, Universidade Federal Fluminense, EDUFF, 1990.
- [2] Pessanha,J.F.M, Velasquez,R.M.G, Melo, A.C.G, Júnior,R.P, Caldas,R.P, Tanure J.E.P.S, Santos, P.E. S. Metodologia e Aplicação do Cálculo dos Custos Marginais de Fornecimento e das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição.Latin America Power and Gas 2001.Rio de Janeiro agosto, 2001.
- [3] BRASIL, Ministério das Minas e Energia, DNAEE, Eletrobrás , Empresas Concessionárias de Energia Elétrica, Nova Tarifa de Energia Elétrica; metodologia e aplicação, DNAEE, Brasília, 1985.ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução N° 594, de 21 de Dezembro de 2001.
- [4] Metodología de Cálculo das Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição. Revisão da Tarifas Publicadas na Resolução ANEEL N.º 286/99).Versão Final.2002
- [5] Resolução ANEEL N°594, dezembro de 2001. Metodologia de Cálculo das Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição.
- [6] Steele Santos, P.E., Freire Amado, T., Lima Rosa, R.D., Marangón Lima, J.W., Tarifas De Uso Da Distribuição E Seu Acoplamento Com As Atuais Tarifas de Fornecimento. ANEEL.