



CARACTERIZAÇÃO DA CURVA DE CARGA DO SISTEMA ELÉTRICO PARA FINS TARIFÁRIOS E DE CÁLCULO DE PERDAS – METODOLOGIA APLICADA À CAMPANHA DE MEDIDAS

LINDEMBERG REIS E FERNANDO ALVAREZ
SIGLASUL CONSULTORIA LTDA
LREIS@SIGLASUL.COM.BR
FALVAREZ@SIGLASUL.COM.BR

RESUMO

A resolução Normativa da ANEEL nº166 de 10 de outubro de 2005 estabeleceu as disposições consolidadas relativas ao cálculo da tarifa de uso dos sistemas de distribuição (TUSD) e da tarifa de energia elétrica (TE). Para dar embasamento ao cálculo dessas componentes, na mesma resolução em seu artigo 34, a agência reguladora salienta a necessidade de entrega em um período de até 3 meses do mês previsto para o início do processo de revisão tarifária da distribuidora, tipologias que representem a totalidade das unidades consumidoras e das instalações de transformação de tensão, bem como a campanha de medição que originou as referidas tipologias.

Seria impraticável medir todos os consumidores de uma concessionária. Portanto, frequentemente necessita-se de amostras de consumidores que represente, em um número mínimo de medições, o total de consumidores de um subgrupo tarifário. Neste trabalho apresenta-se uma descrição sumária de como deve ser feita uma Campanha de Medição de modo que atinja o objetivo principal da empresa em processo de revisão, que é a representação o mais próxima da real da curva de carga em dias de máxima solicitação do sistema, sendo estratificada para os grupos e subgrupos tarifários com seus respectivos níveis de perdas.

PALAVRAS CHAVE

Campanha de Medidas, Clusterização, Revisão Tarifária, Tipologia de Redes e Cargas, TUSD.

1. INTRODUÇÃO

O estudo de caracterização de carga (ou campanha de medição) consiste em aplicar técnicas estatísticas de inferência amostral e de clusterização (agrupamento), para estimar os padrões de consumo (curvas de carga) característicos dos clientes e redes que integram o sistema elétrico de distribuição, tomando como base as medições realizadas sobre uma amostra representativa do total.

Os principais objetivos da realização da campanha de medições seria subsidiar o cálculo da tarifa de distribuição (TUSD) [1], de tal forma que:

- Identifique, por categoria tarifária, os conjuntos de usuários que apresentam padrões homogêneos de consumo.
- Identifique, por nível de tensão, os grupos de ativos de distribuição que apresentam padrões de utilização semelhantes.
- Estime, para cada categoria tarifária (ou segmento de consumo/demanda), os fatores de participação no uso (momento de máxima demanda) dos ativos conectados a montante.

Isto permite, na oportunidade do cálculo das tarifas, a realização de uma alocação adequada dos custos de distribuição nas distintas categorias. O estudo de caracterização de carga compreende uma série de etapas, que podem ser resumidas em:

- Desenho amostral, que inclui a definição dos domínios de estudo, o tipo de amostragem, os critérios de estratificação, o cálculo do tamanho da amostra e a seleção dos pontos amostrais.
- Logística do trabalho de campo, que compreende a especificação das equipes de medição, a aquisição ou adequação dos registradores da campanha, a coordenação do programa de instalação, leitura, rotação e a definição das rotinas internas de informação.
- Coleta da informação de campo, que inclui as tomadas de leitura dos perfis de carga e a sistematização da informação obtida.
- Processamento da informação de base e obtenção de resultados que compreende a montagem da base de dados, a depuração dos registros coletados, a aplicação do programa de clusterização para a obtenção das tipologias dos consumidores e ativos e o balanço de energia da empresa.

Neste trabalho será desenvolvida a metodologia de sucesso adotada pela Siglasul Consultoria LTDA para cálculo das tipologias de concessionárias de distribuição, passando por cada uma das etapas descritas acima.

2. ELABORAÇÃO DA AMOSTRA DE CONSUMIDORES

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para obtenção da curva de carga da empresa, é necessário que haja um “desenho” da campanha de medidas, ou seja, tem-se que primeiramente definir o tamanho da amostra necessário para estimar os padrões de consumo característicos das unidades consumidoras e de transformação que integram o sistema elétrico de distribuição. A ANEEL fixa alguns parâmetros que devem ser respeitados para a elaboração da base de consumidores que serão medidos. Em seus ofícios circulares traz parametrizações acerca de como deve ser regida a Campanha de Medições [2].

Em suma as diretrizes gerais para realização da Campanha de medições são:

- O valor absoluto do erro da amostra em relação à população deve ser no máximo de 5%, ou seja, o nível de confiança deve ser de 95%.
- Realizar medições em todo universo de transformação e de unidade consumidoras igual ou acima de 69kV.
- Utilizar informações disponíveis nos medidores eletrônicos que já estejam instalados, complementando-as, quando necessário, com campanhas de medição.

- Sempre considerar um dia útil, um sábado e um domingo para medição de cada unidade consumidora.
- Considerar as unidades consumidoras conforme modalidades tarifárias, classes das unidades consumidoras e faixas de consumo para fins de faturamento.
- A distribuidora deve apresentar seu resumo de mercado, mostrando diferentes estratificações das unidades consumidoras, com base no consumo e número de consumidores. Ainda deve ser apresentado um diagrama unifilar com fluxos de potência com carga máxima verificada nos últimos 12 meses.

Já as restrições quanto às unidades consumidoras podem ser resumidas da seguinte forma:

- A primeira estratificação é com relação à tensão de fornecimento, sendo 230kV, 88 a 138kV, 69kV, 30 a 44kV, 1 a 25kV e patamares inferiores a 1kV, sendo posteriormente agrupados e medidos por atividade econômica.
- Unidades consumidoras atendidas em tensões de 1kV a 25kV deve ser estratificada pela demanda, sendo no mínimo, $\leq 100\text{kW}$, 101 a 200kW, 201 a 300kW, 301 a 400kW, 401 a 500kW, 501 a 1000kW, 1001 a 3000kW e $\geq 3000\text{kW}$.
- Unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 1kV, a estratificação deve ser feita em Residencial, Rural, Industrial, Iluminação Pública, AS e Comercial, serviços e outras atividades.
- As unidades residenciais atendidas em tensão $\leq 1\text{kV}$ devem ainda ser estratificadas por consumo, sendo no mínimo, $\leq 79\text{kWh}$, 80 a 220kWh, 220 a 300kWh, 301 a 400 kWh, 401 a 500 kWh, 501 a 1000 kWh e $\geq 1000\text{kWh}$.
- As unidades rurais, comerciais e industriais atendidas em tensão $\leq 1\text{kV}$ devem ainda ser estratificadas por consumo, sendo no mínimo, $\leq 100\text{kWh}$, 101 a 200kWh, 201 a 300 kWh, 301 a 400 kWh, 401 a 500 kWh, 501 a 1000 kWh, 1001 a 3000 kWh e $\geq 3000\text{kWh}$.

Feitas essas observações relativas às restrições que a ANEEL faz com relação à formação da amostra de consumidores dos vários estratos, adentra-se então no mérito da montagem da base para ser retirada a amostra necessária de consumidores para medição e a coleta de informações pertinentes ao universo de consumidores da concessionária em questão.

2.2. ESTUDO DA CARGA E AMOSTRAGEM DE CONSUMIDORES

A seguir é apresentada uma descrição detalhada dos três principais critérios de análise para montagem da amostra de consumidores a serem medidos e os resultados obtidos em cada uma das subetapas do Desenho Amostral, que são a Caracterização do Mercado de Distribuição, a Definição dos Domínios de Estudo e a Definição dos Critérios de Amostragem.

2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO

Uma caracterização adequada do mercado permite definir, a priori, os domínios de estudo (tanto de usuários como de redes) que serão necessários analisar no Estudo da Caracterização de Carga. O mercado deve ser analisado tanto do lado da demanda como do lado da oferta.

A caracterização do mercado pelo lado da demanda (usuários) implica em realizar um pré-diagnóstico da estrutura tarifária vigente e determinar o grau de sazonalidade da demanda. Já a

caracterização do lado da Oferta (Redes de Transmissão e Distribuição) implica em identificar os principais tipos construtivos dos ativos.

2.2.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO PELO LADO DA DEMANDA

Analisando pelo lado da demanda tem-se que ter em mente que a estrutura tarifária vigente, segundo a resolução 456 de 29 de novembro de 2000, incisos XXII e XXIII [3] que define basicamente dois tipos de consumidores, a saber:

1. Grupo “A”: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo nos termos definidos no art. 82, caracterizado pela estruturação tarifária binômia e subdividido nos seguintes subgrupos:
 - a) Subgrupo A1 - tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
 - b) Subgrupo A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
 - c) Subgrupo A3 - tensão de fornecimento de 69 kV;
 - d) Subgrupo A3a - tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
 - e) Subgrupo A4 - tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
 - f) Subgrupo AS - tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo em caráter opcional.

2. Grupo “B”: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão superior a 2,3 kV e faturadas neste Grupo nos termos definidos nos arts. 79 a 81, caracterizado pela estruturação tarifária monômia e subdividido nos seguintes subgrupos:
 - a) B1-Residencial: Composto pelos setores Residencial e Residencial de Baixa Renda.
 - b) B2-Rural: Composto pelos setores Rural, Cooperativa Elétrica Rural e Serviço Público de irrigação.
 - c) B3-Outros: Composto pelos setores Comercial, Industrial, Serviço Público, Consumo Próprio e Poderes Políticos.
 - d) B4 de Iluminação Pública.

Conhecidos os tipos de consumidores presentes, ainda deve ser considerado para efeito de elaboração das tipologias, separadamente, os consumidores do subgrupo B3, em B3 Comercial, Serviços e Outras atividades como uma tipologia e B3 Industrial como outra [2].

Portanto, sabendo-se os extratos que a concessionária possui e a quantidade de consumidores dos mesmos, logo se estima o consumo médio de cada estrato.

Outra análise seria quando realizar a campanha de medição de modo que se garanta que os meses de medição sejam os de máxima solicitação do sistema, pois se sabe que a demanda de um serviço de distribuição de eletricidade é extremamente sazonal.

Na ótica de desenho amostral uma análise adequada do grau de sazonalidade da demanda permite definir a duração da campanha de medidas, o tempo mínimo de medição em cada ponto amostral e a possibilidade ou conveniência de rodízios para os equipamentos de medição.

A análise de sazonalidade da demanda implica:

- Identificar o período do ano em que ocorrem as demandas máximas, por nível de tensão e tipo de instalação, a fim de definir o período durante o qual se deve realizar a campanha de medidas.
- Determinar o período mínimo de medição em cada ponto amostral, que permita obter registros em um dia de demanda máxima.

A Figura 1 mostra a análise da sazonalidade para uma dada distribuidora. Nesta análise retiram-se as maiores frequências até a série original não conter mais a componente sazonal. Com as frequências retiradas é determinada a série de máxima solicitação de demanda da empresa.

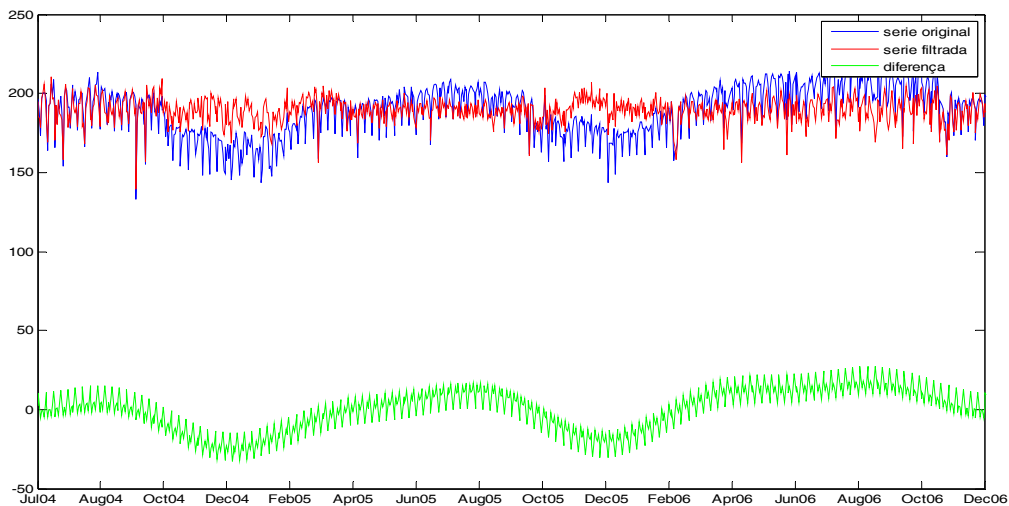


Figura 1. Análise da Sazonalidade de Demanda

Analisando a curva diferença que seria a série de sazonalidade, pode-se verificar que as máximas demandas ocorrem entre os meses de Junho a Setembro. Logo se identifica os meses em que a Campanha deve acontecer.

Outra questão pertinente seria saber quantos dias cada consumidor teria de ser medido para que tivesse a certeza de que o seu valor de máxima solicitação fosse registrado. A Figura 2 mostra uma análise da curva diária num mês de medições, tomando como base a máxima solicitação do sistema e 95% desse valor.

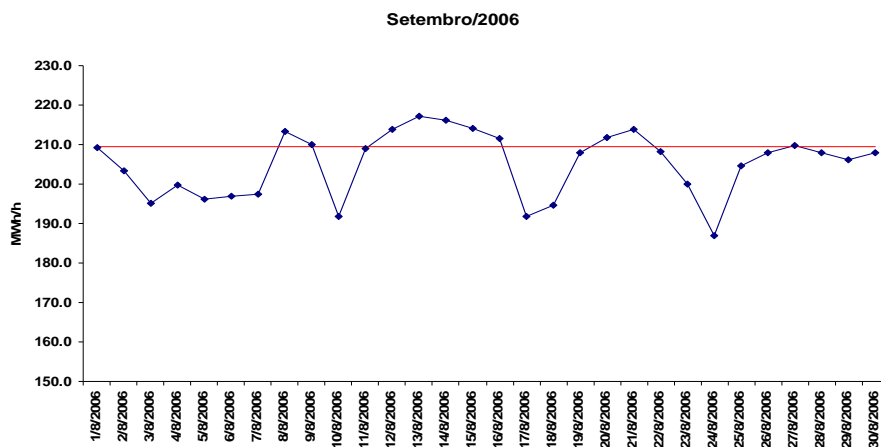


Figura 2. Análise da Máxima Demanda Mensal e com 95% desse valor

Percebe-se que necessitaria de, no mínimo, 8 dias de medições para que fosse registrado 95% da máxima mensal. Isso estaria de acordo com as exigências da ANEEL, de pegar um dia útil, um

sábado e um domingo. Porém, para ter a certeza de que, em cada consumidor fosse medido o seu máximo mensal, logo se percebe que em um período de 14 dias de medições este fato estaria assegurado, pois tem-se que levar em consideração a sazonalidade da demanda nos meses anteriores e posteriores a esse mês específico. Uma observação importante é a observação de qual horário diário acontece à máxima solicitação do sistema. A maioria dos casos esse período é de 18 às 20 horas.

2.2.1.2. CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO PELO LADO DA OFERTA

Caracterizar a concessionária seria avaliar os ativos imobilizados para que a mesma consiga executar o seu serviço de concessão. Esse fato é mais importante para o processo de representação da empresa de referência, fato esse que não é muito importante para a Campanha de medições.

2.2.2. DEFINIÇÃO DOS DOMÍNIOS DE ESTUDO

Cada Domínio de Estudo é um subconjunto da população (de usuários ou ativos), que para a finalidade de Desenho Amostral é considerado uma unidade de análise independente. Como já foi visto anteriormente, todo universo de consumidores conectados em tensão igual ou acima de 69kV deverão ser medidos.

Os demais consumidores do grupo A, com tensões de alimentação entre 1kV e 69kV podem ser medidos por amostragem, assim como todos consumidores do grupo B. Geralmente, as concessionárias de distribuição possuem medidores com memória de massa instalados em toda sua população do grupo A, tornando a tarefa de medi-los somente um “trabalho braçal”, pois a empresa já possui todos dados desses consumidores via faturamento mensal. Caso todos consumidores já não possuam esse tipo de medidor, como em número, se comparado com o quantitativo de consumidores do grupo B, esse universo é ínfimo, logo a concessionária opta por equipar todos seus clientes com esses tipos de medidores, durante o período de campanha. Portanto, fazer uma amostra desses clientes é possível, porém muitas vezes desnecessária, pois é bem quisto medir toda população.

Já os consumidores do grupo B na sua grande maioria não possuem medidores com memória de massa. Em números, esses consumidores são uma parcela infinitamente maior do que os consumidores do grupo A, por isso fica inviável a colocação de medidores especiais fixos para esses consumidores. Portanto, nesse universo de consumidores, torna-se necessário o cálculo de uma amostra, a qual receberá quites com medidores com memória latente, durante os dias fixados para medição desse cliente.

Além disso, devem ser medidas todas as subestações de AT/MT e pontos de interconexão. Os transformadores MT/BT, como são em números significativos devem também ser medidos por uma amostra representativa do total. Para se ter idéia do que está se falando, dada uma concessionária fictícia, cujos dados são reais. A mesma possui clientes conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Estratificação dos Consumidores de determinada Distribuidora

SubGrupo Tarifário	nº Clientes	nº Clientes c/ Memória de Massa	% Memória Massa
B1	243916	10	0,004%
B2	48012	34	0,07%
B3C	31223	1435	4,59%
B3I	3073	582	18,94%
A4 – Convencional	176	76	43,18%
A4 – Horó S. Azul	14	14	100%
A4 – Horó S. Verde	325	325	100%
A4 - Livre	1	1	100%
Demais	5	5	100%

O numero de transformadores é de 38948 e nenhum possui medição com memória de massa, portanto devem-se fazer suas medições por amostras representativas do total.

2.2.3. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AMOSTRAGEM

2.2.3.1. TIPO DE AMOSTRAGEM

Para caracterizar o padrão de consumo dos usuários e dos ativos de serviço de distribuição de energia elétrica, cujo comportamento é heterogêneo, se adota uma amostragem aleatória estratificada por grupos homogêneos de consumo.

Este tipo de amostragem permite otimizar a inferência amostral, ao agrupar a população em grupos de comportamento similar, apresentando as seguintes vantagens:

- Diminui o erro de estimação total.
- Minimiza o requerimento de medidores para um nível de precisão desejado na estimação.
- Permite alcançar um maior grau de homogeneidade na precisão das estimações.

Os grupos homogêneos de consumo, neste caso, surgem de uma estratificação dupla da população, que é por domínios de estudo e dentro de cada domínio de estudo. Pode-se agrupar por:

- Nível de Consumo Médio para os consumidores conectados em tensão inferior a 1kV.
- Nível de Potência Demandada para os consumidores conectados em tensão superior a 1kV.
- Potência Nominal para as unidades transformadoras MT/BT.

A seleção dos pontos amostrais, em cada estrato de cada domínio de estudo, é realizada mediante um sorteio. A prática internacional tem demonstrado que este tipo de amostragem é a mais adequada para esta classe de estudos. Exemplos típicos são os estudos de caracterização de carga desenvolvidos em outros países da América Latina como Guatemala, Panamá e Argentina.

2.2.3.2. VARIÁVEL DE ESTRATIFICAÇÃO

A estratificação ótima é aquela que permite dividir a população em grupos homogêneos com respeito à variável de interesse (que no caso é a contribuição da potência de ponta, de cada intervalo horário, de cada nível de tensão). Devido ao fato de que não se dispõe, a nível populacional, de uma série histórica da variável de interesse (potência de contribuição no momento de máxima demanda), se utiliza como variável de estratificação uma variável auxiliar altamente correlacionada com a variável de interesse.

Por tal motivo as unidades consumidoras conectadas em tensão inferior a 1kV são estratificadas segundo o consumo médio mensal de energia (trabalhou-se com os consumos médios nos últimos doze meses - segundo a base comercial disponibilizada pela concessionária).

Para os Postos de Transformação a variável de estratificação é a potência nominal instalada, que é a melhor aproximação possível da potência máxima operada.

2.2.3.3. LIMITES DE ESTRATIFICAÇÃO

Uma vez definida a variável de estratificação, determina-se o número de estratos e os limites de cada intervalo. Devido à grande proporção geográfica do Brasil e o grande número de empresas distribuidoras de energia elétrica, os níveis de consumo médio e potência demandada das unidades consumidoras são distintos para cada empresa em cada região do país.

Para o caso da distribuidora em questão fez-se necessário a abertura de alguns estratos propostos pela ANEEL, de forma que para cada domínio de estudo, obtivessem uma distribuição por estrato de unidades consumidoras e consumo médio mais homogêneo. São estabelecidos os critérios para se definir o número de estratos e os limites de cada intervalo em cada domínio de estudo, como por exemplo, os histogramas de distribuição de frequência de consumo dos clientes, minimização do coeficiente de variação de cada estrato e o peso relativo no total faturado, tudo isso levando-se em consideração o ofício circular da Aneel [2].

Logo, para a distribuidora em questão, seus estratos ficaram definidos conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Limites dos Estratos dos Subrupos com Medições Amostrais

B1	Estrato	Limite inferior (kWh/mês)	Limite superior (kWh/mês)	B3C	Estrato	Limite inferior (kWh/mês)	Limite superior (kWh/mês)
	1	>0	<= 50		1	>0	<= 100
2	>50	<= 80	2	>100	<= 500		
3	>80	<= 130	3	>500	<= 1000		
4	>130	<= 180	4	>1000	<=5000		
5	>180	<= 500	5	>5000			
6	>500						
B2	Estrato	Limite inferior (kWh/mês)	Limite superior (kWh/mês)	B3I	Estrato	Limite inferior (kWh/mês)	Limite superior (kWh/mês)
	1	>0	<= 60		1	>0	<= 160
2	>60	<= 100	2	>160	<= 500		
3	>100	<= 200	3	>500	<= 1000		
4	>200	<= 500	4	>1000	<=3000		
5	>500	<=1000	5	>3000			
6	>1000						
A4C	Estrato	Limite inferior (kW/mês)	Limite superior (kW/mês)	Trafos MT/BT	Estrato	Limite inferior (kVA)	Limite superior (kVA)
	1	>0	<= 50		1	>0	<= 15
2	>50	<= 100	2	>15	<= 25		
3	>100	<= 200	3	>25	<= 45		
4	>200		4	>45	<=75		
			5	>75			

2.2.3.4. METODOLOGIA PARA O CÁLCULO AMOSTRAL

Utilizando a amostragem aleatória estratificada, existem pelo menos dois métodos para se determinar o tamanho da amostra. Não é o objetivo deste trabalho entrar no mérito matemático e estatístico do cálculo da amostra, e sim descrever o método que foi utilizado. Logo, se calcula o tamanho da amostra de cada estrato de um domínio de estudo, de modo que permita alcançar um nível de precisão mínimo dentro de cada estrato, compatível com o nível de precisão desejado para o

domínio de estudo em seu conjunto. Aqui a alocação por estrato depende da diferença relativa entre as variâncias dos distintos estratos e o nível de precisão que se deseja alcançar dentro de cada um deles. A Tabela 3 traz os tamanhos das amostras.

Tabela 3 – Limites dos Estratos e Tamanho das Amostras dos Subgrupos

Subgrupo	Limites Estratos	Erro/ estrato	Amostra	Subgrupo	Limites Estratos	Erro/ estrato	Amostra
	B1	>0 <=50	20%		46	B3C	>0 <=100
>50 <=80		20%	63	>100 <=500	20%		103
>80 <=130		20%	48	>500 <=1000	20%		79
>130 <=180		20%	31	>1000 <=5000	20%		41
>180 <=500		20%	25	>5000	20%		3
>500		20%	34	Tamanho da Amostra	378		
Tamanho da Amostra			247	Erro do domínio de estudo			11,6%
Erro do domínio estudado			8,5%				
B2	Limites Estratos	Erro/ estrato	Amostra	B3I	Limites Estratos	Erro / estrato	Amostra
	>0 <=60	20%	55		>0 <=160	20%	187
	>60 <=100	20%	45		>160 <=500	20%	111
	>100 <=200	20%	30		>500 <=1000	20%	76
	>200 <=500	20%	25		>1000 <=3000	20%	66
	>500 <=1000	20%	30		>3000	20%	15
	>1000	20%	20		Tamanho da Amostra	455	
	Tamanho da Amostra		205		Erro do domínio de estudo		8,2%
Erro do domínio de estudo		8,5%					
A4C	Limites Estratos	Erro por estrato	Amostra	Trafos MT/BT	Limites Estratos	Erro por estrato	Amostra
	>0 <=50	20%	25		>0 <=15	20%	220
	>50 <=100	20%	28		>15 <=25	20%	66
	>100 <=200	20%	18		>25 <=45	20%	39
	>200	20%	4		>45 <=75	20%	30
	Tamanho da Amostra		75		>75	20%	17
	Erro do domínio de estudo		12,4%		Tamanho da Amostra	75	
					Erro do domínio de estudo		12,4%

Percebe-se, por exemplo, que de um universo de quase 244 mil consumidores do subgrupo B1, apenas 247 serão medidos, o que representa menos que 0,1% dos consumidores.

3. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Realizado-se o cálculo da amostra de consumidores necessária para a campanha de medições, a distribuidora fará um cálculo de quantos medidores ela terá de adquirir para suprir a demanda de medições ou verificar se já os possui. Nos meses determinados para campanha de coleta de dados em campo, os mesmos devem ser coletados e enviados à consultora para análise. Essa análise para formação tipologia da concessionária deve ser feita com base na clusterização das curvas obtidas, o que será abordado a seguir.

3.1. DEFINIÇÕES DE CLUSTERIZAÇÃO DOS DADOS

Um Problema de Clusterização (PC) consiste em: Dada uma base de dados X , agrupar (clusterizar) os objetos (elementos) de X de modo que objetos mais similares fiquem no mesmo cluster e objetos menos similares sejam alocados para clusters distintos [4].

Existem basicamente duas classes de Problemas de Clusterização; o caso mais estudado é onde o número de clusters já é previamente definido (também conhecido como o *Problema de K - Clusterização* ou simplesmente *Problema de Clusterização (PC)*) e o caso onde este número K não é conhecido previamente, neste caso o Problema é denotado por *Problema de Clusterização Automática (PCA)* [5].

De forma mais formal, pode-se definir Problemas de Clusterização da seguinte forma: Dado um conjunto com n elementos $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, o problema de clusterização consiste na obtenção de um conjunto de k clusters, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$, tal que os elementos contidos em um cluster C_i possuam uma maior similaridade entre si do que com os elementos de qualquer um dos demais clusters do conjunto C . O conjunto C é considerado uma clusterização com k clusters caso as seguintes condições sejam satisfeitas. A equação (1) mostra matematicamente o conceito acima descrito.

$$\begin{cases} \bigcup_{i=1}^k C_i = X \\ C_i \neq \emptyset, & \text{para } 1 \leq i \leq k \\ C_i \cap C_j = \emptyset, & \text{para } 1 \leq i, j \leq k \text{ e } i \neq j \end{cases} \quad (1)$$

Para o problema de clusterização das curvas típicas de uma distribuidora não se sabe, a priori, o número de clusters como resultado, mas limita-se esse resultado a um valor máximo de 10 clusters.

3.2. CLUSTERIZAÇÃO DOS DADOS

Cada um destes Domínios de Estudo é considerado um universo independente no processo de clusterização. Isso significa que os subgrupos têm que ser analisados separadamente, para que possam chegar à responsabilidade pela solicitação do sistema para os diversos consumidores.

A partir das medições horárias (em intervalos de 15 minutos) dos consumidores e das instalações de transformação, se calculam as tipologias de carga para dia útil de máxima, sábado e domingo, de cada um dos Domínios de Estudo.

Uma vez que se executa o programa de clusterização (Demand Cluster Program), tomando como base as saídas intermediárias do software, determina-se o número de clusters necessários e suficiente para caracterizar, de forma adequada, cada domínio de estudo.

O número de *clusters*, de cada domínio de estudo, é determinado considerando-se os seguintes critérios:

- Que os clusters apresentem comportamentos que os associem facilmente às modalidades de uso características do nível de tensão e do tipo de usuário/ativo à que corresponde.
- No caso de domínios de estudo com amostras amplas, que nenhum dos clusters seja formado por uma única curva de carga de um cliente ou ativo em particular.
- Que cada cluster tenha uma participação significativa do total de energia e quantidade (de clientes ou ativos) do domínio de estudo a que pertence.
- Otimizar o trade off entre o número de clusters e o nível global de dispersão, ou seja, o número ótimo de clusters é aquele a partir do qual o erro marginal dos clusters tende a zero.

Uma observação importante acerca do software é que o mesmo transforma as curvas típicas de 96 para 24 pontos, considerando-se como demanda da hora 0, a média das demandas de 00:00 a 00:45 e assim por diante.

4. RESULTADO OBTIDO (EXEMPLO)

Toma-se a título de exemplificação o resultado do estudo das tipologias dos consumidores do subgrupo tarifário B1. A Figura 3 mostra as tipologias de carga desse subgrupo.

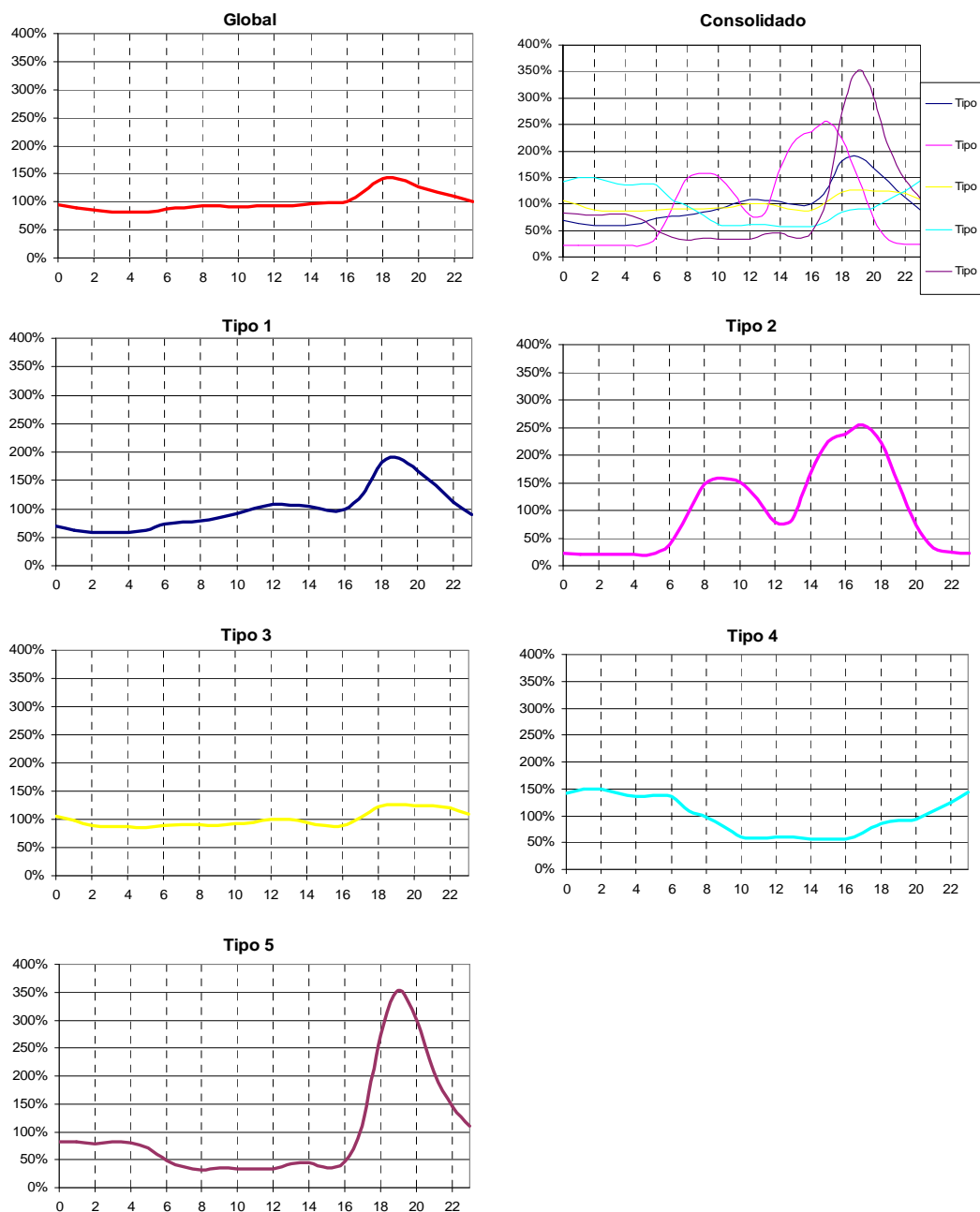


Figura 3 – Tipologias Básicas das Curvas do Subgrupo B1

Portanto é possível tirar a responsabilidade de cada estrato de consumidor do total de energia demandada pelo sistema, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Responsabilidade por Energia Consumida para o Subgrupo B1

Subgrupo	Estrato	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	Total geral
B1	1	44%	5%	39%	2%	10%	100%
	2	37%		56%	5%	2%	100%
	3	38%		59%		3%	100%
	4	32%	2%	66%			100%
	5	32%	9%	56%	4%		100%
	6	4%	20%	33%	43%		100%
Total geral		25%	9%	49%	16%	1%	100%

5. CONCLUSÕES

Percebe-se, segundo a análise da Figura 3 e da Tabela 4 que com 5 tipo de Clusters pode-se calcular a responsabilidade de cada estrato no total de energia consumida pelo sistema. Esse fato é interessantíssimo para o processo de revisão tarifária da concessionária em questão, pois poderá alocar com eficiência os seus custos de distribuição.

O diferencial do modo como é regido a Campanha de Medições pela SIGLASUL CONSULTORIA LTDA é que ao final do processo de análise dos arquivos de medições são feitos balanços de energia respectivos a cada subgrupo tarifário. Isso não é exigido pela ANEEL de modo redigido, mas pressupõe-se que cada empresa em processo de medições o faça, para que se possa mensurar se os níveis de perdas estão de acordo com o observado na prática e na literatura do setor [6].

Percebe-se que este estudo acerca das tipologias das curvas da concessionária é de extrema importância para a mesma para o processo de revisão tarifária. Se a Campanha de Medições for regida de modo irregular pode trazer grandes prejuízos para distribuidora, como por exemplo, perdas no reajuste tarifário concedido pela agência reguladora através do fator X [7]. Portanto, a mesma deve ser realizada por pessoas extremamente capacitadas e com experiência adquirida de outras campanhas, para que assegure um bom resultado futuro para concessionária de distribuição.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Resolução Normativa ANEEL nº 166, de 10 de outubro de 2005, <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2005166.pdf>, acessada em 03/12/2006.
- [2] Ofício Circular nº 0003/2006-SRD/ANEEL. Ofício enviado a várias distribuidoras que estavam em início de seus processos de revisão tarifárias.
- [3] Resolução Normativa ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000, <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf>, acessada em 02/12/2006.
- [4] OCHI, Luis S.; DIAS, Carlos R.; SOARES, Stenio S. F.. Clusterização em Mineração de Dados, Programa de Pós Graduação em Computação, Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (IC-UFF), Niterói-RJ, p.1-2.
- [5] BERKIN, P. Survey of Clustering Data Mining Techniques. Accrue Software, 2002.
- [6] Resolução Normativa ANEEL nº 234, de 31 de outubro de 2006, <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2006234.pdf>, acessada em 10/10/07.
- [7] Nota Técnica ANEEL nº 113, de 12 de dezembro de 2007 – SRD/SER/ANEEL.