

**Universidade Federal de Itajubá**

**Dissertação de Mestrado**

**Fatores Determinantes e Condicionantes para  
Políticas Públicas de Substituição  
Gás – Eletricidade no Uso Final**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Itajubá  
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau  
de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica.

Por:

Tiago de Souza Domingues

Orientador: Prof. Dr. Hector Arango  
Co-orientador: Prof. Dr. José Policarpo Gonçalves de Abreu

Itajubá, Abril de 2004

## **Agradecimentos**

Ao meu bom e amado Deus, pois foi Ele que me deu força e ânimo para vencer os obstáculos e barreiras no decorrer desta jornada tão importante para a minha vida.

Aos professores Hector Arango e José Policarpo Gonçalves Abreu meu profundo agradecimento, pela orientação, amizade e confiança.

Ao professor e grande amigo, Elder Geraldo Domingues, pela sua amizade verdadeira e pelo seu apoio incessante nesta jornada. Ao amigo Daniel Marrocos Camposilvan pelo apoio técnico e sugestões dispensadas ao longo deste trabalho.

Aos professores do Grupo de Qualidade da Energia Elétrica, Paulo Márcio, José Maria, Jocélio, Carlos Mohallen, pelo brilhantismo e sucesso deste Grupo a nível nacional.

Aos meus queridos e brilhantes pais, Luiz Carlos de Souza Domingues, Mércia Lucila Pereira de Souza Domingues, que primeiramente me concederam o Dom da Vida, e por estarem sempre do meu lado me apoiando e me dando força.

À minha querida doutora e irmã, Mariana de Souza Domingues, que me abraçou com sua amizade verdadeira nessa longa jornada.

À minha querida Renata Gonçalves Ferreira, uma namorada brilhante que a todo instante me anima e me dá força. Assim também agradeço a seus pais Wilma e Sebastião Ferreira, por tudo que fizeram por mim ao longo deste trabalho.

Aos queridos amigos da República Boi na Brasa, Carlão, Sapão, Baguas, Pitty e Zé, pela amizade que há entre nós. E também agradeço ao amigo André Deveras pelo seu companheirismo nesta jornada.

Aos amigos do Grupo de Qualidade da Energia Elétrica, Thiago Clé, José Eugênio, Eder Garcia, Yuri Candido, Marcel Parentoni e Enio Camilo pela amizade e companheirismo ao longo deste trabalho.

Aos amigos da Paróquia São Benedito, Juarez, Cida, Camila e Carla, pelo vínculo familiar que há entre nós. Aos amigos da Paróquia São José Operário, especialmente ao amigo Ricardo Oliveira de Almeida.

A todos os amigos que, de certo modo contribuíram para a realização deste trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro.

## Resumo

Com o início de funcionamento do gasoduto Brasil-Bolívia, com as novas descobertas de gás natural na bacia de Santos e com a construção de uma rede de gasodutos, acredita-se que o consumo desse energético avance em todos os segmentos da sociedade, inclusive o residencial, especificamente para aquecimento de água para banho. Sabe-se que esse setor carece de um outro energético para esse fim, pois sabe-se que o chuveiro elétrico é o grande responsável pelo sobrecarregamento do sistema elétrico no horário de ponta.

Desta forma, essa dissertação apresenta, inicialmente, a evolução do consumo de gás no Brasil e as barreiras enfrentadas para a consolidação desse energético no país. Em seguida, apresentar-se-ão algumas pesquisas que retratam o impacto do chuveiro elétrico no horário de ponta. Além disso, apresentar-se-á uma medida que já vem sendo estudada pelas concessionárias de energia, com intuito de diminuir a influência deste equipamento no horário de ponta.

A partir de duas variáveis aleatórias, o período mais provável de utilização do chuveiro elétrico e o tempo do banho, pode-se aplicar a metodologia de simulação de Monte Carlo, com intuito de obter o perfil da potência para uma dada população. A partir desse resultado, aplicando uma tarifa diferenciada, pode-se obter o novo perfil de potência para uma dada amostra de chuveiros.

Em seguida, ao aplicar a tarifa diferenciada o consumidor se depara com três situações: a migração para fora do horário de ponta, a permanência no horário de ponta e a migração para o gás natural. Entretanto, essas três situações estão vinculadas com a renda de cada consumidor. Isto é, de acordo com a renda de cada consumidor, o mesmo pode optar por uma situação específica, entretanto, esta opção está vinculada com o conforto-custo.

Finalmente, apresentar-se-ão três políticas públicas: a primeira retrata os efeitos oriundos da aplicação da tarifa diferenciada e da substituição de energéticos eletricidade-gás natural, no uso final; a segunda retrata a aplicação da tarifa diferenciada e uma nova modalidade tarifária para o gás natural; a terceira tem como objetivo incorporar na segunda política um mecanismo de transferência de renda.

## **Abstract**

With the beginning of the Brazil-Bolivia natural gas pipeline operation, with the new discoveries of natural gas in the basin of Santos and with the construction of a pipeline network, it is believed that the consumption of this energetic moves forward in all the segments of the society, inclusively the residential, specifically for heating of water to bath. This segment lacks of another energetic for this end, because it is known that the electric shower is the great responsible for the overcharge of the electric system in the peak load time.

This way, this dissertation presents, initially, the evolution of the gas consumption in Brazil and the barriers faced the consolidation of this use. After that, it will be presented some researches that describe the impact of the electric shower in the peak load time. Besides, it will be presented a methodology that already comes being studied by the utility, with objective of decreasing the influence of this equipment in the peak load time.

From two aleatory variables, the hour of the shower and its lenght. The Monte Carlo simulation can be applied, with objective of obtaining the power demand curve for a specific population. After this result, applying a differentiated energy rate, it can be obtained the new curve for a given sample of showers.

Applying the differentiated energy rate the consumer has three options: migration outwards from the peak load time, the permanence in the peak load time and the migration to natural gas. However, those three situations are linked with each consumer's income.

Finally, it will be presented three public policies; the first describes the effects originating of the differentiated energy rate application and the substitution of energetic electricity-natural gas, in the end user; the second describes the application of the differentiated energy rate and a new natural gas rate; the third has as objective to incorporate in the second policy the mechanism of income transfer.

# Sumário

## Capítulo 1.....1

1.1 Considerações Iniciais .....	1
1.2 Relevância do Tema e Motivação .....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Estrutura da Dissertação .....	4

## Capítulo 2.....6

2.1 Considerações Iniciais .....	6
2.2 Aspectos da Evolução do Gás Natural no Mercado Brasileiro e no Mundo .....	6
2.3 Considerações Finais .....	13

## Capítulo 3.....17

3.1 Considerações Iniciais .....	14
3.2 Impacto do Chuveiro Elétrico no Horário de Ponta .....	15
3.2.1 Medidas para Redução da Demanda no Horário de Ponta.....	17
3.3 Obtenção do Perfil da Potência .....	21
3.4 Diminuição do Impacto do Chuveiro no Horário de Ponta através da Aplicação de Tarifas Diferenciadas .....	27
3.4.1 Análise de Sensibilidade .....	33
3.5 Considerações Finais .....	38

## Capítulo 4.....38

4.1 Considerações Iniciais .....	38
4.2 Pesquisas Sócio-Econômicas.....	39
4.3 Aspectos da Renda no Processo Migratório para Fora do Horário de Ponta .....	42
4.4 Aspectos da Renda na Substituição de Energéticos: Energia Elétrica – Gás Natural. ....	44
4.5 Construção dos patamares: Ponta, Fora da Ponta e gás, para cada classe social.....	48
4.6 Construção das Tarifas de Energia Elétrica e Gás.....	53
4.7 Considerações Finais .....	58

## **Capítulo 5.....59**

5.1 Considerações Iniciais .....	59
5.2 A Economia do Bem Estar ( <i>Welfare Economics</i> ) .....	60
5.3 Distribuição de Renda .....	61
5.4 Avaliação de Políticas Públicas .....	66
5.5 Considerações Finais .....	69

## **Capítulo 6.....71**

6.1 Considerações Iniciais .....	71
6.2 Ponto de Partida.....	72
6.3 Política pública 1: A junção da nova estrutura tarifária com a substituição de energéticos como política pública .....	76
6.4 Política Pública 2: Estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas para o gás e para a energia elétrica.....	84
6.4.1 Construção dos patamares ponta fora de ponta e gás.....	88
6.4.2 Construção dos parâmetros que serão fundamentais na obtenção do índice de Gini dessa Política.....	E
<b>rrro! Indicador não definido.</b>	
6.5 Política Pública 3: Estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas para o gás e para a energia elétrica com transferência de renda .....	96
6.6 Comparação entre as Políticas Públicas e considerações finais .....	99

## **Capítulo 7.....102**

7.1 Retrospectiva .....	102
7.2 Conclusões.....	103
7.3 Recomendações para trabalhos futuros .....	104

## **Referências Bibliográficas.....106**

## Lista de Figuras

Figura 2. 1 – Volume de gás importado da Bolívia.....	11
Figura 2. 2 – O consumo de gás natural nos diversos setores. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 3. 1 – Desagregação da Curva de Carga da CPFL .....	16
Figura 3. 2 – Curva de Carga da Bandeirante.....	16
Figura 3. 3 – Distribuição de frequência relativa do banho ao longo do dia.....	18
Figura 3. 4 – Fluxograma Global de Funcionamento do Programa. ....	22
Figura 3. 5 – Função densidade de probabilidade do período mais provável de utilização do chuveiro elétrico .....	23
Figura 3. 6 – Função de distribuição acumulada do período mais provável de utilização do chuveiro elétrico .....	23
Figura 3. 7 – Função densidade de probabilidade do tempo de utilização do chuveiro elétrico. ....	24
Figura 3. 8 – Função de distribuição acumulada do tempo de utilização do chuveiro elétrico .....	24
Figura 3. 9 – Emprego da técnica de Simulação de Monte Carlo na obtenção do tempo de banho a partir da função de distribuição acumulada “Duração do Banho” .....	25
Figura 3. 10 – Perfil da Potência Diária. ....	26
Figura 3. 11 – Variação da relação t versus taxa de migração. ....	29
Figura 3. 12 – Detalhamento dos blocos de decisão do programa . ....	31
Figura 3. 13 – Perfil da potência diária para as relações t iguais a 2 e 3.....	34
Figura 3. 14 – Perfil da potência diária para as relações t iguais a 4 e 5.....	35
Figura 3. 15 – Perfil da potência diária para as relações t iguais a 6 e 7 .....	35
Figura 3. 16 – Perfil da potência diária para as relações t iguais a 11 e 14.....	36
Figura 3. 17 – Demanda versus relação t.....	37
Figura 4. 1 – Processo migratório considerando o efeito da renda.....	43
Figura 4. 2 Detalhamento da construção dos patamares ponta, fora da ponta e gás. ....	51
Figura 5. 1 – Distribuição em ordem crescente de renda. ....	62
Figura 5. 2 – Curva de Lorenz e reta de equidistribuição.....	64
Figura 5. 3 – Curva de Lorenz.....	65
Figura 6. 1 – Curva de Lorenz e visualização das áreas dos trapézios.....	75
Figura 6. 2 – Pagamento referente ao consumo de energia na ponta, fora de ponta e gás para cada classe social. ....	81
Figura 6. 3 – Pagamento referente ao consumo de energia na ponta, fora de ponta e gás para cada classe social. ....	93

## Lista de Tabelas

Tabela 2. 1 – Projetos de usinas termelétricas a gás natural previstos no Brasil até 2005. .....	9
Tabela 3. 1 – Número de entrevistas na região Sudeste. ....	17
Tabela 3. 2 – Distribuição de frequência relativa. ....	18
Tabela 3. 3 – Estrutura tarifária da CEMIG. ....	20
Tabela 3. 4 – Porcentagem da Amostra dentro e fora do horário de ponta e demanda para um dia .....	26
Tabela 3. 5 – Porcentagem da Amostra dentro e fora do horário de ponta e demanda para dado mês .....	26
Tabela 3. 6 – Comportamento da taxa de migração mediante uma dada relação t. ....	33
Tabela 4. 1 – Classes de Rendimento mensal, em salários mínimos. ....	40
Tabela 4. 2 – Distribuição da população por região metropolitana. ....	40
Tabela 4. 3 – Renda familiar por classes econômicas. ....	41
Tabela 4. 4 – Porcentagens das classes que migram para o gás natural e que permanecem na energia elétrica. ....	47
Tabela 4. 5 – Percentual da amostra que se encontra dentro e fora do horário de ponta para a classe $B_2$ .....	49
Tabela 4. 6 – Distribuição da classe B2 entre os insumos energéticos. ....	49
Tabela 4. 7 – Redistribuição do percentual da classe que permaneceu na energia elétrica .....	49
Tabela 4. 8 – Percentual que migra para fora do horário de ponta. ....	50
Tabela 4. 9 – Nova distribuição da classe B2. ....	51
Tabela 4. 10 – Nova distribuição das classes sociais. ....	52
Tabela 4. 11 – Percentual de cada classe que permaneceu na energia elétrica .....	54
Tabela 4. 12 – Tarifas de energia na ponta e fora do horário de ponta .....	58
Tabela 6. 1 – Pagamento global de cada classe referente ao gasto com energia para aquecimento de água. ....	73
Tabela 6. 2 – Cálculo da renda disponível de cada classe social. ....	74
Tabela 6. 3 – Metodologia de cálculo para o índice de Gini para a condição inicial. ....	74
Tabela 6. 4 – Áreas dos trapézios .....	76
Tabela 6. 5 – Tarifa de energia e de gás canalizado. ....	77
Tabela 6. 6 – Política Pública 1. ....	79
Tabela 6. 7 – Cálculo da renda disponível de cada classe social. ....	83
Tabela 6. 8 – Metodologia de Cálculo para o índice de Gini para a condição inicial. ....	83
Tabela 6. 9 – Áreas dos trapézios abaixo da curva de Lorenz para a Política Pública 1	84
Tabela 6. 10 – Tarifa do gás específica para cada classe. ....	85
Tabela 6. 11 – Porcentagens das classes que migram para o gás e que permanecem na energia elétrica. ....	88
Tabela 6. 12 – Patamares ponta, fora de ponta e gás para as. ....	89
Tabela 6. 13 – Política Pública 2. ....	91
Tabela 6. 14 – Cálculo da renda disponível de cada classe social. ....	94
Tabela 6. 15 – Metodologia de Cálculo para o índice de Gini para a política pública 2.	95
Tabela 6. 16 – Áreas dos trapézios abaixo da curva de Lorenz para a Política Pública	95
Tabela 6. 17 – Obtenção da renda transferida. ....	97

Tabela 6. 18 – Obtenção da renda disponível.....	98
Tabela 6. 19 –Metodologia de Cálculo para o índice de Gini para a política pública 3.	98
Tabela 6. 20 – Áreas dos trapézios abaixo da curva de Lorenz para a Política Pública	99
Tabela 6. 21 – Apresentação dos índices de Gini das Políticas Públicas .....	100

## Simbologia

$E_{mensual_{FP}}^c$  : é a energia consumida ao longo do mês fora do horário de ponta

$T_{E_{FP}}$  : é a tarifa de energia fora do horário de ponta

$E_{mensual_{PC}}^c$  : é a energia consumida ao longo do mês fora do horário de ponta

$T_{E_{PC}}$  : é a tarifa de energia fora do horário de ponta

$E_{mensual_p}^c$  : é a energia consumida ao longo do mês dentro do horário de ponta

$T_{E_p}$  : é a tarifa de energia dentro do horário de ponta

$D_{mensual_{FP}}^{\max}$  : é a demanda máxima do consumidor fora do horário de ponta

$T_{D_{FP}}$  : é a tarifa de demanda fora do horário de ponta

$D_{mensual_p}^{\max}$  : é a demanda máxima do consumidor dentro do horário de ponta

$T_{D_p}$  : é a tarifa de demanda dentro do horário de ponta

$D_{mensual_{PC}}^{\max}$  : é a demanda máxima do consumidor dentro do horário de ponta

$t$ : relação da tarifa de energia na ponta e fora do horário de ponta ( $T_p/T_{FP}$ )

$mig(t)$ : a porcentagem da amostra que migra para fora do horário de ponta

$k$ : coeficiente de energia elétrica

$mig_{P_{HP}}$  : migração para um período posterior ao horário de ponta

$mig_{A_{HP}}$  : migração para um período anterior ao horário de ponta

$s_p$  e  $s_a$ : sorteio da variável hora do banho baseado em uma distribuição uniforme

$k_e$ : coeficiente de energia elétrica

$y_i$ : razão da renda específica de cada classe e da renda média global ( $y_i=Y_i/Y_m$ )

$subs_i$  : substituição de energia elétrica por gás natural específica para cada classe social

$k_G$  : coeficiente de substituição energia elétrica – gás natural

$Tsubs$ : representa a taxa de substituição

$P_{Ci}$ : Pagamento de energia de cada classe

$Te$ : Tarifa original de energia elétrica

$C_{E.Ei}$ : Parcela da classe que permaneceu na energia elétrica

$P_{AT}$ : Pagamento total anterior ao processo de quebra da tarifas de energia

$P_{CPI}$ : Pagamento de cada classe após a construção das novas tarifas de energia

$C_{E.Ei}$ : Parcela da classe que permaneceu na energia elétrica

$P_i$ : Parcela de cada classe que permaneceu no horário de ponta.

$T_p$ : Tarifa no horário de ponta

$T_{FP}$ : Tarifa fora do horário de ponta

$u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$  : as funções de utilidade de todos os  $n$  consumidores, para um dado estado da sociedade

$\alpha_i$  : peso atribuído para cada indivíduo

$S_i$ : Área do trapézio  $i$

$q_i$ : Proporção acumulada da renda

$p_i$ : Proporção acumulada da classe

$\Delta W$  : variação da função de bem-estar social da sociedade

$\Delta y$  : Variação da renda da população

$\Delta g$  : Variação do índice de Gini da população

$Pot_n$ : nova potência do aquecedor

$Pot_o$ : potência original do aquecedor

$T_n$ : nova elevação de temperatura

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Considerações Iniciais

O mercado de gás natural até 1998 era insignificante e restrito à produção interna. Pode-se observar que nos últimos quatro anos este panorama vem se modificando de forma avassaladora. O ponto crucial de toda esta mudança ocorreu com a inauguração e início do funcionamento do gasoduto Brasil-Bolívia, o qual permitiu um incremento da oferta deste energético no mercado brasileiro. Com o início da importação e a inauguração deste gasoduto o consumo de gás que era de 6,7 milhões de m<sup>3</sup>/ano em 1999, passou para 12,4 bilhões de m<sup>3</sup>/ano em 2002 [1].

As novas descobertas de gás natural na bacia de Santos terão uma importância ímpar no desenvolvimento e na concretização do mercado de gás no Brasil daqui a alguns anos. Estas reservas gigantes e a construção de novas malhas de gasodutos favorecerão o aumento do consumo deste energético em todos os segmentos da economia. Desta forma, o gás passará de um ator coadjuvante que ainda está atrelado à exploração e produção de petróleo para um ator principal, aumentando assim sua participação na matriz energética brasileira.

Atualmente o setor industrial e veicular são os maiores consumidores de gás natural. Entretanto, deve-se incentivar o aumento do consumo deste energético no setor residencial. Observa-se que a Companhia de Gás de São Paulo (COMGAS) em Março de 2003 possuía aproximadamente 375 mil consumidores residenciais, mas este número é bastante pífio se comparado, por exemplo, ao total de residências dentro da área de concessão da Comgás: 6,4 milhões. Hoje, apenas 3,5% das residências do Estado de São Paulo contam com a opção do gás canalizado [2, 3].

Neste segmento, o gás natural pode, não somente substituir o GLP (gás liquefeito de petróleo) no preparo de alimentos, mas ainda ser usado em substituição à eletricidade no chuveiro elétrico, por meio de aquecedores de água a gás natural. Sistema de calefação e lareiras podem ser usados, mas não largamente devido às altas temperaturas registradas no Estado.

## 1.2 Relevância do Tema e Motivação

Dentro do que foi exposto no item anterior, pode-se dizer que este trabalho foi motivado pela necessidade de incentivar e desenvolver o consumo de gás natural no setor residencial, especificamente no que diz respeito ao aquecimento de água para banho.

Esta nova direção, que aponta para uma substituição de energia elétrica para gás natural no seu uso final, está vinculada ao uso excessivo do chuveiro elétrico no horário de ponta e ao aumento do conforto e do bem-estar da população proveniente do uso de aquecedores a gás. Desta forma, não é uma tarefa fácil substituir o chuveiro elétrico por aquecedor a gás, ainda que este seja de custo relativamente pequeno e de fácil manuseio.

Esta sinergia está vinculada à criação e elaboração de programas e políticas públicas que incentivam a criação de uma cultura a respeito do uso do gás natural. Pode-se observar que não há programas de incentivo realizados por parte das concessionárias de gás e do governo, tão menos políticas públicas que incentivem o uso deste energético. Isto é de suma importância, pois, somente assim, os consumidores terão informações suficientes e necessárias sobre o gás natural.

Deve-se destacar a experiência do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) no Brasil. A evolução deste energético envolveu mudanças de hábitos, pois a maioria dos usuários estava habituada a usar a lenha para cozinhar, alguns ainda usavam fogões a eletricidade, querosene ou carvão. Apenas parte dos moradores do Rio de Janeiro e São Paulo contava com redes de gás canalizado. Foi preciso criatividade e persistência para convencer o público a adotar o GLP em substituição à lenha. Foram realizados trabalhos contínuos de visitas, promoções e explicações [3].

Como no passado ocorreu com o GLP, é de vital importância a criatividade e a persistência para convencer o público a adotar não o GLP, mas o gás natural em substituição à energia elétrica para aquecimento de água. Somente assim, o consumo deste energético aumentará no segmento residencial.

### 1.3 Objetivos

Conforme apresentado no item anterior é de importância ímpar desenvolver projetos e políticas públicas que favoreçam e incentivem o desenvolvimento do mercado de gás natural no setor residencial. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é elaborar e apresentar políticas públicas de substituição de gás e eletricidade no uso final, especificamente para aquecimento de água para o banho.

Dentro deste contexto, as políticas públicas que serão apresentadas neste trabalho visam, em um primeiro momento, o aumento do consumo de gás natural no setor residencial e a minimização do impacto causado pelo chuveiro elétrico no horário de ponta.

Assim sendo, para desenvolver estas políticas públicas, primeiramente é importante conhecer o impacto do chuveiro elétrico no horário de ponta e os meios para minimizá-lo. Desta forma, utilizar-se-á uma tarifa diferenciada no horário de ponta com intuito de deslocar parte da carga para fora do horário de ponta.

Em um segundo momento a renda terá um papel fundamental na decisão do consumidor em permanecer ou migrar para fora do horário de ponta ou de migrar para o gás. Desta forma, dois aspectos são fundamentais na decisão do consumidor: conforto e economia. As classes de maior poder aquisitivo buscam a maximização do conforto, enquanto as classes de menor poder aquisitivo buscam a redução de gastos.

Finalmente, apresentar-se-ão três políticas públicas, como mencionado anteriormente, com objetivo principal de incentivar o uso do gás natural no setor residencial.

- A primeira política pública é formulada a partir de uma estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas de energia;
- A segunda política pública a ser apresentada tem como característica primordial uma nova estrutura tarifária para o gás natural, sendo que essa proposta não altera a estrutura tarifária formulada para a energia elétrica anteriormente.
- A terceira política pública se assemelha com a segunda, pois apresenta as mesmas características tarifárias. Entretanto, nesta política parte da renda é transferida através de programas sociais para as classes de baixa renda.

## 1.4 Estrutura da Dissertação

Visando atingir os objetivos acima citados, a estrutura desta dissertação foi dividida em capítulos conforme a descrição a seguir:

**Capítulo II** – Destinado primeiramente a dar uma visão geral do mercado de gás no Brasil e apresentar as dificuldades e barreiras que o mesmo enfrentou ao longo do tempo.

**Capítulo III** – Destinado a apresentar, inicialmente, o impacto do chuveiro elétrico no horário de ponta. Apresentar-se-á também uma medida que visa a redução do uso deste equipamento neste horário. Em seguida, será apresentado um programa que tem como objetivo retratar o perfil da potência ao longo do dia, a partir de uma dada amostra. Finalmente, será apresentado um modelo matemático que tem como objetivo deslocar uma parcela da população para fora do horário de ponta. Deve-se destacar que este modelo inicial não leva em consideração a renda do consumidor.

**Capítulo IV** – Destinado a apresentar dois modelos matemáticos, os quais estão intrinsecamente relacionados com a renda do consumidor. Estes dois modelos têm como objetivo deslocar parte dos consumidores para fora do horário de ponta e incentivar a migração para o gás natural respectivamente. Sendo que, a renda terá um papel fundamental no poder de decisão do consumidor.

**Capítulo V** – Voltado inicialmente à apresentação de alguns conceitos sobre a Economia do Bem-Estar e distribuição de renda de uma dada população. Em seguida, será apresentado um índice que mede a concentração de renda de uma dada população. Neste caso utilizar-se-á o índice de Gini. Finalmente, apresentar-se-ão alguns conceitos sobre políticas públicas.

**Capítulo VI** – Destinado a discutir e apresentar três políticas públicas. O índice de Gini será calculado nas três políticas e tem como objetivo comparar o grau de concentração de renda entre elas.

**Capítulo VII** – Destinado a apresentar, inicialmente, uma retrospectiva da dissertação. Em seguida, apresentar-se-ão as conclusões gerais desse trabalho. Finalmente, recomendar-se-ão alguns trabalhos para um futuro desenvolvimento.

# Capítulo 2

## A Evolução do Mercado de Gás no Brasil

### 2.1 Considerações Iniciais

Até alguns anos atrás o gás natural era considerado um subproduto do petróleo. Entretanto, com a construção do gasoduto Brasil-Bolívia e com novas descobertas de gás na bacia de Santos, este insumo começou a ser discutido com mais afinco entre as empresas, principalmente a Petrobrás e o Ministério das Minas e Energia. Atualmente, observa-se que a cada mês o consumo de gás natural cresce nos diversos setores da economia. Pode-se destacar a explosão do consumo de gás no setor automotivo [1,4,5].

Esse capítulo visa inicialmente apresentar e analisar de forma breve a evolução do consumo de gás no Brasil. Isto é, apresentar-se-ão os diversos planos de incentivo do gás propostos pelo governo no passado, e também é de grande valia, discorrer sobre a importância da construção do gasoduto Brasil-Bolívia, e quais os benefícios que ela trouxe para a comercialização e para a movimentação do gás nas diversas regiões do país. Finalmente, apresentar-se-ão alguns comentários a respeito das novas descobertas de gás na bacia de Santos.

### 2.2 Aspectos da Evolução do Gás Natural no Mercado Brasileiro e no Mundo

As primeiras descobertas de gás natural são da década de 1940, no campo de Candeias na Bahia. Inicialmente o gás era utilizado para geração de energia e abastecimento de indústrias, além da reinjeção nos reservatórios para aumentar a recuperação secundária do petróleo. O setor de gás natural tornou-se evidente somente após as descobertas de hidrocarbonetos (petróleo e gás) na Bacia de Campos na década de 1980. Desde então, investimentos maciços em *off-shore* foram realizados para abastecer os centros consumidores[6]. O estado do Rio de Janeiro e de São Paulo através de gasodutos.

Pode-se dizer que há duas fases que retratam os vários planos que foram idealizados para incentivar e promover o uso do gás natural. A primeira fase é constituída de inúmeros projetos elaborados pelo governo com objetivo de impulsionar

o desenvolvimento da indústria brasileira do gás natural. Dentre os projetos mencionados acima, abordar-se-ão os seguintes:

O Plano Nacional de Gás Natural (PLANGAS), concebido na metade da década de 1980, uma tentativa de ordenação do setor de gás natural no país. Um diagnóstico preliminar realizado por esse plano mostrou um mercado potencial para as diversas regiões brasileiras, estimado em 63 MMm<sup>3</sup>/dia, em 1991, e algo em torno de 90MMm<sup>3</sup>/dia, em 1995, sendo a região Sudeste o principal ator desse mercado. O fracasso do PLANGAS pode ser atribuído a diversos fatores, dentre eles, escassez de recursos para investimentos, a indefinição de uma política eficaz de preços e a ausência de uma coordenação central de implantação para esse plano [3,6];

O Plano de Ação do Setor de Petróleo, concebido em 1988 tinha como prognóstico uma produção de 44MMm<sup>3</sup>/dia e 70MMm<sup>3</sup>/dia de gás natural em 1993 e 1997, respectivamente [3,6];

O relatório da Comissão de Reexame da Matriz Energética Nacional, realizado em abril de 1991, constituído através do Decreto nº 99.503 de 02 de Setembro de 1990, propunha as seguintes metas para o setor de gás natural: a elevação da participação do gás na matriz energética de 2% em 1990, para 4,5% em 2000 e 6% em 2010. Já o Relatório da Comissão de Gás Natural publicado em Julho de 1992, relatava que a participação do gás natural na matriz energética deveria atingir 12% em 2010 [3,6].

Muitos planos, previsões e prognósticos foram feitos, mas ainda hoje percebe-se que a participação do gás natural na matriz energética brasileira é de apenas 4,5%; um valor irrisório diante de todos os planos e projetos que já foram realizadas com intuito de promover, incentivar e desenvolver o uso desse combustível em todos os setores da sociedade [4].

A segunda fase iniciou-se com a construção e a operação do gasoduto Bolívia-Brasil, que proporcionou o incremento da oferta de gás natural do país em 30MMm<sup>3</sup>/dia. O Gasoduto Brasil-Bolívia (GASBOL), começou a ser planejado em 1958, quando pela primeira vez foi discutida a questão da integração energética entre os dois países. Já no início da década de 90, a Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) e a Petrobrás decidem construir um gasoduto e nesse mesmo período é ratificado o interesse da Petrobrás, junto com a YPFB em explorar, desenvolver, produzir, transportar e comercializar o gás proveniente das jazidas da Bolívia [7].

A integração energética entre Brasil e Bolívia se concretizou em 1999 quando o Gasoduto Brasil-Bolívia (GASBOL), entrou em operação. Um empreendimento de 3150 km e um investimento total de US\$2,15 bilhões de dólares. A entrada do GASBOL permitiu o início da materialização da política de crescimento da participação do gás natural na matriz energética brasileira de 3% para 12% até 2010, um crescimento pequeno se comparado com os 24% da média mundial [7].

Para que essa política possa ser consolidada, em um período pós-monopólio, em que os setores de infra-estrutura de energia estão sendo impulsionados pela presença de diversos atores, inclusive uma crescente participação do investidor privado, tem-se a necessidade da elaboração de regras claras e bem definidas de forma a orientar e desenvolver um mercado concorrencial, possibilitando alternativas flexíveis que orientem e incentivem o uso do gás em todos os setores da sociedade, tais como, industrial, comercial, residencial, veicular e geração de energia elétrica em termelétricas.

Para isso o governo ao criar a Lei nº 9478 ou Lei do Petróleo, de 6 de Agosto de 1997, tinha como propósito “incentivar e promover a política energética nacional para o aproveitamento racional das fontes de energia, visando, dentre outros objetivos, valorizar os recursos energéticos, proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia”. Dentro deste contexto, o governo, a partir do Decreto nº3.371, de 24 de fevereiro de 2000, instituiu o Programa Prioritário de Termelétricidade 2000-2003”. Programa esse, que visava aumentar de 7% para 20% a geração de energia de origem térmica, nos próximos dez anos. Uma mudança que iria conferir maior confiabilidade ao parque gerador, evitando o risco de déficit energético ocasionado pela redução do nível de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Para atender a esse propósito, seriam construídas 49 usinas, com capacidade total a ser instalada de 15.000MW, ou seja, se todas usinas entrassem em operação, iriam representar um consumo incremental de gás natural de mais de 50 milhões de metros cúbicos por dia, apenas para a geração de energia elétrica. Um crescimento extraordinário se comparado com o consumo de gás natural no ano de 2000 que foi aproximadamente 20 milhões de metros cúbicos de gás por dia em todo país [7,8].

O Programa Prioritário de Termelétricidade, desenhado na Lei 9478, não recebeu investimentos da iniciativa privada e nem do governo para que pudesse ser viabilizado. Conseqüentemente não houve uma oferta de energia proveniente de usinas

termelétricas. Sabe-se que o parque gerador brasileiro é constituído por 93% de usinas hidroelétricas. Essa alta porcentagem, ou melhor, essa vulnerabilidade do sistema elétrico, tornou-se evidente em 2001, quando o governo decretou um racionamento de energia nas principais regiões do país, exceto na região Sul. Cabe salientar a adesão do setor residencial que colaborou e poupou energia, ao contrário, o país teria vivido um período de cortes de longa duração com perdas irreversíveis para a economia brasileira. Nesse período o governo disponibilizou às pressas algumas unidades de termelétricas incorporadas no Programa Prioritário de Termelétricidade. Porém esse programa perdeu forças ao longo do tempo e a maioria dos projetos ainda continua somente no papel. Para ilustrar essa situação a tabela 2.1 apresenta os projetos de usinas termelétricas a Gás Natural inicialmente previstas ao longo do GASBOL até 2005 [9].

*Tabela 2. 1 – Projetos de usinas termelétricas a gás natural previstos no Brasil até 2005.*

<b>Localização das UTE's</b>	<b>Previsão para Operação</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>Consumo MM de m<sup>3</sup>/dia</b>
Campo Grande, MS	2001/02	152	0.60
Campo Grande, MS	2004	524	2.10
Campo Grande, MS	2002/03	288	1.20
Corumbá, MS	2002	250	1.00
Cuiabá, MT	2004	529	2.10
Três Lagoas, MS	2002/03	466	1.90
Americana, SP	2003/04	750	3.00
Andradina, SP	2004	357	1.40
Araraquara, SP	2004	570	2.30
Bariri, SP	nd	700	2.80
Cach. Paulista, SP	nd	180	0.80
Indaiatuba, SP	nd	180	0.80
Mauá, SP	nd	500	2.00
Mogi Mirim, SP	nd	891	3.60
Paulínia, SP	nd	650	2.60
Paulínia, SP	2003	552	2.20
Paulin./S <sup>10</sup> André, SP	2002	201	0.80
Pederneiras, SP	2003	510	2.00
Santa Branca, SP	nd	1067	4.30
Santo André, SP	2003	230	1.00
S. José Campos, SP	nd	480	2.00
São Paulo, SP	2002/03	571	2.30
São Paulo, SP	2004	900	4.00
Suzano, SP	nd	88	0.40
Valparaíso, SP	2003	261	1.10
Araucária, PR	2003	485	2.00
Guaramirim, SC	2004	393	1.60
Joinville, SC	2005	600	2.40
SC <sup>1</sup>	nd	860	3.60
Canoas	2002/04	602	2.40
<b>Total</b>		<b>16.057</b>	<b>60.30</b>

Fonte: MME-ELETOBRAS/CCPE – Plano Decenal de Expansão 2001/2010, Ver. BRASIL ENERGIA n°220, março/1999 e n°251, outubro/2001; ANEEL- Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração – Acompanhamento das usinas termelétricas em construção, novembro de 2001.

Nd: dado não disponível.

<sup>1</sup> Usinas de Joaçaba (230 MW), Xanxerê (230 MW), Palhoça (400 MW).

A partir da tabela 2.1, observa-se que a quantidade de projetos somente ao longo do GASBOL é extremamente significativa, se todos os projetos descritos fossem implementados acrescentaria em 16,057[MW] a potência instalada até 2005, conseqüentemente elevaria o consumo de gás natural em 60,30[MMm<sup>3</sup>/dia], ou seja, duas vezes a capacidade atual de transporte do GASBOL. Entretanto, a maioria desses projetos não deve ser efetivamente concretizado por diversas razões, dentre elas, licenciamento ambiental, indisponibilidade do fornecimento de equipamentos e combustíveis, liminares judiciais, inviabilidade ambiental do empreendimento, e finalmente, ausência de contratos do tipo *Power Purchase Agreement – PPA* [7].

Dentre esses motivos há outros de suma importância, tais como, a volatilidade cambial que ocasionou um aumento no preço do gás importado da Bolívia, os contratos *Take or Pay* firmados entre a Petrobrás e a Bolívia, falta de um marco regulatório, falta de uma infra-estrutura sólida para o escoamento do gás e o elevado volume de chuvas que aumentou significativamente o nível dos reservatórios brasileiros, priorizando o despacho das usinas hidroelétricas. Diante desses inúmeros obstáculos pode-se inferir que o governo federal elevar a participação do gás natural na matriz energética brasileira de 3% para 12 % até o ano de 2010.

Diante do fracasso do Programa Prioritário de Termelétricidade, o volume de gás importado da Bolívia em 2002 foi muito abaixo do esperado, ou seja, a Petrobrás dentro das prerrogativas dos contratos *Take or Pay* deveria importar 20,4 MMm<sup>3</sup>/dia em 2002, mas trouxe para o país, em média somente 10.4 MMm<sup>3</sup>/dia, conforme apresentado no gráfico da figura 2.1 [10, 11]. Em vista disso, o governo, em conjunto com as indústrias, entidades privadas e órgãos regulatórios, deveriam propor políticas públicas que visassem incentivar o aumento e o desenvolvimento do uso final do gás natural em outros setores, tais como, residencial, automotivo, cogeração e comercial etc.

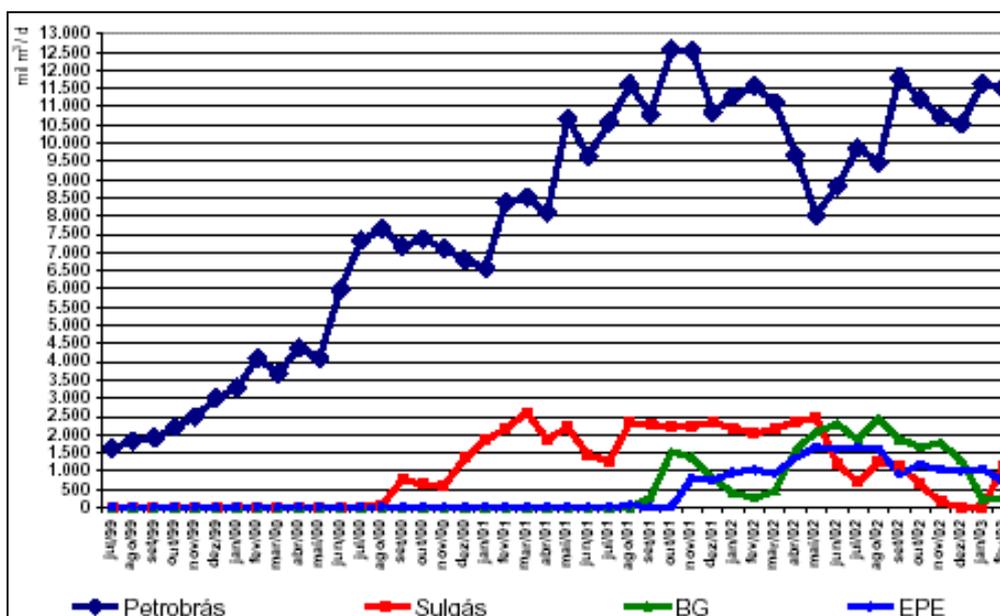


Figura 2. 1– Volume de gás importado da Bolívia.

Fonte:BG, EPE, Petrobras e Sulgás.

No Estado de São Paulo, em 2002 o setor industrial foi o mais importante consumidor de gás natural no país participando com 73% do mercado total. Por outro lado, o setor residencial participou somente com 3% do mercado total, conforme mostrado no gráfico da figura 2.2. Observa-se que ainda hoje, o consumo de gás natural pelo setor residencial é muito pequeno se comparado com o setor industrial. Essa diferença é reflexo, do nível sócio-econômico da população que na maioria das vezes não possui condição financeira que permita a aquisição, por exemplo, de equipamentos de aquecimento de água a gás, da falta de uma cultura da população, a respeito do uso do gás natural e finalmente, de uma malha de gasodutos que ainda é incipiente, embora esteja crescendo à medida que a indústria do gás conquista o mercado.

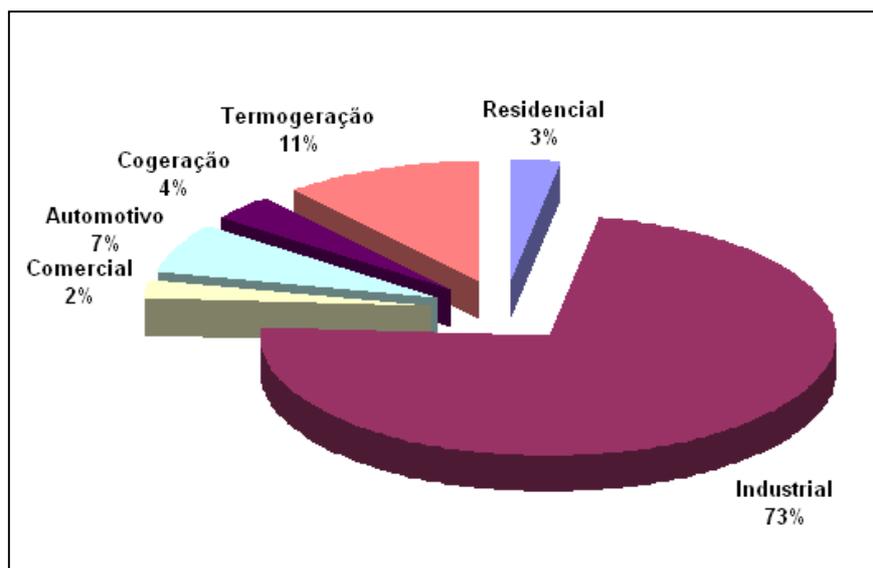


Figura 2. 2 – O consumo de gás natural nos diversos setores.  
Fonte: Secretaria de Energia do Estado de São Paulo.

Ao longo dessas páginas, observou-se que o governo tentou elaborar diretrizes e princípios para expandir e desenvolver um mercado de gás no Brasil. Entretanto, muitos foram os projetos e planos de governo que não saíram do papel. Atualmente o gás natural possui uma participação ínfima na matriz energética brasileira comparada com os outros países, por exemplo, a Argentina. Esse cenário de desconforto para o gás natural começou a mudar no segundo semestre de 2002 quando a Petrobrás informou ao público as novas estimativas das reservas de gás nos blocos BS-400 e BS-500 da bacia de Santos, estimadas em 418,84 bilhões de metros cúbicos, esse volume equivale a dois contratos com a Bolívia, que prevêem a compra de 30 milhões de metros cúbicos dia durante 20 anos. Segundo o diretor de gás e energia da Petrobrás, é possível produzir no Brasil cerca de 70 a 80 bilhões de metros cúbicos ao longo de vinte anos [11, 12].

Essas descobertas mudam as perspectivas do setor e podem fazer com que o energético triplice sua participação para 10% na matriz energética brasileira. No entanto, expandir a rede de distribuição e tornar rentáveis essas reservas, não serão tarefas fáceis. Para atrair investidores privados na área, a discussão passa pelos tentáculos da estatal brasileira, que se tornaram ainda mais poderosos com as novas estimativas das reservas já existentes na bacia de Santos. Transportadora, distribuidora, comercializadora e proprietária de térmicas, a Petrobrás detém um poder de negociação ainda maior.

Para isso, é mister elaborar diretrizes e princípios que estarão contidos em uma política nacional para o segmento de gás, sendo necessário definir um marco regulatório com leis transparentes e concisas para os investidores privados. Somente com esse aparato regulatório elaborado, esse mercado irá se expandir e desenvolver, atraindo novos investimentos para o setor.

Após essa breve introdução, cujo objetivo foi chamar a atenção para as dificuldades e desafios enfrentados pelo governo, pelas indústrias e pelas entidades privadas em incentivar e desenvolver o mercado de gás no Brasil, esse trabalho tem como propósito propor políticas públicas que incentivem o uso do gás natural no setor residencial. A princípio, será analisado somente o efeito da transferência de insumos energéticos, eletricidade e gás usados para aquecimento de água.

### **2.3 Considerações Finais**

Este capítulo em um primeiro momento buscou descrever brevemente a evolução do mercado de gás natural no Brasil. Observou-se que ainda é um mercado incipiente, entretanto novos investimentos na área de exploração e construção de malhas de gasodutos estão permitindo que este insumo chegue aos principais centros ampliando, assim, o consumo do mesmo nos diversos setores da economia. Especificamente, esta dissertação busca propor políticas públicas que visam o aumento do consumo de gás natural no setor residencial para aquecimento de água.

O consumo de gás no setor residencial é pequeno, pois o chuveiro elétrico, sem dúvida nenhuma, é o grande responsável pelo consumo de energia deste setor e, além disto, este equipamento apresenta um baixo fator de carga, dispendendo assim vultuosos investimentos no setor elétrico por parte das concessionárias no horário de ponta. Desta forma, uma medida que visa a redução do consumo deste equipamento no horário de ponta é a aplicação de tarifas diferenciadas no horário de ponta.

## Capítulo 3

### Aplicação da Tarifa Diferenciada na Diminuição do Impacto do Chuveiro no Horário de Ponta

#### 3.1 Considerações Iniciais

Este capítulo tem como objetivo principal estudar o impacto do chuveiro elétrico no horário de ponta. Dentro deste contexto, este capítulo está estruturado da seguinte forma:

O primeiro tópico tem como meta principal apresentar diversas pesquisas que retratam o impacto do chuveiro elétrico no horário de ponta do sistema elétrico. Sabe-se que este equipamento é o grande responsável pelo sobrecarregamento do sistema neste horário. Em seguida, apresentar-se-á uma medida que tem como objetivo a redução do impacto deste equipamento neste período do dia. A medida empregada está baseada na tarifa diferenciada de energia elétrica. Pode-se destacar vários projetos pilotos que tiveram como objetivo a implantação desta estrutura tarifária, entretanto, apresentar-se-á de forma sucinta, somente o projeto piloto realizado pela CEMIG, em Juiz de Fora, em 1997 [13].

O terceiro tópico tem como propósito inicial obter o perfil da potência diária de uma dada população. Entretanto, para atingir esta meta, inicialmente, será preciso construir um *software* que tem como parâmetros de entrada duas variáveis aleatórias:

- O período mais provável de utilização do chuveiro elétrico ao longo do dia;
- O tempo de utilização do chuveiro elétrico.

Após a obtenção do perfil da potência ao longo do dia, construir-se-á um modelo matemático que tem como objetivo deslocar parte dos consumidores para fora do horário de ponta, mediante a estrutura tarifária mencionada acima. Finalmente, no último tópico realizar-se-á uma análise de sensibilidade para diferentes relações de

tarifas  $t$  (tarifa de energia na ponta dividida pela tarifa de energia fora da ponta) com intuito de analisar o comportamento dos diversos perfis de potência.

### **3.2 Impacto do Chuveiro Elétrico no Horário de Ponta**

Para a sociedade brasileira a disponibilidade de água quente para banho em residências é um conforto primordial, particularmente nas regiões Sudeste e Sul do país. No entanto, o equipamento mais utilizado para aquecimento de água é sem dúvida nenhuma, o chuveiro elétrico, devido às suas características peculiares: preço e facilidade de instalação.

Hoje os chuveiros elétricos possuem uma ampla variação de preços e potências, podendo, nos modelos mais simples e de menor potência (4,4kW), custar cerca de R\$15,00 e, em modelos mais sofisticados com controle eletrônico e de alta potência (8,2 kW) atingir cifras superiores a R\$350,00. Segundo uma pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo, realizada pela Eletrobrás em 1988, o aquecimento de água era responsável por 20,3% do consumo de energia elétrica residencial. O chuveiro participava com 19,6% do consumo de energia elétrica, e os aquecedores de acumulação (boilers) com 0,7%. Essa pesquisa também constatou que havia cerca de 17,5 milhões de chuveiros elétricos espalhados por todo país, cuja predominância de uso ocorria entre 17 e 20 horas, com pico entre 18 e 19 horas, sendo que nesse intervalo, o chuveiro elétrico era utilizado pelo menos uma vez em 50% das residências pesquisadas [14].

Ao introduzir um equipamento para aquecimento de água que é essencialmente barato e que atende todas as classes sociais, o mercado criou um grande problema para o setor elétrico, pois o efeito do uso em massa desse equipamento tem provocado elevados custos, tanto para as geradoras como para as distribuidoras, por ocasionar um significativo aumento da curva de carga do sistema de distribuição ao anoitecer. Esse período, compreendido entre 17 e 20 horas, é chamado de horário de ponta, pois as indústrias ainda não reduziram as suas atividades, a iluminação pública está acendendo e as pessoas depois de um dia de trabalho retornam para suas residências, e começam a utilizar de forma intensa o chuveiro elétrico.

A curva de carga do sistema de distribuição de energia elétrica do sistema interligado Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil apresenta um aumento de potência no

### CAPÍTULO 3 – Aplicação da Tarifa Diferenciada na Diminuição do Impacto do Chuveiro no Horário de Ponta

período compreendido entre 17 e 20 horas, como mencionado acima. Os gráficos das figuras 3.1 e 3.2 ilustram, respectivamente, as curvas de carga típicas do setor residencial para duas concessionárias distintas, a saber: a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) e a empresa Bandeirante de Energia [15].

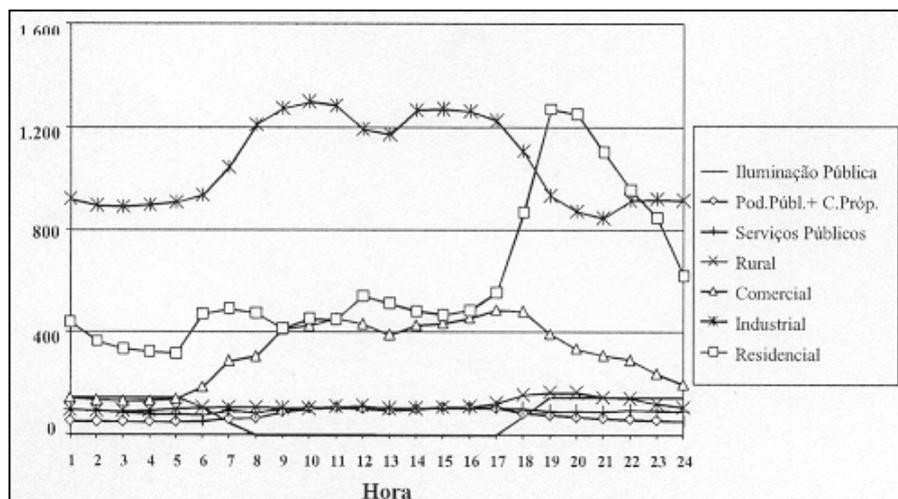


Figura 3.1 – Desagregação da Curva de Carga da CPFL.

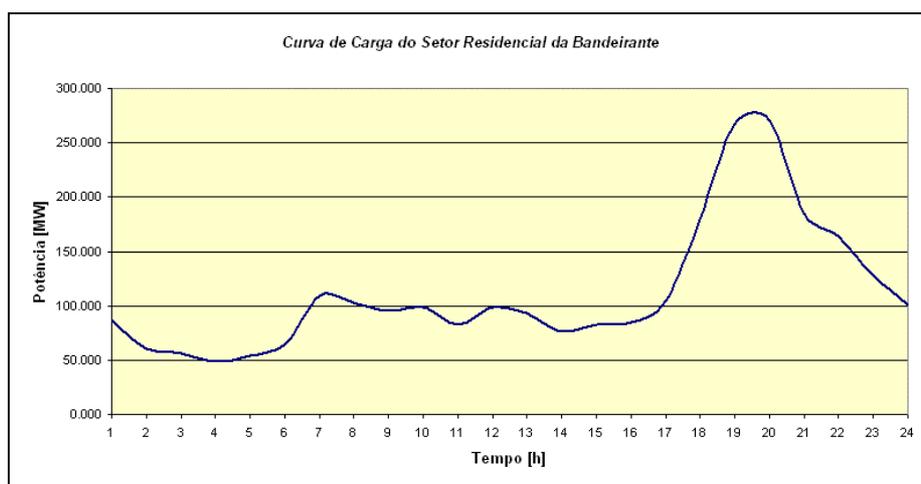


Figura 3.2 – Curva de Carga da Bandeirante.

Analisando os gráficos das figuras 3.1 e 3.2, observa-se que o setor residencial possui uma grande importância na caracterização do horário de ponta, pois o grande responsável pela formação da ponta na curva de carga do sistema é o chuveiro elétrico. A título de ilustração, no sistema da CPFL, o setor residencial corresponde a 34% da demanda de ponta, superando os demais segmentos inclusive o industrial [15, 16].

Dentro desse contexto, a maior parte das famílias que vivem em residências sem dupla canalização e sem reservatório isolado, o chuveiro é a única opção para

aquecimento de água. Uma pesquisa encomendada pela CPFL relata que 98,3% das residências optam pelo uso de chuveiros elétricos [15].

### **3.2.1 Medidas para Redução da Demanda no Horário de Ponta**

Dentro das atribuições do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, está a realização de pesquisas que visam a obtenção de informações sobre atitudes, expectativas, necessidades e desejos do consumidor de energia elétrica com a finalidade de formar uma base de dados e assim promover campanhas que incentivem a conservação da energia elétrica [17].

Dentre muitas pesquisas realizadas pelo PROCEL, uma tem capital importância para esse trabalho por apresentar dados referentes ao horário mais provável de uso do chuveiro elétrico. Essa pesquisa foi realizada por meio de questionários, totalizando 10.818 entrevistas nas áreas de atuação de 27 concessionárias. Na região Sudeste, foram realizadas 3.651 entrevistas distribuídas entre as sete concessionárias. A título de ilustração a tabela 3.1 apresenta o número de entrevistados em cada concessionária na região Sudeste [14, 16].

*Tabela 3.1 – Número de entrevistas na região Sudeste.*

<b>Concessionária</b>	<b>Nº de entrevistas</b>
<b>Escelsa</b>	278
<b>CEMIG</b>	669
<b>LIGHT</b>	642
<b>CERJ</b>	400
<b>ELETROPAULO</b>	625
<b>CESP</b>	409
<b>CPFL</b>	628
<b>TOTAL</b>	3651

Fonte: Procel.

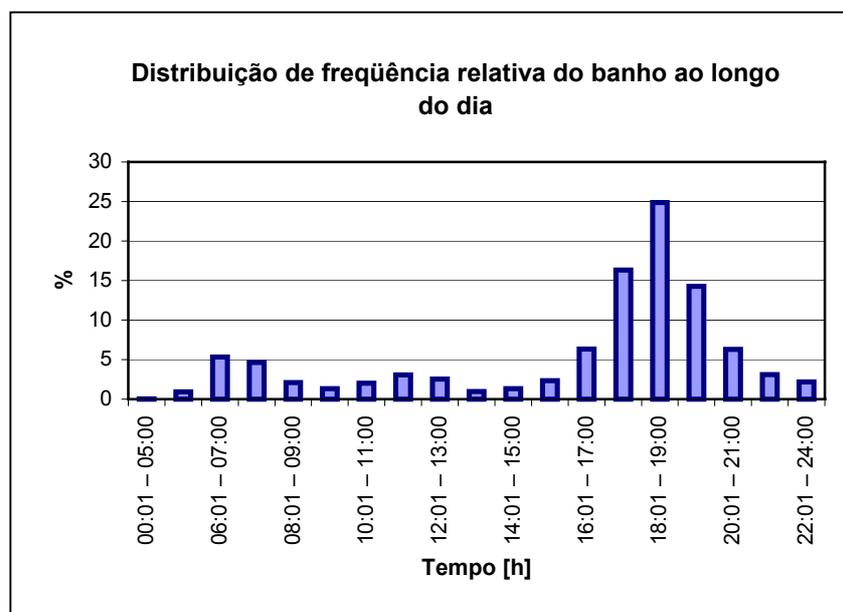
A tabela 3.2 apresenta a distribuição de frequência relativa do banho ao longo do dia para os consumidores residenciais da região Sudeste.

*Tabela 3. 2 – Distribuição de freqüência relativa.*

Período mais provável de uso do Chuveiro Elétrico	Valores da região sudeste em %	
	Segunda a Sexta feira	Sábados e Domingos
00:01 – 05:00	0,05	0,00
05:01 – 06:00	0,92	0,57
06:01 – 07:00	5,34	2,66
07:01 – 08:00	4,63	3,51
08:01 – 09:00	2,08	3,11
09:01 – 10:00	1,32	2,55
10:01 – 11:00	2,03	1,92
11:01 – 12:00	3,05	1,75
12:01 – 13:00	2,54	2,72
13:01 – 14:00	0,97	1,75
14:01 – 15:00	1,32	2,09
15:01 – 16:00	2,34	3,62
16:01 – 17:00	6,35	8,66
17:01 – 18:00	16,32	19,07
18:01 – 19:00	24,86	25,01
19:01 – 20:00	14,29	12,79
20:01 – 21:00	6,3	4,92
21:01 – 22:00	3,10	2,09
22:01 – 24:00	2,19	1,19
<b>Total</b>	100	100

Fonte: Procel

A partir da tabela 3.2 ou do gráfico da figura 3.3 pode-se concluir que a maior utilização de chuveiros elétricos para a amostra analisada ocorre entre 17:00 e 20:00 hs. Esse período corresponde a aproximadamente 55,47% do uso total ao longo do dia. Essa pesquisa vem confirmar a grande participação do setor residencial nesse horário.



*Figura 3. 3 – Distribuição de freqüência relativa do banho ao longo do dia.*

Embora para o consumidor final, o chuveiro elétrico apresente baixo custo, para a concessionária a utilização do mesmo, apresenta elevado investimento associado ao atendimento da demanda máxima, que ocorre normalmente no horário de pico. Dessa forma, é necessário que as concessionárias busquem meios que incentivem o deslocamento de parte da carga do horário de ponta para outros horários ao longo do dia, reduzindo assim a demanda máxima.

Uma alternativa que já vem sendo estudada é a aplicação de uma modalidade de tarifa diferenciada (tarifa amarela), que se caracteriza por induzir ao consumidor à mudança de seus hábitos de consumo via sinal tarifário, ou seja, uma tarifa elevada no horário de ponta e uma redução no valor desta, fora da ponta. Também, pode-se utilizar tarifas com componentes de demanda no cálculo da fatura de energia do consumidor, (tarifa binômica). Algumas concessionárias, tais como, CEMIG, COELBA, COPEL, implementaram tarifas diferenciadas em amostras de consumidores em seus respectivos estados através de projetos piloto.

Um dos primeiros projetos de tarifa amarela, realizado no Brasil, foi desenvolvido pela CPFL. Este projeto tinha como objetivo a redução da demanda do horário de ponta do sistema, avaliando a capacidade de modulação dos consumidores de baixa tensão e a avaliação da receptividade dos consumidores quanto à modulação e ou conservação de energia. Esse projeto foi desenvolvido na cidade de Itapira, São Paulo entre, 1988 e 1989, e abrangeu 101 consumidores residenciais, comerciais, industriais e rurais. O resultado direto desse projeto foi a redução da demanda na ponta aproximadamente de 10 a 14% [18].

Já em 1997 a CEMIG realizou na cidade de Juiz de Fora um projeto piloto para a implementação de uma tarifa diferenciada em uma amostra de 432 consumidores da baixa tensão. Esse projeto visava modular a curva de carga no horário de ponta, com intuito de minimizar o carregamento do sistema. Outro aspecto importante dentro desse projeto, foi à realização de pesquisas de hábitos de consumo, que tinham como objetivo identificar os hábitos de consumo e o perfil do comportamento dos consumidores da amostra analisada [13, 18].

A nova modalidade de tarifa diferenciada proposta pela CEMIG era constituída de duas parcelas: tarifa de energia e tarifa de demanda, ou seja, uma tarifa binômica, a qual normalmente é utilizada para outras classes de tensão. O faturamento da nova estrutura tarifária era feito da seguinte maneira:

**CAPÍTULO 3 – Aplicação da Tarifa Diferenciada na Diminuição do Impacto do Chuveiro no Horário de Ponta**

$$Fat_{mensal} = E_{mensal_{FP}}^c \cdot T_{E_{FP}} + E_{mensal_{PC}}^c \cdot T_{E_{PC}} + E_{mensal_P}^c \cdot T_{E_P} + D_{mensal_{FP}}^{max} \cdot T_{D_{FP}} + D_{mensal_P}^{max} \cdot T_{D_P} + D_{mensal_{PC}}^{max} \cdot T_{D_{PC}} \quad (3.1)$$

onde:

$E_{mensal_{FP}}^c$  : é a energia consumida ao longo do mês fora do horário de ponta;

$T_{E_{FP}}$  : é a tarifa de energia fora do horário de ponta;

$E_{mensal_{PC}}^c$  : é a energia consumida ao longo do mês entre o período de ponta e fora de ponta. O período referente a esta parcela está mostrado abaixo;

$T_{E_{PC}}$  : é a tarifa de energia entre o período de ponta e fora de ponta;

$E_{mensal_P}^c$  : é a energia consumida ao longo do mês dentro do horário de ponta;

$T_{E_P}$  : é a tarifa de energia dentro do horário de ponta;

$D_{mensal_{FP}}^{max}$  : é a demanda máxima do consumidor fora do horário de ponta;

$T_{D_{FP}}$  : é a tarifa de demanda fora do horário de ponta;

$D_{mensal_P}^{max}$  : é a demanda máxima do consumidor dentro do horário de ponta;

$T_{D_P}$  : é a tarifa de demanda dentro do horário de ponta;

$D_{mensal_{PC}}^{max}$  : é a demanda máxima do consumidor entre o período de ponta e fora de ponta;

$T_{D_{PC}}$  : é a tarifa de demanda entre o período de ponta e fora de ponta.

A tabela 3.3 apresenta a estrutura tarifária aplicada pela CEMIG no projeto piloto em questão. Nesta estrutura tarifária tem-se que:

- Horário de ponta é das 18:00 às 20:00 hs;
- Horário de ponta complementar é das 17:00 às 18:00 e de 20:00 às 22:00 hs;
- Horário fora da ponta é das 22:00 às 17:00.

*Tabela 3. 3 – Estrutura tarifária da CEMIG.*

Tarifas	Energia [R\$/MWh]			Demanda [R\$/kW*mês]			Convencional [R\$/MWh]
	P	FP	PC	P	FP	PC	
<b>Residencial</b>	412.62	62.02	109.64	1.44	0.05	0.20	133.02
<b>Industrial</b>	237.19	76.24		4.41	2.79		124.19
<b>Comercial</b>	237.19	76.24		4.41	2.79		124.19

A estrutura tarifária apresentada na tabela 3.3 implicará em uma mudança singular no hábito de consumo de energia elétrica no setor residencial, pois sabe-se que o chuveiro elétrico é o grande responsável pelo expressivo carregamento do sistema no horário de ponta. Dentro desse contexto, alguns resultados podem ser extraídos desse projeto, tais como, as modulações em energia e potência no horário de ponta chegaram a 15%. Além disso, 62% dos consumidores amostrados gostariam de ter a tarifa amarela aplicada de forma definitiva [13].

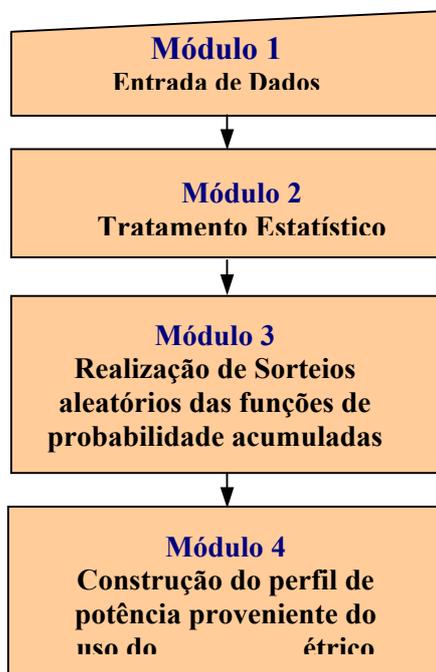
### **3.3 Obtenção do Perfil da Potência:**

Para a obtenção do perfil de potência, foi desenvolvido um sistema computacional, ou software, em MATLAB. Essa ferramenta computacional está se tornando cada vez mais popular entre estudantes, pesquisadores, técnicos e engenheiros, devido às características exclusivas, tais como, o modo de interação de trabalho, facilidade gráfica para cálculos matemáticos, grande quantidade de funções já construídas, e é claro, a possibilidade de acrescentar novas funções através de programação simples.

Utilizando a ferramenta computacional apresentada acima, foi possível desenvolver um programa com intuito de analisar tecnicamente o impacto do chuveiro elétrico no horário de ponta, ou seja, é possível obter o perfil da potência ao longo do dia e o valor da demanda, para uma dada amostra. Esse programa será apresentado em módulos de tal forma que facilite a compreensão do mesmo.

- Módulo 1: obtenção das variáveis aleatórias, tais como, o período mais provável de utilização do chuveiro elétrico ao longo do dia e o tempo de utilização do chuveiro.
- Módulo 2: tratamento estatístico das variáveis aleatórias mencionadas acima e a construção das funções densidade de probabilidade e das funções de distribuição acumuladas.
- Módulo 3: realização de sorteios aleatórios das funções de probabilidade acumuladas utilizando a técnica Simulação de Monte Carlo [19, 20, 21].
- Módulo 4: construção do perfil da potência diária e mensal proveniente do uso do chuveiro elétrico.

A figura 3.4 apresenta o fluxograma que ilustra, de forma simplificada, os passos executados pelo programa inicial, buscando mostrar de uma forma mais clara e intuitiva o funcionamento do mesmo.



*Figura 3. 4 – Fluxograma Global de Funcionamento do Programa.*

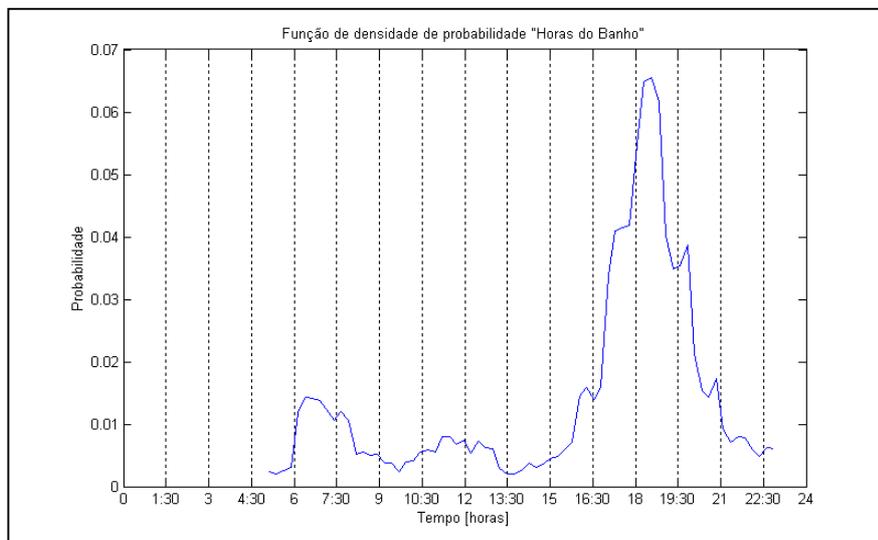
No primeiro módulo do programa tem-se a entrada das duas variáveis aleatórias mencionadas acima, as mesmas são essenciais para o desenvolvimento inicial do programa.

A primeira variável aleatória é o período mais provável de utilização do chuveiro elétrico ao longo do dia. Esta variável foi obtida a partir da pesquisa, realizada pelo PROCEL em conjunto com a ELETROBRÁS em 1988 [14]. Observa-se que é uma pesquisa antiga e não há registros, tanto no PROCEL quanto na ELETROBRAS, de pesquisas que evidenciam dados mais recentes.

A segunda variável aleatória é o tempo de utilização do chuveiro, a qual foi obtida a partir de uma pesquisa descrita em [16]. Deve-se salientar também que para essa variável, não há pesquisas recentes realizadas pelo PROCEL e nem pela ELETROBRAS, que retratam o perfil do tempo do banho do consumidor brasileiro.

O segundo módulo destina-se à realização de um tratamento estatístico para as variáveis aleatórias mencionadas no módulo 1. Esse tratamento estatístico fornecerá as funções de densidade de probabilidade e as funções de probabilidade acumulada para as

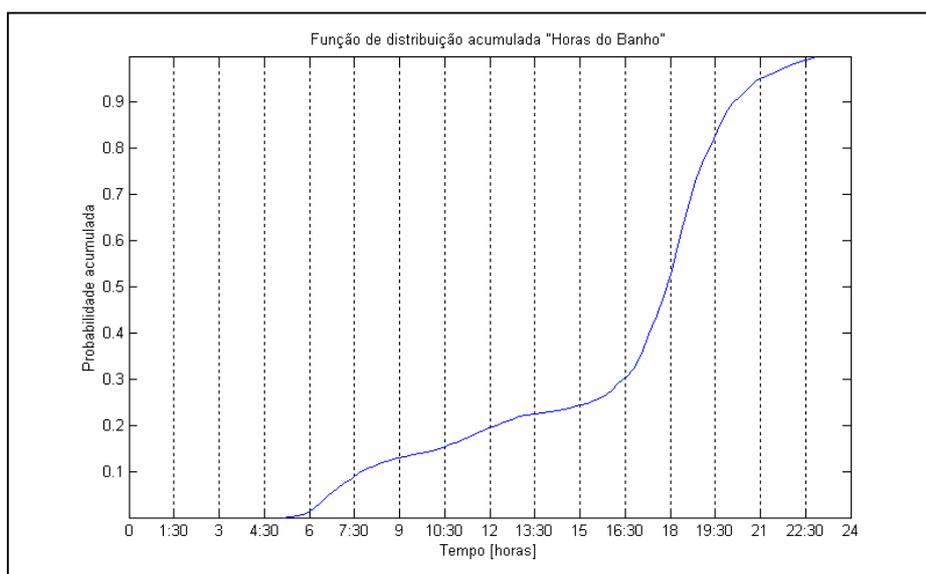
duas variáveis em questão. Essas funções estão apresentadas nos gráficos das figuras 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8 respectivamente.



*Figura 3. 5 – Função densidade de probabilidade do período mais provável de utilização do chuveiro elétrico.*

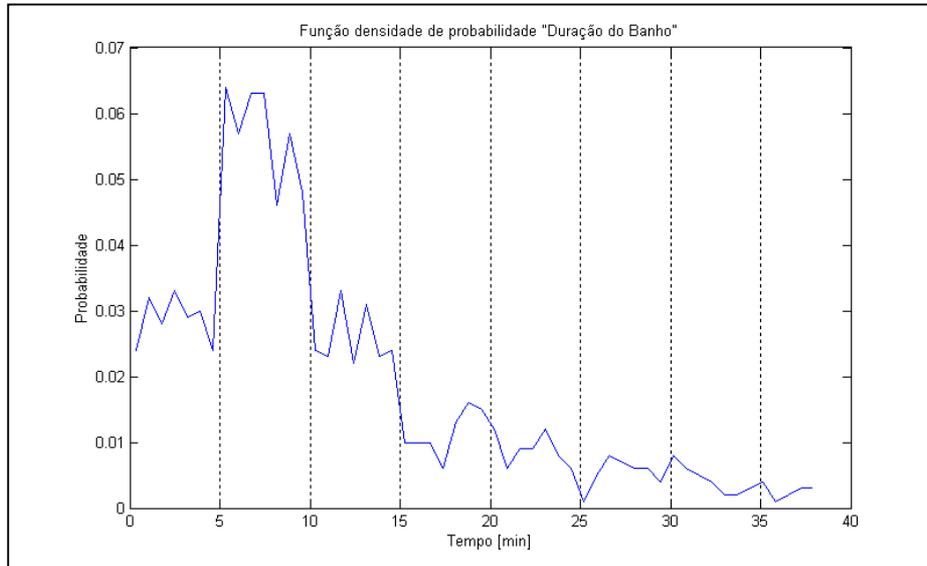
Ao observar a figura 3.5, pode-se notar que há uma grande concentração de chuveiros ligados entre 17:00 e 20:00 horas, este intervalo corresponde ao horário de ponta do sistema.

A partir da função densidade de probabilidade apresentada na figura 3.5, pode-se obter a função de distribuição acumulada para o período mais provável de utilização do chuveiro elétrico, a mesma pode ser visualizada na figura 3.6.



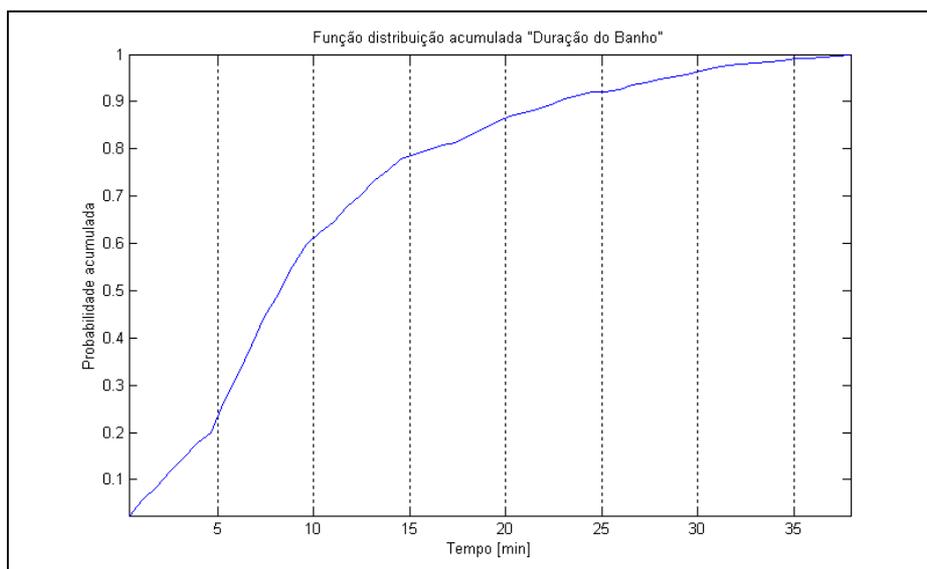
*Figura 3. 6 – Função de distribuição acumulada do período mais provável de utilização do chuveiro elétrico.*

A figura 3.7 apresenta a função de densidade de probabilidade do tempo de utilização do chuveiro elétrico. A partir desta figura, pode-se extrair o tempo médio de banho desta amostra, que é de aproximadamente 10,35 minutos.



*Figura 3. 7 – Função densidade de probabilidade do tempo de utilização do chuveiro elétrico.*

A figura 3.8 apresenta a função de distribuição acumulada do tempo de utilização do chuveiro elétrico.



*Figura 3. 8 – Função de distribuição acumulada do tempo de utilização do chuveiro elétrico.*

O módulo 3 destina-se à obtenção dos valores da hora e do tempo do banho em um dado instante de tempo. Para obter esses dados, emprega-se a técnica de Simulação de Monte Carlo, que consiste nos seguintes passos:

1. Sorteia-se um número aleatório entre 0 e 1, com distribuição uniforme;
2. Com o sorteio realizado em (1), interpola-se na função de distribuição acumulada e obtém-se o valor do tempo ou da hora do banho.

A figura 3.9 ilustra o emprego da Simulação de Monte Carlo na obtenção do tempo do banho a partir da função de distribuição acumulada “Duração do Banho”.

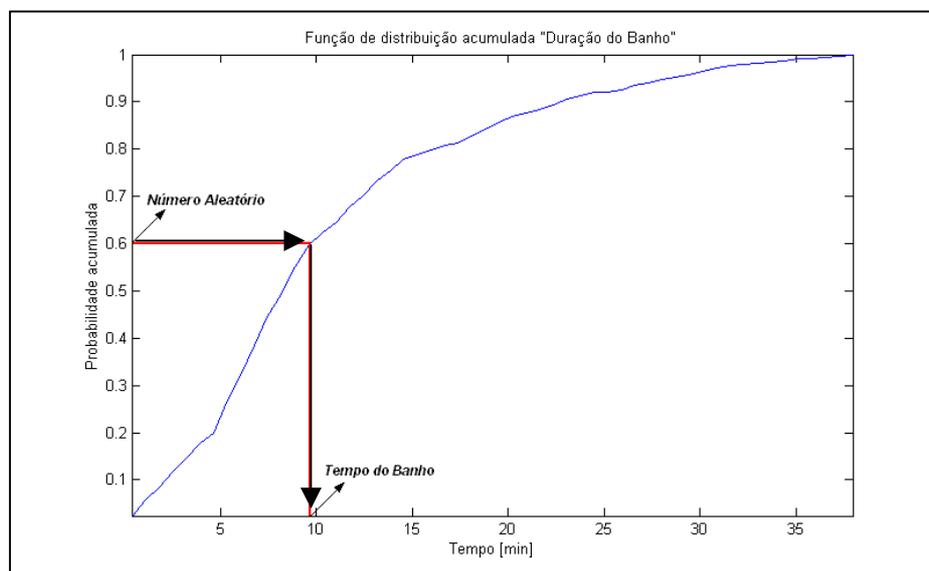
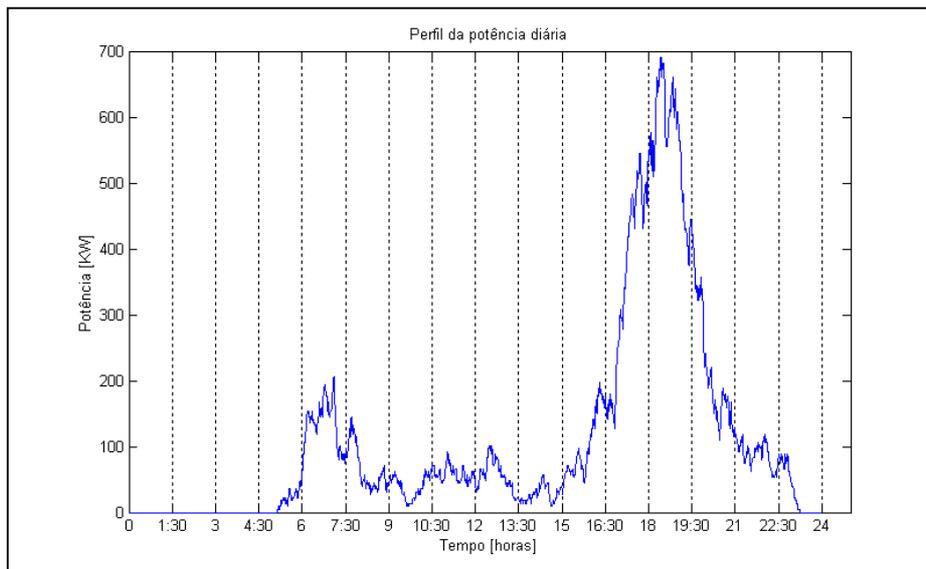


Figura 3. 9 – Emprego da técnica de Simulação de Monte Carlo na obtenção do tempo de banho a partir da função de distribuição acumulada “Duração do Banho”.

Por fim, o módulo 4 é destinado à obtenção do perfil da potência e da demanda diária, para uma determinada amostra<sup>2</sup> de chuveiros. Desta forma, a partir das variáveis aleatórias definidas acima, tais como, o tempo e o período mais provável de utilização do chuveiro, pode-se encontrar para cada intervalo de discretização<sup>3</sup> o número de chuveiros em operação. Assim, pode-se obter o perfil da potência diária, conforme mostrado no gráfico da figura 3.10.

<sup>2</sup> Considerou-se uma amostra de 3.000 chuveiros.

<sup>3</sup> O intervalo de discretização para este caso é de um minuto



*Figura 3. 10 – Perfil da Potência Diária.*

O gráfico da figura 3.10 ilustra uma simulação, a qual pode ser identificada como sendo um dia específico do mês. A partir dessa simulação, pode-se extrair a porcentagem da amostra que se encontra dentro e fora do horário de ponta e um valor específico para a demanda nesse dia. Esses resultados estão expressos na tabela 3.4:

*Tabela 3. 4 – Porcentagem da Amostra dentro e fora do horário de ponta e demanda para um dia.*

Amostra no H. de Ponta	55,52 [%]
Amostra Fora H. de Ponta	44,48 [%]
Demanda	664,40 [kW]

A tabela 3.5 apresenta os valores percentuais da amostra que se encontram dentro e fora do horário de ponta, referente a trinta simulações, as quais podem ser interpretadas como sendo um dado mês. Acrescenta-se a esses resultados, o valor da demanda para este mês.

*Tabela 3. 5 – Porcentagem da Amostra dentro e fora do horário de pontae demanda para um dado mês.*

Amostra no H. de Ponta	54,53 [%]
Amostra Fora H. de Ponta	45,47 [%]
Demanda	747,41 [kW]

### 3.4 Diminuição do Impacto do Chuveiro no Horário de Ponta através da Aplicação de Tarifas Diferenciadas

De acordo com o gráfico da figura 3.10, o uso em massa do chuveiro elétrico no horário de ponta, ocasiona um sobrecarregamento no sistema elétrico de potência. Este fato tem levado, as geradoras e distribuidoras a buscarem meios de amenizar o efeito do uso do chuveiro nesse período. Uma alternativa que já vem sendo estudada pelas distribuidoras de energia é a adoção de uma nova modalidade tarifária (Tarifa Amarela) como mencionada no tópico 3.2.

De acordo com o Projeto Piloto realizado pela CEMIG em Juiz de Fora, a porcentagem da amostra analisada que gostaria de migrar para fora do horário de ponta foi de 62% [13]. Essa nova modalidade tarifária exerce grande influência nos hábitos cotidianos de banho, de acordo com o nível de renda da população. Para uma classe social com um nível de renda mais baixo, espera-se que a maior parte dessa classe migre para horários, cuja tarifa de energia elétrica seja menor. Por outro lado, para uma classe social com um nível de renda mais alto, acredita-se que a maior parte da classe permaneça com seus hábitos de banho inalterados.

A metodologia a ser apresentada a seguir irá inicialmente analisar os efeitos da implementação da nova modalidade tarifária. Em seguida, essa metodologia será aprimorada com intuito de estudar o efeito migratório para cada classe social, perante uma relação entre a tarifa de energia na ponta e fora da ponta ( $t = \frac{T_{EP}}{T_{EFP}}$ ).

Para desenvolver o modelo matemático que represente a metodologia mencionada acima, é necessário definir alguns dados, tais como:

- O horário de ponta será o período compreendido entre 17:00 e 20:00 horas;
- A taxa de migração para fora do horário de ponta será 62%;
- As tarifas de energia fora e dentro do horário de ponta serão respectivamente 62,02[R\$/MWh] e 412,62[R\$/MWh]. Esses valores de tarifas foram extraídos do projeto piloto realizado pela CEMIG em Juiz de Fora.

A partir das considerações acima, pode-se descrever o modelo matemático através da expressão 3.2. Esta expressão retrata o efeito migratório para fora do horário de ponta, sob a ótica da nova estrutura tarifária.

$$\%mig(t) = [1 - e^{-k(t-1)}] \cdot 100 \quad (3.2)$$

onde:

- $t$ : relação da tarifa de energia na ponta e fora do horário de ponta ( $T_{EP}/T_{EFP}$ );
- $mig(t)$ : a porcentagem da amostra que migra para fora do horário de ponta;
- $k$ : coeficiente de migração para fora do horário de ponta.

Observa-se que a relação  $t$  expressa a sensibilidade à relação de tarifa de energia elétrica da ponta e fora da ponta do projeto proposto pela CEMIG. Sendo assim, nessa dissertação não será discriminado o efeito da tarifa de demanda nos modelos propostos.

De acordo com a expressão 3.2, pode-se encontrar o valor do coeficiente  $k$ .

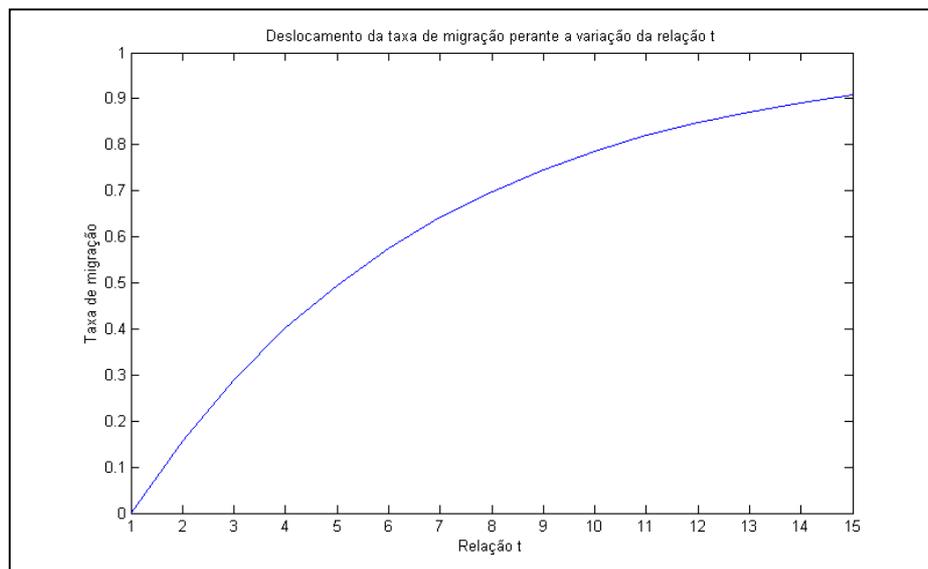
$$\begin{aligned} [1 - e^{-k(6,65-1)}] \cdot 100 &= 62 \\ 1 - e^{-k(6,65-1)} &= 0,62 \\ e^{-5,65 \cdot k} &= 0,38 \\ k &= -\frac{\ln(0,38)}{5,65} \\ k &= 0,1713 \end{aligned}$$

Substituindo o valor de  $k$  na expressão 3.2, tem-se:

$$mig = 1 - 1,1868 \cdot e^{-0,1713 \cdot t} \quad (3.3)$$

A expressão 3.3 representa um modelo matemático que tem como finalidade explicar o deslocamento de consumidores para fora do horário de ponta, perante uma estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas. Quando a relação  $t$  é igual a 1, observa-se que não há migração para fora da ponta, ou seja, para esse caso a tarifa de energia elétrica permanece a mesma para todo dia.

Perante uma variação da relação  $t$ , resta saber como se comporta a taxa de migração para fora do horário de ponta. Isto pode ser observado no gráfico da figura 3.11.



*Figura 3.11 – Variação da relação  $t$  versus taxa de migração.*

A partir do gráfico da figura 3.11, pode-se realizar uma análise de sensibilidade que retrata o efeito da variação da relação  $t$  na curva diária de potência, apresentada no gráfico da figura 3.10.

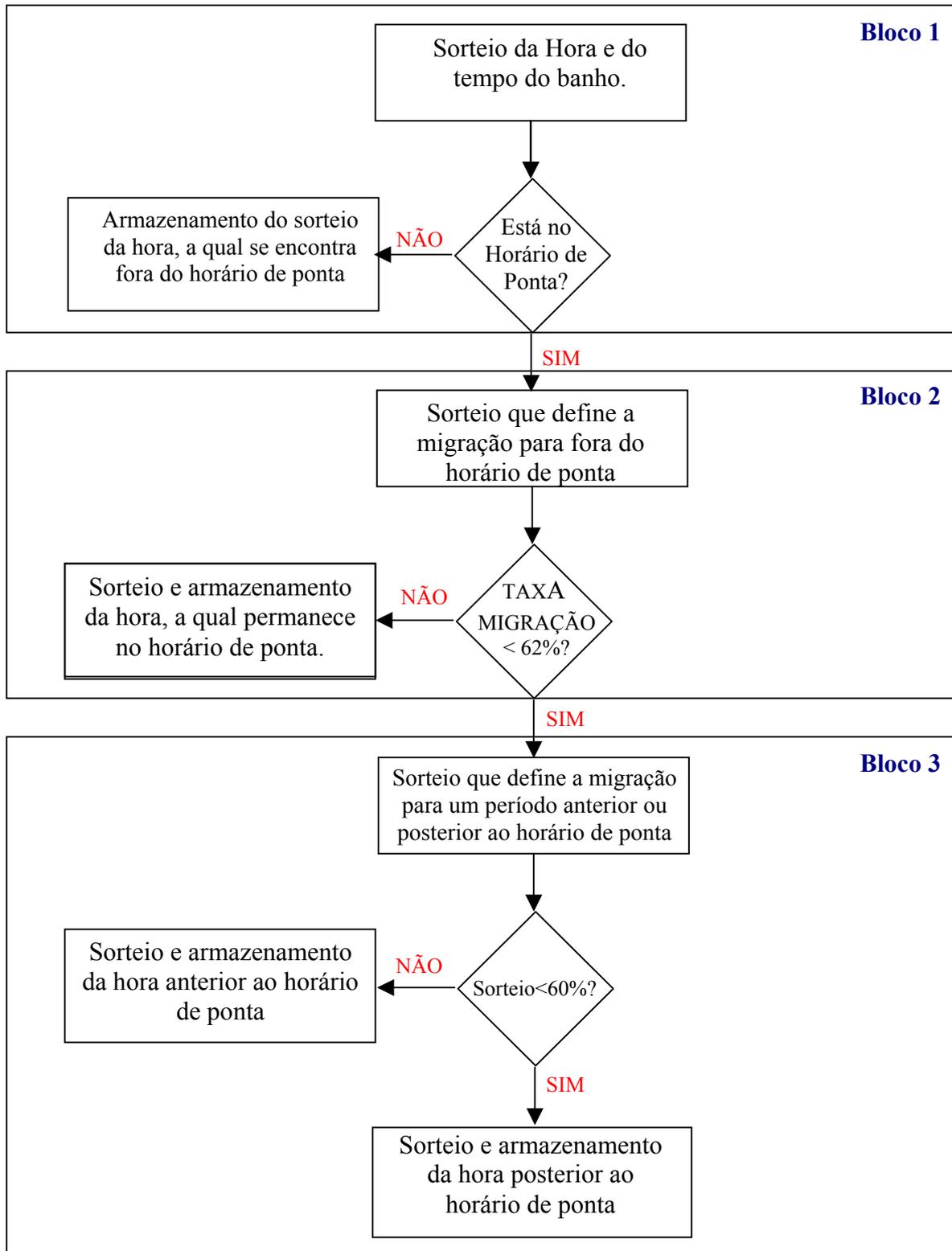
Pode-se observar no gráfico da figura 3.11, que quanto maior a relação  $t$  mais intensa será a migração para fora do horário de ponta. Entretanto, se o valor da relação  $t$  for muito alto, haverá um processo migratório intenso para fora do horário de ponta, acarretando o surgimento de novos picos de potência, elevando assim o valor da demanda. Para isso deve-se escolher um valor ótimo para a relação  $t$ , de tal forma que, a demanda esteja em seu patamar mínimo.

Para realizar essa análise de sensibilidade é necessário incorporar no programa principal três blocos de decisão, que trazem informações importantes, com intuito de efetuar o processo de migração para fora do horário de ponta.

O primeiro bloco realiza sorteios aleatórios baseados em distribuições de probabilidades acumuladas das variáveis aleatórias período mais provável do banho e duração do banho. Em seguida, o segundo bloco destina-se à realização de sorteios, que têm como objetivo, efetuar a migração para fora do horário de ponta. Finalmente, o terceiro bloco destina-se à realização de sorteios, os quais definem para qual período

ocorrerá a migração, ou seja, para um período anterior ou posterior ao horário de ponta. Esse processo pode ser visualizado no fluxograma da figura 3.12.

Em seguida, apresentar-se-á detalhadamente cada bloco de decisão, com intuito de facilitar a compreensão do processo de migração para fora do horário de ponta.



*Figura 3. 12 – Detalhamento dos blocos de decisão do programa.*

O primeiro bloco destinará à realização de sorteios aleatórios, os quais por meio de interpolações nas funções de distribuição acumuladas fornecerão o período mais

provável da hora do banho, e a duração do mesmo. O bloco em questão verificará também se a hora do banho em análise está dentro ou fora do horário de ponta.

O segundo bloco entrará em operação somente se a hora em análise estiver dentro do horário de ponta. Nesse bloco, tem-se a realização de um novo sorteio, o qual será comparado com uma taxa de migração apresentada no gráfico da figura 3.11, ou seja, se o sorteio em questão for menor que a taxa de migração, haverá migração, caso contrário, a hora em análise será armazenada.

Ao efetuar a migração para fora do horário de ponta têm-se duas possibilidades: pode-se migrar tanto para um período anterior quanto para um período posterior ao horário de ponta. Analisando os hábitos de banho do brasileiro foi considerado que 60% e 40% gostariam de migrar para um período posterior e anterior ao horário de ponta, respectivamente.

O terceiro bloco será constituído por um sorteio, o qual será comparado com os valores citados acima, ou seja, se o valor sorteado for menor que 60%, haverá uma migração para um período posterior ao horário de ponta, por outro lado, haverá uma migração para um horário anterior ao horário de ponta.

Após realizada a migração para um período anterior ou posterior ao horário de ponta, haverá um novo sorteio da hora do banho e da duração do banho. Nesse caso específico, o sorteio da hora do banho não será baseado na função de probabilidade acumulada do período mais provável da hora do banho.

A implementação da nova estrutura tarifária fez com que o consumidor mudasse os seus hábitos cotidianos de banho. Desta forma, esse sorteio será baseado de acordo com as expressões 3.4 e 3.5.

$$mig_{P_{HP}} = 1200 + 240 \cdot s_p \quad (3.4)$$

$$mig_{A_{HP}} = 300 + 720 \cdot s_a \quad (3.5)$$

onde

- $mig_{P_{HP}}$  : migração para um período posterior ao horário de ponta [minuto];
- $mig_{A_{HP}}$  : migração para um período anterior ao horário de ponta [minuto];
- $s_p$  e  $s_a$ : sorteio baseado em uma distribuição uniforme.

A expressão 3.4 fornece a hora do banho para um período posterior ao horário de ponta, sendo que se o valor do sorteio for zero, a hora será 20:00 ou 1200 minutos, por

outro lado, se o valor do sorteio for 1, a hora será 24:00 ou 1440 minutos. Já a expressão 3.5, fornece a hora do banho para um período anterior ao horário de ponta. Entretanto, a duração do banho foi sorteada a partir da função de distribuição acumulada “Duração do Banho”.

### 3.4.1 Análise de Sensibilidade

Após o detalhamento de cada bloco de decisão, pode-se desenvolver uma análise de sensibilidade, a qual, irá retratar o efeito da migração para fora do horário de ponta, sob uma relação de tarifa  $t$  específica. Isto é, para cada valor de relação  $t$ , pode-se construir um perfil específico de potência, retratando assim uma determinada amostra. Para isso alguns dados são importantes, tais como:

- a amostra de três mil chuveiros<sup>4</sup>;
- o tempo mínimo de banho de três minutos<sup>5</sup>.

Além dos dados apresentados acima, pode-se construir uma tabela, a partir do gráfico da figura 3.11, a qual apresenta para cada valor da relação  $t$ , uma taxa de migração específica.

*Tabela 3. 6 – Comportamento da taxa de migração mediante uma dada relação  $t$ .*

Relação $t$	Taxa de Migração [%]
2	15,75
3	29,01
4	40,19
5	49,60
6	57,54
7	64,22
8	69,85
9	74,60
10	78,60
11	81,97
12	84,81
13	87,20
14	89,21
15	90,91

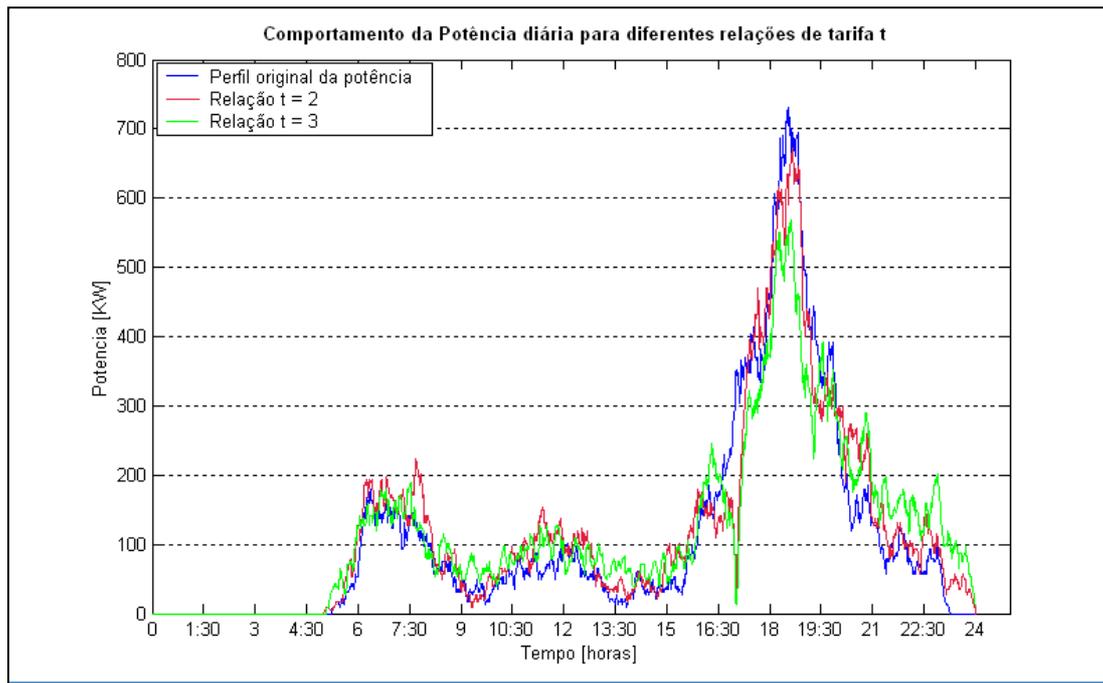
---

<sup>4</sup> Considerou-se uma amostra de três mil chuveiros.

<sup>5</sup> Adotou-se um valor para o tempo mínimo de banho de 3 minutos, pois não há pesquisas que retratam o tempo mínimo de banho do consumidor de energia elétrica da região Sudeste.

A partir da tabela 3.6 pode-se realizar algumas simulações com intuito de verificar simultaneamente, o comportamento da demanda e o perfil da potência ao longo do dia. A princípio apresentar-se-ão alguns perfis de potência para específicas relações de tarifa  $t$ . Em seguida, construir-se-á um gráfico que tem como objetivo, apresentar diversos valores de demanda mediante a variação da relação  $t$ .

Os gráficos das figuras 3.13, 3.14, 3.15, 3.16<sup>6</sup> apresentam os perfis da potência diária para as seguintes relações  $t = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11$  e  $14$ .



*Figura 3. 13 – Perfil da potência diária para as relações  $t$  iguais a 2 e 3.*

<sup>6</sup> Os gráficos das figuras 3.13, 3.14, 3.15, 3.16 apresentam o perfil original da potência, o qual foi previamente apresentado no gráfico da figura 3.10. Os perfis apresentados nestes gráficos correspondem a uma simulação que é equivalente a um dia.

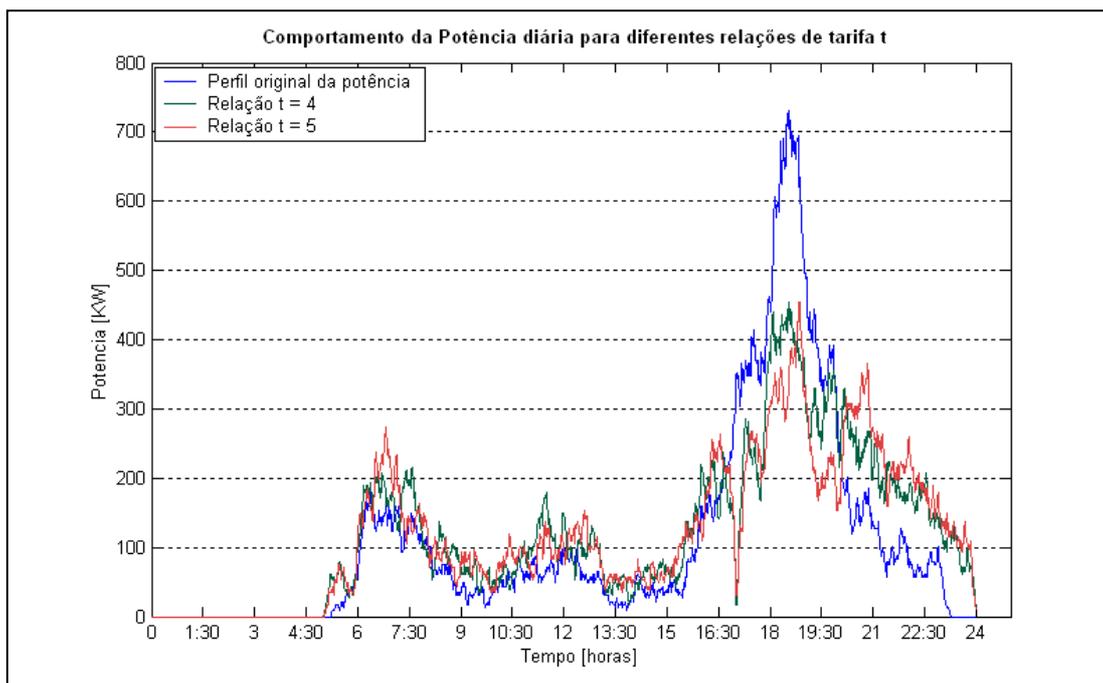


Figura 3. 14 – Perfil da potência diária para as relações t iguais a 4 e 5.

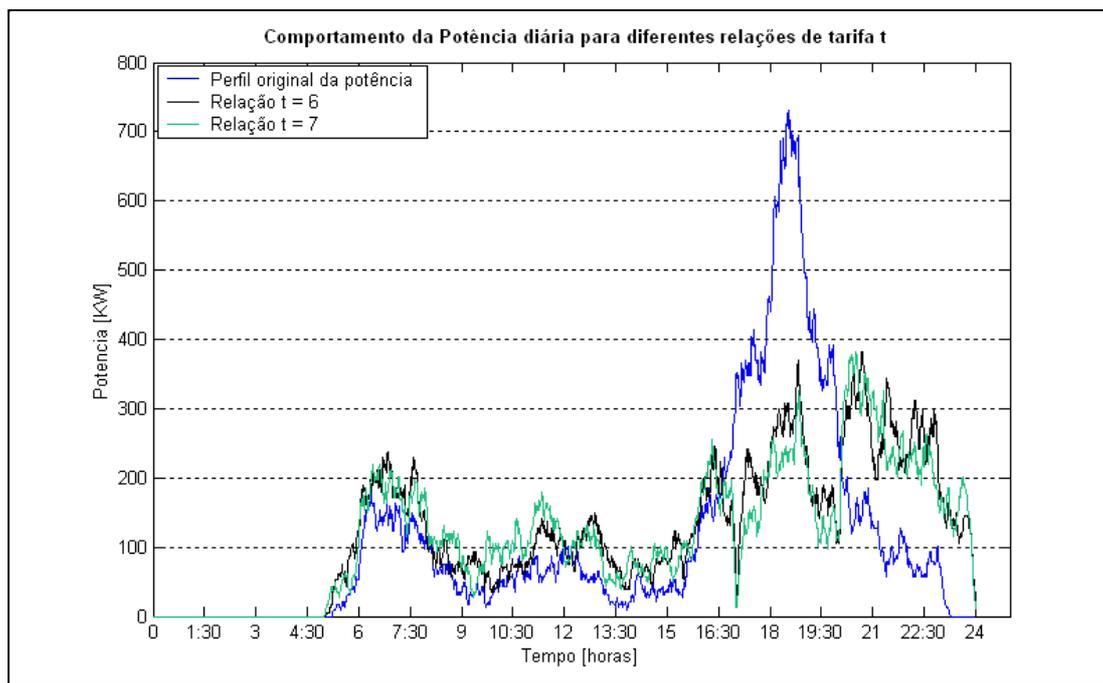
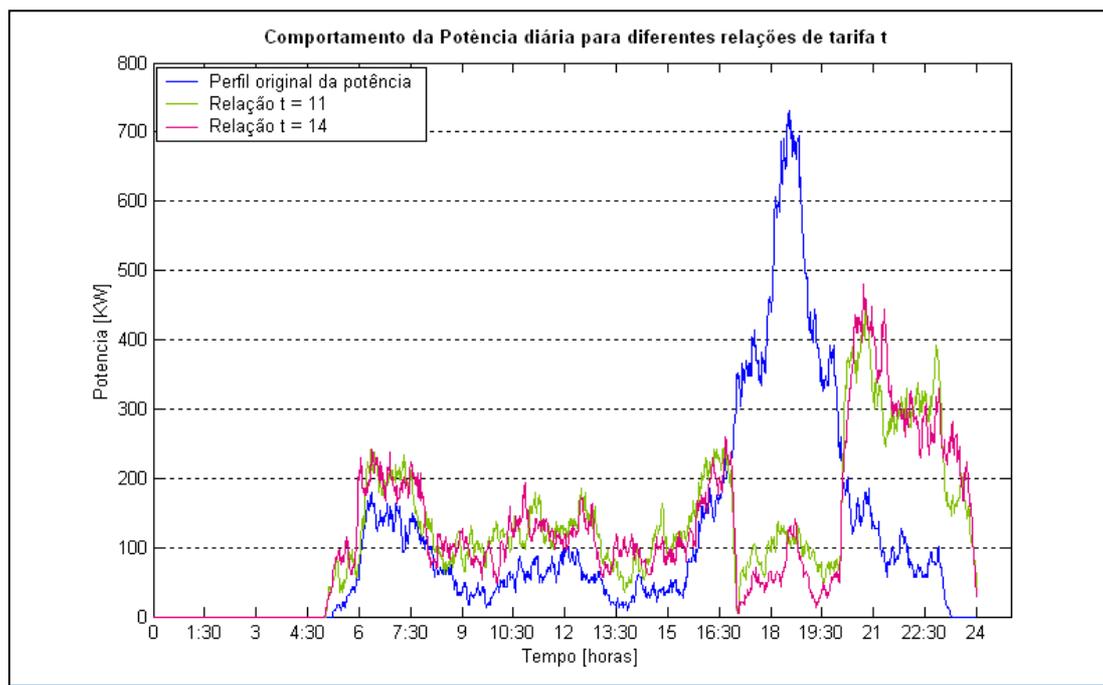


Figura 3. 15 – Perfil da potência diária para as relações t iguais a 6 e 7.



*Figura 3. 16 – Perfil da potência diária para as relações  $t$  iguais a 11 e 14.*

Analisando os gráficos acima, pode-se concluir que a variação da relação  $t$  influi significativamente no perfil da potência ao longo do dia, isto é, à medida que esta relação aumenta, observa-se um distanciamento dos perfis de potência em relação ao perfil original, caracterizando assim uma mudança nos hábitos cotidianos de banho de uma determinada população.

Um outro aspecto que pode ser observado é com relação ao surgimento de picos de potência fora do horário de ponta, ou seja, pode-se observar na figura do gráfico 3.15 que a potência máxima fora e dentro do horário de ponta apresenta quase o mesmo valor, em torno de 380 [kW]. Por outro lado, ao analisar o gráfico da figura 3.16, observa-se que a potência máxima no horário de ponta está em torno de 130 [kW], e fora do horário de ponta observa-se que a potência máxima está bem próximo de 500 [kW]. Desta forma, pode-se concluir que o valor da relação  $t$  deve ser escolhido de tal forma que, a potência máxima dentro e fora do horário de ponta permaneça praticamente a mesma.

Após apresentados os diversos perfis de potência, pode-se construir um gráfico, o qual descreve o comportamento da demanda para as diversas relações  $t$ . Este gráfico, conforme mostrado na figura 3.17, pode ser dividido em duas regiões, sendo que na primeira, observa-se uma diminuição do valor da demanda, por outro lado, na segunda região, observa-se um aumento no valor da demanda.

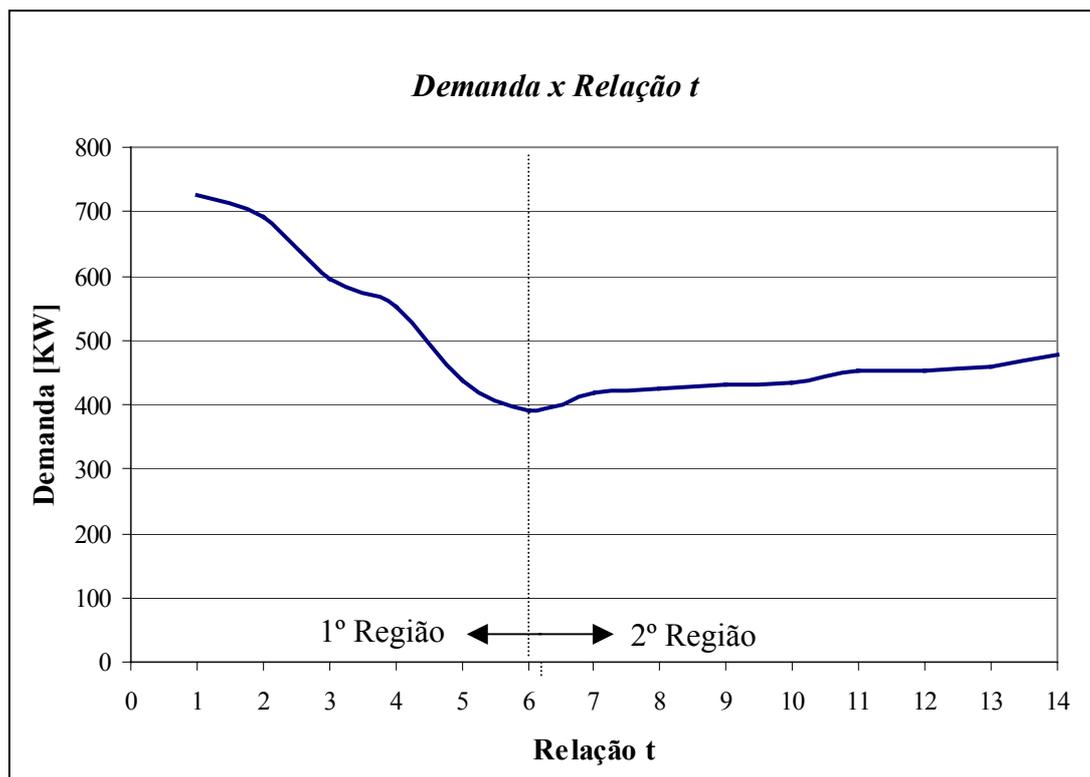


Figura 3. 17 – Demanda versus relação t.

No gráfico da figura 3.17, a primeira região retrata um decréscimo no valor da demanda, isto é, com o aumento da relação  $t$  há uma modificação nos hábitos cotidianos de banho de uma dada população, conseqüentemente observa-se uma migração para fora do horário de ponta, ocasionado assim uma diminuição no valor da demanda neste horário.

Por outro lado, na segunda região deste mesmo gráfico, observa-se um ligeiro acréscimo no valor da demanda, o qual está correlacionado com um intenso deslocamento para fora do horário de ponta, pois quanto maior a relação  $t$ , maior a tarifa de energia na ponta. Um outro fator importante que caracteriza este acréscimo é o fato de estar considerando que, 60% das pessoas que migrariam para fora do horário de ponta gostariam de deslocar os seus respectivos banhos para um período posterior ao horário de ponta.

Finalmente, através do gráfico da figura 3.17 pode-se concluir que a relação  $t$  deve ser escolhida de tal forma que, origine o menor valor de demanda. Observa-se que neste caso<sup>7</sup>, a relação  $t$  que deveria ser escolhida está próxima de 6.

<sup>7</sup> Para cada relação  $t$  realizou-se trinta simulações, as quais se referem a um dado mês. A partir destas simulações obtém-se o valor de demanda para cada relação  $t$ .

### **3.5 Considerações Finais**

Esse capítulo buscou descrever, inicialmente, alguns aspectos relacionados ao uso excessivo do chuveiro elétrico no horário de ponta. Em seguida, foi apresentada uma metodologia – Tarifa Amarela –, a qual tem como objetivo reduzir o impacto do chuveiro elétrico no horário de ponta.

Observou-se que 62% dos consumidores amostrados pela CEMIG gostariam de ter a tarifa amarela aplicada de forma definitiva. Isto implica em redução de investimentos por parte da concessionária e redução na conta de energia por parte dos consumidores, pois passariam a pagar uma tarifa reduzida fora do horário de ponta.

A partir dos dados extraídos do Projeto Piloto da CEMIG foi construído um modelo, o qual teve como objetivo último analisar a migração, para fora do horário de ponta, de uma dada população mediante a aplicação de tarifas diferenciadas. Pode-se concluir que, à medida que a relação entre a tarifa de energia da ponta e fora da ponta aumenta, observa-se uma mudança no hábito cotidiano de banhos desta população, conseqüentemente há uma diminuição na demanda neste horário.

Finalmente, sem perder de vista o escopo desta dissertação que é a apresentação de políticas públicas de substituição Gás – Eletricidade no uso final, as análises realizadas são fundamentais na construção dos próximos capítulos. Desta forma, o capítulo 4, buscará inserir, inicialmente, no modelo proposto deste capítulo, o aspecto da renda familiar em conjunto com a estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas.

# Capítulo 4

## Importância da Renda na Aplicação da Tarifa Diferenciada e da Substituição de Energéticos

### 4.1 Considerações Iniciais

A estrutura tarifária apresentada no capítulo anterior e a renda familiar formarão um binômio técnico-social, que tem como objetivo incentivar mudanças nos hábitos de banho do cidadão brasileiro, diminuir o carregamento do sistema elétrico no horário de ponta e incentivar o uso do gás natural no setor residencial para aquecimento de água.

Em face desses aspectos, há dois efeitos distintos: o primeiro e o mais comum, é deixar de tomar banho no horário de ponta, caracterizando assim um efeito migratório para horários, cuja tarifa de energia elétrica seja mais barata. Já o segundo, é um processo específico caracterizado por uma substituição de insumos energéticos em seu uso final: Energia Elétrica e Gás Natural. Esse efeito pode ser observado em lugares onde há distribuidores de energéticos alternativos, por exemplo, os municípios de São Paulo e Rio de Janeiro.

Os dois efeitos mencionados acima estão intrinsecamente correlacionados com a renda familiar. Pode-se dizer que a renda terá um papel fundamental na formulação dos modelos matemáticos que definirão as funções de migração e substituição a serem apresentados neste capítulo. Isto é, para cada classe social verificar-se-á um efeito distinto, ou seja, a opção pelo gás ou pela permanência no horário de ponta é observada nas classes sociais que possuem um poder aquisitivo elevado. Por outro lado, em classes de baixo poder aquisitivo, predomina a migração para fora do horário de ponta.

Desta forma, pode-se dizer que o conforto é a válvula propulsora das classes de maior poder aquisitivo, ao contrário, nas classes de menor poder aquisitivo, é a economia verificada na conta de energia no final do mês. Este paradigma, isto é, conforto-economia será analisado e discutido de maneira mais profunda nos primeiros dois tópicos deste capítulo.

Os últimos dois tópicos serão destinados à construção de parâmetros que serão utilizados na elaboração das políticas públicas no capítulo 6. Dentre estes dois tópicos, pode-se enfatizar o último que apresenta a construção das novas tarifas de energia da ponta e fora da ponta.

## **4.2 Pesquisas Sócio-Econômicas**

Para estudar os dois efeitos mencionados acima, ou seja, a migração para fora do horário de ponta e a migração para o gás, primeiramente serão apresentadas as pesquisas que retratam as condições sócio-econômicas e as desigualdades sociais da sociedade brasileira. Alguns órgãos, tais como, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE) e Associação Nacional de Empresas de Pesquisa (ANEP) são responsáveis por elaborar e realizar pesquisas junto à população com intuito de obter informações para o estudo do desenvolvimento sócio-econômico do País.

A Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD) é realizada anualmente, investigando, de forma permanente, os temas habitação, rendimento e trabalho, associados a aspectos demográficos e educacionais. Como o seu próprio nome indica, a PNAD é realizada por meio de uma amostra de domicílios e a sua abrangência geográfica vem se ampliando, gradativamente, desde que foi iniciada em 1967. Em 1981, a PNAD alcançou todo o País, com exceção da área rural da Região Norte, que compreendia as seguintes Unidades da Federação: Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá, [22].

A tabela 4.1 apresenta a distribuição das pessoas de 10 anos ou mais de idade, por grandes regiões, segundo as classes de rendimento mensal, em salários mínimos, em 2001.

**Tabela 4. 1 – Classes de Rendimento mensal, em salários mínimos.**

Classes de rendimento mensal em salários mínimos	Distribuição das pessoas de 10 anos ou mais de idade (%)					
	Brasil	Norte urbana	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Até 1	18,9	18,3	29,8	13,5	15,3	17,7
Mais de 1 a 2	16,8	17,8	15,1	16,5	19,2	18,9
Mais de 2 a 3	8,3	7,5	4,4	10,0	10,5	8,8
Mais de 3 a 5	7,5	6,0	3,4	9,5	9,7	6,9
Mais de 5 a 10	5,5	4,0	2,3	7,4	6,5	5,5
Mais de 10 a 20	2,5	1,6	1,1	3,3	2,8	2,7
Mais de 20	1,1	0,7	0,5	1,5	1,2	1,6
Sem rendimento	38,5	43,8	42,7	36,9	34,2	37,5
Sem declaração	0,9	0,3	0,65	1,4	0,5	0,4

Fonte: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2001: Brasil, grandes regiões, unidades da federação e regiões metropolitanas. Síntese de indicadores 2001: Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1CD-ROM.

(1) Exclui a população da área rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá.

A segunda pesquisa a ser apresentada nesse trabalho foi desenvolvida pelo IBOPE no ano de 2000, com intuito de levantar o nível sócio-econômico da sociedade brasileira. A Associação Nacional de Empresas de Pesquisa utilizou os dados levantados pelo IBOPE e construiu o Critério de Classificação Econômica no Brasil, [23].

O “Critério de Classificação Econômica Brasil” enfatiza o poder de compra das pessoas e famílias urbanas, abandonando a pretensão de classificar a população em termos de “classes sociais”. A divisão de mercado definida pelas entidades é, exclusivamente de classes econômicas. Esse critério apresenta uma discriminação efetiva do poder de compra entre as diversas regiões brasileiras revelando importantes diferenças entre elas. A tabela 4.2 apresenta a distribuição da população por região metropolitana. Já a tabela 4.3 apresenta a renda média familiar por classes econômicas.

**Tabela 4. 2 – Distribuição da população por região metropolitana.**

Classe	Total	GDE Fort	GDE REC	GDE SALV	GDE BH	GDE RJ	GDE SP	GDE CUR	GDE POA	DF
A <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
A <sub>2</sub>	5	4	4	4	5	4	6	5	5	9
B <sub>1</sub>	9	5	5	6	8	9	10	10	7	9
B <sub>2</sub>	14	7	8	11	13	14	16	16	17	12
C	36	21	27	29	38	39	38	36	38	34
D	31	45	42	38	32	31	26	28	28	28
E	4	17	14	10	4	3	2	5	5	4

Fonte: ANEP – Associação Nacional de Empresas de Pesquisa.  
GDE: Região metropolitana.

*Tabela 4. 3 – Renda média familiar por classes econômicas.*

<b>Classe</b>	<b>Renda média Familiar (R\$)</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	7.793
<b>A<sub>2</sub></b>	4.648
<b>B<sub>1</sub></b>	2.804
<b>B<sub>2</sub></b>	1.669
<b>C</b>	927
<b>D</b>	424
<b>E</b>	207

Fonte: ANEP – Associação Nacional de Empresas de Pesquisa.

As duas pesquisas apresentadas acima serão fundamentais para o desenvolvimento dos próximos capítulos que visam, em princípio, estudar os efeitos da aplicação de uma tarifa diferenciada para cada classe social, ou seja, cada classe social reage de uma maneira específica, sob a ótica de uma nova estrutura tarifária. Em seguida, estudar-se-á em específico para cada classe social a substituição de energéticos, visando um aumento do consumo do gás natural no setor residencial para aquecimento de água.

Para o desenvolvimento dos modelos matemáticos, os quais definirão as funções de migração e substituição, serão utilizados somente os dados contidos nas tabelas 4.2 e 4.3. Na tabela 4.2 utilizar-se-ão os dados referentes a regiões metropolitanas de São Paulo, devido à existência de concessionárias que distribuem energéticos alternativos, tais como, a Companhia de Gás de São Paulo - COMGAS, Gás Natural São Paulo Sul e Gás Brasileiro.

Pode-se observar que a tabela 4.3 apresenta somente a renda média familiar por classe social, não há limites inferior e superior que definem um intervalo específico para cada classe. Desta forma, nos modelos matemáticos que definem as funções de migração para fora do horário de ponta e substituição para o gás, utilizar-se-á a renda média da classe e não uma renda específica para cada indivíduo que compõe cada classe.

De forma a simplificar, as funções de migração para fora do horário de ponta e substituição para o gás serão chamadas: funções de migração e substituição respectivamente.

### 4.3 Aspectos da Renda no Processo Migratório para Fora do Horário de Ponta:

A partir dos dados contidos nas tabelas 4.2 e 4.3, pode-se construir um modelo matemático que satisfaça o binômio técnico-social apresentado no tópico 4.1. Primeiramente, apresentar-se-á um modelo que retrata o comportamento de cada classe social sob a ótica de uma nova estrutura tarifária, ou seja, para classes sociais com um nível de renda menor, observa-se um êxodo do horário de ponta, incorrendo assim, em uma mudança dos hábitos cotidianos de banho da sociedade. Em seguida, será apresentado um modelo, que evidencia o comportamento de cada classe social perante uma substituição de energéticos, eletricidade – gás, para aquecimento de água. Essa substituição está intrinsecamente correlacionada com o aumento do conforto e do bem-estar do consumidor.

O primeiro modelo matemático a ser apresentado retrata os efeitos sociais e técnicos, oriundos da implementação de uma nova estrutura tarifária. Correlacionado com um processo migratório, tem-se simultaneamente uma diminuição da demanda, aliviando o sistema elétrico no horário de ponta. Esse modelo define a função de migração, a qual está apresentada na expressão 4.1.

$$mig = 1 - e^{\frac{-k_e \cdot (t-1)}{y_i^2}} \quad (4.1)$$

Como nesse modelo foi incorporado somente o efeito da renda, o coeficiente  $k_e$  será igual ao coeficiente  $k$ , apresentado no capítulo anterior no tópico 3.4. Dentro desse contexto, substituindo o valor de  $k_e$ , na expressão 4.1, pode-se obter a lei matemática que rege esse modelo.

$$mig = 1 - e^{\frac{0.1713}{y_i^2}} \cdot e^{\frac{-0.1713 \cdot t}{y_i^2}} \quad (4.2)$$

onde:

- $k_e$ : coeficiente de migração para fora do horário de ponta;
- $t$ : razão da tarifa na ponta e fora da ponta;

- $y$ : razão da renda específica de cada classe e da renda média global ( $y_i = Y_i / Y_m$ ).

A renda média será obtida a partir da multiplicação da probabilidade de ocorrência de cada classe pela renda média familiar. Para a região metropolitana de São Paulo a renda média pode ser calculada a partir da expressão 4.3:

$$Ym_{SP} = 1 \cdot 7793 + 6 \cdot 4648 + 10 \cdot 2804 + 16 \cdot 1669 + 38 \cdot 927 + 26 \cdot 424 + 2 \cdot 207$$

$$Ym_{SP} = 1371 \quad (4.3)$$

A função de migração representada pela expressão 4.1 retrata o consumidor brasileiro que perante uma tarifa elevada no horário de ponta e uma renda familiar restrita, vê-se obrigado a mudar os seus hábitos cotidianos de banho, a fim de poupar energia e dinheiro simultaneamente. Essa mudança de comportamento traz consigo um efeito migratório singular para cada classe social, ou seja, mediante uma determinada relação  $t$ , classes econômicas com um nível de renda mais baixo, apresentarão um processo migratório mais acentuado, já em classes cujo nível de renda é mais alto esse efeito é amenizado. Esse efeito pode ser visualizado no gráfico da figura 4.1.

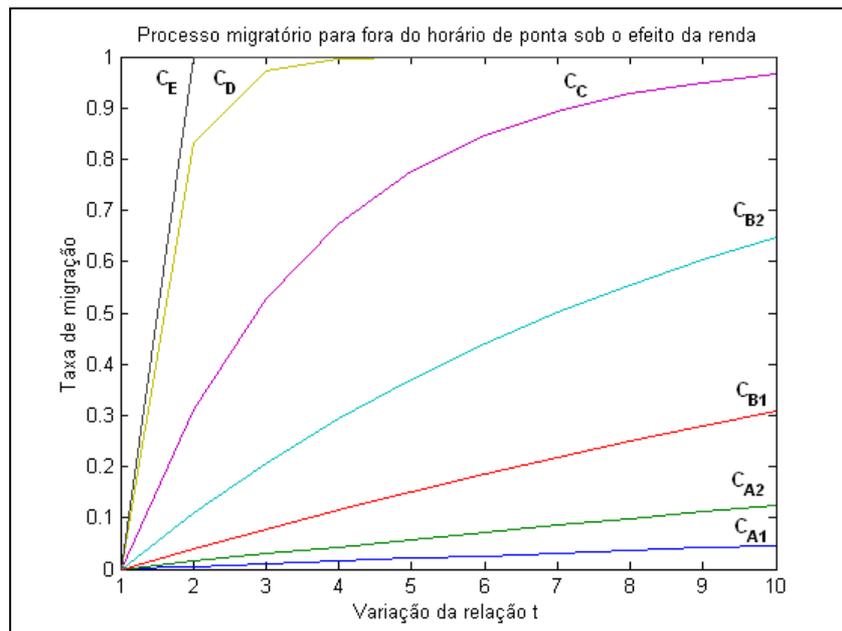


Figura 4.1 – Processo migratório considerando o efeito da renda.

O gráfico da figura 4.1 apresenta um processo migratório para fora do horário de ponta específico para cada classe social. Observa-se que as classes  $E$  e  $D$ , apresentam

uma intensa migração para fora do horário de ponta, ou seja, para um valor de  $t$  igual a 2, percebe-se um deslocamento da classe  $E$  de aproximadamente 100%. Desta forma, os consumidores de baixa renda, deixarão de pagar uma tarifa elevada no horário de ponta. Dentro desse contexto, no final do mês haverá uma renda adicional disponível, a qual pode ser utilizada, por exemplo, para comprar alimentos, proporcionando assim um aumento do bem-estar social.

Por outro lado, pode-se observar que os hábitos cotidianos de banho dos consumidores das classes sociais  $A_1$  e  $A_2$  não mudam consideravelmente, ou seja, o processo migratório para fora do horário de ponta é insignificante para essas classes, pois as mesmas visam somente o aumento do conforto e do bem-estar social.

#### **4.4 Aspectos da Renda na Substituição de Energéticos: Energia Elétrica – Gás Natural.**

Após a construção da função de migração, apresentada no item anterior, pode-se iniciar a elaboração e construção do segundo modelo, o qual define a função de substituição. Esse modelo retrata a substituição de energia elétrica pelo gás natural para aquecimento de água. Essa transferência de insumos energéticos traz consigo, o desenvolvimento do mercado de gás natural no setor residencial e o aumento do conforto que o gás proporciona comparado com a energia elétrica.

Hoje no Brasil não há pesquisas de mercado que retratem o avanço e o desenvolvimento do mercado do gás natural no setor residencial. Desta forma, é muito difícil prever ou estimar uma taxa de substituição de energéticos, pois a mesma, depende de inúmeros fatores, tais como, renda familiar, acessibilidade, economicidade, confortabilidade e finalmente legalidade.

Observando as tabelas 4.1, 4.2 e 4.3, apresentadas no tópico 4.3, conclui-se que a renda familiar é uma restrição econômica que afeta significativamente a taxa de substituição. A maioria das classes sociais, não possui condições sócio-econômicas para efetuar uma substituição de energéticos. Aliado a renda, tem-se o problema da economicidade, ou seja, os custos envolvidos na compra e na instalação dos equipamentos. Por exemplo, o chuveiro elétrico possui uma tecnologia simples e apresenta baixos custos de aquisição e de implantação. Já os equipamentos a gás natural, apresentam elevados custos tanto de aquisição quanto de implantação.

Normalmente esses custos inviabilizam a aquisição e a implantação desses equipamentos nas residências.

Um outro problema é a acessibilidade, a qual pode ser definida como sendo a facilidade de obtenção de um energético específico, tais como, a energia elétrica e o gás natural. Esses energéticos são caracterizados por uma indústria de rede e necessitam de investimentos em infra-estrutura para serem disponibilizados aos consumidores. Diante disso, esses produtos não abrangem todo mercado.

De acordo com a Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, atualmente o Estado de São Paulo possui 36.969,5 milhões de habitantes, mas somente 375,891 mil habitantes possuem gás encanado [2]. Observando os dados acima, nota-se que o mercado de gás no Brasil, ainda é muito incipiente. Entretanto, vale lembrar que o gás natural é um nicho de mercado em franca expansão, ou seja, as concessionárias de gás estão investindo em gasodutos, com intuito de elevar e desenvolver o consumo desse insumo em todos os setores da sociedade.

Finalmente, há dois aspectos importantes que incentivam a substituição de energéticos, em seu uso final.

- Conforto exigido pelo consumidor: O consumidor pode optar por um ou outro energético segundo o nível de conforto que o mesmo lhe proporciona. Esse conforto está vinculado ao nível de renda do consumidor.

Dentro desse contexto, para cada classe social tem-se um padrão ou nível de conforto que satisfaz o consumidor. Para classes sociais de alta renda, os níveis de conforto são mais elevados, ou seja, esses consumidores estão sempre em busca de algo que satisfaça o seu bem-estar. Para essas classes sociais, há uma substituição incessante de energéticos em seu uso final. Sabe-se que os aquecedores a gás natural mantêm a temperatura da água em torno de 35 a 39°C para uma ampla faixa de vazão, essa tecnologia eleva os padrões de conforto no momento do banho.

Por outro lado, os níveis de conforto são mais baixos para classes sociais, cujas restrições orçamentárias são maiores. Para essas classes sociais, não há uma substituição de energéticos em seu uso final, devido aos custos de implantação e aquisição dos aquecedores a gás. Todavia, pode-se elaborar

políticas públicas que incentivam o aumento do consumo de gás em classes sociais cujo nível de renda não é elevado.

- Decreto 24714: O segundo aspecto que incentiva o desenvolvimento do uso do gás natural, é o Decreto 24714, de 07/10/1987. O mesmo estabelece que as edificações novas ou as existentes que foram objeto de reforma devem dispor de canalizações até o local destinado à instalação de equipamentos para aquecimento de água. Embora esse decreto apresente falhas em sua elaboração, o mesmo induz que novas edificações sejam construídas visando a instalação hidráulica para água quente [16, 24].

Diante de tantas implicações que impedem o desenvolvimento e o avanço do mercado do gás natural, é difícil estimar uma taxa de substituição de energéticos em seu uso final. Primeiramente foi adotado um valor de 20%<sup>8</sup> para a taxa de substituição, ou seja, acredita-se que 20% dos 375,891 consumidores ligados ao sistema de distribuição de gás canalizado viessem a substituir a energia elétrica por gás natural para aquecimento de água.

Contemplando todos esses argumentos mencionados acima, pode-se construir o segundo modelo matemático mencionado no início deste tópico. Para isso é necessário conhecer a taxa de substituição e a renda específica de cada classe. Assim sendo, a função de substituição está apresentada pela expressão 4.4:

$$subs_i = 1 - e^{-k_G \cdot y_i^2} \quad (4.4)$$

onde:

- $subs_i$  : substituição de energia elétrica por gás natural específica para cada classe social;
- $k_G$  : coeficiente de substituição energia elétrica – gás natural;

---

<sup>8</sup> Estabeleceu-se como taxa de migração para o gás um valor de 20%, sendo que, não há dados disponíveis na literatura que comprovam a validade do mesmo, entretanto, este valor foi adotado em uma conversa com a COMGAS.

- $y_i$ : razão da renda específica de cada classe e a renda média global ( $y_i = Y_i / Y_m$ ).

A partir da expressão 4.4, pode-se calcular o valor de  $k_G$ , que satisfaça a taxa de migração mencionada acima. Para isso, realizar-se-á um somatório envolvendo o efeito da substituição de cada classe social.

$$T_{subs} = C_{A1} \% \cdot (1 - e^{-k_G \cdot y_{A1}^2}) + C_{A2} \% \cdot (1 - e^{-k_G \cdot y_{A2}^2}) + C_{B1} \% \cdot (1 - e^{-k_G \cdot y_{B1}^2}) + C_{B2} \% \cdot (1 - e^{-k_G \cdot y_{B2}^2}) + C_C \% \cdot (1 - e^{-k_G \cdot y_C^2}) + C_D \% \cdot (1 - e^{-k_G \cdot y_D^2}) + C_E \% \cdot (1 - e^{-k_G \cdot y_E^2}) \quad (4.5)$$

onde:

- $T_{subs}$ : representa a taxa de substituição;
- $\%C_i$ : representa o percentual da classe, mencionado na tabela 4.2;
- $y_i^2$ : razão da renda específica de cada classe e a renda média global ( $y = R_i / R_m$ ).

Substituindo os valores na expressão 4.5, obtêm-se para o coeficiente  $k_G$  um valor de 0,20015289.

Substituindo o coeficiente  $k_G$ , na expressão 4.4, pode-se obter a parcela da classe social que migra para o gás natural e a parcela que permanece na energia elétrica.

**Tabela 4. 4 – Porcentagens das classes que migram para o gás natural e que permanecem na energia elétrica.**

Classe Social	%migração por classe p/ o gás	%migração no total	%permanece na E.E por classe	%permanece na E.E total
A <sub>1</sub>	99,844	0,984	0,156	0,00156
A <sub>2</sub>	89,998	5,399	10,021	0,6013
B <sub>1</sub>	56,708	5,671	43,291	4,3291
B <sub>2</sub>	25,668	4,107	74,331	11,893
C	8,7444	3,323	91,255	34,677
D	1,8960	0,493	98,104	25,507
E	0,45522	0,000	99,545	1,9909
Total	--	20	--	80

Os resultados apresentados na tabela 4.4 retratam os diversos anseios da população. As classes sociais com elevado poder aquisitivo buscam incessantemente um

maior conforto. Por outro lado, à medida que decresce o poder de compra das classes, observa-se um desejo de economizar para satisfazer as necessidades do cotidiano.

A coluna 2 retrata a porcentagem de cada classe social que substitui a energia elétrica por gás natural. Observa-se que nas classes com maior poder aquisitivo, ou seja, as classes  $A_1$  e  $A_2$ , a substituição ou a migração para o gás natural é mais acentuada, pois esses consumidores visam elevar a satisfação ou conforto de forma a aumentar o seu bem-estar social. Esse efeito decresce à medida que o poder aquisitivo da classe social diminui.

Observando a coluna 3 da tabela 4.4, percebe-se que o efeito da substituição é mais pronunciado nas classes sociais que detêm uma maior concentração populacional. Dentro desse contexto, a classe  $A_1$ , possui uma participação 0,984%, pois a mesma representa aproximadamente 1% da distribuição total da população.

Por outro lado, a porcentagem de cada classe social que permanece na energia elétrica está estritamente vinculada ao poder aquisitivo das mesmas. Para as classes de baixa renda observa-se uma permanência quase absoluta na energia elétrica. Esse efeito pode ser observado na coluna 4 da tabela 4.4.

Dentro desse contexto, o modelo apresentado teve como objetivo satisfazer o binômio técnico-social, ou seja, incentivar para cada classe social, a migração para fora do horário de ponta e a substituição de energéticos.

No âmbito técnico observou-se uma diminuição da carga no horário de ponta e um aumento do consumo de gás natural. Já no âmbito social, as classes sociais de baixa renda, obtiveram um aumento de renda global, em consequência da nova estrutura tarifária. Já as classes com um nível de renda maior obtiveram um aumento do conforto nos hábitos cotidianos de banho, pois houve uma substituição de energéticos.

#### **4.5 Construção dos patamares: Ponta, Fora da Ponta e gás, para cada classe social**

O tópico 4.4 destinou-se primeiramente à construção de um modelo matemático, que retrata o comportamento de uma dada amostra sob a ótica de uma nova estrutura tarifária. Em seguida, foi elaborado um modelo que retrata a satisfação de conforto do consumidor, sob o ponto de vista da substituição de energéticos.

Dentro desse contexto, esse tópico tem como propósito obter para cada classe social a porcentagem da amostra que migra para o gás e que permanece na energia

elétrica, sendo que, essa última ainda será subdividida em ponta e fora da ponta. Todos os cálculos subsequentes serão referentes à classe social  $B_2$ <sup>9</sup> e podem ser estendidos para as demais classes de maneira análoga.

Para realizar essa análise, é necessário conhecer primeiramente, a porcentagem da amostra que se encontra dentro e fora do horário de ponta. Esses valores estão apresentados na tabela 3.5 do capítulo 3. Para facilitar a compreensão, os mesmos, serão apresentados novamente na tabela 4.5.

*Tabela 4. 5 – Percentual da amostra que se encontra dentro e fora do horário de ponta.*

Amostra no H. de Ponta	54,53 [%]
Amostra Fora H. de Ponta	45,47 [%]

Pode-se observar que na tabela 4.5, toda a amostra está concentrada dentro ou fora do horário de ponta. Observa-se que, ainda não há nenhuma distinção de tarifas e nem migração para o gás.

Prosseguindo nessa análise, a tabela 4.4 do tópico 4.4, apresenta os valores de migração para o gás, específico para cada classe social. Os valores específicos para a classe  $B_2$  estão apresentados na tabela 4.6:

*Tabela 4. 6 – Distribuição da classe  $B_2$  entre os insumos energéticos.*

Classe Social	[%] migração para o gás	[%] Energia elétrica
$B_2$	25,67	74,33

Dentro desse contexto, pode-se construir uma nova tabela com intuito de redistribuir o percentual da classe que permaneceu na energia elétrica, na ponta e fora da ponta, respectivamente. Esses valores se encontram na tabela<sup>10</sup> 4.7:

*Tabela 4. 7 – Redistribuição do percentual da classe que permaneceu na energia elétrica.*

Classe no H. de Ponta	40,53 [%]
Classe fora do H. de Ponta	33,80 [%]
Classe migra p/ o gás	25,67 [%]

---

<sup>9</sup> Escolheu-se a classe  $B_2$ , pois é uma classe intermediária.

<sup>10</sup> Para a obtenção da porcentagem da classe no horário de ponta, realizou-se uma multiplicação entre a amostra no horário de ponta contida na tabela 4.5 e a porcentagem da classe  $B_2$  que permaneceu na energia elétrica, a qual está contida na tabela 4.6. De forma análoga realizou-se para a porcentagem da classe fora do horário de ponta.

Finalmente, ao aplicar a nova estrutura tarifária para a classe B<sub>2</sub>, observa-se uma nova redistribuição dos percentuais da mesma. Este movimento singular entre os patamares desta classe está intimamente correlacionado com a relação  $t$  definida no capítulo 3. Isto é, para uma dada relação  $t$  há uma migração maior ou menor para fora do horário de ponta. Desta forma, o percentual da população que migra e que permanece no horário de ponta que estão apresentados na tabela 4.8, (para  $t=6,65$ ) foram extraídos do gráfico da figura 4.1 do tópico 4.3.

*Tabela 4. 8 – Percentual que migra para fora do horário de ponta para a classe B<sub>2</sub>.*

Migração para fora do H. de Ponta	47,88 [%]
Permanece no Horário de Ponta	52,12 [%]

A nova redistribuição dos percentuais da classe será calculada da seguinte maneira:

$$[\%]Ponta = [\%]Clas. H. Ponta - ([\%] Mig. fora H. Ponta * [\%]Clas. H. Ponta)/100 \quad (4.6)$$

$$[\%]Fora H.P = [\%]Clas. Fora. H. Ponta + ([\%] Mig. fora H. Ponta * [\%]Clas. H. Ponta)/100 \quad (4.7)$$

onde:

- $[\%]Ponta$ : Novo percentual da classe que se encontra dentro do horário de ponta;
- $[\%]Clas. H. Ponta$ : Percentual da classe que permaneceu no horário de ponta após a migração para o gás;
- $[\%] Mig. fora H. Ponta$ : Percentual da classe que migra para fora do horário de ponta.
- $[\%]Fora H.Ponta$ : Novo percentual da classe que se encontra fora do horário de ponta;
- $[\%]Clas. Fora. H. Ponta$ : Percentual da classe que se encontra fora do horário de ponta após a migração para o gás;

Substituindo os valores nas expressões 4.6 e 4.7, tem-se os seguintes resultados:

$$[\%]Ponta = 40,53 - (47,88 \cdot 40,53)/100 = 21,13$$

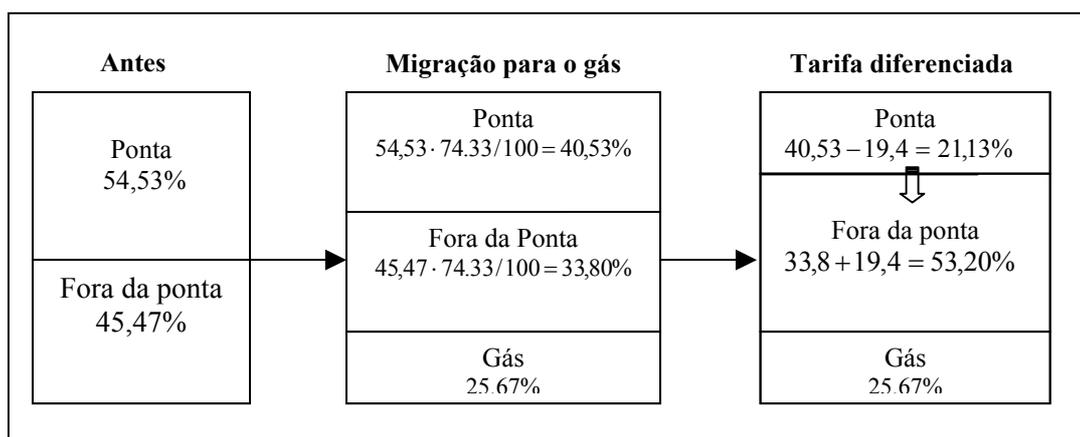
$$[\%] \text{ Fora H.P} = 33,80 + (47,88 \cdot 40,53) = 53,20$$

Em resumo, a nova distribuição da classe B<sub>2</sub> está apresentada na tabela 4.9:

*Tabela 4. 9 – Nova distribuição da classe B<sub>2</sub>.*

Classe no H. de Ponta	21,13 [%]
Classe fora do H. de Ponta	53,20 [%]
Classe migra p/ o gás	25,67 [%]

De forma a facilitar a compreensão da construção dos patamares ponta, fora de ponta e gás construiu-se a figura 4.2.



*Figura 4. 2 Detalhamento da construção dos patamares ponta, fora da ponta e gás.*

Observando a tabela 4.9, nota-se que com a nova tarifa 53,20% da classe toma banho fora do horário de ponta, isto é, há uma mudança nos hábitos cotidianos de banho dessa classe, em virtude da elevada tarifa no horário de ponta. Por outro lado, a busca pelo conforto ou pelo aumento do bem-estar, leva aproximadamente um quarto da classe a migrar para o gás.

Como mencionado acima, a análise realizada para a classe B<sub>2</sub>, pode ser estendida para as demais classes. Esses resultados podem ser observados na tabela 4.10.

*Tabela 4. 10 – Nova distribuição das classes sociais.*

		<b>Situação Original</b>	<b>Situação final</b>
<b>Classe A1</b>	Ponta	54,53%	0,08%
	Fora Ponta	45,47%	0,07%
	Gás	0,00%	99,84%
<b>Classe A2</b>	Ponta	54,53%	5,02%
	Fora Ponta	45,47%	5,00%
	Gás	0,00%	89,98%
<b>Classe B1</b>	Ponta	54,53%	23,61%
	Fora Ponta	45,47%	19,68%
	Gás	0,00%	56,71%
<b>Classe B2</b>	Ponta	54,53%	21,13%
	Fora Ponta	45,47%	53,20%
	Gás	0,00%	25,67%
<b>Classe C</b>	Ponta	54,53%	6,09%
	Fora Ponta	45,47%	85,16%
	Gás	0,00%	8,74%
<b>Classe D</b>	Ponta	54,53%	0,05%
	Fora Ponta	45,47%	98,06%
	Gás	0,00%	1,90%
<b>Classe E</b>	Ponta	54,53%	0,00%
	Fora Ponta	45,47%	99,54%
	Gás	0,00%	0,46%

Ao observar a tabela 4.10, nota-se dois grandes blocos. O primeiro é constituído pelas classes sociais que apresentam um elevado nível de renda. Nesse bloco, observa-se uma intensa migração para o gás, em virtude do aumento do conforto e do bem-estar social que o mesmo proporciona. À medida que o poder aquisitivo das classes diminui, a tendência é diminuir gradativamente a migração para o gás, e simultaneamente aumentar de maneira significativa o percentual de cada classe que se desloca para fora do horário de ponta. Claro que esse deslocamento é observado devido à baixa tarifa de energia desse horário.

Dentro desse contexto, pode-se observar dois efeitos distintos, o primeiro é a busca incessante pelo conforto, mesmo que esse exija um dispêndio maior de renda, pelas classes sociais que detêm um maior poder aquisitivo. Por outro lado, observa-se nas classes de menor poder aquisitivo, uma mudança nos hábitos cotidianos de banho, em virtude da elevada tarifa no horário de ponta. Esse movimento acaba favorecendo essas classes, à medida que gera uma economia, talvez pequena, mas necessária de energia elétrica no final do mês.

Esses efeitos discutidos anteriormente podem ser observados na tabela 4.10, ao comparar as duas classes extremas. A classe  $A_I$  apresenta uma migração de aproximadamente 100% para o gás natural. Já na classe  $E$ , praticamente não há migração para o gás e aproximadamente toda a classe migra para fora do horário de ponta, em busca não de conforto, mas de uma economia na conta de energia elétrica.

## **4.6 Construção das Tarifas de Energia Elétrica**

O tópico anterior teve como propósito elaborar uma metodologia que retratasse a situação específica de cada classe sob a ótica da nova estrutura tarifária em conjunto com a substituição de insumos em seu uso final. Isso significa que para cada classe há um percentual que migra para o gás, um percentual que permanece na energia elétrica, sendo que para este último, uma parcela se encontra dentro do horário de ponta e outra migra para fora do horário de ponta.

O presente tópico destina-se à construção de uma tarifa de energia elétrica sob os moldes de uma estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas. Até esse momento, utilizou-se as tarifas de energia do Projeto Piloto realizado pela CEMIG. Também é importante salientar que, essa dissertação está propondo uma modificação do energético usado no banho, para isso é necessário que a região em análise, apresente um subsistema distribuidor de energéticos alternativos. Dentro desse contexto, adotou-se o estado de São Paulo, em específico aquelas regiões que já possuem a distribuição de gás canalizado.

A nova tarifa de energia será originada a partir da quebra da tarifa de baixa tensão da Eletropaulo, em tarifa de ponta e fora de ponta. Todavia, é necessário definir como será o processo de ruptura da tarifa original.

Primeiramente, deve-se conhecer o percentual de cada classe que permaneceu na energia elétrica após a migração para o gás. Esses percentuais específicos para cada classe social já foram apresentados e podem ser visualizados na tabela 4.4 do tópico 4.4. Nesse tópico recorrer-se-á somente à coluna 4 da tabela 4.4, de forma a facilitar a compreensão do processo de construção das novas tarifas.

*Tabela 4. 11 – Percentual de cada classe que permaneceu na energia elétrica.*

Classe Social	%permanece na E.E total
A <sub>1</sub>	0,00156
A <sub>2</sub>	0,6013
B <sub>1</sub>	4,3291
B <sub>2</sub>	11,893
C	34,677
D	25,507
E	1,9909

É necessário definir, em primeiro lugar, o pagamento de energia elétrica para cada classe social, após a escolha do gás. O mesmo pode ser calculado através da expressão 4.8.

$$P_{Ci} = (T_e \cdot C_{E.Ei}) \quad (4.8)$$

onde:

- $P_{Ci}$ : Pagamento de energia de cada classe;
- $T_e$ : Tarifa original de energia elétrica;
- $C_{E.Ei}$ : Parcela da classe que permaneceu na energia elétrica. Estes dados estão mostrados na tabela 4.11.

Assim sendo, o pagamento total anterior ao processo de quebra pode ser obtido a partir do somatório da parcela de cada classe que permaneceu na energia elétrica multiplicada pela tarifa de energia original. Este somatório, referente à parcela da classe que permaneceu na energia elétrica está expresso na expressão abaixo:

$$P_{TA} = T_e \cdot \sum_{i=A_1}^E C_{E.Ei} \quad (4.9)$$

onde:

- $P_{TA}$ : Pagamento total anterior ao processo de quebra da tarifas de energia;

- $\sum_{i=A_1}^E C_{E.E_i}$  : Somatório da parcela de cada classe que permaneceu na energia elétrica;

Substituindo os valores, mostrados na tabela 4.11 na expressão 4.9, pode-se obter o pagamento final, contemplando assim, todas as classes envolvidas nessa análise.

$$P_{TA} = T_e \cdot 0,79 \quad (4.10)$$

Finalmente, pode-se construir as tarifas diferenciadas, as quais serão utilizadas nas análises que serão realizadas no próximo capítulo. Entretanto, é importante salientar que o pagamento global anterior, deve ser estritamente igual ao pagamento após a construção das novas tarifas. Desta forma, as tarifas serão construídas a partir da expressão 4.11:

$$P_{CPi} = C_{E.E_i} \cdot (P_i \cdot T_p + (1 - P_i) \cdot T_{FP}) \quad (4.11)$$

onde:

- $P_{CPi}$ : Pagamento de cada classe após a construção das novas tarifas de energia;
- $C_{E.E_i}$ : Parcela da classe que permaneceu na energia elétrica;
- $P_i$ : Parcela de cada classe que permaneceu no horário de ponta. Estes valores estão apresentados na tabela 4.10 do tópico 4.5;
- $T_p$ : Tarifa no horário de ponta;
- $T_{FP}$ : Tarifa fora do horário de ponta.

A relação de tarifa  $t$ , razão entre a tarifa de energia na ponta e fora da ponta será definida como sendo 6,65. Observa-se que é a mesma relação  $t$  utilizada nas análises dos capítulos anteriores. Aplicando essa relação na expressão 4.12, tem-se o seguinte resultado:

$$P_{CP_i} = C_{E.E_i} \cdot (P_i \cdot t \cdot T_{FP} + (1 - P_i) \cdot T_{FP}) \quad (4.12)$$

Simplificando a expressão 4.12, tem-se:

$$P_{CP_i} = T_{FP} \cdot C_{E.E_i} \cdot ((t - 1) \cdot P_i + 1) \quad (4.13)$$

A expressão 4.13 representa o pagamento específico para cada classe social. Entretanto, vale ressaltar que, o importante é a obtenção do pagamento global, o qual será obtido a partir de um somatório envolvendo todas as classes sociais.

Dentro desse contexto, expandindo a expressão 4.13, para as demais classes, pode-se obter o referido pagamento, conforme mencionado acima:

$$P_{CP} = T_{FP} \cdot \sum_{i=A_1}^E C_{E.E_i} \cdot ((t - 1) \cdot P_i + 1) \quad (4.14)$$

Desenvolvendo a expressão 4.14, tem-se:

$$P_{CP} = T_{FP} \left( \sum_{i=A_1}^E C_{E.E_i} \cdot (t - 1) \cdot P_i + \sum_{i=A_1}^E C_{E.E_i} \right) \quad (4.15)$$

onde:

- $t$ : Relação de tarifa de energia na ponta e fora da ponta;
- $\sum C_{E.E_i}$ : Somatório da parcela de cada classe que permaneceu na energia elétrica;

Substituindo o valor da relação  $t$  e os valores correspondentes à parcela de cada classe que permaneceu na energia elétrica na expressão 4.15, tem-se a seguinte expressão:

$$P_{CP} = T_{FP} \left( 5,65 \cdot \sum_{i=A_1}^E C_{E.E_i} \cdot P_i + 0,79 \right) \quad (4.16)$$

Após vários desenvolvimentos matemáticos, foi possível construir um alicerce, o qual está representado pelas expressões 4.10 e 4.16. Isto é, estas duas expressões representam o pagamento anterior e o pagamento posterior à quebra da tarifa de energia original em ponta e fora da ponta. Desta forma, igualando estas duas expressões, pode-se obter as novas tarifas, as quais serão importantes para as análises que serão feitas no próximo capítulo.

$$0,79T_e = T_{FP} \left( 5,65 \cdot \sum_{i=A_1}^E C_{E.E_i} \cdot P_i + 0,79 \right) \quad (4.17)$$

A partir da expressão 4.17, pode-se obter a tarifa fora do horário de ponta:

$$T_{FP} = \frac{0,79}{\left( 5,65 \cdot \sum_{i=A_1}^E C_{E.E_i} \cdot P_i + 0,79 \right)} \cdot T_e \quad (4.18)$$

Finalmente, as expressões que retratam as tarifa de energia fora e dentro do horário de ponta estão apresentadas abaixo:

$$T_{FP} = 0,710797 \cdot T_e \quad (4.19)$$

$$T_p = t \cdot T_{FP} \quad (4.20)$$

Como mencionado no início deste tópico, será adotada para essa dissertação, a tarifa de energia para baixa tensão da Eletropaulo. Conforme a Resolução da ANEEL

Nº324 de 04/04/2003, o valor da tarifa é 0,308783 [R\$/kWh]. Esse valor já contempla a parcela referente ao ICMS<sup>11</sup>.

Mediante a tarifa da Eletropaulo, pode-se obter os valores das tarifas de ponta e fora de ponta, conforme mostrado na tabela 4.12:

*Tabela 4. 12 – Tarifas de energia na ponta e fora do horário de ponta.*

Tarifa de energia na ponta	1,459556
Tarifa de energia fora da ponta	0,219482

## **4.7 Considerações Finais**

A construção das políticas públicas no sexto capítulo requer que sejam conhecidos os aspectos intrínsecos do binômio técnico-social, definido no início deste capítulo. O primeiro aspecto analisado deste binômio foi à influência da renda na migração para fora do horário de ponta. Assim sendo, deve-se ressaltar que conforme diminui a renda da classe, verifica-se um aumento na migração para fora do horário de ponta. Este êxodo visa à economia na conta de energia no final do mês, proveniente da baixa tarifa fora do horário de ponta.

Por outro lado, o segundo aspecto está relacionado com a substituição de gás – eletricidade no seu uso final. Sabe-se que ainda há várias barreiras que impedem o avanço do gás no setor residencial.

Definido um valor para a taxa de migração para o gás, foi possível realizar várias análises, dentre elas, conforme o poder aquisitivo da classe aumenta, observou-se que a migração para o gás natural também aumenta. Logo, pode-se concluir que, as classes que detêm um maior poder aquisitivo correm em busca do conforto, pois sabe-se que o aquecedor a gás fornece uma vazão muito superior ao chuveiro elétrico, aumentando assim o conforto do indivíduo no momento do banho.

Os dois últimos tópicos desse capítulo destinaram-se à construção dos patamares ponta, fora de ponta e gás e à construção das tarifas diferenciadas de energia elétrica. Sendo que os mesmos, constituem a base para a elaboração das políticas públicas do capítulo 6.

---

<sup>11</sup> Utilizou-se uma alíquota de 12%. Sendo que este valor é aplicado à conta residencial que apresente um consumo mensal até 200 [KWh].

# Capítulo 5

## A Teoria do Bem-Estar na Definição das Políticas Públicas

### 5.1 Considerações Iniciais

Como o objetivo desta dissertação é formular políticas públicas, é imprescindível apresentar alguns conceitos sobre a Economia do Bem-Estar (*Welfare Economics*). Essa é uma área da microeconomia que está sendo largamente utilizada na formulação de políticas públicas. Entretanto, não está no escopo dessa dissertação aprofundar nessa área, pois a mesma exige um largo conhecimento econômico [25, 26].

Na esteira da Economia do Bem-Estar é importante conhecer alguns aspectos sobre a distribuição de renda de uma população. Isto é, ao conhecer uma distribuição de renda, pode-se realizar inúmeras análises que permita concluir se há ou não concentração de renda em uma dada população.

Ao observar um gráfico de distribuição de renda, pode-se verificar simultaneamente as porcentagens de cada classe social e o seu respectivo nível de renda, e assim retirar algumas conclusões superficiais com relação à concentração de renda desta dada população. Entretanto, para se retirar conclusões coesas e concretas a respeito de uma dada distribuição de renda, deve-se aplicar algum índice que tem como objetivo medir o grau de concentração de renda. Desta forma, pode-se concluir se a concentração de renda de uma amostra é alta ou baixa.

Nesta dissertação utilizar-se-á o índice de Gini<sup>12</sup>, para aferir as políticas públicas que serão apresentadas no capítulo 6, [27, 28]. Isto é, este índice verifica se uma política pública tem um caráter distribuidor ou concentrador de renda.

Em um último momento apresentar-se-á alguns conceitos sobre Políticas Públicas. Entretanto, este é um tema amplo e requer um conhecimento profundo nas áreas de

---

<sup>12</sup> O índice de Gini é uma das principais medidas de desigualdade, tendo sido proposto por Corrado Gini em 1914.

sociometria e política econômica. Desta forma, nas análises que serão feitas utilizar-se-á conceitos simples que não requerem um conhecimento profundo nesta área.

Acredita-se que as políticas públicas, os atos de governo por excelência, devem ser frutos de uma análise baseada na Teoria de Incentivos e em modelos econômicos que envolvem a estrutura social do país. Em contrapartida, hoje na grande maioria dos casos, salvo honrosas exceções, essas políticas são traçadas improvisadamente, por palpite ou por pretensas “posições Ideológicas”.

É importante ressaltar que tanto a análise técnica inicial, quanto a financeira que vem a seguir e finalmente, a formulação das políticas públicas distributivas de incentivo, foram efetuadas utilizando a mesma ferramenta de simulação. Isto enfatiza o poder de uma metodologia, que ainda não está bem difundida.

## **5.2 A Economia do Bem Estar (Welfare Economics)[29]**

Esse tópico tem como objetivo inicial, apresentar algumas premissas, as quais são fundamentais para que se possa compreender as funções de bem-estar social que serão apresentadas a seguir. Em seguida, apresentar-se-ão os aspectos da distribuição de renda e as metodologias que são utilizadas para mensurar a concentração de renda de uma sociedade. Finalmente, apresentar-se-ão alguns conceitos sobre políticas públicas e uma nova função de bem-estar social baseada na distribuição de renda.

A essência da Economia do Bem-Estar pode ser apresentada a partir das seguintes premissas:

- Um conjunto de consumidores, os quais serão apresentados da seguinte forma, ( $i=1,2,3...n$ );
- Um conjunto que retrata os estados da sociedade, ou seja, nesse caso a sociedade é dividida em inúmeros estados ( $x \in X$ ). Para cada estado ( $x$ ), há um tratamento específico para cada ( $i$ );
- Um conjunto que identifica para cada ( $i$ ), uma função de preferência ( $u_i$ ). A função de preferência atribui a cada ( $x$ ) um “mérito”, do ponto de vista do consumidor ou do indivíduo ( $i$ ).

Diante de todas essas premissas, a questão fundamental é escolher dentre um conjunto de estados, o melhor, isto é, aquele que é coletivamente preferido pelos indivíduos (i). Isto pode ser conseguido através de uma função de bem-estar social.

Há diversas funções de bem-estar social. Talvez o exemplo mais antigo é a chamada função de bem-estar benthamita [30]. Esse nome faz referência ao filósofo inglês Jeremy Bentham. Ele dizia que uma dada ação deveria ser julgada de acordo com a soma das utilidades que esta geraria entre os diversos indivíduos da sociedade. Dentro desse contexto, há dois extremos, se a soma fosse positiva, então a ação seria desejável, por outro lado se a soma fosse negativa a ação seria indesejável. Esse conceito está exposto na função 5.1:

$$W(u_1, u_2, u_3, \dots, u_n) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot u_i \quad (5.1)$$

onde:

- $W$ : Função de bem-estar benthamita;
- $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ : as funções de utilidade de todos os  $n$  consumidores, para um dado estado da sociedade;
- $\alpha_i$ : peso atribuído para cada indivíduo.

Como pode perceber, essa área da teoria microeconômica é no mínimo ambiciosa e abstrata. Assim, como não é objetivo dessa dissertação aprofundar nessa área, um grande salto será dado com intuito de analisar um cenário bem mais restrito da economia distributiva, onde o “mérito coletivo” é baseado na distribuição de renda existente em um dado estado social. Entretanto, para tal finalidade, é necessário definir e estudar a mencionada Distribuição de Renda.

### **5.3 Distribuição de Renda [27, 28, 31,32]**

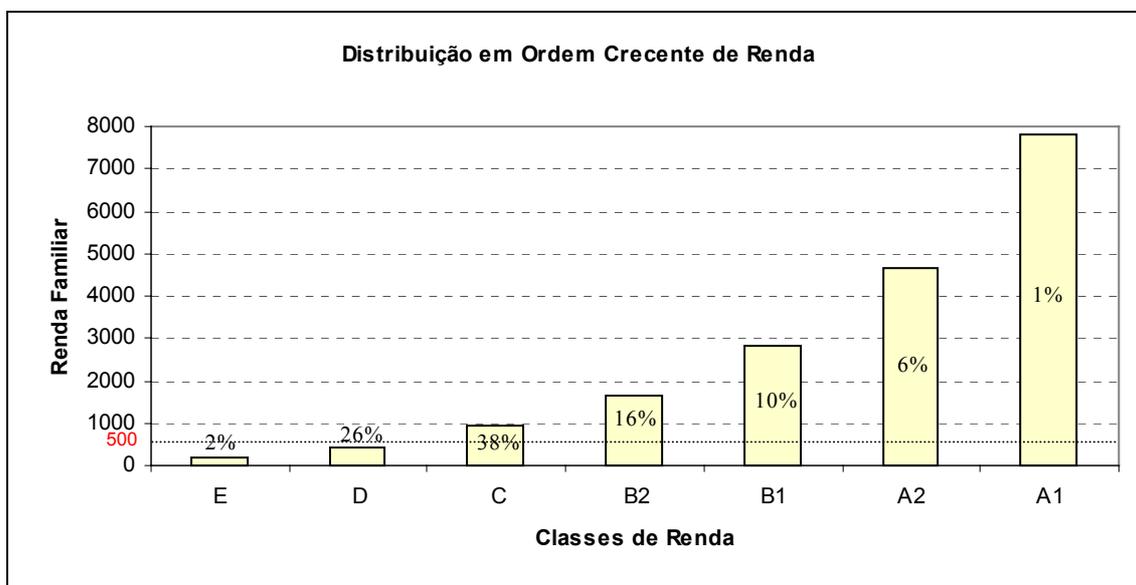
Como mencionado anteriormente, esse tópico irá, inicialmente definir e estudar os aspectos envolvidos na distribuição de renda. Em seguida apresentar-se-á um

instrumento de aferição das desigualdades sociais, decorrente da má distribuição de renda de um país.

A princípio, como mostrado no capítulo 4, há várias pesquisas que retratam a distribuição de renda do Brasil. Naquele momento, apresentaram-se duas pesquisas, as quais foram utilizadas na construção dos modelos matemáticos, mostrados anteriormente. Essas pesquisas também serão utilizadas nesse tópico, com intuito de analisar os efeitos distributivos das políticas públicas que serão formuladas no capítulo seguinte.

A partir de pesquisas socioeconômicas, pode-se obter inúmeros dados, dentre eles, a renda familiar de um determinado grupo de pessoas, ou até mesmo de uma região ou de uma cidade. Essas rendas são estratificadas em intervalos bem definidos, os quais originam e possibilitam a construção das diversas classes sociais ou estratos da sociedade. Cada estrato possui a percentagem da amostra analisada e uma renda específica.

Em toda análise feita até o presente momento, utilizou-se uma pesquisa realizada pelo IBOPE, em conjunto com a Associação Nacional de Empresas de Pesquisa. Os dados dessa pesquisa já foram apresentados no capítulo 4. Cabe agora, utilizá-los na construção de uma curva que mostra a distribuição em análise, em ordem crescente de renda. Essa curva pode ser apresentada através da figura 5.1:



*Figura 5.1 – Distribuição em ordem crescente de renda.*

O gráfico representado pela figura 5.1 apresenta a evolução da renda de acordo com cada classe social. É nítido que há uma grande concentração de renda na amostra analisada. Observa-se que 28% dos indivíduos possuem uma renda inferior a R\$500,00, ou seja, para uma renda média de R\$1.371,00, essa parcela da amostra recebe uma renda 0,3647 inferior à renda média. Enquanto que a classe  $A_1$  recebe uma renda 5,68 superior à renda média. Vale lembrar que essa amostra é referente à região metropolitana de São Paulo.

Os dados sobre a distribuição de renda da forma como foram apresentados acima, indicam como a renda de cada estrato da sociedade se encontra distribuída. Essa disposição permite que se comparem entre si os padrões de distribuição. Em áreas específicas da sociometria pode-se comparar também a evolução das distribuições ao longo do tempo.

Entretanto, essas distribuições não oferecem nenhum valor numérico que represente a concentração de renda de uma certa amostra. Isto só é possível com o emprego de instrumentos de aferição que traduz o grau de concentração de renda de uma distribuição para um único valor. Há vários instrumentos de aferição que são utilizados com mesmo objetivo, entretanto os mais importantes são a curva de Lorenz e o índice de Gini, [27, 28].

A curva de Lorenz é definida a partir dos percentuais acumulados da população ou da amostra em análise e de suas respectivas participações correspondentes na renda agregada. Essa curva sempre está acompanhada por uma reta específica chamada de reta de equidistribuição, a qual corresponde a uma situação teórica em que a renda seria igualmente distribuída entre uma população. Desta forma, pode-se definir uma área de concentração que pode ser definida como sendo a área entre a curva de Lorenz e a reta de equidistribuição. Quanto maior essa área, maior a concentração de renda dessa população.

A partir da curva de Lorenz, pode-se calcular um coeficiente de concentração de renda, o qual é definido a partir da área que se estabelece entre a curva de desigualdade e a reta de equidistribuição. Este índice é conhecido como índice de Gini, e está mostrado na figura 5.2.

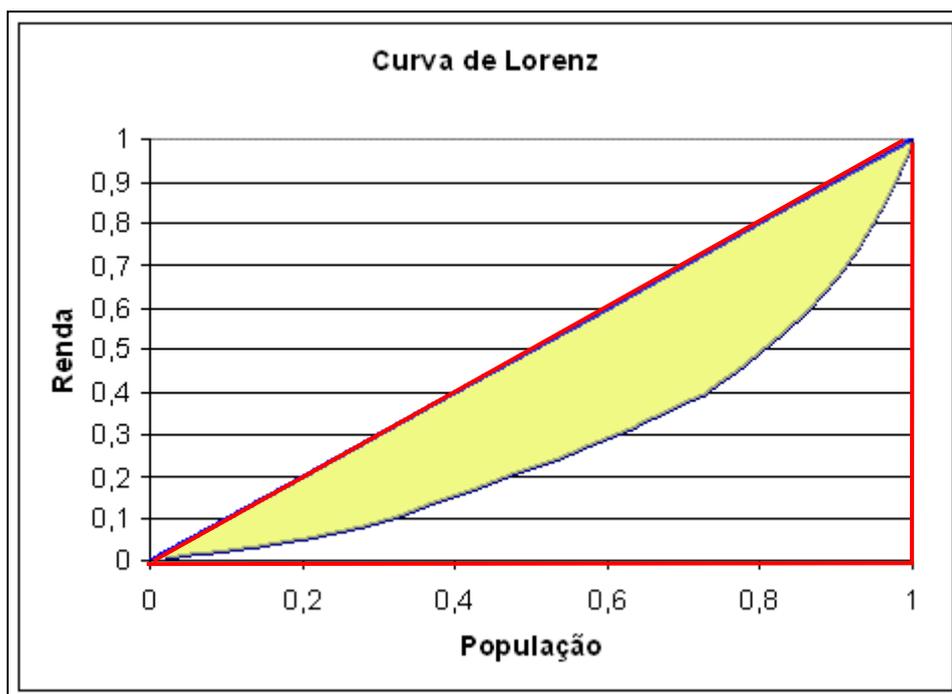


Figura 5. 2 – Curva de Lorenz e reta de equidistribuição.

O índice de Gini, como mostrado no gráfico da figura 5.2, é obtido a partir da divisão da área compreendida pela curva de Lorenz e o triângulo de plena desigualdade, formado pela reta de equidistribuição e os dois eixos do gráfico. Essas duas áreas estão representadas no gráfico da figura 5.2, respectivamente através das cores amarelo e vermelho.

O índice de Gini varia dentro do intervalo compreendido entre zero e um. Esses dois extremos significam que, quando esse índice é zero, não há área de concentração ou de desigualdade, quando é um, a área de concentração é igual à do triângulo de plena desigualdade.

Até o presente momento, o índice de Gini foi apresentado graficamente. De acordo com o tamanho da área de concentração, verifica-se uma maior ou menor concentração de renda na população analisada. Entretanto, deve-se obter um valor para o índice de Gini, pois somente assim, será possível analisar uma política pública.

Esse índice pode ser encontrado de várias maneiras, isto é, o IBGE utiliza um grande volume de base de dados, obtido a partir das pesquisas realizadas junto à população, para obter um valor específico para o índice de Gini. Entretanto, nessa

dissertação os dados utilizados para calcular o índice de Gini, foram extraídos da pesquisa realizada pelo IBOPE, a qual foi apresentada no capítulo 4.

A partir do gráfico da figura 5.3, pode-se obter uma expressão matemática que fornece um valor para o índice de Gini.

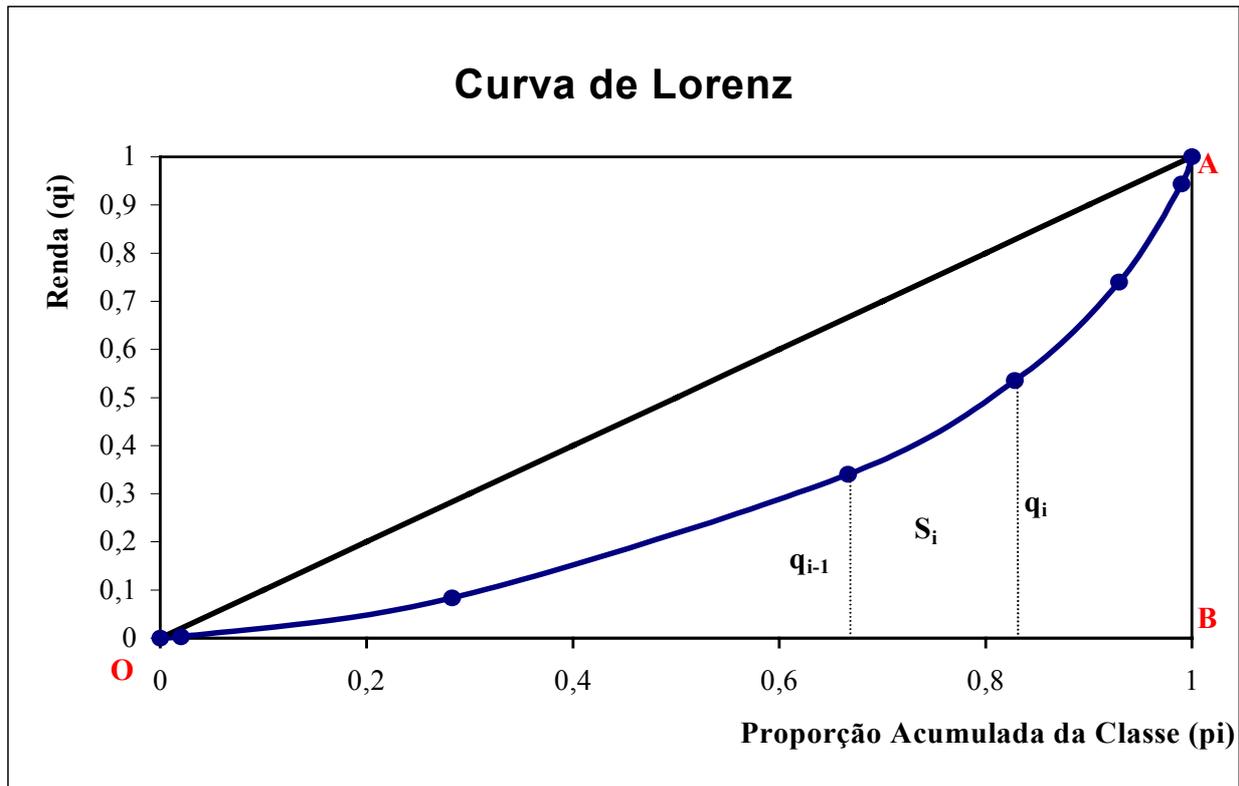


Figura 5.3 – Curva de Lorenz.

Observando o gráfico da figura 5.3, pode-se obter a seguinte expressão matemática:

$$Gini = \frac{A_{\Delta OAB} - \sum_{i=1}^n S_i}{A_{\Delta OAB}} \quad (5.2)$$

onde:

- $A_{\Delta OAB}$  : Área do triângulo de maior desigualdade;
- $\sum_{i=1}^n S_i$  : Somatório das áreas dos trapézios, abaixo da curva de Lorenz.

Entretanto, o somatório das áreas dos trapézios, que se encontram abaixo da curva de Lorenz, será calculada da seguinte maneira:

$$S_i = \frac{(q_{i-1} + q_i)}{2} \cdot (p_i - p_{i-1}) \quad (5.3)$$

onde:

- $S_i$ : Área do trapézio  $i$ ;
- $q_i$ : Proporção acumulada da renda;
- $p_i$ : Proporção acumulada da classe.

Para que essa metodologia fosse melhor compreendida, seria necessário realizar um exemplo. Entretanto, no próximo capítulo no tópico que se destina à obtenção do índice de Gini, esses cálculos serão mais detalhados.

Dentro desse contexto, o cálculo do índice de Gini será importante para avaliar o efeito das diversas políticas públicas que serão apresentadas no próximo capítulo. Desta forma, é importante descrever um pouco sobre os aspectos e objetivos de uma política pública distributiva.

#### **5.4 Avaliação de Políticas Públicas [33, 34, 35]**

O presente tópico apresentará alguns conceitos e aspectos das políticas públicas distributivas. Em seguida, apresentar-se-á uma nova função de bem-estar social, a qual englobará todos os conceitos vistos até agora.

“As políticas públicas têm sido criadas como resposta do Estado às demandas que emergem da sociedade e do seu próprio interior, sendo expressão do compromisso público de atuação numa determinada área a longo prazo. Pode-se assim entender uma política pública como: Uma linha de ação coletiva que concretiza direitos declarados e garantidos em lei. É mediante as políticas públicas que são distribuídos ou redistribuídos bens e serviços, em resposta às demandas da sociedade. Por isso, o direito que as fundamenta é um direito coletivo e individual”[34].

Dentro desse contexto, no setor elétrico o principal organismo que formula e estabelece políticas públicas dentro do Governo é o Conselho Nacional de Política Energética CNPE. Esse conselho é responsável pela determinação de políticas capazes de formatar o futuro desenvolvimento do setor e seu relacionamento com o mercado [33].

Nessa dissertação abordar-se-ão políticas públicas, que têm em seu cerne o objetivo de incentivar e desenvolver o mercado de gás natural para aquecimento de água para o setor residencial. Entretanto, para que esse mercado que é tão promissor se torne realidade, todos os atores da sociedade, tais como, concessionárias, bancos, investidores, produtores de equipamentos e o governo, devem se unir com intuito de formular projetos, que visam o aumento do bem estar social de toda sociedade. Esta união da iniciativa privada com o governo permite a criação de incentivos para o consumidor final.

Dentro desse contexto, o objetivo ou o mérito das políticas públicas que serão abordadas a seguir é proporcionar um decréscimo no índice de Gini da sociedade. Desta forma, em casos em que se deseja comparar duas políticas, a diminuição do índice de Gini, constitui-se em um parâmetro importante. Um outro efeito que também poderia ser considerado é o aumento líquido de renda da população. Assim sendo, o mérito comparativo de duas políticas pode ser expresso por uma função de bem-estar social, mostrada na expressão 5.4.

$$\Delta W = \Delta y - k \cdot \Delta g \quad (5.4)$$

onde:

- $\Delta W$  : variação da função de bem-estar social da sociedade;
- $\Delta y$  : Variação da renda da população;
- $\Delta g$  : Variação do índice de Gini da população.

O coeficiente  $k$  exprime a importância relativa atribuída ao efeito distributivo em relação ao aumento bruto, ou ao efeito discriminado da renda total disponível. O cálculo desse coeficiente não está incluso entre os objetivos desse trabalho, pois o mesmo exige um estudo profundo na área de Microeconomia e Sociometria. Todavia, será mostrado um exemplo com intuito de ilustrar a expressão 5.4.

Suponha-se uma política econômica cujo efeito seja um decréscimo de 1% no índice de Gini e uma diminuição do PIB, tal que acarrete uma queda de 5% na renda total da sociedade.

$$\Delta W = -5\% - k \cdot (-1\%) \quad (5.5)$$

Desta forma, para que a função de bem-estar desta política fosse considerada como neutra, isto é,  $\Delta W = 0$ , o valor de  $k$ , deve ser expresso da seguinte forma.

$$\begin{aligned} 0 &= -5\% + k \cdot (1\%) \\ k &= \frac{5\%}{1\%} = 5 \end{aligned} \quad (5.6)$$

A partir da expressão 5.6, pode-se simular várias situações, por exemplo:

Supondo uma política que aumenta a renda na proporção de 5%, e aumenta o índice de Gini de 1%. Conclui-se que essa política mantém o bem-estar social da sociedade também constante, ou seja, substituindo os valores na expressão 5.4, produz uma mudança no bem-estar social igual a zero. Essa política contribui para um aumento da renda, entretanto, houve um aumento do índice de Gini, e isso significa que a renda não foi devidamente distribuída entre a sociedade.

Por outro lado, se uma política aumenta a renda na proporção de 5% e diminui o índice de Gini em 1%, o resultado global é um aumento do bem-estar social em 10%. Esse é um resultado significativo, pois houve um aumento da renda, aliado com uma diminuição do índice de Gini, o qual permitiu não apenas gerar mais renda, mas também distribuí-la melhor.

Há inúmeros exemplos que poderiam ser construídos com intuito de analisar o movimento da renda da sociedade, mediante a aplicação de políticas públicas. Como mencionado acima, esse estudo minucioso foge do escopo dessa dissertação.

## **5.5 Considerações Finais**

Este capítulo foi um preâmbulo do capítulo seguinte, pois o mesmo teve como meta principal apresentar os conceitos fundamentais que serão aplicados no capítulo seguinte. Em um primeiro momento apresentaram-se alguns aspectos básicos da Teoria do Bem-Estar, sendo que esta teoria é uma área da Microeconomia que está sendo largamente aplicada nas mais diversas áreas da economia.

Dentro desse contexto, também foi apresentada a Curva de Lorenz, que retrata graficamente a desigualdade social de uma dada população. Entretanto, para mensurar esta desigualdade, foi apresentado o índice de Gini, o qual é definido como sendo medida que verifica o grau de concentração de renda de uma população específica. Estes dois conceitos são fundamentais, pois serão utilizados para comparar as políticas públicas que serão apresentadas no capítulo seguinte.

# Capítulo 6

## Apresentação das Políticas Públicas e os Seus Efeitos na Distribuição de Renda

### 6.1 Considerações Iniciais

É importante ressaltar que no capítulo anterior, foram apresentados de maneira sucinta os diversos conceitos e fundamentos, que serão necessários ao longo desse capítulo. Iniciou-se com uma breve apresentação da Economia do Bem-Estar, em seguida discutiu-se sobre os aspectos da distribuição de renda, e aliado a esse tema, foi possível definir o índice de Gini para uma dada população. Finalmente, foram apresentados os conceitos de políticas públicas que serão utilizados ao longo desse capítulo.

Esse capítulo tem como meta principal apresentar as diversas propostas de políticas públicas, bem como os resultados e as devidas comparações entre elas. No primeiro tópico apresentar-se-á uma análise inicial de uma dada população, isto é, nessa análise não há migração para fora do horário de ponta e nem substituição de energéticos. Assim sendo, toda a sociedade utiliza a energia elétrica como insumo energético. É importante salientar que o consumo de energia, somente para aquecimento de água, será considerado constante para toda classe social.

Entretanto, no segundo tópico será apresentada a primeira política pública, a qual tem como pano de fundo a nova estrutura tarifária e a substituição de insumos energéticos. Essa política tem como objetivo, verificar o impacto dessa conjuntura na renda global de cada classe. Esse impacto na renda do consumidor, proporcionado pela política, será medido pelo cálculo do índice de Gini e pela curva de Lorenz.

Dentro desse contexto, a segunda política pública a ser apresentada, tem como característica primordial uma nova estrutura tarifária para o gás natural, sendo que essa proposta não altera a estrutura tarifária formulada para a energia elétrica anteriormente. Portanto, a diferença entre a primeira política e a segunda, é a diferenciação tarifária por classe social para o gás natural, ao contrário da primeira, que tinha um valor de tarifa

fixo para esse insumo. O objetivo é avaliar os efeitos e os impactos na renda global de cada classe e assim concluir se essa política está redistribuindo ou não a renda. Aqui, também será calculado o índice de Gini com intuito de observar o grau de concentração de renda dessa política.

Finalmente, a terceira política pública a ser apresentada, se assemelha à segunda, pois possui as mesmas características tarifárias, ou seja, tarifas diferenciadas para a energia elétrica e para o gás natural. Entretanto, o que exprime essa política é a transferência de renda entre classes. Isto é, na política anterior todo pagamento feito pelo consumidor de energia e de gás era revertido para a concessionária. Nessa política, uma parte do pagamento é transferida, para as classes sociais cujo nível de renda é menor. Isto pode ser feito, por exemplo, através de projetos sociais, redução de impostos na compra de aquecedor a gás, etc. Como nas políticas anteriores, é de suma importância o cálculo do índice de Gini e a obtenção da curva de Lorenz, pois somente assim, é possível realizar uma comparação entre as políticas e verificar a redistribuição de renda entre elas.

Apresentadas todas as políticas, o que resta é realizar uma comparação fidedigna entre elas. Isto é, observar o movimento da renda global entre as classes e perceber as implicações que isso traz para a sociedade como um todo. Em um primeiro momento, isso pode ser feito, analisando o índice de Gini de cada política, e depois também é possível analisar a renda disponível de cada classe, depois da aplicação de cada política.

## **6.2 Ponto de Partida**

Este tópico é o ponto de partida de toda análise que será feita a seguir. Isto é, a princípio, não há uma estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas e nem uma substituição de energéticos. Essa condição retrata a situação real de uma sociedade, a qual estabelece o uso da energia elétrica como a única fonte para aquecimento de água de banho. Dentro desse enfoque, esse tópico tem como meta principal, o cálculo do índice de Gini para essa situação específica.

Para alcançar essa meta é importante conhecer, a princípio, a tarifa de energia e o número médio de habitantes por moradia. Esses dados são primordiais, pois os mesmos serão utilizados no cálculo da renda disponível de cada classe e posteriormente no cálculo do índice de Gini. Assim sendo, como discutido no capítulo 4, o valor da

tarifa de energia a ser utilizado será 0,308783[R\$/kWh]. Será considerado um domicílio habitado por quatro pessoas, que tem no mínimo quatro banhos com um tempo médio<sup>13</sup> de 10,35 minutos cada. Utilizou-se como tempo de banho padrão: dez minutos. Além disso, foi considerado um valor de potência de 4,4[kW] para o chuveiro elétrico.

A partir dos dados acima, o consumo médio mensal para esse domicílio, é 88[kWh]. Conseqüentemente, o gasto mensal com aquecimento de água para banho é R\$27,17 reais por família. É importante ressaltar que esse gasto por família será igual para todas as classes sociais. É claro que, na realidade pode-se capturar algumas diferenças, por exemplo, à medida que o poder aquisitivo das classes aumenta, há uma possibilidade de aumento da potência do chuveiro, proporcionando um aumento do conforto. Todavia, não está considerando esse efeito, uma vez que não é possível obter informações coerentes a respeito das classes de potências de chuveiros utilizadas para cada estrato social.

Entretanto, deve-se calcular o pagamento global de cada classe referente ao gasto com energia para aquecimento de água. Para isso, adotou-se um milhão de famílias, sendo que as mesmas estão divididas de acordo com a distribuição de cada classe social. Desta forma, a tabela 6.1 apresenta os cálculos necessários para se obter o pagamento global de cada classe.

*Tabela 6. 1 – Pagamento global de cada classe referente ao gasto com energia para aquecimento de água.*

<b>Classes Sociais</b>	<b>Distribuição da população em [%]</b>	<b>Número de famílias na classe</b>	<b>Consumo de cada família [kWh]</b>	<b>Tarifa de energia elétrica [R\$/kWh]</b>	<b>Pagamento total por classe social em [R\$]</b>
Classe A1	1%	10000	88	0,308783	271.729,04
Classe A2	6%	60000	88	0,308783	1.630.374,24
Classe B1	10%	100000	88	0,308783	2.717.290,40
Classe B2	16%	160000	88	0,308783	4.347.664,64
Classe C	38%	380000	88	0,308783	10.325.703,52
Classe D	26%	260000	88	0,308783	7.064.955,04
Classe E	2%	20000	88	0,308783	543.458,08

A coluna 3 da tabela 6.1 foi obtida a partir da multiplicação entre a coluna 2 e o número de famílias definido acima. Assim sendo, a coluna 3 apresenta o número de famílias contida em cada classe social.

<sup>13</sup> Este tempo médio é o valor esperado do tempo do banho definido no capítulo 3.

A coluna 6 da tabela 6.1 apresenta o pagamento de cada classe referente ao gasto de energia com aquecimento de água, o mesmo pode ser obtido multiplicando-se as colunas 2, 3 e 4.

Finalmente, pode-se obter a renda disponível de cada classe, isto é, o valor referente da subtração entre a renda total e o pagamento referente ao gasto com a energia de cada classe. Estes resultados estão apresentados na tabela 6.2.

*Tabela 6. 2 – Cálculo da renda disponível de cada classe social.*

Classes Sociais	Renda Média classes sociais	Número de famílias por milhão	Renda total da classe [R\$]	Pagamento energia elétrica em [R\$]	Renda disponível em [R\$]
Classe A <sub>1</sub>	7.793,00	10.000	77.930.000	271.729,04	77.658.270,96
Classe A <sub>2</sub>	4.648,00	60.000	278.880.000	1.630.374,24	277.249.625,76
Classe B <sub>1</sub>	2.804,00	100.000	280.400.000	2.717.290,40	277.682.709,60
Classe B <sub>2</sub>	1.669,00	160.000	267.040.000	4.347.664,64	262.692.335,36
Classe C	927,00	380.000	352.260.000	10.325.703,52	341.934.296,48
Classe D	424,00	260.000	110.240.000	7.064.955,04	103.175.044,96
Classe E	207,00	20.000	4.140.000	543.458,08	3.596.541,92

A coluna 4 da tabela 6.2 foi obtida a partir da multiplicação entre a renda específica de cada classe e o número de famílias contidas nas mesmas. Desta forma, descontado da renda total o pagamento de energia gasta com aquecimento de água, obtém-se a renda disponível para cada classe.

A partir dos dados apresentados na tabela 6.2, pode-se chegar ao resultado final desse tópico, isto é, à obtenção do índice de Gini para essa condição inicial. Entretanto, como mencionado no capítulo 5, os cálculos envolvidos na obtenção desse índice estão apresentados na tabela 6.3.

*Tabela 6. 3 – Metodologia de cálculo para o índice de Gini para a condição inicial.*

Classes	Dist. Amostra Ni	Dis. Normalizada ni	Dist. Acumulada pi	Renda Disponível	$Ri \cdot Ni / \sum Ri \cdot Ni$	Dist. Acumulada qi
E	2	0,0202	0,0202	3.596.541,92	0,0027	0,0027
D	26	0,2626	0,2828	103.175.044,96	0,0768	0,0794
C	38	0,3838	0,6667	341.934.296,48	0,2544	0,3339
B <sub>2</sub>	16	0,1616	0,8283	262.692.335,36	0,1955	0,5293
B <sub>1</sub>	10	0,1010	0,9293	277.682.709,60	0,2066	0,7359
A <sub>2</sub>	6	0,0606	0,9899	277.249.625,76	0,2063	0,9422
A <sub>1</sub>	1	0,0101	1,0000	77.658.270,96	0,0578	1,0000
Total	99			1.343.988.825,04		

Notas:

1. A coluna 2 se refere à distribuição da amostra que está sendo utilizada nessa dissertação;
2. A coluna 3 se refere à distribuição da amostra normalizada;
3. A coluna 4 se refere à distribuição da amostra acumulada;
4. A coluna 6 se refere aos valores da coluna 5 normalizados;
5. A coluna 7 se refere à distribuição acumulada dos valores da coluna 6.

A partir das colunas 4 e 7 da tabela 6.3, pode-se obter a curva de Lorenz para essa análise inicial. Essa curva está demonstrada na figura 6.1.

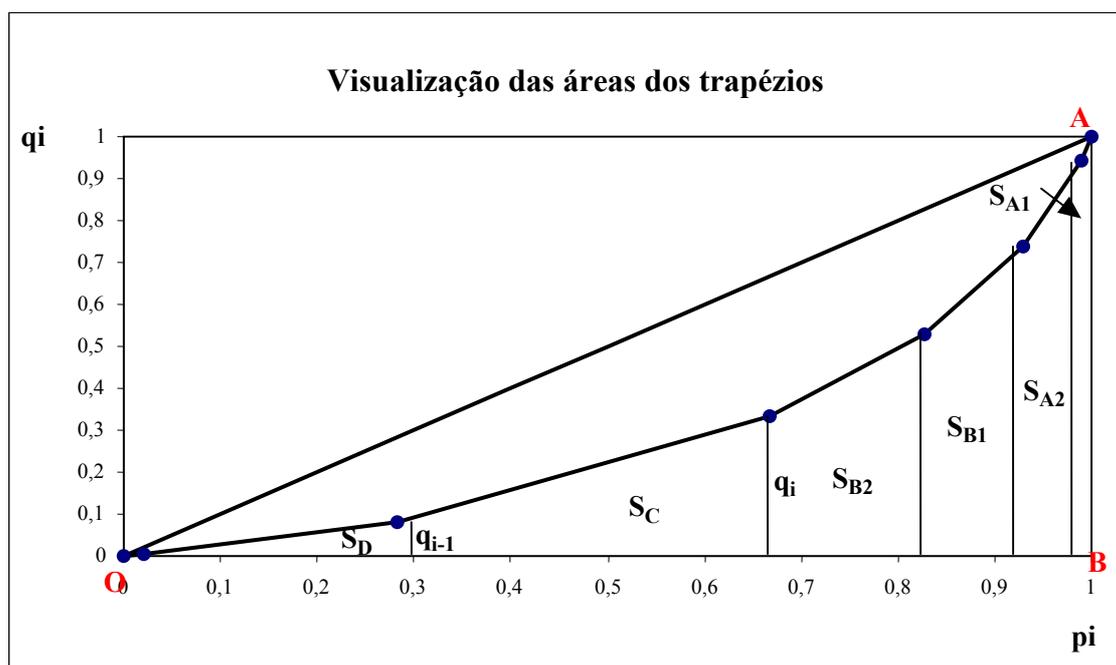


Figura 6.1 – Curva de Lorenz e visualização das áreas dos trapézios.

O gráfico da figura 6.1 apresenta as três áreas que são fundamentais para o cálculo do índice de gini:

- A área compreendida entre a reta de equidistribuição de renda e a curva de Lorenz;
- A área compreendida abaixo da curva de Lorenz;
- A área de máxima desigualdade formada pelo triângulo OAB.

A priori, serão utilizados para o cálculo do índice de Gini os dados referentes às colunas 4 e 7 da tabela 6.3. Os mesmos, serão utilizados no cálculo das áreas dos trapézios que se encontram abaixo da curva de Lorenz. Vale ressaltar, que essas áreas

serão obtidas a partir da expressão 5.3 apresentada no capítulo 5. O resultado dessas áreas está expresso na tabela 6.4.

*Tabela 6. 4 – Áreas dos trapézios abaixo da curva de Lorenz.*

Classe	Área
E	$S_E = 0,0000271$
D	$S_D = 0,0108$
C	$S_C = 0,0793$
B <sub>2</sub>	$S_{B_2} = 0,0698$
B <sub>1</sub>	$S_{B_1} = 0,0639$
A <sub>2</sub>	$S_{A_2} = 0,0509$
A <sub>1</sub>	$S_{A_1} = 0,0098$
$\sum S_i$	0,2845

Observando o gráfico da figura 6.1, a área de máxima desigualdade formada pelo triângulo OAB é igual a 0.5 e o somatório das áreas dos trapézios é igual a 0.2845, como apresentada na tabela 6.4. Desta forma, pode-se obter o valor do índice de Gini para essa análise inicial, conforme a expressão 5.2 definida no capítulo 5.

$$Gini = \frac{A_{\Delta OAB} - \sum_{i=1}^n S_i}{A_{\Delta OAB}} = \frac{0,5 - 0,2845}{0,5} = 0,4311$$

Nesse presente momento, não há razão de tecer nenhum comentário sobre essa condição inicial, a respeito do valor do índice de Gini calculado acima. Somente após a construção das demais políticas será possível realizar indagações e comentários sobre o efeito distributivo das mesmas.

### **6.3 Política Pública 1: A junção da nova estrutura tarifária com a substituição de energéticos como política pública**

Como pode ser visto, no tópico anterior todas as análises se basearam em uma tarifa fixa de energia, ou seja, não havia distinção entre ponta e fora da ponta. Além disso, não havia um efeito peculiar, que é a migração para o gás natural. Contudo, este

tópico visa analisar o efeito da nova estrutura tarifária e da migração para o gás na renda disponível de cada estrato social, pois a renda disponível varia de acordo com as escolhas específicas de cada classe. Toda essa sinergia será capturada pelo cálculo do índice de Gini.

Dentro desse contexto, é importante conhecer os dados que serão utilizados nas análises subseqüentes. Muitos já foram apresentados e discutidos nos capítulos anteriores, entretanto, para facilitar a compreensão das análises, os mesmos estão reunidos nas tabelas 6.5.

*Tabela 6. 5 – Tarifa de energia e de gás canalizado.*

	Ponta(R\$/kWh)	Fixa(R\$)	Fora da Ponta(R\$/kWh)	Variável(R\$/m <sup>3</sup> )
Tarifa de Energia	1,459556	--	0,219482	--
Tarifa Gás 6 a 50m <sup>3</sup>	--	1,41 <sup>14</sup>	--	2,697945

Nota-se que na tabela 6.5 a tarifa variável do gás<sup>15</sup> está em [R\$/m<sup>3</sup>], mas para que as análises possam ser feitas, é preciso convertê-la para [R\$/kWh]. Essa conversão é feita, dividindo o valor da tarifa de gás pelo poder calorífico superior<sup>16</sup> do mesmo. Portanto, o novo valor da tarifa do gás é 0,246793 [R\$/kWh].

O consumo mensal de energia para aquecimento de água é 88 [kWh], o mesmo utilizado no tópico anterior. Por outro lado, o consumo mensal de gás é referente a quatro banhos com duração de dez minutos cada, cuja potência do aquecedor<sup>17</sup> é de 11,7 [KW]. O consumo mensal verificado para essa situação específica é de 234 [kWh]. No entanto, na maioria das vezes não é necessário elevar a temperatura em 20°C. Neste caso está considerando uma elevação de temperatura de apenas 15°C. Essa modificação na temperatura acaba diminuindo a potência do aquecedor e conseqüentemente, o consumo mensal de gás.

<sup>14</sup> Não foi utilizada em nenhuma análise a tarifa fixa do gás natural.

<sup>15</sup> As tarifas do gás utilizadas são da COMGAS, de acordo com a Portaria 238 de 28/05/2003 com vigência a partir de 31/05/2003.

<sup>16</sup> O poder calorífico superior adotado pela COMGAS é 9400Kcal/m<sup>3</sup> que é equivalente a 10.932 [KWh/m<sup>3</sup>]

<sup>17</sup> O equipamento utilizado é um aquecedor a gás instantâneo com uma vazão de 6l/min. Essa vazão corresponde a uma elevação de temperatura de 20°C.

A nova potência será obtida a partir do seguinte cálculo:

$$Pot_n = Pot_o \cdot \frac{T_n}{T_o} \quad (6.1)$$

onde:

- $Pot_n$ : nova potência do aquecedor;
- $Pot_o$ : potência original do aquecedor;
- $T_n$ : nova elevação de temperatura;
- $T_o$ : elevação de temperatura original.

Substituindo os valores na expressão 6.1, o novo valor da potência do aquecedor será de 8,78 [kW]. Portanto, o novo consumo será 176 [kWh].

Finalmente, após a apresentação de todos os dados, pode-se iniciar a construção dos parâmetros dessa política. A princípio, será calculado o pagamento de energia referente ao gasto com aquecimento de água para cada classe social. Esse valor depende do movimento das classes em relação à migração para fora do horário de ponta e a substituição de energéticos. Em seguida, descontando da renda global o pagamento de cada classe, pode-se obter a renda disponível de cada estrato social. Finalmente, para aferir essa política será calculado o índice de Gini. A Tabela 6.6 reúne os parâmetros necessários para o cálculo do pagamento de energia referente a cada classe.

Tabela 6. 6 – Política Pública 1.

Classe Social	Patamares de consumo	Distribuição da população em [%]	Número de famílias na classe por milhão	Participação das classes por segmento	Consumo [kWh]	Tarifa diferenciada para energia elétrica e variável para o gás [R\$/kWh]	Pagamento por tipo de consumo em [R\$]
Classe A <sub>1</sub>	Ponta	1	10000	0,08%	88	1,459556	1.060,37
	Fora Ponta			0,07%	88	0,219482	141,85
	Gás			99,84%	176	0,246793	433.678,09
	<b>Total</b>			<b>100,00%</b>			<b>434.880,30</b>
Classe A <sub>2</sub>	Ponta	6	60000	5,02%	88	1,459556	387.120,47
	Fora Ponta			5,00%	88	0,219482	57.917,44
	Gás			89,98%	176	0,246793	2.344.970,75
	<b>Total</b>			<b>100,00%</b>			<b>2.790.008,66</b>
Classe B <sub>1</sub>	Ponta	10	100000	23,61%	88	1,459556	3.032.069,28
	Fora Ponta			19,68%	88	0,219482	380.195,28
	Gás			56,71%	176	0,246793	2.463.176,51
	<b>Total</b>			<b>100,00%</b>			<b>5.875.441,07</b>
Classe B <sub>2</sub>	Ponta	16	160000	21,13%	88	1,459556	4.341.835,15
	Fora Ponta			53,20%	88	0,219482	1.644.183,14
	Gás			25,67%	176	0,246793	1.783.836,02
	<b>Total</b>			<b>100,00%</b>			<b>7.769.854,32</b>
Classe C	Ponta	38	380000	6,09%	88	1,459556	2.972.379,96
	Fora Ponta			85,16%	88	0,219482	6.250.556,41
	Gás			8,74%	176	0,246793	1.443.242,31
	<b>Total</b>			<b>100,00%</b>			<b>10.666.178,68</b>
Classe D	Ponta	26	260000	0,05%	88	1,459556	16.029,43
	Fora Ponta			98,06%	88	0,219482	4.924.326,25
	Gás			1,90%	176	0,246793	214.571,71
	<b>Total</b>			<b>100,01%</b>			<b>5.154.927,38</b>
Classe E	Ponta	2	20000	0,00%	88	1,459556	0,00
	Fora Ponta			99,54%	88	0,219482	384.511,39
	Gás			0,46%	176	0,246793	3.954,37
	<b>Total</b>			<b>100,00%</b>			<b>388.465,77</b>

A quinta coluna da tabela 6.6, intitulada de “Participação das classes por segmento”, apresenta os diversos patamares: ponta, fora de ponta e gás em percentagens, obtidos a partir da metodologia apresentada no capítulo 4. É a partir dessa coluna, que se inicia a construção de todas as análises, as quais culminarão na obtenção da renda disponível de cada classe.

Observa-se que os patamares específicos de cada classe variam de acordo com o seu respectivo poder aquisitivo e grau de conforto. Nota-se que aproximadamente 100% da

classe  $A_I$  opta pela substituição de energéticos, em decorrência do aumento de conforto que o mesmo proporciona.

Por outro lado, a classe  $E$  com intuito de maximizar a sua renda, opta por uma mudança radical em seus hábitos cotidianos de banho, isso pode ser verificado ao observar a coluna 5 da tabela 6.6. Aproximadamente 100% dos membros da classe migram para fora do horário de ponta.

Dentro deste contexto, é importante conhecer o quanto cada classe irá pagar pela energia consumida. Esse valor pago pela energia, está apresentado na coluna 8 da tabela 6.6. A título de ilustração a parcela da fatura referente ao horário de ponta é obtida a partir da expressão 6.2.

$$Fatura_p = N^{\circ} \text{ famílias} \cdot \%C_p \cdot Cons_E \cdot T_{EP} \quad (6.2)$$

onde:

- $N^{\circ} \text{ famílias}$ : Número de famílias contidas em cada classe;
- $\%C_p$ : Parcela da classe que se encontra dentro do horário de ponta;
- $T_{EP}$ : Tarifa de ponta;
- $Cons_E$ : Consumo de energia.

As outras duas parcelas referentes ao período fora da ponta e ao gás respectivamente, são obtidas de forma análoga. Desta forma, o pagamento total de energia referente ao gasto com aquecimento de água de cada classe, é obtido a partir da soma das três parcelas mencionadas acima. Para facilitar a visualização do pagamento de cada classe referente a ponta, fora de ponta e gás pode-se observar o gráfico da figura 6.2.

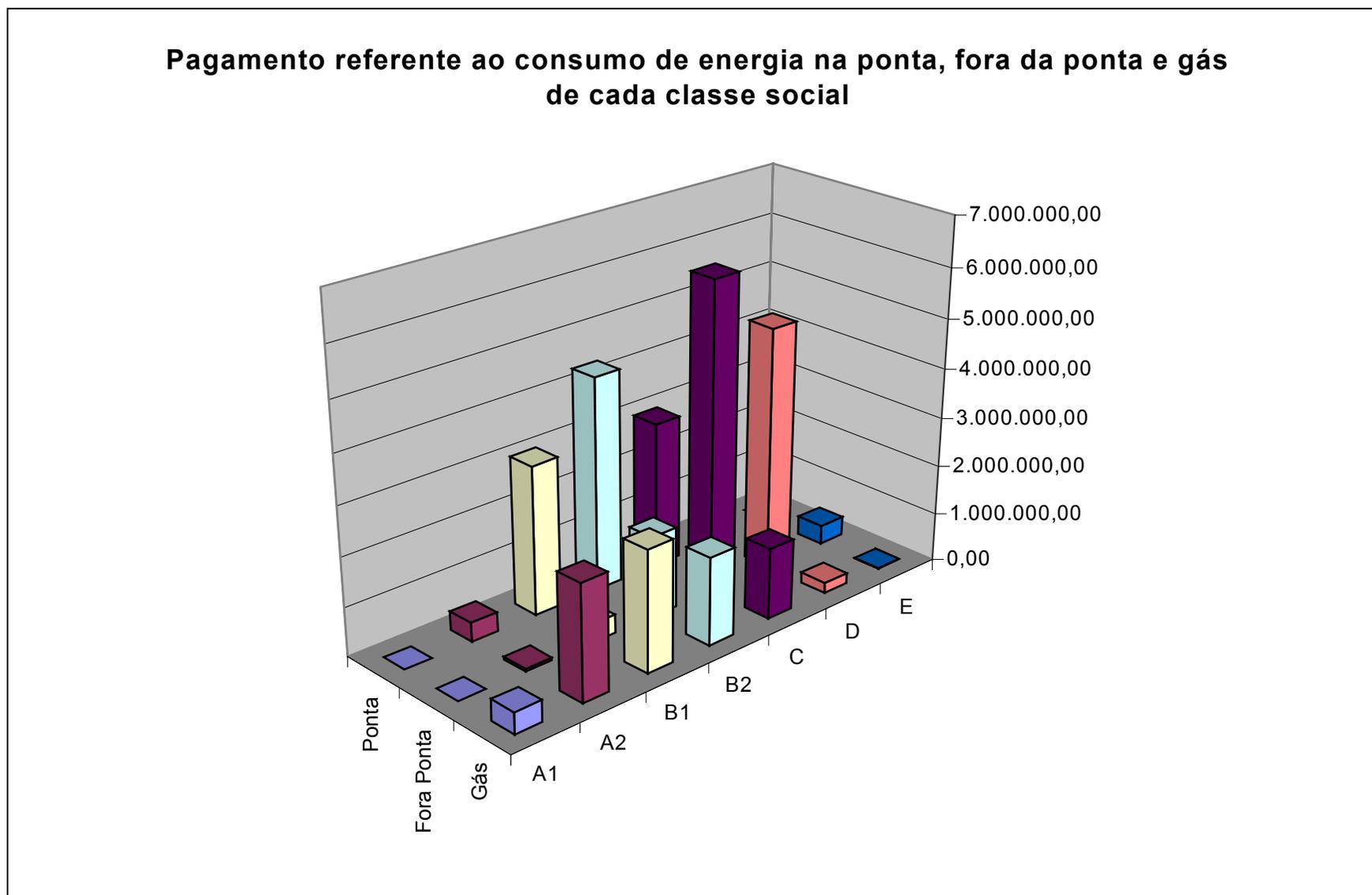


Figura 6. 2 – Pagamento referente ao consumo de energia na ponta, fora de ponta e gás para cada classe social.

O gráfico da figura 6.2 apresenta o pagamento na ponta, fora da ponta e gás para cada classe social. Isto é, pode-se observar que o pagamento da classe  $A_1$  é quase todo destinado ao gás natural. Entretanto, como esta classe possui uma baixa representatividade, ou seja, 1% na distribuição geral, este pagamento não é bem destacado no gráfico da figura 6.2.

À medida que a representatividade da classe aumenta, pode-se observar a dinâmica de migração. Isto é, à medida que o poder aquisitivo das classes diminui, observa-se que o pagamento referente ao consumo de gás e o consumo de energia no horário de ponta decrescem. Entretanto, o pagamento referente ao consumo de energia fora do horário de ponta aumenta. Desta forma, pode-se dividir o gráfico da figura 6.2 em duas regiões.

A região 1 retrata o comportamento de consumo nas classes  $A_1$ ,  $A_2$  e  $B_1$ , ou seja, nesta região predomina o consumo de energia no horário de ponta e o consumo de gás, pois os membros destas classes estão em busca da maximização do conforto. Desta forma, as maiores parcelas referentes ao pagamento se referem ao consumo de gás e ao consumo de energia no horário de ponta.

Pode-se observar que a classe  $B_2$  é um divisor de águas, pois a partir desta classe nota-se uma inversão no consumo de gás e de energia. Isto é, nestas classes observa-se que o consumo de gás e o consumo de energia no horário de ponta decrescem significativamente, entretanto o consumo de energia fora do horário de ponta cresce de maneira súbita. Desta forma, pode-se deduzir que a maior fatia do pagamento destas classes se refere ao consumo de energia fora do horário de ponta.

A partir do pagamento de cada classe, é possível alcançar o objetivo dessa política, que é a obtenção da renda disponível de cada classe e assim obter o índice de Gini da mesma. A renda disponível é a parcela da renda que permanece depois do pagamento da fatura de energia. Esse resultado está mostrado na tabela 6.7.

*Tabela 6. 7 – Cálculo da renda disponível de cada classe social.*

<b>Classes Sociais</b>	<b>Renda média classes sociais</b>	<b>Número de famílias por milhão</b>	<b>Renda total da classe [R\$]</b>	<b>Pagamento energia elétrica [R\$]</b>	<b>Renda disponível [R\$]</b>
Classe A <sub>1</sub>	7.793	10.000	77.930.000	434.880,30	77.495.119,70
Classe A <sub>2</sub>	4.648	60.000	278.880.000	2.790.008,66	276.089.991,34
Classe B <sub>1</sub>	2.804	100.000	280.400.000	5.875.441,07	274.524.558,93
Classe B <sub>2</sub>	1.669	160.000	267.040.000	7.769.854,32	259.270.145,68
Classe C	927	380.000	352.260.000	10.666.178,68	341.593.821,32
Classe D	424	260.000	110.240.000	5.154.927,38	105.085.072,62
Classe E	207	20.000	4.140.000	388.465,77	3.751.534,23

Até o presente momento, esse tópico destinou-se à obtenção da renda disponível para cada classe social, sendo essa de suma importância para a obtenção do índice de Gini. A partir dos dados apresentados na tabela 6.7, pode-se construir a tabela 6.8 que tem como objetivo apresentar todos os dados que serão utilizados no cálculo do índice de Gini.

*Tabela 6. 8 – Metodologia de Cálculo para o índice de Gini para a primeira política pública.*

<b>Classes</b>	<b>Dist. Amostra Ni</b>	<b>Dis. Normalizada ni</b>	<b>Dist. Acumulada pi</b>	<b>Renda Disponível</b>	<b><math>Ri \cdot Ni / \sum Ri \cdot Ni</math></b>	<b>Dist. Acumulada qi</b>
E	2	0,0202	0,0202	3.751,534	0,0028	0,0028
D	26	0,2626	0,2828	105.085,073	0,0786	0,0814
C	38	0,3838	0,6667	341.593,821	0,2553	0,3367
B <sub>2</sub>	16	0,1616	0,8283	259.270,146	0,1938	0,5305
B <sub>1</sub>	10	0,1010	0,9293	274.524,559	0,2052	0,7357
A <sub>2</sub>	6	0,0606	0,9899	276.089,991	0,2064	0,9421
A <sub>1</sub>	1	0,0101	1,0000	77.495,120	0,0579	1,0000
<b>Total</b>	99			1.337.810,244		

Os dados que se referem às colunas 4 e 7 da tabela 6.8, serão utilizados para o cálculo da área dos trapézios sob a curva de Lorenz. Essas áreas serão calculadas a partir da expressão 5.3 do capítulo 5. Esses valores estão resumidos na tabela 6.9.

*Tabela 6. 9 – Áreas dos trapézios abaixo da curva de Lorenz para a Política Pública 1.*

Classe	Área
E	$S_E = 0,0000283$
D	$S_D = 0,0111$
C	$S_C = 0,0802$
B <sub>2</sub>	$S_{B_2} = 0,0701$
B <sub>1</sub>	$S_{B_1} = 0,0639$
A <sub>2</sub>	$S_{A_2} = 0,0508$
A <sub>1</sub>	$S_{A_1} = 0,0098$
$\sum S_i$	0,2860

O somatório das áreas dos trapézios sob a curva de Lorenz fornecida pela tabela 6.9 é 0.2860 e a área do triângulo de maior desigualdade é 0.5. Com esses dados, pode-se chegar ao valor do índice de Gini para essa política específica. Como no tópico anterior, utilizar-se-á a expressão 5.2 definida no capítulo 5, para o cálculo do mesmo.

$$Gini = \frac{A_{\Delta OAB} - \sum_{i=1}^n S_i}{A_{\Delta OAB}} = \frac{0,5 - 0,2860}{0,5} = 0,4280$$

Finalmente, o índice de Gini para esta política é de 0,4280. Esse valor para ter um real significado deve ser comparado com as demais políticas que serão apresentadas nos próximos tópicos.

#### **6.4 Política Pública 2: Estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas para o gás e para a energia elétrica**

A primeira política pública apresentada no tópico 6.3 foi formulada sob dois pilares, que eram caracterizados, por uma estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas e por uma possibilidade de migrar-se para o gás. A política a ser apresentada nesse tópico também será formulada sob esses dois pilares, entretanto, ao contrário do tópico anterior, a tarifa aplicada para o gás natural não será mais fixa. Isto é, a tarifa será específica para cada classe social.

Essa nova estrutura tarifária para o gás, além de ser específica para cada classe, decresce à medida que o poder aquisitivo da mesma diminui. Essa nova tarifa será construída a partir da expressão 6.3:

$$T_{G_i} = \frac{Y_i}{Y_m} \cdot T_G \quad (6.3)$$

onde

- $T_{G_i}$ : Tarifa específica para cada classe;
- $y_i$ : Renda global de cada classe;
- $y_m$ : Renda média da distribuição;
- $T_G$ : Tarifa do gás em R\$/kWh.

Reescrevendo a equação 6.3, tem-se:

$$T_{G_i} = y \cdot T_G \quad (6.4)$$

onde

- $y$ : Razão entre a renda específica de cada classe e a renda média.

Vale ressaltar que a renda média é R\$1.371.00 e o valor da tarifa do gás é 0,246793 [R\$/kWh]. A partir desses valores pode-se obter a tarifa específica para cada classe. Esses valores estão mostrados na tabela 6.10.

*Tabela 6. 10 – Tarifa do gás específica para cada classe.*

	Classe A <sub>1</sub>	Classe A <sub>2</sub>	Classe B <sub>1</sub>	Classe B <sub>2</sub>	Classe C	Classe D	Classe E
Renda Global [R\$]	7,793	4,648	2,804	1,669	927	424	207
Tarifa Classe [R\$/kWh]	1,40178	0,83668	0,50475	0,30044	0,16687	0,07632	0,03726

A tabela 6.10 apresenta as diversas tarifas que serão aplicadas para cada classe em específico. Observa-se que a classe A<sub>1</sub> possui um valor de tarifa muito próxima da tarifa de ponta. Isto é, o valor pago pelo preço do gás será maior, entretanto, os

membros dessa classe estão em busca apenas da maximização do seu conforto. Por outro lado, as classes que apresentam um poder aquisitivo mais baixo possuem um valor de tarifa menor, o qual possibilita e incentiva a migração para o gás natural.

Com essa nova estrutura de tarifas haverá uma nova dinâmica na migração para esse insumo, a qual poderá ser verificada em todas as classes sociais. Isto é, apesar das classes com maior poder aquisitivo estarem em busca da maximização do conforto, verificar-se-á um decréscimo de consumo de gás nas mesmas. Ao contrário, em classes de baixa renda observar-se-á um acréscimo do consumo desse insumo. Esses movimentos são característicos de uma sociedade dinâmica que busca tanto a maximização do conforto quanto da renda.

Desta forma, todo esse movimento em direção ao uso do gás deve ser medido de algum modo, ou seja, é importante conhecer as novas percentagens de migração para esse insumo nas diversas classes. Dentro desse contexto, deve-se lembrar o modelo matemático que representa a função de substituição expresso pela equação 4.4 do capítulo 4.

$$subs_i = 1 - e^{-k_G \cdot y_i^2}$$

onde:

- $subs_i$  : substituição de energia elétrica por gás natural específica para cada classe social;
- $k_G$  : coeficiente de substituição energia elétrica – gás natural;
- $y_i$  : razão da renda específica de cada classe e a renda média global ( $y_i = Y_i / Y_m$ ).

A expressão acima pode ser reescrita da seguinte forma:

$$subs_i = 1 - e^{-\frac{H_G}{T_G} \cdot y_i^2} \quad (6.5)$$

onde:

- $H_G/T_G$ : É o coeficiente  $k_G$ , entretanto com o preço do gás explicitado.

Observa-se que o preço do gás na expressão 6.5 é constante, ou seja, independe do nível de renda de cada classe social

Por outro lado, para esta política pública o preço do gás é de extrema importância, pois implicará em um novo processo migratório, específico para cada classe. Desta forma, o preço que era constante na equação 6.5, passa a ser variável na expressão 6.6 abaixo.

$$subs_i = 1 - e^{-\frac{H_G \cdot y_i^2}{T_{Gi}}} \quad (6.6)$$

onde:

- $H_G$ : Constante;
- $T_{Gi}$ : Preço do gás específico para cada classe;

Substituindo o valor de  $T_{Gi}$  da equação 6.4 na expressão 6.6, tem-se:

$$subs_i = 1 - e^{-\frac{H_G \cdot y_i^2}{T_G \cdot y_i}} \quad (6.7)$$

Reescrevendo a expressão 6.7 tem-se.

$$subs_i = 1 - e^{-\frac{H_G \cdot y_i}{T_G}} \quad (6.8)$$

onde:

- $T_G$ : Tarifa do gás;
- $H_G/T_G$ : É o coeficiente  $k_G$ , definido na expressão 4.4.

Desta forma, a expressão 6.8 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$subs_i = 1 - e^{-k_G \cdot y_i} \quad (6.9)$$

Finalmente, pode-se calcular o valor do coeficiente  $k_G$ . O mesmo foi calculado através da expressão 4.5 apresentada no capítulo 4. Assim, o valor de  $k_G$  é 0,24537169.

Substituindo o coeficiente  $k_G$ , na expressão 6.9, pode-se obter a nova parcela de cada classe que migra para o gás e que permanece na energia elétrica.

Observa-se que na função de substituição representada pela expressão 6.9 a renda não está elevada ao quadrado. Por outro lado, na função de substituição 4.4 apresentada no capítulo 4 a renda está elevada ao quadrado. Esta modificação está vinculada com a nova estrutura de tarifas do gás. Sabe-se que, a nova tarifa do gás é proporcional à razão entre a renda específica da classe e a renda média. Desta forma, observa-se que as classes de maior poder aquisitivo pagam mais pelo gás e isto faz com que haja um decréscimo na migração para este insumo nestas classes. Por outro lado, nas classes de menor poder aquisitivo, observa-se uma redução na tarifa do gás, conseqüentemente verifica-se um aumento da migração, nas mesmas.

*Tabela 6. 11 – Percentagens das classes que migram para o gás e que permanecem na energia elétrica.*

Classe Social	%migração por classe p/ o gás	%migração no total	%permanece na E.E por classe	%permanece na E.E total
A <sub>1</sub>	75,21	0,7521	24,79	0,2479
A <sub>2</sub>	56,48	3,39	43,52	2,61
B <sub>1</sub>	39,46	3,95	60,54	60,54
B <sub>2</sub>	25,82	4,13	74,18	11,87
C	15,29	5,81	84,71	32,19
D	73,08	1,90	92,69	24,10
E	3,64	0,0727	96,36	1,93

A tabela 6.11 comprova que uma modificação na estrutura de preços do gás implica em uma mudança no processo migratório das classes. Ao comparar a tabela 4.4 do capítulo 4 com a tabela 6.11, nota-se que nas classes de maior poder aquisitivo verifica-se um declínio na migração para o gás. Por outro lado, nas classes de menor poder aquisitivo observa-se um aumento na migração para o gás. Esta análise entre as duas políticas será feita com maior rigor no tópico seguinte.

#### **6.4.1 Construção dos patamares ponta, fora de ponta e gás**

No capítulo 4 foi apresentada de forma detalhada a construção dos patamares de ponta, fora de ponta e gás, os quais foram utilizados como alicerce para a construção da política pública anterior. Assim sendo, o procedimento do capítulo 4 será utilizado para calcular os patamares de ponta, fora de ponta e gás para essa política em específico.

A tabela 6.12 apresenta os patamares ponta, fora de ponta e gás para as três situações em específico. Isto é, a primeira situação representa os dados de ponta e fora de ponta anteriores à implementação das tarifas diferenciadas de energia. A situação 2 retrata os efeitos da implementação das tarifas diferenciadas para a energia elétrica e da migração para o gás. Finalmente, a situação 3 apresenta os efeitos da implementação de uma tarifa diferenciada para a energia elétrica e para o gás natural.

*Tabela 6. 12 – Patamares ponta, fora de ponta e gás para as três situações em específico.*

<b>Classe Social</b>	<b>Patamares de Consumo</b>	<b>Situação Original</b>	<b>Política Pública 1</b>	<b>Política Pública 2</b>
<b>Classe A<sub>1</sub></b>	Ponta	54,53%	0,08%	<b>13,12%</b>
	Fora Ponta	45,47%	0,07%	<b>11,67%</b>
	Gás	0,00%	99,84%	<b>75,21%</b>
<b>Classe A<sub>2</sub></b>	Ponta	54,53%	5,02%	<b>21,82%</b>
	Fora Ponta	45,47%	5,00%	<b>21,71%</b>
	Gás	0,00%	89,98%	<b>56,48%</b>
<b>Classe B<sub>1</sub></b>	Ponta	54,53%	23,61%	<b>26,20%</b>
	Fora Ponta	45,47%	19,68%	<b>34,34%</b>
	Gás	0,00%	56,71%	<b>39,46%</b>
<b>Classe B<sub>2</sub></b>	Ponta	54,53%	21,13%	<b>21,08%</b>
	Fora Ponta	45,47%	53,20%	<b>53,09%</b>
	Gás	0,00%	25,67%	<b>25,82%</b>
<b>Classe C</b>	Ponta	54,53%	6,09%	<b>5,65%</b>
	Fora Ponta	45,47%	85,16%	<b>79,06%</b>
	Gás	0,00%	8,74%	<b>15,29%</b>
<b>Classe D</b>	Ponta	54,53%	0,05%	<b>0,05%</b>
	Fora Ponta	45,47%	98,06%	<b>92,65%</b>
	Gás	0,00%	1,90%	<b>7,31%</b>
<b>Classe E</b>	Ponta	54,53%	0,00%	<b>0,00%</b>
	Fora Ponta	45,47%	99,54%	<b>96,36%</b>
	Gás	0,00%	0,46%	<b>3,64%</b>

Conforme mostrado na tabela 6.12, observa-se uma diferença na dinâmica de migração entre as políticas públicas um e dois. Ou seja, as classes de maior poder aquisitivo apresentaram um certo declínio na migração para o gás, em razão da elevada tarifa apresentada por esse insumo. Essa diminuição está na ordem de 24,63% e 33,5% para as classes  $A_1$  e  $A_2$  respectivamente. Deve-se ressaltar que as novas tarifas influenciaram na dinâmica de migração para o gás. Contudo, essas classes estão em

busca da maximização de conforto, isto explica a elevada taxa de migração, ainda verificada nessa política, sobretudo na classe  $A_1$ .

Por outro lado, as classes de menor poder aquisitivo apresentaram um aumento na migração para o gás, em virtude das baixas tarifas do gás verificadas nessas classes. Esse aumento está na ordem de 3,18% e 5,41% para as classes  $E$  e  $D$  respectivamente. Deve-se ressaltar que, à medida que decresce a tarifa do gás essas classes são incentivadas a migrar para este energético, ou seja, não em busca de conforto, mas em busca de maximizar a renda.

Finalmente, os dados apresentados na coluna 5 da tabela 6.12 são fundamentais, pois constituem o alicerce de todas as análises que serão realizadas a seguir.

Todos os demais dados, tais como, tarifa de energia na ponta e fora de ponta, consumo de energia e de gás já foram previamente definidos na política pública anterior. Desta forma, os mesmos não serão apresentados novamente.

#### **6.4.2 Obtenção do Índice de Gini**

Após a apresentação de todos os dados, pode-se iniciar à construção dos parâmetros que serão utilizados na obtenção do índice de Gini dessa política pública. A princípio, será calculado o valor que cada classe irá pagar pela energia. Em seguida, descontando da renda global o pagamento de cada classe, pode-se obter a renda disponível de cada estrato social. Finalmente, para aferir essa política será calculado o índice de Gini. Como na política pública 1 a tabela 6.13 apresenta os parâmetros utilizados na obtenção do pagamento de energia referente a cada classe.

Tabela 6.13 – Política Pública 2.

Classe Social	Patamares de consumo	Distribuição da população em [%]	Número de famílias na classe por milhão	Participação das classes no segmento	Consumo [kWh]	Tarifas diferenciada para energia elétrica e gás em [R\$/kWh]	Pagamento por tipo de consumo em R\$
Classe A <sub>1</sub>	Ponta	1	10000	13,12%	88	1,459556	168.500,91
	Fora Ponta			11,67%	88	0,219482	22.541,40
	Gás			75,21%	176	1,40178	1.855.537,86
	<b>Total</b>			100,00%			<b>2.046.580,16</b>
Classe A <sub>2</sub>	Ponta	6	60000	21,82%	88	1,459556	1.681.351,91
	Fora Ponta			21,71%	88	0,219482	251.548,92
	Gás			56,48%	176	0,836600	4.989.375,40
	<b>Total</b>			100,00%			<b>6.922.276,23</b>
Classe B <sub>1</sub>	Ponta	10	100000	26,20%	88	1,459556	3.365.048,33
	Fora Ponta			34,34%	88	0,219482	663.309,76
	Gás			39,46%	176	0,504700	3.504.950,79
	<b>Total</b>			100,00%			<b>7.533.308,88</b>
Classe B <sub>2</sub>	Ponta	16	160000	21,08%	88	1,459556	4.332.828,41
	Fora Ponta			53,09%	88	0,219482	1.640.773,29
	Gás			25,82%	176	0,300000	2.181.446,61
	<b>Total</b>			100,00%			<b>8.155.048,30</b>
Classe C	Ponta	38	380000	5,65%	88	1,459556	2.759.405,37
	Fora Ponta			79,06%	88	0,219482	5.802.500,84
	Gás			15,29%	176	0,166800	1.705.419,82
	<b>Total</b>			100,00%			<b>10.267.326,04</b>
Classe D	Ponta	26	260000	0,05%	88	1,459556	15.191,46
	Fora Ponta			92,65%	88	0,219482	4.652.494,69
	Gás			7,31%	176	0,076320	255.210,68
	<b>Total</b>			100,00%			<b>4.922.896,83</b>
Classe E	Ponta	2	20000	0,00%	88	1,459556	0,00
	Fora Ponta			96,36%	88	0,219482	372.239,17
	Gás			3,64%	176	0,001123	143,82
	<b>Total</b>			100,00%			<b>372.382,99</b>

Pode-se observar que a tabela 6.13 apresenta a mesma configuração que a tabela 6.6, do tópico anterior. Esta tabela tem como objetivo principal apresentar o pagamento referente ao consumo de energia e de gás para cada classe social. Desta forma, o pagamento referente ao consumo de energia e gás específico para cada classe é obtido da mesma forma que no tópico anterior.

Pode-se observar que na coluna 5 da tabela 6.6, aproximadamente 99,84% da classe A<sub>1</sub> migrou para o gás. Ainda pode-se observar nessa mesma tabela que, 99,54% da

classe *E* mudou seus hábitos cotidianos de banho em virtude da baixa tarifa de energia verificada fora do horário de ponta.

No entanto, pode-se observar na tabela 6.13 que aproximadamente 75,21% da classe *A<sub>1</sub>* migrou para o gás, isto é, ao comparar esta política com a anterior verifica-se que houve uma diminuição na migração para o gás de aproximadamente 24,63%. Esta diferença está correlacionada com o aumento significativo da tarifa do gás na classe *A<sub>1</sub>*. Ainda assim, a parcela das famílias que migram para o gás é elevada, e isto afeta diretamente o pagamento referente ao consumo de gás desta classe. Isto é, na política pública 1 o pagamento referente ao gás específico da classe *A<sub>1</sub>* era R\$433.678,09. No entanto, na política 2 observa-se que este pagamento elevou-se para R\$ 1.855.537,86.

Por outro lado, observando a coluna 5 da tabela 6.13, nota-se que, 96,36% da classe *E* migrou para fora do horário de ponta, enquanto apenas 3,64% da classe se transferiu para o gás. Observa-se que este aumento na migração em direção ao gás, ocorreu em virtude da baixa tarifa do gás verificado na classe *E*. Embora, tenha havido um aumento na migração para o gás, o que contribuiu de fato para a definição do pagamento referente ao consumo de energia desta classe, foi o grande fluxo migratório para fora do horário de ponta. Desta forma, ao comparar o pagamento total da classe *E* entre as duas políticas 1 e 2 percebe-se que não há muita diferença. O pagamento total é R\$388.465,77 e 372.382,99 respectivamente.

O gráfico da figura 6.3 ilustra o pagamento total referente ao consumo de energia e gás para as demais classes.

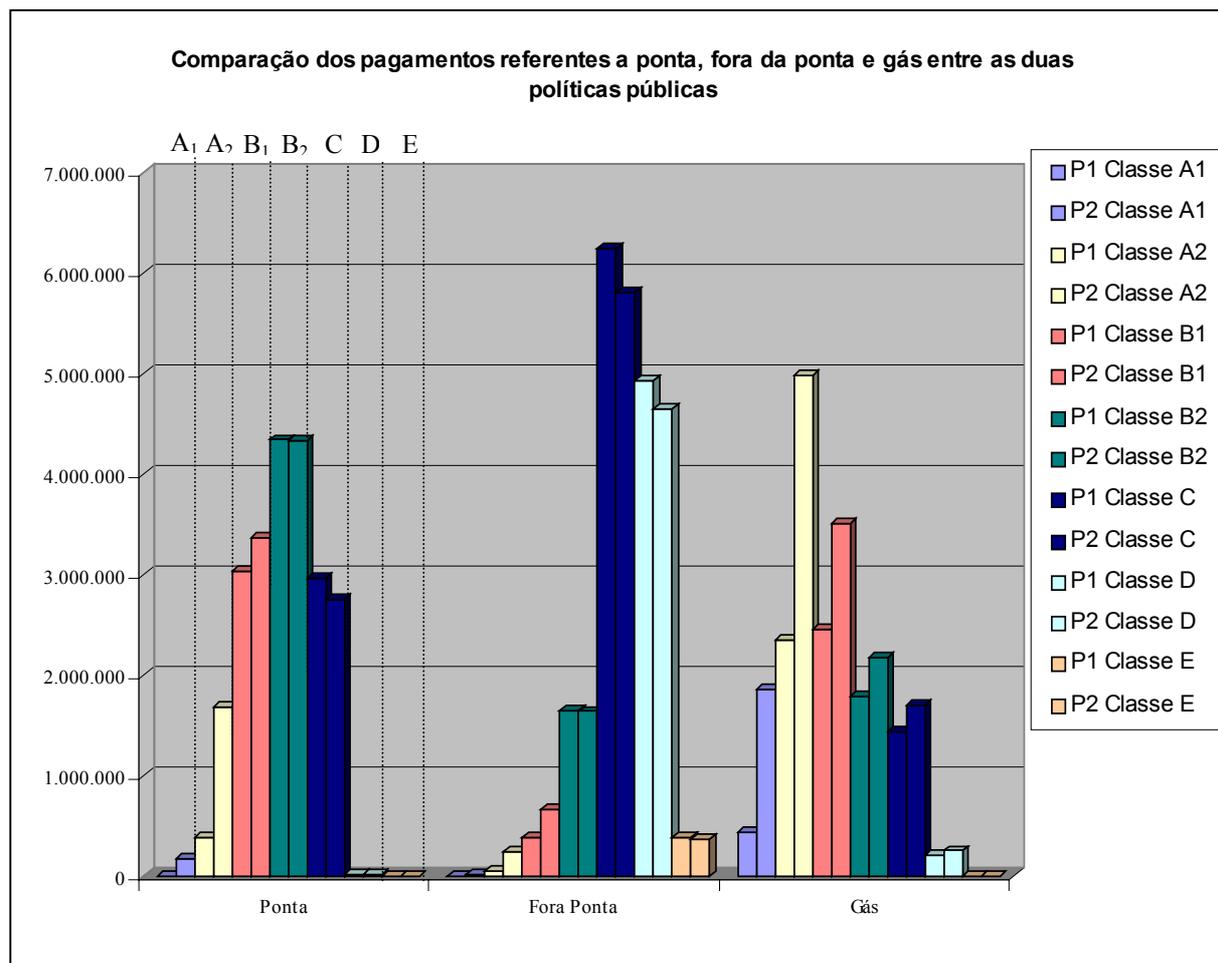


Figura 6. 3 – Pagamento referente ao consumo de energia na ponta, fora de ponta e gás para cada classe social.

O gráfico da figura 6.3 apresenta para cada segmento, ponta, fora da ponta e gás, a evolução dos pagamentos entre as duas políticas públicas. Pode-se observar que o pagamento referente ao consumo no horário de ponta é alto nas classes B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C. Nota-se também que entre estas três classes não há muita diferença de uma política para outra. Entretanto, na classe A<sub>2</sub>, pode-se observar que houve uma elevação no pagamento referente ao horário de ponta da política 1 para 2 de aproximadamente R\$1.294,231 reais.

No segmento, fora do horário de ponta, observa-se que o pagamento referente ao consumo de energia neste horário é elevado nas classes C, D e E. A classe C possui a maior contribuição neste segmento em relação ao pagamento de energia referente ao consumo de energia fora do horário de ponta. Esta elevada contribuição está relacionada

com a elevada migração para fora do horário de ponta e a alta participação desta classe na distribuição total. A classe *E* por participar em apenas 2% da distribuição total, não contribui muito no pagamento referente ao consumo de energia fora do horário de ponta.

No último segmento observa-se que o pagamento referente ao consumo de gás natural é elevado nas classes de maior poder aquisitivo. Nota-se que houve uma elevação no pagamento realizado pela classe *A<sub>1</sub>* entre as duas políticas públicas. Isto é, na primeira política pública a classe *A<sub>1</sub>* pagava R\$433.678,09 reais, enquanto na política pública 2 a mesma classe paga R\$1.855.537,86 reais. Esta grande diferença está relacionada com a nova estrutura tarifária do gás. Este mesmo efeito também pode ser visualizado na classe *A<sub>2</sub>*. Ao observar o gráfico da figura 6.3 nota-se que a classe *C* também apresenta uma grande contribuição neste segmento, entretanto esta contribuição está correlacionada com a elevada participação desta classe na distribuição total.

Todas as análises realizadas até o presente momento destinaram-se à obtenção do pagamento da energia consumida específica de cada classe. Desta forma, pode-se alcançar o objetivo principal desta política que é primeiramente, o cálculo da renda disponível e em seguida, a obtenção do índice de Gini da mesma.

Como mencionada no tópico anterior, a renda disponível é o resultado da subtração da renda global do pagamento da fatura de energia de cada classe. Este resultado está mostrado na tabela 6.14.

*Tabela 6. 14 – Cálculo da renda disponível de cada classe social.*

<b>Classes Sociais</b>	<b>Renda média classes sociais</b>	<b>Número de famílias por milhão</b>	<b>Renda total da classe [R\$]</b>	<b>Pagamento energia elétrica [R\$]</b>	<b>Renda disponível [R\$]</b>
Classe A <sub>1</sub>	7.793	10.000	77.930.000	2.046.580,16	75.883.419,84
Classe A <sub>2</sub>	4.648	60.000	278.880.000	6.922.276,23	271.957.723,77
Classe B <sub>1</sub>	2.804	100.000	280.400.000	7.533.308,88	272.866.691,12
Classe B <sub>2</sub>	1.669	160.000	267.040.000	8.155.048,30	258.884.951,70
Classe C	927	380.000	352.260.000	10.267.362,04	341.992.673,96
Classe D	424	260.000	110.240.000	4.922.896,83	105.317.103,17
Classe E	207,00	20.000,00	4.140.000,00	372.382,99	3.767.617,01

Finalmente, após a obtenção da renda disponível para cada classe, pode-se obter o índice de Gini para esta política. Desta forma, primeiramente será construída uma tabela que apresenta todos os dados necessários para que o mesmo possa ser calculado.

*Tabela 6. 15 – Metodologia de Cálculo para o índice de Gini para a política pública 2.*

Classes	Dist. Amostra Ni	Dis. Normalizada ni	Dist. Acumulada pi	Renda Disponível	$Ri \cdot Ni / \sum Ri \cdot Ni$	Dist. Acumulada qi
E	2	0,0202	0,0202	3.767.617	0,0028	0,0028
D	26	0,2626	0,2828	105.317.103	0,0791	0,0820
C	38	0,3838	0,6667	341.992.674	0,2570	0,3390
B <sub>2</sub>	16	0,1616	0,8283	258.884.952	0,1946	0,5335
B <sub>1</sub>	10	0,1010	0,9293	272.866.691	0,2051	0,7386
A <sub>2</sub>	6	0,0606	0,9899	271.957.724	0,2044	0,9430
A <sub>1</sub>	1	0,0101	1,0000	75.883.420	0,0570	1,0000
Total	99			1.330.670.181		

A princípio, para se obter o índice de Gini, deve-se calcular as áreas dos trapézios que se encontram sob a curva de Lorenz. Para isto, deve-se substituir os dados referentes às colunas 4 e 7 da tabela 6.15, na expressão 5.3 do capítulo 5.

*Tabela 6. 16 – Áreas dos trapézios abaixo da curva de Lorenz para a Política Pública 2.*

Classe	Área
E	$S_E = 0,0000286$
D	$S_D = 0,0111$
C	$S_C = 0,0808$
B <sub>2</sub>	$S_{B_2} = 0,0705$
B <sub>1</sub>	$S_{B_1} = 0,0642$
A <sub>2</sub>	$S_{A_2} = 0,0510$
A <sub>1</sub>	$S_{A_1} = 0,0098$
	$\sum S_i = 0,2875$

Observa-se que o somatório das áreas dos trapézios mostrado na tabela 6.16 é 0.2875 e a área do triângulo de máxima desigualdade é 0.5. Assim, pode-se obter o valor do índice de Gini para essa política em questão. De forma análoga ao tópico anterior, utilizar-se-á a expressão 5.2 definida no capítulo 5, para o cálculo do mesmo.

$$Gini = \frac{A_{\Delta OAB} - \sum_{i=1}^n S_i}{A_{\Delta OAB}} = \frac{0,5 - 0,2875}{0,5} = 0,4250$$

Finalmente, obtém-se um valor para o índice de Gini de 0,4250. Todos os comentários e comparações acerca dos índices de Gini já obtidos serão feitos após a construção da última política pública, a qual será apresentada no próximo tópico.

### **6.5 Política Pública 3: Estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas para o gás e para a energia elétrica com transferência de renda**

Neste tópico apresentar-se-á a última política pública, a qual tem como objetivo efetuar uma transferência de renda entre as classes de maior poder aquisitivo para as classes de menor poder aquisitivo. Isto caracteriza um subsídio cruzado. A princípio, essa política se assemelha à segunda, pois possui as mesmas características tarifárias, ou seja, apresenta tarifas diferenciadas para a energia elétrica e para o gás natural.

Desta forma, o cerne desta política é sem dúvida nenhuma o subsídio cruzado<sup>18</sup>. Isto é, na política pública 2 todo pagamento realizado pelo consumidor era revertido para a concessionária. Nesta política uma parte do pagamento será revertida para as classes de menor poder aquisitivo através, por exemplo, de programas sociais, renda família, descontos em equipamentos elétricos, etc.

A renda transferida, como pode ser vista na expressão 6.10 será a diferença de pagamentos entre as duas políticas públicas.

$$R_{T_i} = Pgt_{P2_i} - Pgt_{P1_i} \quad (6.10)$$

onde:

- $R_{T_i}$ : Renda transferida específica de cada classe;
- $Pgt_{P2_i}$ : Pagamento referente à política pública 2 específico de cada classe;
- $Pgt_{P1_i}$ : Pagamento referente à política pública 1 específico de cada classe.

Desta forma, as classes  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  irão participar da transferência de renda, enquanto as classes  $C$  e  $D$  irão participar do recebimento da renda. Todos estes cálculos estão apresentados na tabela 6.17

---

<sup>18</sup> Considerou-se um subsídio cruzado perfeito, ou seja, não há perdas no processo de transferência de renda.

Tabela 6. 17 – Obtenção da renda transferida.

Classes Sociais	Renda Global classe [R\$]	Número de famílias por milhão	Renda total da classe [R\$]	Pagamento Total Política Pública 2 [R\$]	Pagamento Total Política Pública 1 [R\$]	Renda transferida [R\$]
Classe A <sub>1</sub>	7.793,00	10.000	77.930.000	2.046.580,16	434.880,30	1.611.699,86
Classe A <sub>2</sub>	4.648,00	60.000	278.880.000	6.922.276,23	2.790.008,66	4.132.267,57
Classe B <sub>1</sub>	2.804,00	100.000	280.400.000	7.533.308,88	5.875.441,07	1.657.867,81
Classe B <sub>2</sub>	1.669,00	160.000	267.040.000	8.155.048,30	7.769.854,32	385.193,98
Classe C	927,00	380.000	352.260.000	10.267.326,04	10.666.178,68	$\sum R_T$ <b>7.787.029</b>
Classe D	424,00	260.000	110.240.000	4.922.896,83	5.154.927,38	
Classe E	207,00	20.000	4.140.000	372.382,99	388.465,77	

O somatório da renda transferida será utilizado para elevar a renda da classe *E* de R\$207,00 reais para R\$300,00<sup>19</sup> reais. O restante será utilizado para elevar a renda da classe *D*. Desta forma, o valor gasto para elevar a renda da classe *E* será obtido da seguinte forma.

$$Valor_E = (R_N - R_O) \cdot N^o \text{ famílias} \quad (6.11)$$

onde:

- $Valor_E$ : Valor gasto para elevar a renda da classe *E*;
- $R_N$ : Renda nova da classe *E*;
- $R_O$ : Renda original da classe *E*.

Desta forma, o valor gasto para elevar a renda da classe *E* será de R\$1.860.000,00 reais. Isto implica que cada família desta classe terá a sua renda aumentada em R\$93 reais. O restante, R\$5.927.029,23 reais dividido pelo número de famílias da classe *D*, fornece o valor que será acrescido na renda das famílias que constituem a classe *D*, ou seja, este valor será de R\$22,80 reais. A tabela 6.18 apresenta os valores da renda transferida, recebida e a renda final de cada classe social.

<sup>19</sup> Considerou-se uma elevação na renda da classe *E* de R\$93,00

*Tabela 6. 18 – Obtenção da renda disponível.*

Classes Sociais	Renda Global classe [R\$]	Número de famílias por milhão	Renda total da classe [R\$]	Pagamento Total Política Pública 2 [R\$]	Renda transferida [R\$]	Renda recebida [R\$]	Renda Diponível [R\$]
Classe A <sub>1</sub>	7.793,00	10.000	77.930.000	2.046.580,16	1.611.699,86		75.883.419,84
Classe A <sub>2</sub>	4.648,00	60.000	278.880.000	6.922.276,23	4.132.267,57		271.957.723,77
Classe B <sub>1</sub>	2.804,00	100.000	280.400.000	7.533.308,88	1.657.867,81		272.866.691,12
Classe B <sub>2</sub>	1.669,00	160.000	267.040.000	8.155.048,30	385.193,98		258.884.951,70
Classe C	927,00	380.000	352.260.000	10.267.326,04			341.992.673,96
Classe D	446,80	260.000	110.240.000	4.922.896,83		5.927.029,23	111.244.132,40
Classe E	207,00	20.000	4.140.000	372.382,99		1860000	5.627.617,01

Pode-se observar na tabela 6.18 que a renda disponível das classes  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  e  $C$  é a diferença entre a renda total da classe e o pagamento total da política pública 2. No entanto, a renda disponível das classes  $D$  e  $E$ , é a diferença entre a renda total da classe e o pagamento total da política pública 2 mais a renda recebida.

Finalmente, após a obtenção da renda disponível para cada classe, pode-se obter o índice de Gini para esta política. Desta forma, primeiramente será construída uma tabela que apresenta todos os dados necessários para que o mesmo possa ser calculado.

*Tabela 6. 19 – Metodologia de Cálculo para o índice de Gini para a política pública 3.*

Classes	Dist. Amostra $N_i$	Dis. Normalizada $n_i$	Dist. Acumulada $p_i$	Renda Disponível	$R_i \cdot N_i / \sum R_i \cdot N_i$	Dist. Acumulada $q_i$
E	2	0,0202	0,0202	5.627.617	0,0042	0,0042
D	26	0,2626	0,2828	111.244.132	0,0831	0,0873
C	38	0,3838	0,6667	341.992.674	0,2555	0,3428
B <sub>2</sub>	16	0,1616	0,8283	258.884.952	0,1934	0,5363
B <sub>1</sub>	10	0,1010	0,9293	27.286.6691	0,2039	0,7401
A <sub>2</sub>	6	0,0606	0,9899	271.957.724	0,2032	0,9433
A <sub>1</sub>	1	0,0101	1,0000	75.883.420	0,0567	1,0000
Total	99			1.338.457.210		

A obtenção do índice de Gini exige inicialmente o cálculo das áreas dos trapézios que se encontram sob a curva de Lorenz. Para isto, deve-se substituir os dados referentes às colunas 4 e 7 da tabela 6.19 na expressão 5.3 do capítulo 5.

*Tabela 6. 20 – Áreas dos trapézios abaixo da curva de Lorenz para a Política Pública 2.*

<b>Classe</b>	<b>Área</b>
E	$S_E = 0,0000425$
D	$S_D = 0,0120$
C	$S_C = 0,0826$
B <sub>2</sub>	$S_{B_2} = 0,0710$
B <sub>1</sub>	$S_{B_1} = 0,0645$
A <sub>2</sub>	$S_{A_2} = 0,0510$
A <sub>1</sub>	$S_{A_1} = 0,0098$
	$\sum S_i = 0,2909$

Observa-se que o somatório das áreas dos trapézios mostrada na tabela 6.20 é 0.2909 e a área do triângulo de máxima desigualdade é 0.5. Assim, pode-se obter o valor do índice de Gini para essa política em questão. De forma análoga ao tópico anterior, utilizar-se-á a expressão 5.2 definida no capítulo 5, para o cálculo do mesmo.

$$Gini = \frac{A_{\Delta OAB} - \sum_{i=1}^n S_i}{A_{\Delta OAB}} = \frac{0,5 - 0,2909}{0,5} = 0,4181$$

Desta forma, o índice de Gini desta política é 0,4181.

## **6.6 Comparação entre as Políticas Públicas e considerações finais**

Este último tópico destina-se a realizar algumas comparações entre as políticas públicas apresentadas anteriormente. Isto é, através do cálculo do índice de Gini é possível tecer alguns comentários sobre a importância da política pública para a sociedade em termos de distribuição de renda. Desta forma, a tabela 6.21 apresenta os índices de Gini para as políticas públicas apresentadas.

*Tabela 6. 21 – Apresentação dos índices de Gini das políticas públicas*

<b>Políticas Públicas</b>	<b>Índice de Gini</b>
Condição Inicial	0,4311
Política Pública 1	0,4280
Política Pública 2	0,4250
Política Pública 3	0,4181

Pode-se observar na tabela 6.21 que na condição inicial o índice de Gini era de 0,4311. Isto é, nesta condição a tarifa de energia elétrica era a mesma independentemente do horário de uso do chuveiro elétrico.

A implementação da nova estrutura tarifária, ou seja, tarifa de energia dentro e fora do horário de ponta, implica inicialmente em uma mudança de hábitos dos consumidores quanto à migração para fora do horário de ponta, e também há a possibilidade de migração para o gás natural. Isto é, os consumidores de menor poder aquisitivo migram para fora do horário de ponta em busca de uma certa economia na conta de energia elétrica, por outro lado, os consumidores que detêm um maior poder aquisitivo permanecem no horário de ponta, ou migram para o gás, pois os mesmos estão em busca do conforto. Toda esta dinâmica, faz com que haja uma pequena melhora na distribuição de renda desta população e conseqüentemente este efeito pode ser visto no decréscimo do índice de Gini da mesma.

A segunda política pública além de possuir uma estrutura tarifária baseada em tarifas diferenciadas para a energia elétrica, introduz uma nova estrutura de tarifas para o gás natural, ou seja, conforme o decréscimo do poder aquisitivo da classe a tarifa do gás natural diminui. Esta modificação na estrutura tarifária do gás implica em uma redistribuição de renda da população ocasionando assim uma queda no valor do índice de Gini. Pode-se observar que a diferença do valor do índice de Gini da primeira política para a segunda é pequena, isto equivale a dizer que a implementação da nova tarifa do gás não proporcionou uma redistribuição de renda adequada nesta população.

A terceira e última política pública se assemelha com a segunda, pois apresenta as mesmas características tarifárias, entretanto, nesta política há um processo de transferência de renda, o qual tem como objetivo aumentar a renda das classes de baixa renda através de programas sociais. Observa-se que ao introduzir a transferência de renda nota-se um decréscimo maior do índice de Gini da população, pois houve uma melhora na distribuição de renda.

Desta forma, pode-se observar que as políticas públicas são extremamente necessárias, pois as mesmas devem refletir as necessidades básicas de uma certa população. Estas políticas têm como meta não a concentração de renda, mas a redistribuição de renda entre as classes sociais.

# Capítulo 7

## Conclusões Finais

### 7.1 Retrospectiva

Esta dissertação procurou apresentar uma série de contribuições para a análise de políticas públicas, em relação à eletricidade e ao gás natural, no seu uso final. Embora, muitas conclusões já tenham sido destacadas ao longo do texto, este capítulo tem como objetivo apresentar conclusões gerais sobre os estudos, metodologias desenvolvidas e propostas de melhorias e futuros desenvolvimentos.

O capítulo 2 apresentou uma breve visão da evolução do mercado de gás no Brasil e no mundo. Conforme abordado neste capítulo o mercado de gás ainda é incipiente se comparado com o mercado de petróleo. Entretanto, com a construção do gasoduto Brasil-Bolívia, com as novas descobertas de gás na bacia de Santos e com a construção de novas malhas de gás no país, acredita-se que esse mercado venha a ser tão importante quanto o mercado de petróleo. Sinais de crescimento desse mercado já podem ser vistos, como por exemplo, a súbita evolução do gás natural veicular no estado de São Paulo.

O capítulo 3 apresentou os impactos ocasionados com a utilização em massa do chuveiro elétrico, no horário de ponta. Este equipamento é o responsável pela contribuição da elevada demanda no horário de ponta do sistema. Desta forma, as concessionárias de energia elétrica se preocupam em elaborar programas que visam a diminuição da utilização deste equipamento neste horário. Como mencionado nesse capítulo um dos programas é a Tarifa Amarela. Adicionalmente esse capítulo apresentou um programa realizado no MatLab, o qual teve como objetivo inicial, gerar a curva da potência diária a partir de uma dada amostra. Em seguida, após algumas modificações neste programa, foi possível a partir de uma determinada relação de tarifa de energia de ponta e fora da ponta, observar a dinâmica de migração para fora do horário de ponta.

O capítulo 4 apresentou a importância da renda mediante a aplicação de tarifas diferenciadas e da substituição de energéticos. Nesse capítulo foram apresentados dois

modelos, sendo que o primeiro retratou o comportamento de cada classe perante a aplicação das tarifas diferenciadas. O segundo modelo retratou o comportamento de cada classe perante a substituição de energéticos, eletricidade-gás natural, para aquecimento de água. Estes modelos aparentemente simples retratam de forma satisfatória o comportamento de uma dada amostra mediante a aplicação das tarifas diferenciadas e da substituição de energéticos no uso final.

O capítulo 5 apresentou alguns conceitos básicos da Teoria do Bem-Estar (*Welfare Economics*). Além disto, foram apresentados alguns conceitos sobre distribuição de renda e em paralelo foi apresentado, o índice de Gini, o qual mede a concentração de renda de uma dada população.

O capítulo 6 apresentou, de forma sucinta, as três políticas públicas. A primeira política fundamentou-se na aplicação da tarifa diferenciada e substituição de insumos para uma dada população. Apesar da intensa migração para fora do horário de ponta verificada nas classes de menor poder aquisitivo, não se observou uma queda significativa no índice de Gini da mesma.

Na segunda política pública além de manter a estrutura tarifária de energia elétrica da política pública anterior, implantou uma nova estrutura tarifária para o gás natural. A introdução da nova estrutura tarifária para o gás contribuiu para o decréscimo também pequeno, do índice de Gini para esta política.

Finalmente, a terceira política apresentou um mecanismo de transferência de renda, o qual foi definido com sendo a diferença entre os pagamentos da segunda e da primeira política. O resultado dessa política foi utilizado, inicialmente, para elevar a renda da classe *E* e o restante foi utilizado para elevar a renda da classe *D*.

## **7.2 Conclusões**

- Os métodos de simulação do tipo Simulação de Monte Carlo se adaptam satisfatoriamente ao tratamento do problema de substituição, tanto no que diz respeito à parte técnica quanto à parte econômica e social.
- A análise dos efeitos da renda no comportamento dos consumidores trouxe resultados interessantes, por exemplo, nas classes de menor poder aquisitivo, o “driver” principal é o custo, enquanto nas classes de alta renda predomina a busca pelo conforto.

- Essa diversidade de objetivos em função da renda se traduz em um impacto de política sobre o bem-estar público mais complexo do que se imaginava inicialmente. Certas políticas, que deveriam produzir um efeito desconcentrador, na prática e para certas classes sociais, produzem reações contrárias ao esperado. Isso aplica-se às políticas 1 e 2, as quais tiveram um efeito praticamente nulo no índice de Gini. Desta forma, foi necessário recorrer a uma política de subsídio cruzado, para conseguir um efeito desconcentrador sensível.
- O uso de tarifas diferenciadas deve ser cuidadosamente analisado e, especialmente, devem ser simulados os efeitos da aplicação dessas tarifas, através de um modelo adequado.
- Apesar do resultado favorável da utilização do subsídio cruzado, deve-se ter uma atenção especial no mecanismo de transferência de renda. Por exemplo, poderia imaginar-se um imposto aplicado à concessionária igual ao valor pago a mais pelos clientes de classes sociais de maior poder aquisitivo. Por outro lado, o governo devolveria este montante aos clientes de baixa renda através, por exemplo, de projetos sociais, renda família, descontos em equipamentos elétricos, etc. Entretanto, neste processo haveria perdas da mais variada índole, as quais poderiam inviabilizar o efeito desconcentrador da política.

### **7.3 Recomendações para trabalhos futuros**

Esta dissertação apresentou conceitos técnicos, econômicos e sociais, tendo com objetivo principal a formulação de políticas públicas de substituição. Entretanto, apesar dos desenvolvimentos já realizados e apresentados ao longo desta dissertação, há lacunas ainda a serem investigadas e preenchidas. Dentre elas, destacam-se:

- A aplicação das tarifas diferenciadas exige um conhecimento profundo e criterioso dos hábitos de banho e uso de eletrodomésticos por parte da

população analisada. Como futuro desenvolvimento, pode-se realizar pesquisas de caráter sócio-econômico e de hábitos de consumo, de tal maneira que retrate o comportamento da população em análise. Dessa forma, pode-se criar modelos mais complexos envolvendo a área de Microeconomia, de tal forma que, retrate o perfil de comportamento desta população.

- Utilizou-se como taxa de substituição para o gás natural um valor constante de 20%. Entretanto, não há dados ou pesquisas que realmente comprovem a validade desse valor. Pode-se realizar um estudo técnico e sócio-econômico em conjunto com as concessionárias de gás, de tal forma, a obter um valor justo para essa taxa de substituição.
  
- A Teoria do Bem-Estar social apresentada no capítulo 5 pode ser aprofundada e ser aplicada, de maneira mais intensa na formulação de políticas públicas para o setor de gás e energia elétrica. As políticas públicas apresentadas no capítulo 6 ainda podem ser largamente analisadas em conjunto com a área econômica e social.

## Referências Bibliográficas

- [1] MERCANTE R., “Mercado de Gás Natural Dobra em Apenas Quatro Anos”, Boletim Semanal com dados estatísticos e econômicos, Pesquisas elaboradas pelos consultores do Portal Gás Brasil, 2003.
- [2] Boletim Conjuntura Energia, Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, Março de 2003.
- [3] MORAES E. G. S., “O Mercado de Gás Natural no Estado de São Paulo: Histórico, Cenário, Perspectivas e Identificação de Barreiras”, Dissertação para o Programa de Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - USP - para obtenção do título de Mestre em Energia, Março de 2003.
- [4] GODOI M., “A Baixa Utilização do GN no Brasil”, Boletim Semanal com dados estatísticos e econômicos, Pesquisas elaboradas pelos consultores do Portal Gás Brasil, 2003.
- [5] RODRIGUES A., “Mercado de Gás Natural” Boletim Semanal com dados estatísticos e econômicos, Pesquisas elaboradas pelos consultores do Portal Gás Brasil, 2003.
- [6] KIMURA M., “Gás Natural Dentro do Contexto Mundial”, Boletim Semanal com dados estatísticos e econômicos, Pesquisas elaboradas pelos consultores do Portal Gás Brasil, 2003.
- [7] BERMANN C., “Energia no Brasil: Para quê? Para quem? Crise e Alternativas para um País Sustentável”, São Paulo: Livraria da Física: Fase, 2001.
- [8] Portaria N°551, de 6 de Dezembro de 2000.
- [9] TURDERA V. M., “A Evolução do Mercado de Gás Natural – Parte XVI”, Boletim Boletim Semanal com dados estatísticos e econômicos, Pesquisas elaboradas pelos consultores do Portal Gás Brasil, 2002. Disponível no site: <http://www.gasbrasil.com.br>
- [10] Boletim Mensal do Gás Natural, Agência Nacional do Petróleo – ANP, Fevereiro, 2003.
- [11] PAMPLONA N., “Petrobrás Vira o Jogo no Mercado de Gás”, Gás Energia, Setembro de 2003.

- [12] SCHÜFFNER C., “Aumento de reservas de gás natural altera a matriz energética”, *Jornal Valor Econômico*, Setembro de 2003.
- [13] LEITE N. F., “A Tarifa Diferenciada em Baixa Tensão: A Experiência da CEMIG”, ENERSHOW, São Paulo, 1999.
- [14] Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e de Hábitos de Consumo, Eletrobrás-PROCEL, 1989.
- [15] OLIVA, G. A., “Utilização de Aquecedores Solares de Baixo Custo em Programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD)”, XV SNPTEE, Foz do Iguaçu, Outubro de 1999.
- [16] MELO P, J., “Comparando Alternativas para Uso do Gás Canalizado: Centrais Termelétricas ou Aquecimento de Água em Residências”, Dissertação submetida à Universidade Federal de Itajubá como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre, 2003.
- [17] Pimentel, G, “Atitudes do Consumidor Brasileiro Quanto à Conservação de Energia Elétrica”, XV SNPTEE, Foz do Iguaçu, Outubro de 1999.
- [18] RAAD, A., “O Mercado de Gerenciamento pelo Lado da Demanda no Brasil: Controladores de Demanda e Tarifas Diferenciadas”, XVI SNPTEE, Campinas, Outubro de 2001.
- [19] FISHMAN G. S., “*Monte Carlo – Concepts, Algorithms and Applications*”, IE-Spring-Verlag, New York, 1996.
- [20] FARIA J. A., “Simulação de Monte Carlo na Valoração de Derivativos”, Conceitos e Aplicações, Palestra Moderna Finanças, Lisboa, 5 de Dezembro de 2000. Disponível no site: <http://www.bvl.pt/IMC/files/montec.pdf>
- [21] ARAGÃO C. S. L., LA ROCQUE E. C., “Simulação de Monte Carlo, com Volatilidade Estocástica, para a Análise do Risco de uma Carteira de Opções”, revista Resenha BM&F, nº133.
- [22] Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio, Síntese de Indicadores IBGE, 2001
- [23] Critério de Classificação Econômica Brasil, Associação Nacional de Empresas de Pesquisa, Dados com base no levantamento sócio-econômico, 2000 – IBOPE.
- [24] Prefeitura do município de São Paulo, Decreto 24.714 de 07/10/1987.

- [25] DEBRAJ R., “*Development Economics*”, Princeton Press 1999.
- [26] HESS P.; ROSS C., “*Economic Development*”, Princetow Press 99.
- [27] HOFFMANN R, “Distribuição de Renda: Medidas de Desigualdade e Pobreza”, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.
- [28] ROSSETTI P. J., “Introdução à Economia”, 17 ed., Atlas, São Paulo, 1997
- [29] DINIZ R. F, “Uma Resenha das Diferentes Faces do Bem Estar em Economia”, Dissertação de Mestrado da Fundação Getúlio Vargas.
- [30] VANCONCELLOS A. S. M, “Manual de Microeconomia”, São Paulo, Atlas, 2000.
- [31] BARROS P. R, M R, “O Impacto do Crescimento Econômico e de Reduções no Grau de Desigualdade sobre a Pobreza”, Texto para discussão N°528, IPEA, Rio de Janeiro, 1997.
- [32] SOARES C. S, “A Mensuração do Impacto Redistributivo do Gasto Social: Um Estudo para a Região Metropolitana de São Paulo”, Texto para discussão N°643, IPEA, Brasília, 1999.
- [33] JANNUZI M. G, “Políticas Públicas para a Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado: Uma Análise da Experiência recente dos EUA e do Brasil”, Campinas, SP: Autores Associados, 2000.
- [34] CARVALHO A. “Políticas Públicas”, Belo Horizonte, Editora UFMG, 2002.
- [35] BRANCO M. A, “Política Energética e Crise de Desenvolvimento”, São Paulo, Paz e Terra, 2002.