

USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA RESIDENCIAL

Paulo Cesar da Costa Pinheiro – PauloCPinheiro@ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica

7.4 Impacto da expansão do uso de energias renováveis

Resumo. *O chuveiro elétrico é uma tecnologia genuinamente brasileira, desenvolvida no fim dos anos 40. Devido ao seu baixo custo, facilidade de instalação e baixa manutenção, o chuveiro elétrico tornou-se a forma predominante de aquecimento da água para banho, estando presente em cerca de 85% das residências Brasileiras. O uso intensivo do chuveiro elétrico é apontado como um dos maiores vilões do consumo de energia residencial, e como um dos responsáveis pela ponta no sistema elétrico, devido à sua grande potência e ao hábito do Brasileiro de tomar banho ao chegar à casa depois do trabalho. Dada a situação Energética do Brasil, é necessário reduzir a demanda de potência no horário de ponta da curva de carga do sistema elétrico. Este trabalho apresenta uma análise do uso do chuveiro elétrico para o aquecimento doméstico de água, comparando-o com outros dispositivos domésticos de aquecimento de água e mostrando soluções para minimizar o problema de demanda no horário de pico.*

Palavras-chave: *Chuveiro, Aquecedor Solar, Energia Elétrica, Economia de Energia, Planejamento Energético*

1. INTRODUÇÃO

Entre as coisas mais estranhas e maravilhosas que eu observei entre as mulheres brasileiras, foi que nós jamais conseguimos fazê-las vestir. O pretexto alegado para permanecer sempre nuas, é o seu costume de, em todas as fontes e riachos limpos que encontram, se banhar e mergulhar, o que ocorre mais de 12 vezes por dia. Elas diziam que não valia a pena se despir tão freqüentemente. [Léry, 1557]

O hábito de tomar banho diariamente é uma particularidade dos Brasileiros, e este hábito tem uma grande influência na demanda de eletricidade do Brasil. Apesar do consumo per capita de eletricidade no Brasil ser pequeno (comparado com os países desenvolvidos), a pequena disponibilidade de eletricidade torna a análise do uso do chuveiro elétrico importante.

O chuveiro elétrico é um aquecedor de água de passagem, de alta potência (> 4,4 kW) e baixo custo. Ele fornece água a uma temperatura entre 30-40°C, permitindo um conforto térmico no banho. Seu baixo custo o tornou um equipamento de grande difusão, estando presente em cerca de 85% das residências no Brasil.

Entretanto, devido à sua grande potência e ao hábito Brasileiro de tomar banho no horário de pico, ele se tornou um dos grandes responsáveis por esta ponta de consumo de eletricidade. O uso intensivo do chuveiro elétrico é apontado como um dos maiores vilões do consumo de energia residencial, e um dos responsáveis pela ponta no sistema elétrico, chegando a ser responsável por até 26% do consumo total de energia elétrica do Brasil, durante alguns minutos do horário de ponta (Eletrobrás).

2. SITUAÇÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil possui um baixo consumo de eletricidade per capita comparado com outros países industrializados (tabela 1). Entretanto, o consumo de eletricidade vem crescendo em média cerca de 3,6 % ao ano, muito acima do crescimento do PIB (3% a.a.), e o setor de maior crescimento é o setor residencial.

Tabela 1. IDH, Consumo de Eletricidade, Elasticidade e Emissão de CO₂.

| IDH | País | Eletricidade kWh/ano.hab | PIB US\$/ TEP | Emissão CO ₂ | |
|-----|---------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------|---------|
| | | | | ton/hab | % mundo |
| 1 | Noruega | 26.640 | 6.100 | 12,2 | 0,2 |
| 3 | Austrália | 11.299 | 4.800 | 18,3 | 1,5 |
| 5 | Canadá | 18.541 | 3.600 | 16,5 | 1,9 |
| 6 | Suécia | 16.996 | 4.400 | 5,8 | 0,2 |
| 7 | Suíça | 8.483 | 7.800 | 5,7 | 0,2 |
| 10 | Estados Unidos | 13.456 | 4.400 | 20,1 | 24,4 |
| 11 | Japão | 8.612 | 6.400 | 9,4 | 5,2 |
| 15 | Reino Unido | 6.614 | 6.600 | 9,2 | 2,5 |
| 16 | França | 8.123 | 5.800 | 6,2 | 1,6 |
| 18 | Itália | 5.840 | 8.500 | 7,5 | 1,9 |
| 20 | Alemanha | 6.989 | 6.200 | 9,8 | 3,4 |
| 21 | Espanha | 6.154 | 6.500 | 7,3 | 1,2 |
| 23 | Israel | 6.698 | 6.000 | 11,0 | 0,3 |
| 27 | Portugal | 4.647 | 6.900 | 6,0 | 0,3 |
| 28 | Coreia | 7.058 | 3.900 | 9,4 | 1,9 |
| -- | Mundo | 2.465 | 4.600 | 3,6 | 100,0 |
| 34 | Argentina | 2.383 | 6.900 | 3,5 | 0,6 |
| 37 | Chile | 2.918 | 6.000 | 3,6 | 0,3 |
| 41 | Emirados Árabes | 14.215 | .. | 25,1 | 0,3 |
| 46 | Uruguai | 2.456 | 10.000 | 1,2 | (.) |
| 62 | Federação Russa | 6.062 | 1.900 | 9,9 | 6,2 |
| 63 | Brasil | 2.183 | 6.800 | 1,8 | 1,3 |
| 85 | China | 1.484 | 4.600 | 2,7 | 12,1 |
| 94 | Turquia | 1.904 | 5.700 | 3,0 | 1,0 |
| --- | Países em Desenvolvimento | 1.155 | 4.600 | 2,0 | 36,9 |
| 127 | Índia | 569 | 5.000 | 1,2 | 4,7 |
| 144 | Uganda | 61 | .. | 0,1 | (.) |
| 158 | Nigéria | 148 | 1.300 | 0,4 | 0,2 |
| 168 | Moçambique | 378 | 2.300 | 0,1 | (.) |
| 177 | Niger | 40 | ... | 0,1 | (.) |

Fonte: United Nations Development Programme, 2002, <http://hdr.undp.org/statistics/>

No consumo total de eletricidade no Brasil (359.564 GWh, 2004), cerca de 22% é consumido no setor residencial. O aquecimento de água para banho corresponde a cerca de 26% do consumo residencial, participação inferior somente ao da refrigeração, correspondendo a cerca de 6,0% de todo o consumo nacional de energia elétrica.

A figura 1, realizada a partir de dados dos Balanço Energéticos Brasileiro de 1967 a 1995, mostra evolução do consumo de energia no Brasil. O consumo total de energia (1994) foi de 199 Mtep, com um crescimento na década 84-94 de 21% (Brasil, 1995). Pode-se verificar que o perfil de demanda nacional é muito diferente do mundial, contando com grande participação de fontes renováveis (hidráulica, lenha e cana). No balanço energético mundial, a energia hidráulica participa com 5%. O Brasil tem um perfil energético muito particular, com grande parcela da energia hidráulica no balanço energético. A potência elétrica instalada é 87 GW (2004), dos quais 78% são gerados por hidroelétricas, e o resto por carvão, óleo diesel, gás natural e nuclear.

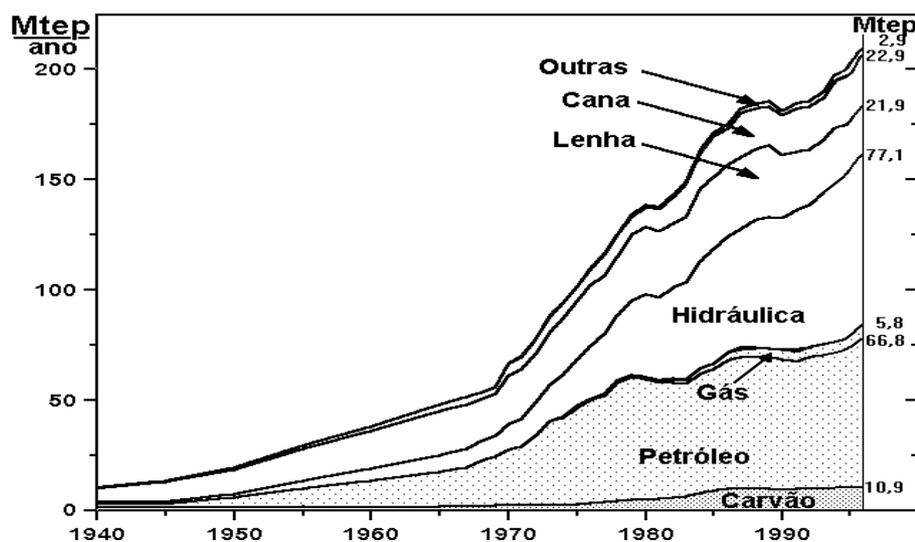


Figura 1. Consumo de Energia no Brasil

Tabela 2. Empreendimentos em Operação (2004)

| | Qte | Potência kW | % |
|-------------------------------------|-------|-------------|-------|
| Usinas Hidrelétricas de Energia | 140 | 66.390.154 | 76,36 |
| Usinas Termelétricas de Energia | 767 | 17.216.787 | 19,80 |
| Usina Termonucleares | 2 | 2.007.000 | 2,31 |
| Pequenas Centrais Hidroelétricas | 244 | 1.212.225 | 1,39 |
| Centrais Geradoras Hidroelétricas | 166 | 90.065 | 0,10 |
| Centrais Geradoras Elioelétricas | 10 | 26.825 | 0,03 |
| Central Geradora Solar Fotovoltaica | 1 | 20 | - |
| Total | 1.330 | 86.943.076 | 100 |

Fonte: Aneel/MME

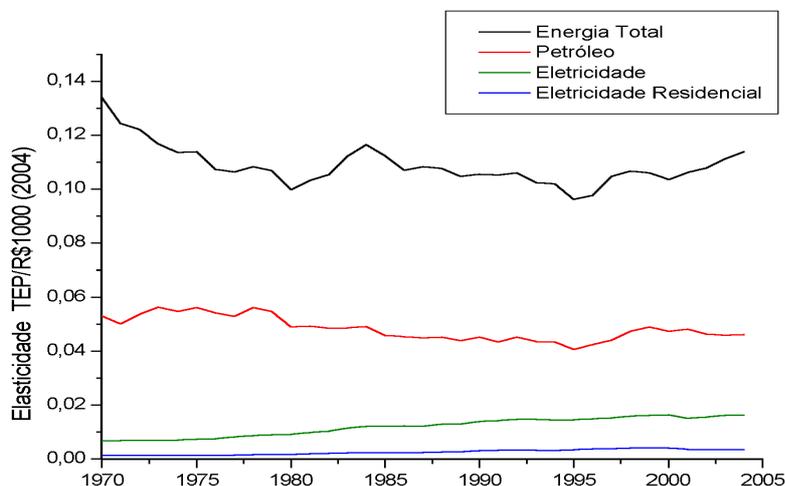


Figura 2. Elasticidade do Consumo de Energia

A correlação entre consumo de energia e Produto Interno Bruto, é conhecida há muito tempo: para se aumentar a riqueza de um país espera-se um aumento do consumo de energia. A figura 2 (BEN, 2005, IBGE, 2006) mostra a variação do consumo de energia no Brasil com o seu desenvolvimento (Elasticidade, TEP/R\$1000). Verifica-se que entre 1975-1995, além do crescimento econômico do Brasil a variação do consumo de energia elétrica, é sempre maior do que a variação do PIB. Este aumento do consumo de eletricidade é sobretudo notado nos setores residencial e comercial. Com o aumento do poder aquisitivo, as populações pobres tornam-se consumidoras, e mudando-se o perfil de consumo. Por outro lado a elasticidade do consumo de energia total e de petróleo

tem diminuído. Assim, a elasticidade do consumo de eletricidade é o principal indicador da economia brasileira. Se esperamos um crescimento da economia Brasileira, é necessário suprir o país de eletricidade.

Os recursos hidroelétricos nas regiões Sul/Sudeste estão quase totalmente explorados. O Brasil possui um enorme potencial hidroelétrico ainda não explorado, estimado em 260GW, mas a maior parte deste potencial encontra-se na região Amazônica. O uso deste recursos enfrenta questões ecológicas, além do custos das linhas de transmissão até os centros consumidores ser proibitivo.

Tabela 3. Potencial Hidroelétrico Brasileiro

| Bacia Hidrográfica | Inventariado | | Remanescente | | Total | |
|--------------------------|--------------|------|--------------|------|---------|------|
| | MW | % | MW | % | MW | % |
| Rio Amazonas | 31.899 | 19,4 | 73.510 | 77,0 | 105.410 | 40,5 |
| Rio Tocantins | 24.831 | 15,1 | 2.709 | 2,8 | 27.540 | 10,6 |
| Atlântico Norte/Nordeste | 2.047 | 1,2 | 1.355 | 1,4 | 3.402 | 1,3 |
| Rio São Francisco | 23.847 | 14,5 | 2.472 | 2,6 | 26.319 | 10,1 |
| Atlântico Leste | 12.037 | 7,3 | 2.055 | 2,2 | 14.092 | 5,4 |
| Rio Paraná | 51.708 | 31,4 | 8.670 | 9,1 | 60.378 | 23,2 |
| Rio Uruguai | 10.903 | 6,6 | 2.434 | 2,5 | 13.337 | 5,1 |
| Atlântico Sudeste | 7.327 | 4,5 | 2.290 | 2,4 | 9.617 | 3,7 |
| Total Brasil | 164.599 | 100 | 95.496 | 100 | 260.095 | 100 |

Fonte: Eletrobrás

3. USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO

O chuveiro elétrico é uma tecnologia genuinamente brasileira, desenvolvida no fim dos anos 40. Até a década de 90 o Brasil era o único fabricante mundial, mas atualmente já existem no mercado produtos chineses. O uso intensivo do chuveiro elétrico é apontado como um dos maiores vilões do consumo de energia residencial, e como um dos responsáveis pela ponta no sistema elétrico, isto devido à sua grande potência e ao hábito do Brasileiro de tomar banho ao chegar à casa depois do trabalho.

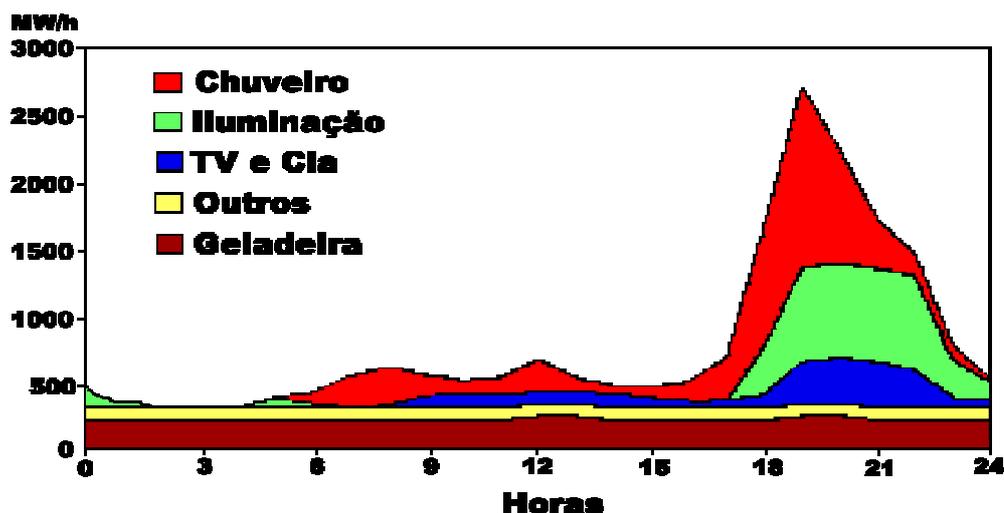
O chuveiro elétrico é um aquecedor de água de passagem, de alta potência (> 4,4 kW) e baixo custo. Seu funcionamento é baseado transformação de energia elétrica em calor em uma resistência elétrica pelo efeito Joule. A resistência aquecida por sua vez aquece a água do banho. As resistências são fabricadas com ligas de níquel-ferro ou níquel-cromo e podem ser de 2 tipos: contato direto ou blindadas. As resistências blindadas apresentam maior segurança contra choques elétricos. O chuveiro permite o aquecimento de 10-15°C, produzindo água a uma temperatura entre 30-40°C, e oferecendo grande conforto térmico para o banho. A maioria dos chuveiros em baixa pressão (1 a 2 mca) possuem vazões no máximo 3,5 l/min. Devido ao seu baixo custo, facilidade de instalação e baixa manutenção, o chuveiro elétrico tornou-se a forma predominante de aquecimento da água para banho, estando presente em cerca de 85% das residências no Brasil (cerca de 30.000.000 de chuveiros).

Tabela 4. Evolução da Posse de Eletrodomésticos em MG (% Consumidores)

| Aparelho | 1990 | 1996 |
|------------------------|------|------|
| Chuveiro Elétrico | 79,6 | 90,1 |
| Televisão | 82,1 | 90,4 |
| Geladeira de 1 Porta | 65,0 | 73,3 |
| Freezer | 4,7 | 8,9 |
| Rádio Relógio | 17,3 | 24,5 |
| Máquina de Lavar Roupa | 12,0 | 45,6 |
| Videocassete | 3,8 | 20,5 |
| Aparelho de Som | 37,1 | 58,9 |

Fonte: Vieira, 1996

O consumo de eletricidade no Brasil em 2004 foi 359.564 GWh (BEN), dos quais o setor residencial consome cerca de 22%. O setor residencial tem grande participação no horário de ponta (figura 3), sendo que por volta de 19 corresponde a 30% do consumo total, superando até mesmo o industrial. O uso de chuveiro elétrico corresponde a 30% do consumo residencial cerca de 7% de todo o consumo nacional de eletricidade. Durante o horário de ponta do sistema elétrico (18-21h), durante alguns minutos ele chega a ser responsável por até 26% do consumo total de energia elétrica do Brasil, e em média 18% (Eletrobrás). Pesquisa do PROCEL (1988) mostrou que no período de ponta em cerca de 50% das residências, pelo menos 1 chuveiro é ligado. As regiões Sul e Sudeste, que possuem a maior concentração populacional e maior poder aquisitivo, são responsáveis por cerca de 90% da eletricidade total consumida para aquecimento de água.



Curva de Carga Residencial no Sistema CEMIG

Figura 3. Curva de Carga Residencial no Sistema CEMIG

Tabela 5. Características da Eletricidade Residencial

| Consumo Eletricidade Residencial | | Composição de Preços Energia Elétrica | |
|----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| Chuveiro | 20,7% | Impostos e Contribuições | 37,7% |
| Lâmpadas | 12,3% | Geradoras | 29,0% |
| Geladeira | 34,1% | Distribuidoras | 26,8% |
| Outros | 29,9% | Custo Transmissão | 6,5% |

Fonte: Abradee - Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica. EM 15/05/2005

Em alguns países existe proibição para instalação de aquecedores de passagem com potência superior a 3.500 W, mas no Brasil não existe nenhuma restrição à instalação de chuveiros elétricos. A potência média dos chuveiros existentes atualmente no Brasil é de 5.400 W, sendo que os modelos topo de linha podem chegar a 8.000 W. Existem também no mercado alguns aquecedores de passagem para hidromassagens ou duchas com potências de 12.000 W. Verifica-se que a potência dos chuveiros tem aumentado ao longo dos anos. Em 1983 a potência nominal dos chuveiros era 3000 W e a real 3600 W (CEMIG, 1983), e nos últimos 10 anos passou de 4200 W para 5200 W, sendo que no período de 2005-2006 passou de 4.800 W para 5.400 W.

Tabela 6. Quadro Sinótico do Uso do Chuveiro Elétrico

| Vantagens | Desvantagens |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Ponto de Vista Consumidor | |
| - Baixo Custo | - Riscos de Choque elétrico |
| - Alto Rendimento Térmico 98% | - Baixa Vazão (2,5-4,0 L/min) |
| - Consumo sob demanda (Just in Time) | - Maior vazão menor Temperatura |

| | |
|--|---|
| - Fácil Instalação - Fácil Manutenção - Sem risco legionella | - Custo Eletricidade |
| Ponto de Vista Concessionária | |
| - Uso disseminado - Alto consumo (faturamento) | - Uso intensivo no horário de pico - Necessidade investimentos - Baixo rendimento 2a Lei: 2,6 % |

O rendimento térmico de todos os chuveiros fabricados no Brasil é superior a 95% (INMETRO), mas o uso da eletricidade para o aquecimento de água para banho configura num mal uso do recurso energético. Quando se usa a energia elétrica em motores, o rendimento exergético pode chegar próximo à 100%. Quando se utiliza energia elétrica para aquecer água para banho (40°C) o rendimento exergético é de apenas (2,6%), desperdiçando-se 97,4% da capacidade de produzir trabalho (exergia). Qualquer fonte de calor menos nobre poderia ser utilizada para produzir calor a esta temperatura.

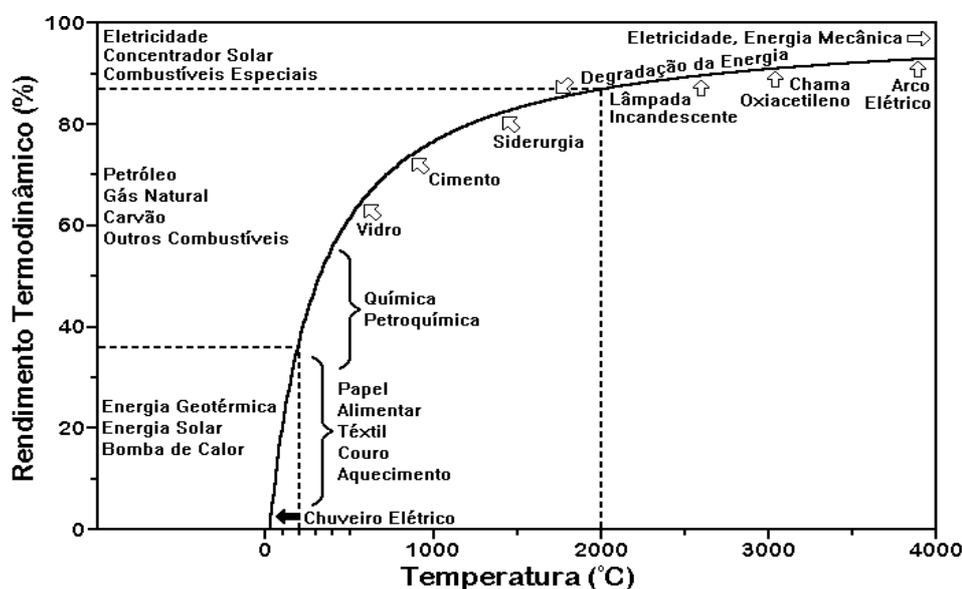


Figura 4. Qualidade da Energia.

Tabela 7. Rendimentos pela 2ª Lei da Termodinâmica no Uso de Energia Elétrica.

| Uso | % |
|---|------|
| Tração elétrica | 100 |
| Máquina Ferramenta (torno, fresa) | 100 |
| Bomba-d'água | 100 |
| Aquecimento de metal em forno siderúrgico (25 --> 1140°C) | 41,4 |
| Caldeira a Vapor-d'água (16 bar) | 32,7 |
| Ar condicionado (30 --> 25°C) | 5,0 |
| Chuveiro Elétrico e Boilers (20 --> 40°C) | 2,6 |

4. ALTERNATIVAS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA DOMÉSTICO

4.1 Aquecedor Elétrico de Água de Acumulação (Boiler)

Os Boilers são aquecedores de água dotados de um reservatório (60-150 litros), construídos de aço carbono, inox 304 ou cobre. O aquecimento é realizado por resistências tubulares de imersão (2 a 3 kW), dotadas de elementos de proteção em cobre ou inox. Alguns modelos industriais podem ter

a capacidade de até 5.000 litros e potência 1,5 MW. O isolamento térmico do acumulador é normalmente de espuma de poliuretano ou lã mineral. Existem diversos modelos horizontais e verticais que se adaptam a cada necessidade do usuário e espaço disponível.

Ele proporciona excelente conforto para o banho, e também pode produzir água quente para outras aplicações domésticas. Normalmente o termostato é regulado entre 55 e 65°C, apesar do banho ser a aproximadamente 40°C, de modo a acumular maior calor para o banho, e evitar o desenvolvimento da *legionella*. Diferentemente do chuveiro, a vazão pode ser controlada independentemente da temperatura, permitindo um banho a maiores vazões e maior conforto. Por outro lado, este maior conforto é obtido com um maior consumo de eletricidade.

Apesar de menor potência que o chuveiro elétrico, e da possibilidade de operação com temporizadores fora do horário de ponta, na prática o seu consumo de eletricidade normalmente ocorre durante o período do próprio banho, devido à entrada de água fria no boiler. O rendimento térmico destes aquecedores é estimada em 80%, uma vez que existe uma perda térmica do reservatório e tubulações, que aumentam o consumo de eletricidade.

Existem também o risco de proliferação da Legionella na água quente do Boiler. A legionella é um gênero de bactérias (cerca de 40 espécies), sendo a mais importante a *Legionella pneumophila*, causadora de aproximadamente 85% das infecções. Ela existe em pequenas concentrações em quase todos ambientes aquáticos, podendo sobreviver a condições ambientais diversas. Ela se desenvolve em água parada ou armazenada de temperatura entre 25-45°C. A contaminação se dá sobretudo pelas vias respiratórias quando a água é pulverizada, e as bactérias são transportadas pelo ar e inaladas pelas pessoas, o que ocorre durante o banho. A doença do legionário constitui uma causa freqüente de pneumonia infecciosa nos países em desenvolvimento. Em 1997 um surto de pneumonia por legionella nos doentes transplantados no Hospital da Clínicas, São Paulo, provocados pela bactéria presente no sistema geral de água quente, foi resolvido com uso do chuveiro elétrico.

Tabela 8. Quadro Sinótico do Uso dos Boilers.

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| Ponto de Vista Consumidor | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Alta Vazão (conforto) - Ajuste de temperatura e vazão independentes - Funcionamento automático - Uso simultâneo em vários pontos | <ul style="list-style-type: none"> - Perdas Térmicas (20% /dia) - Maior consumo eletricidade - Custo Eletricidade - Alto Custo Equipamento - Alto Custo Instalação - Risco de Choque elétrico - Risco Desenvolvimento Legionella |
| Ponto de Vista Concessionária | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Alto consumo (faturamento) - Consumo distribuído ao longo dia | <ul style="list-style-type: none"> - Baixo rendimento 2a Lei: 3 % |

4.2 Aquecedores Elétricos de Passagem

Os aquecedores elétricos de passagem, também conhecidos como instantâneos (aquecedores centrais, aquecedores de banheiras e torneiras elétricas), possuem basicamente as mesmas vantagens e desvantagens dos chuveiros elétricos. Ocupam menos espaço que os boilers pois não possuem reservatório.

A diferença básica entre os aquecedores de passagem e os chuveiros é que normalmente o aquecedor é instalado afastado do ponto de consumo de água, sendo necessário purgar a tubulação durante 2 a 3 minutos até que água quente chegue na saída. São necessárias também tubulações de

cobre isoladas termicamente entre o aquecedor e o chuveiro. No caso dos chuveiros elétricos o aquecimento é realizado no ponto de saída não sendo necessário tubulações especiais. Normalmente possuem uma potência maior que os chuveiros elétricos, e possuem a vantagem de poderem ser utilizados por diferentes pontos de consumo.

4.3 Aquecedores a Gás

Os aquecedores a gás utilizam o gás natural ou GLP para aquecer a água de banho. Podem ser de passagem ou acumulação, sendo o mais difundido o de passagem. São muito utilizados nas cidades que possuem gás canalizado: Rio de Janeiro, São Paulo.

Possuem uma pressão de água melhor que os aquecedores de passagem elétricos, mas são mais caros e de instalação mais difícil e mais cara. Por volta de 2000, CONGÁS em parceria com a eletropaulo e um fabricante estabeleceu um programa de substituição de chuveiros elétricos por aquecedores a gás canalizado em São Paulo, com muito sucesso.

Tabela 9. Custo do Gás de Rua: Tarifas CEG - Vigência: 01/01/2006

| Consumidor Residencial | Faixa de Consumo - m ³ /mês | Tarifa R\$/m ³ |
|--|--|---------------------------|
| Gás Manufaturado Conta mínima: 18 m ³ R\$17,68 PCS: 4.300 kcal/m ³ | 0 - 18 | 0,9821 |
| | 19 - 55 | 1,3006 |
| | 56 - 199 | 1,5916 |
| | acima de 199 | 1,6882 |
| Gás Natural Conta mínima: 7m ³ R\$ 15,40 PCS: 9.400 kcal/m ³ | 0 - 7 | 2,1994 |
| | 8 - 23 | 2,9102 |
| | 24 - 83 | 3,5612 |
| | acima de 83 | 3,7677 |
| GLP PCS: 11.900 kcal/kg | faixa única | 3,0240 R\$/kg |

Além do custo de um banho a gás ser menor (tabela 10), o aquecedor a gás por ter uma potência muito maior, oferece muito mais conforto no banho.

Tabela 10. Comparativo do Custo de um Banho (10 minutos) Gás vs Eletricidade

| Banho 10 minutos | Consumo Energético | Custo Energético | Consumo água | Custo Água | Total |
|------------------|--------------------|------------------|--------------|-------------------------|-----------|
| Gás 10 kW | 0,098 kg | R\$ 3,024/kg | 90L | R\$3,016/m ³ | R\$ 0,568 |
| Elétrico 5,4kW | 0,90 kWh | R\$ 0,676/kWh | 40L | R\$3,016/m ³ | R\$ 0,729 |

Tabela 11. Quadro Sinótico do Uso dos Aquecedores a Gás

| Vantagens | Desvantagens |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Ponto de Vista Consumidor | |
| - Alta Vazão (conforto) | - Alto Custo Equipamento |
| - Funcionamento automático | - Alto Custo Instalação |
| - Custo do gás menor que eletricidade | - Risco de vazamento de gás |
| Ponto de Vista Concessionária | |
| - Diminuição do consumo na Ponta | - Perda de Faturamento |

4.4 Aquecimento Solar

O coletor solar é um equipamento que capta a radiação solar incidente sobre ele, aquecendo uma placa absorvedora e transmitindo o calor para a água que circula em tubos soldados a esta placa. A água aquecida vai sendo armazenada ao longo do dia em um reservatório isolado termicamente. Nos sistemas convencionais a circulação da água entre a placa coletora e o reservatório é

devido ao mecanismo de circulação natural, chamado termossifão. Nos sistemas de grande porte (industriais e piscinas) a circulação é realizada por meio de bombas. Normalmente o sistema fornece água a 60°C de modo a prevenir o desenvolvimento da legionella.

O Brasil é um país tropical sujeito a uma grande incidência de radiação solar (média anual 14 a 22 MJ/m².dia). Assim, os coletores solares permitem uma grande produção térmica, capaz de suprir as necessidades de água quente de uma residência. Em construções novas, a sua instalação é relativamente simples, mas nas construções já existentes, o custo de instalação é elevado devido à necessidade de instalação da tubulação de água quente. O coletor solar ainda é um equipamento relativamente caro, sendo seu uso restrito à população de maior poder aquisitivo, mas já existem no mercado produtos populares com preços a partir de R\$ 600,00.

Tabela 12. Quadro Sinótico do Uso dos Aquecedores Solares

| Vantagens | Desvantagens |
|--|---|
| Ponto de Vista Consumidor | |
| - Custo zero de energia - Alta Vazão (conforto) | - Alto Custo Equipamento - Alto Custo Instalação - Impossibilidade de Instalação em certos locais |
| Ponto de Vista Concessionária | |
| - Diminuição do consumo na Ponta | - Perda de Faturamento |

4.5 Bomba de Calor

A bomba de calor é uma máquina térmica que move o calor de um ponto para outro. Existem vários efeitos físicos utilizados em bombas de calor, mas o mais comum são os ciclos reversos de refrigeração. Quando se utiliza um aquecedor elétrico a quantidade de calor produzido é no máximo a potência elétrica consumida (rendimento 100%). Como a bomba de calor move fluxos de calor pode-se obter uma quantidade de calor maior que a potência elétrica consumida. Nas bombas de calor não se usa o conceito rendimento térmico, a relação entre calor produzido e consumo de energia elétrica é chamado "Coeficiente de Desempenho" COP. Uma bomba de calor típica tem um COP de aproximadamente 3 (300%), enquanto que um aquecedor elétrico tem COP máximo de 1.

Outra vantagem das bombas de calor é que podem também operar de forma inversa e produzir frio em sistemas de ar condicionado. O seu alto custo dificulta a sua difusão.

Tabela 13. Quadro Sinótico do Uso de Bombas de Calor

| Vantagens | Desvantagens |
|--|---|
| Ponto de Vista Consumidor | |
| - Menor consumo de eletricidade - Alta Vazão (conforto) | - Alto Custo Equipamento - Alto Custo Instalação |
| Ponto de Vista Concessionária | |
| - Diminuição do consumo na Ponta | - Perda de Faturamento |

4.6 Mudança de Hábito

O consumo de energia é uma questão de hábito. O desenvolvimento econômico cria no indivíduo uma nova necessidade de conforto, que cria novos hábitos, que requerem maior uso de energia. Ao longo do tempo a sociedade brasileira incorporou o hábito do banho diário, e nos últimos 50 anos o hábito do banho quente. O chuveiro elétrico, devido ao seu baixo custo, foi um dos responsáveis pela universalização deste hábito. É conhecimento comum, que a 50 anos atrás a população não tinha o hábito do banho diário.

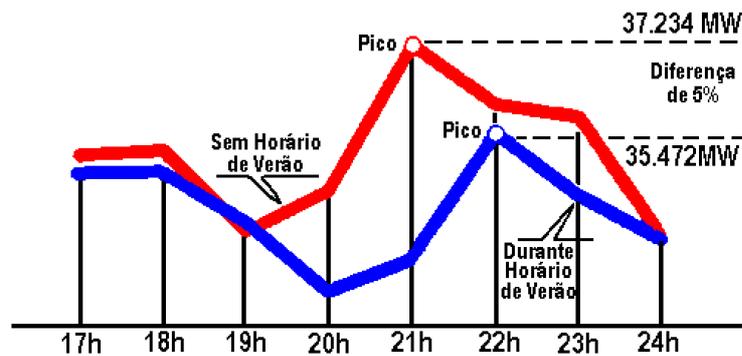


Figura 5. Deslocamento da Ponta do Sistema com o Horário de Verão.
ONS Subsistema Sudeste e Centro-Oeste 2005/2006.

Uma vez que um hábito está incorporado na sociedade, não é politicamente correto questionar este hábito, mas é sabido que os habitantes dos países "desenvolvidos" não possuem o hábito do banho diário. Mas se é politicamente incorreto questionar o banho diário, ainda é possível questionar o banho no horário de ponta. Algumas tentativas estão sendo realizadas no sentido de deslocar o banho do horário de ponta. O horário de verão é um mecanismo que modifica o perfil de consumo no horário de ponta (figura 5). Ele tem resultado em uma economia de 2 a 3%, mas de considerável custo econômico e social. Um outro mecanismo é o controlador de demanda, dispositivo que durante o horário de ponta limita o consumo de energia em uma residência, impedindo o uso do chuveiro neste período.

5. CONCLUSÕES

O chuveiro elétrico é uma tecnologia brasileira, desenvolvida no fim dos anos 40, que, devido a sua difusão, modificou os hábitos de banho do povo brasileiro. Se num primeiro instante, a sua difusão permitiu uma melhoria na qualidade de vida, hoje se tornou um problema do ponto de vista energético. A quantidade de energia elétrica consumida nos chuveiros elétricos é aproximadamente a quantidade de energia importada pelo Brasil.

O chuveiro elétrico é um equipamento de uso individual, de grande demanda energética. É um dos símbolos de conforto de toda sociedade Brasileira. A política atual de tarifas subsidiadas incentiva os consumidores de menor poder aquisitivo (classes C e D) ao uso do chuveiro elétrico. Recomenda-se num primeiro momento a instalação de controladores de demanda em todas as residências que possuem tarifas subsidiadas.

O custo baixo (irrisório) do chuveiro elétrico, inviabiliza economicamente (do ponto de vista do consumidor) os demais equipamentos de aquecimento de água, sobretudo o aquecedor solar. A Secretaria da Receita Federal (DOU22/09/2006) diminuiu o IPI dos chuveiros elétricos para 5% para beneficiar a população mais pobre (sic). A proibição da comercialização dos chuveiros de resistência aberta (permitindo somente os chuveiros de resistência blindada, mais seguros), torna os demais sistemas de aquecimento de água economicamente competitivos. Uma política de incentivos e de juros baixos, pode democratizar o uso dos aquecedores solares.

A substituição dos chuveiros elétricos por sistemas solares, diminui o consumo de energia elétrica, e desloca em parte o pico de demanda de consumo. O custo da produção, transmissão e distribuição da eletricidade encontra-se em torno de US\$2500/kW. O custo de um sistema solar é cerca de US\$1000,00, muito inferior ao investimento necessário para produzir a energia elétrica consumida por um chuveiro elétrico. É economicamente vantajoso para as concessionárias de eletricidade a instalação de aquecedores solares (até mesmo gratuita) nos consumidores residenciais. A energia elétrica é a forma mais nobre de energia, e não deveria ser utilizada para aquecimento de água a

baixa temperatura (forma mais degradada de energia). O Brasil necessita de eletricidade para o seu desenvolvimento, e não pode prescindir desta parcela de energia.

A avaliação dos equipamentos térmicos é normalmente realizada somente a partir de uma análise tecno-econômica. Os custos sociais e humanos não são computados no custo-benefício imediatamente relacionados com o resultado financeiro. A análise do custo do chuveiro elétrico não deve ser realizada somente pelo custo do equipamento. Os custos de geração e transmissão também devem ser considerados. Como é a sociedade que arca com o custo da instalação do sistema energético, é necessário uma análise social do seu uso. Como estes custos são socializados, a sociedade deve interferir no seu uso.

REFERÊNCIAS

- BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanco Energético Nacional BEN 2005: Ano Base 2004. Brasília, Ministério das Minas e Energia, 188p, 2005, ISS 0101-6636.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Consumo Médio de Aparelhos Eletrodomésticos. ED-5.36, 25p., Novembro 1983.
- COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. Análise Comparativa do Desempenho de Aquecedores Elétricos de Acumulação em Função de Suas Características Técnicas e Condições de Serviço; Relatório. Campinas, 1987.
- ESTADO DE MINAS. Como Funciona: O chuveiro Elétrico. Estado de Minas, Sábado 11 Fevereiro 2006, Gurilandia, p.12.
- IBGE. 2006. IBGE. 2006. <http://www.ibge.gov.br>
- INMETRO. Tabela de Consumo de Energia Elétrica - Chuveiros Elétricos - Edição 02/2006. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Programa Brasileiro de Etiquetagem. http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE5_Ed02_06.pdf
- INMETRO. Tabela de Consumo de Energia Elétrica - Torneiras e Aquecedores Elétricos - Edição 02/2006. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Programa Brasileiro de Etiquetagem. <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE8.pdf>
- LÉRY Jean de. Histoire d'un Voyage Fait en la Terre du Brésil. 1557. Paris, EPI Editeurs, 1972, 254p.
- PRADO Racine T.A., GONÇALVES Orestes M. O Efeito do Chuveiro Elétrico na Demanda de Energia em Apartamentos de Baixa Renda. Eletricidade Moderna, v.25, n.283, p.161-4, 6-9, Outubro 1997.
- VIEIRA, Marta. Consumo de Energia Explode no Estado. Estado de Minas, 11/08/1996, Caderno Economia, p.1-2

THE USE OF ELECTRIC SHOWER FOR HEAT WATER IN BRAZILIAN HOMES

Abstract. *The electric shower is a Brazilian technology, developed in the end of the 40th. Due its low cost, easy installation and low maintenance, the electric shower became the predominant form of shower water heating, being present in about 85% of the Brazilian homes. The intensive use of the electric shower is pointed as the great responsible for residential energy consumption. It is also one of the main cause for the electrical system peak, due to both its great power consumption and the Brazilian's habit to take shower after arriving from work. Due to the Brazilian energy situation, it is necessary to reduce the demand of power consumption in the hours of electrical system load curve peak. This work presents an analysis of the use of the electric shower for the domestic water heating, comparing it with other water heating systems and shower domestic devices. It shows solutions to minimize the problem of energy peak demand.*

Key words: Electric Shower, Solar Heater, Electricity, Energy Economy, Energy Planning