



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GET/32

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - 14

GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DA GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA - GET

**ANÁLISE DOS IMPACTOS ENERGÉTICOS E ECONÔMICOS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE
ETIQUETAGEM ENERGÉTICA (PBE/INMETRO) EM COLETORES SOLARES TÉRMICOS DO BRASIL**

Rafael Balbino Cardoso (*)
UNIFEI

João Pedro Stefano Marchesini Fonseca
UNIFEI

RESUMO

O presente estudo avalia os impactos energéticos e econômicos do uso de coletores solares térmicos planos fechados, típicos do setor residencial, nas diferentes regiões geográficas do Brasil, considerando as classes de eficiência energética do Programa Brasileiro de Etiquetagem Energética – PBE/INMETRO. As avaliações energéticas mostraram que todas as classes de coletores solares, de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), apresentam significativos ganhos energéticos, em substituição aos chuveiros elétricos. As análises econômicas, utilizando a ferramenta de Benefício Anual Líquido – BAL, mostraram que nem sempre é viável o consumidor residencial utilizar equipamentos mais eficientes, classe A (com o Selo PROCEL).

PALAVRAS-CHAVE

Eficiência, Economia, Método F.

1.0 - INTRODUÇÃO

O Brasil possui grandes potenciais para a geração de energia solar térmica ou fotovoltaica em todo seu território nacional. No entanto, a utilização da energia solar ainda é pequena, em comparação com países como Alemanha, China, Estados Unidos, entre outros, principalmente devido aos custos de implantação e demais alternativas disponíveis no país (Cardoso e Campos, 2017).

Nos últimos anos o Brasil ampliou a utilização da energia solar térmica para aquecimento de água, mas, a utilização dessa fonte energética ainda é pequena nas residências brasileiras, em comparação com outras fontes. Segundo Vasconcelos e Limberger (2012) apresenta que 80,9% das residências aquecem a água para banho, mas apenas 0,4% do total de residências utiliza o aquecimento solar, como mostra a Figura 1.

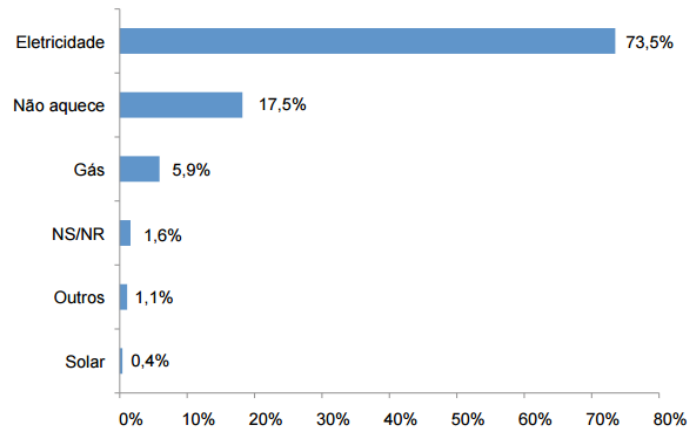


FIGURA 1 - Fonte de energia utilizada para aquecimento de água para banho no Brasil, no ano de 2012.
Fonte: (Vasconcelos e Limberger, 2012)

Apesar do uso de coletores solares térmicos de tubos evacuados ter crescido bastante nos últimos anos, as tecnologias de coletores solares térmicos mais utilizados, atualmente, para o aquecimento de água do banho no Brasil, são os coletores convencionais planos fechados (CARDOSO E NOGUEIRA, 2011).

O funcionamento de um coletor solar térmico plano fechado é bem simples, com base no efeito estufa, formado dentro do coletor, pela radiação solar, que aquece o fluido (água) dentro dos tubos (PEREIRA et al. 2003). A radiação solar incide sobre o vidro, que compõe o coletor e penetra, transferindo calor por meio da serpentina para o fluido, que circula no interior dos tubos que formam o sistema. Posteriormente, o líquido, já aquecido, é transferido para o equipamento de armazenamento térmico. A Figura 2 apresenta a composição de um coletor solar convencional plano fechado típico.

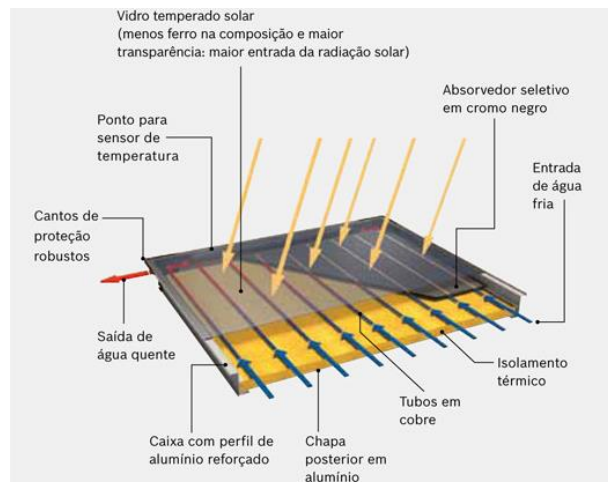


FIGURA 2 - Composição do coletor solar plano fechado
Fonte: Bosch (2016)

As dimensões de sistemas de aquecimento solar (coletor solar e sistemas de armazenamento) são determinadas pelas características climáticas da localidade, volume de água a ser aquecido e armazenado e tipo de tecnologia utilizada. Assim, Beckman, Klein e Duffie (1976) desenvolveram uma ferramenta simples conhecida como "f", capaz de calcular a contribuição da energia solar na quantidade total de energia necessária para o aquecimento de água, a partir de das variáveis que afetam as dimensões do sistema solar térmico, citadas anteriormente. Esta ferramenta é utilizada para encontrar a fração solar do sistema de aquecimento (SOUZA, 2009).

A fração solar, correspondente à relação entre a energia coletada pelo sistema solar e a energia demandada para o aquecimento de uma determinada demanda de água pode ser calculada de acordo com a seguinte equação:

$$F_{mês} = \frac{Q_{solar}}{D_{mês}} \quad (1)$$

Sendo:

$F_{mês}$ – Fração solar do mês analisado;

Q_{solar} – Energia mensal coletada pelo plano das placas solares térmicas;

Dmês – Energia mensal demandada para aquecimento da água.

A fração solar pode ser obtida pela equação empírica, proposta por Beckman et all. (1977) a seguir:

$$F_{ik} = 1,029 * F_y - 0,065 * F_x - 0,245 * F_y^2 + 0,0018 * F_x^2 + 0,0215 * F_y^3 \quad (2)$$

$$F_x = \frac{A * Fr(UL) * (100 - T_{amb}) * N_{hm}}{C_i} \quad (3)$$

$$F_y = \frac{A * Fr(\tau\alpha) * R_m * N_{dias}}{C_i} \quad (4)$$

$$C_i = N_p * V_{\acute{a}gua} * c * (T_{ref} - T_{amb}) * N_{dias} + Perdas \ no \ Reservat\acute{o}rio \quad (5)$$

Sendo:

- Ci – Demanda térmica mensal (kJ);
- Fik – Fração solar mensal dos coletores das residências médias;
- Fx e Fy – Coeficientes adimensionais;
- A – Área do coletor de uma residência média (m²);
- Nhm – Número de horas do mês (720 horas);
- FrUL – Coeficiente de eficiência global de troca (produto do fator de remoção e coeficiente global de perdas térmicas do coletor solar, correspondente à inclinação da curva de eficiência térmica instantânea) (W/m².°C);
- Fr(σ) – Fator de remoção de absorção e transmissão (produto do fator de remoção, transmissividade do vidro e absorvidade dos coletores, para ângulo médio de incidência da radiação direta) (W/m².°C);
- Rm – Radiação média diária (kJ/m².dia);
- Np – Número de moradores por domicílio em uma determinada região;
- Vágua – Volume de água consumido por morador (L/dia);
- c – Calor específico da água (kJ/kg°C);
- Tref – Temperatura de água do banho (°C);
- Tamb – Temperatura média ambiente da região no mês considerado (°C);
- Ndias – Número de dias do mês;
- Perdas do reservatório (kWh/mês/L).

Geralmente a fração solar é calculada mensalmente e, o tipo de tecnologia e desempenho tecnológico afetam a fração solar e conseqüentemente o dimensionamento do sistema e, por sua vez, a viabilidade econômica de implantação do sistema de aquecimento de água. No presente estudo, serão analisados os impactos energéticos e econômicos dos coletores solares térmicos planos fechados no Brasil, considerando os equipamentos mais eficientes e menos eficientes no mercado, de acordo com a classificação energética, apresentada no próximo capítulo.

2.0 - ETIQUETAGEM ENERGÉTICA DE COLETORES SOLARES TÉRMICOS

O Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE/INMETRO, coordenado pelo Inmetro, criado no ano de 1985, fornece informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes. Ele também estimula a competitividade das indústrias, que deverão fabricar produtos cada vez mais eficientes. (CARDOSO; 2015). O mundo inteiro vem utilizando a etiquetagem energética para informar os consumidores, quanto ao desempenho dos equipamentos adquiridos, um exemplo de etiqueta de eficiência energética é o rótulo energético da União Europeia, demonstrado na Figura 3.

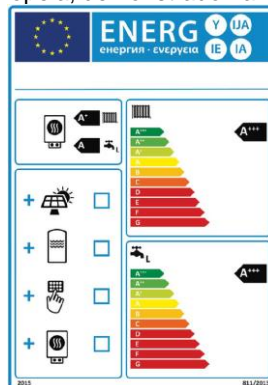


FIGURA 3 - Rótulo energético da União Europeia.
Fonte: Fraunhofer Ise (2015).

Os equipamentos com etiquetas classe A são mais eficientes que os demais, com classes B, C, D e E (esses menos eficientes). No Brasil, o PBE/INMETRO quem classifica os equipamentos de A a E e, os mais eficientes, classe A, recebem o Selo PROCEL, informando o consumidor sobre o equipamento mais eficiente de sua categoria. As figuras 4 e 5 apresentam as etiquetas brasileiras de eficiência energética, a do PBE/INMETRO e Selo PROCEL, respectivamente.



FIGURA 4 - Etiqueta Nacional de Eficiência Energética, PBE/INMETRO, de um coletor solar térmico
Fonte: Inmetro (2016)



FIGURA 5 - Selo Procel
Fonte: Procel (2016).

Além dos coletores solares térmicos, outras dezenas de equipamentos consumidores de energia recebem as etiquetas de eficiência energética, como geladeiras, condicionadores de ar, motores elétricos, lâmpadas, entre outros. Nem sempre é mais viável, do ponto de vista econômico, adquirir um equipamento mais eficiente, classe A (com o Selo Procel), já que a viabilidade depende da diferença de custo (os equipamentos classe A são mais caros) e da economia de energia e monetária, frente às demais classes, que o equipamento mais eficiente propicia.

Nesse sentido, o presente estudo avalia os impactos energéticos e econômicos do PBE/INMETRO em coletores solares térmicos, nas diferentes regiões geográficas do Brasil, já que as diferentes condições climáticas entre as regiões afetam as análises energéticas e a tarifa de energia elétrica as análises econômicas. Para as análises energéticas, de consumo e economia de energia dos equipamentos mais e menos eficientes, utilizou-se o “Método F” para os cálculos das frações solares dos modelos representativos de sistemas solares térmicos para cada região do país. Nas análises econômicas utilizou-se a ferramenta de Benefício Anual Líquido – BAL.

3.0 - METODOLOGIA PARA ESTIMATIVAS DOS IMPACTOS ENERGÉTICOS E ECONÔMICOS

Os passos para atingir os objetivos do estudo, de analisar a viabilidade dos coletores solares térmicos de acordo com sua classificação nas etiquetas nas diferentes localidades do Brasil, estão apresentados a seguir:

- a) Caracterizar as localidades de estudo no Brasil, definindo uma cidade representativa para cada região geográfica do país, bem como sua temperatura média ambiente e nível de radiação mensal;
- b) Definir uma residência média para cada região geográfica do país, de modo a definir a carga térmica a ser aquecida pelo sistema de aquecimento solar, bem como seu consumo médio mensal de energia elétrica;
- c) Definir o volume diário de água do banho a ser aquecida pelo sistema de acordo com a Equação (5) e o chuveiro elétrico médio representativo de cada residência;

$$V = Q_{ch} * T_{banho} * N_m \quad (5)$$

Sendo:

V – Volume (L);

Qch – Vazão do chuveiro (L/min);

Tbanho – Tempo de banho médio (min);

Nm – Número de moradores médio.

- d) Levantar um sistema representativo de aquecimento solar térmico, definindo a área média de painel solar térmico convencional para cada residência média, bem como os parâmetros de eficiência de acordo com a classe de eficiência energética (A, B, C, D e E);
- e) Coletar informações de custos dos modelos representativos, levando em consideração as classes de eficiência energética, bem como taxa de juros e tarifas de energia elétrica (Equação 6) para a classe de consumo em que se enquadra a residência média;

$$Tarifa\ Cheia = \frac{TH}{1 - \sum Tributots} \quad (6)$$

Sendo:

Tarifa Cheia (R\$/kWh);

TH – Tarifa homologada pela ANEEL;

\sum Tributots – PIS/PASEP e COFINS e ICMS.

- f) Calcular as frações solares anuais médias para as residências médias de cada região geográfica do país considerada, levando em consideração a classe de eficiência energética, por meio da Equação 7;

$$F_{ic} = \frac{\sum_{j=1}^{12} F_{jc}}{12} \quad (7)$$

Sendo:

Fic – Fração solar anual média;

Fi – Fração solar média anual, de acordo com a classe;

Fj – Fração solar média mensal;

C – Refere-se à classe de eficiência energética (A, B, C, D e E);

Fj – Calculado de acordo com a Equação 2 apresentada anteriormente.

- g) Estimar a energia elétrica economizada pelos sistemas de coletores (Equação 10), de acordo com os sistemas representativos de cada classe de eficiência energética, com referência ao consumo dos chuveiros elétricos (Equação 9);

$$CE_{ic} = (1 - F_{ic}) * P_{ch} * t_{anual} \quad (8)$$

$$CE_{ich} = P_{ch} * t_{anual} \quad (9)$$

Logo,

$$EE = CE_{ich} - CE_{ic} \quad (10)$$

Sendo:

CEic – Consumo anual de energia elétrica do apoio elétrico com coletor solar (kWh);

CEich – Consumo anual de energia elétrica do apoio elétrico sem coletor solar (kWh);

EE – Energia elétrica economizada pelos sistemas coletores;

Fic – Fração solar anual média;

Pch – Potência média do apoio elétrico (kW);

t_{anual} – Tempo anual médio de funcionamento (horas).

- h) Análise de viabilidade econômica de implantação de cada classe de eficiência energética, com base no parâmetro microeconômico Benefício Anual Líquido – BAL, de acordo com a Equação 11, mesma utilizada por (CARDOSO et al., 2010).

$$BAL = (B - Cm) * \frac{(1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1} \quad (11)$$

Sendo:

BAL – Benefício Anual Líquido (R\$);

B – Benefício com a economia dos chuveiros elétricos (R\$);

FRC – Fator de Recuperação de Capital;

Cm – Custo com manutenção (R\$);

I – Investimento, ou seja, custo do coletor solar (R\$);

n – Vida útil (20 anos em média);

i – Taxa de juros (10 %a.a, de acordo com o IPCA do ano de 2016).

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o estudo foram escolhidas, de acordo com CARDOSO e outros (2011), algumas capitais brasileiras, Manaus, Recife, Cuiabá, Belo Horizonte e Porto Alegre, para representação de cada região do país. A área de coletor para cada residência foi considerada de 3 m², para todas as cidades representativas, para aquecer um volume de 200 litros de água por dia. Com os dados do INMET (2016) e da CRESESB (2016), foram levantados a temperatura média ambiente e o nível de radiação mensal respectivamente, para em seguida obter a temperatura compensada média do mês mais frio e a menor irradiação média do ano base 2015 de cada cidade, como ilustrado na Tabela 1.

TABELA 1 - Temperatura média mensal e irradiação solar média mínima mensal, das cidades representativas.

Cidade e Estado	Temp. compensada média mensal (°C)	Irradiação solar média mínima mensal (KJ/m ² dia)
Manaus - AM	27,37	15984
Recife - PE	25,04	15732
Cuiabá - MT	24,98	14004
Belo Horizonte - MG	20,00	13284
Porto Alegre - RS	15,46	8712

Fonte: Dos autores

As demais informações para a alimentação das equações apresentadas na metodologia foram obtidas de diferentes fontes de informação para cada cidade representativa analisada. As informações de tarifárias, para a faixa de consumo de 100 a 200 kWh/mês, considerada no presente estudo, foram obtidas de acordo com informações da ANEEL (2016) apresentadas na Tabela 2 e custos de investimento com sistemas solares térmicos de acordo, de acordo com a classe de eficiência energética, com a Tabela 3.

TABELA 2 – Tarifas de energia elétrica das cidades representativas

Cidades representativas	Tarifa cheia (R\$/kWh mês)	Tarifa Homologada (R\$/kWh mês)	PIS/PASEP e COFINS (Federal) %	ICMS (Estadual)%
Manaus - AM	0,644	0,445	0,058	0,25
Recife - PE	0,637	0,441	0,058	0,25
Cuiabá - MT	0,756	0,508	0,058	0,27
Belo Horizonte - MG	0,828	0,531	0,058	0,30
Porto Alegre - RS	0,753	0,483	0,058	0,30

Fonte: Dos autores

TABELA 3 – Orçamento do coletor solar térmico de 3 m²

Classe do coletor	Nº de Empresas Consultadas	Preço médio do coletor com aletas em Alumínio (R\$)
A	7	409,74
B	3	417,19
C	2	349,88
D	0	-
E	0	-

Fonte: Dos autores

Observa-se que não foram encontrados modelos na classe D e E no mercado nacional, e os custos pesquisados foram em empresas que possuem os maiores mercados do país. Os coletores mais comuns são os de aletas de alumínio, que são mais baratos que os de aleta de cobre, no entanto menos eficientes. A Tabela 4 apresenta os coeficientes de desempenho tecnológicos médios das diferentes classes de eficiência energética, no mercado brasileiro.

TABELA 4 – Coeficientes tecnológicos dos coletores planos com aletas de alumínio

Classe	MÉDIA Fr(α)	MÉDIA FrUL
A	0,723	2,650
B	0,596	1,875
C	0,631	4,621
D	-	-
E	-	-

Fonte: Dos autores

Com base nos dados apresentados anteriormente, estimou-se os benefícios energéticos e econômicos, de acordo com a metodologia apresentada, para os equipamentos de cada classe de eficiência energética, de cada região do país, frente a substituição dos chuveiros elétricos, como mostram as tabelas 5, 6 e 7. As tabelas mostram que todas as classe de eficiência energética de coletores solares térmicos trazem benefícios energéticos e econômicos para o consumidor, em qualquer localidade do país, estudada.

TABELA 5 – Impactos energéticos e econômicos do uso de coletores solares classe A

Dados	Manaus	Recife	Cuiabá	B.Horizonte	P. Alegre	Unidades
Fator F	1,23	1,19	1,13	1,00	0,64	-
Consumo Energético (Sem Coletor)	115,60	115,60	115,63	115,63	115,63	kWh/mês
Consumo Energético (Com coletor)	0,00	0,00	0,00	0,09	41,58	kWh/mês
Economia Energética	115,60	115,60	115,62	115,54	74,05	kWh/mês
Economia Energética monetária	74,50	73,70	87,41	95,67	55,76	R\$/mês
BAL	590,10	580,40	745,44	844,55	365,64	R\$/ano

Fonte: Dos autores

TABELA 6 – Impactos energéticos e econômicos do uso de coletores solares classe B

Dados	Manaus	Recife	Cuiabá	B.Horizonte	P. Alegre	Unidades
Fator F	1,21	1,15	1,08	0,93	0,58	-
Consumo Energético (Sem Coletor)	115,60	115,60	115,63	115,63	115,63	kWh/mês
Consumo Energético (Com coletor)	0,00	0,00	0,00	8,06	48,77	kWh/mês
Economia Energética	115,60	115,60	115,63	107,57	66,86	kWh/mês
Economia Energética monetária	74,50	73,60	87,41	89,07	50,35	R\$/mês
BAL	587,10	577,20	742,45	762,29	297,64	R\$/ano

Fonte: Dos autores

TABELA 7 – Impactos energéticos e econômicos do uso de coletores solares classe C

Dados	Manaus	Recife	Cuiabá	B.Horizonte	P. Alegre	Unidades
Fator F	1,02	0,98	0,91	0,79	0,44	-
Consumo Energético (Sem Coletor)	115,60	115,63	115,63	115,63	115,63	kWh/mês
Consumo Energético (Com coletor)	0,00	2,24	9,96	24,78	64,50	kWh/mês
Economia Energética	115,60	113,39	105,67	90,85	51,13	kWh/mês
Economia Energética monetária	74,50	72,23	79,89	75,22	38,50	R\$/mês
BAL	614,80	588,02	679,92	623,95	183,25	R\$/ano

Fonte: Dos autores

Com base nas informações apresentadas anteriormente e calculando os Benefícios Anuais Líquidos – BAL de cada modelo representativo para cada localidade brasileira obteve-se a Figura 6. A figura apresenta a diferença entre os benefícios anuais líquidos dos coletores classe A com os coletores menos eficientes do mercado B e C.

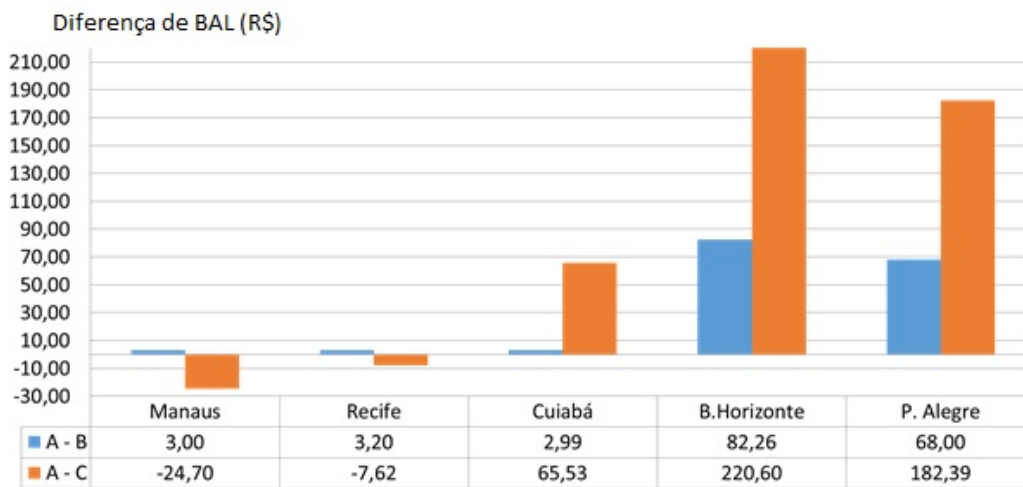


FIGURA 6 – Diferenças entre os benefícios anuais líquidos dos coletores solares mais e menos eficientes
Fonte: Dos Autores

A Figura 6 mostra que nas regiões mais quentes e com tarifas de energia elétrica mais baratas no país, como as cidades representativas das regiões Norte e Nordeste, os equipamentos mais eficientes não são mais vantajosos do ponto de vista econômico, sendo os de classe C, ou seja, menos eficientes, os mais viáveis. No entanto, em regiões com tarifas de energia mais altas e mais frias, como o caso das cidades representativas das regiões Sul e Sudeste, os equipamentos classe A (com o Selo Procel) são mais viáveis do ponto de vista econômico, apresentando diferenças de BAL na ordem de R\$ 200,00 frente as classes menos eficientes.

5.0 - CONCLUSÕES

Com base nas estimativas das frações solares de diferentes cidades representativas das diferentes regiões geográficas do Brasil, estimou-se os impactos energéticos e econômicos do uso de coletores solares térmicos planos fechados, levando em consideração as classes de eficiência energética do PBE/INMETRO. Segundo análises constatou-se que, independentemente da região do país, o uso de coletores solares térmicos economizam energia e são vantajosos economicamente, independentemente da região do país onde são instalados e da classe de eficiência energética.

O estudo mostrou que nas regiões mais quentes do país e com tarifas de energia elétrica mais baixas os equipamentos classe A, com Selo Procel, ou seja, mais eficientes, não valem a pena, ou são indiferente, do ponto de vista econômico com relação aos equipamentos menos eficientes, apresentando praticamente os mesmos Benefícios Anuais Líquidos – BAL das demais classes de eficiência (B e C), com relação à substituição dos chuveiros elétricos. Já nas regiões mais frias como a Sul e Sudeste, os equipamentos com o Selo Procel são mais viáveis do ponto de vista econômico, apresentando diferenças de BAL na ordem de R\$ 200,00 frente as classes menos eficientes.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ANEEL. **Ranking das Tarifas**: Ranking Nacional de tarifas Residenciais (Grupo B1). 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 13 out. 2016.
- (2) BOSCH (Joinville). **Aquecedor solar**. Disponível em: <<http://www.bosch.com.br/termotecnologia/produtos/produto.asp?id=225>>. Acesso em: 20 maio 2016.
- (3) CARDOSO, R. B.; Campos, O. C. . **IMPACTS OF CLIMATE VARIABLES IN ENERGY GENERATION IN THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM OF THE UNIFEI, IN ITABIRA CITY**. Revista SODEBRAS, v. 12, p. 295-299, 2017.
- (4) CARDOSO, Rafael Balbino et al. **An assessment of energy benefits of efficient household air-conditioners in Brazil**. Energy Efficiency, Springer, v. 5, n. 3, p.433-446, 23 set. 2011.
- (5) CARDOSO, Rafael Balbino; NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; HADDAD, Jamil. **Economic feasibility for acquisition of efficient refrigerators in Brazil**. Applied Energy, Elsevier, v. 87, n. 1, p.28-37, jan. 2010.
- (6) CARDOSO, Rafael Balbino. **Etiquetagem e Eficiência Energética**. Curitiba: Appris, 2015. 143 p.
- (7) CARDOSO, R. B.; NOGUEIRA, L. A. H. . **Estimativa dos impactos energéticos e ambientais atribuída aos coletores solares térmicos nas residências brasileiras**. PCH Notícias & SHP News, v. 49, p. 20-24, 2011.
- (8) DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A.. **Solar Engineering of Thermal Processes**. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013. 936 p.
- (9) DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A.; KLEIN, S. A. **Solar Heating Design by the FChart Method**. New York: John Wiley & Sons, 1977.
- (10) FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE (Germany). **A+++ to G: Introduction of Energy Efficiency Label for Heating Systems and Thermal Storage Devices**: Fraunhofer ISE Supports Companies with the Introduction of the EU Energy Label. 2015. Disponível em: <<https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/press-releases-2015/introduction-of-energy-efficiency-label-for-heating-systems-and-thermal-storage-devices>>. Acesso em: 17 abr. 2016.
- (11) INMETRO. **O Programa Brasileiro de Etiquetagem**: Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): economia para o consumidor, desenvolvimento para a indústria e proteção ao meio ambiente.. Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php>. Acesso em: 25 mar. 2016.
- (12) PEREIRA, E. M. D.; DUARTE, L. O. M.; PEREIRA, L. T.; FARIA, C. F. da C. Energia Solar Térmica. In: TOLMASQUIM, M. T. (org), **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2003.
- (13) PROCEL INFO. **Selo Procel**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632}>>. Acesso em: 17 abr. 2016.
- (14) SOUZA, Adriano Gatto Lemos de. **Desenvolvimento de software para projeto de sistemas centralizados de aquecimento solar de água**. 2009. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- (15) VASCONCELOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcus Alexandre Couto (Org.). **Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da Eletrobras Procel e Parceiros**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012. 240 p.

7.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio financeiro para a participação e apresentação deste artigo no XXIV SNPTEE.