



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR PARA CHUVEIRO RESIDENCIAL NO EXTREMO SUL DO BRASIL

TERRES, Marcelo Bento (1); SILVA, Antônio César S. B(2)

(1) IFSul, terres@pelotas.ifsul.edu.br; (2) UFPel, antoniocesarsbs@gmail.com

RESUMO

Com a crise do petróleo nos anos 70, as energias renováveis passaram a ser vistas como alternativa para suprir as necessidades do consumo energético doméstico. No Brasil, a crise energética teve seu auge com o apagão de 2001 e o chuveiro, devido sua concentração de uso no fim da tarde e início da noite, foi identificado como um dos vilões na contribuição do aumento do pico da curva de demanda. O chuveiro está presente em 98,6% das residências na região sul do Brasil e é responsável por 25% do consumo elétrico residencial, onerando as famílias de baixa renda. A eficiência do uso combinado de Sistemas de Aquecimento Solar (SAS) e chuveiros elétricos de potência regulável já foi comprovada, entretanto pesquisas apontam que apenas 6,1% da população da região sul do Brasil estaria predisposta a substituir sistemas de aquecimento elétrico por solar. Neste trabalho, um SAS compacto foi modelado e simulado no programa computacional TRNSYS, usando dados climáticos da cidade de Pelotas/RS. Ao determinar a Fração Solar obtida, pôde-se conhecer a Economia de Energia Elétrica para o usuário e fazer a análise financeira do retorno do investimento para aquisição dos sistemas. Também se avaliou o impacto na redução do pico da curva de demanda. Ao determinar o consumo de energia retirado deste período, pôde-se verificar como a adoção de SAS poderia melhorar a qualidade na distribuição de energia elétrica e postergar investimentos no aumento da capacidade instalada pela concessionária. Em média, a Fração Solar obtida nas simulações foi de 67,9%, resultando numa economia média anual de R\$ 528,93 para os usuários. Esta economia mostrou que o tempo médio de retorno do investimento dá-se no 4º ano de uso, numa escala de 100 unidades. A retirada média da potência no horário do pico da curva de demanda foi de 0,294 MWh.

Palavras-chave: Sistemas de Aquecimento Solar (SAS); Chuveiro Elétrico; Economia de energia; Pico da curva de demanda

ABSTRACT

With the oil crisis in the 70s, renewables energies became an alternative to meet the needs of domestic consumption. In Brazil, the energy crisis peaked with the 2001 blackout. The shower, because its concentration of use in the late afternoon and early evening, was identified as one of the villains in contributing to the increase of the peak of the demand curve. The shower is present in 98.6% of households in southern Brazil and is responsible for 25% of residential electricity consumption, burdening families with low incomes. The efficiency of the combined use of Solar Heating System (SHS) and electric showers with adjustable power has been proven, however surveys show that only 6.1% of the population of southern Brazil was predisposed to replace electric systems for solar heating. In this paper, a compact SHS was modeled and simulated in the computer program TRNSYS, using climatic data of Pelotas/RS. By determining the Solar Fraction was able to know the Electricity Saving for the user and make financial analysis of return on investment for the acquisition of SHS. Also was availed the impact on reducing peak demand curve. By determining the power consumption taken from this period, shows how the adoption of HSH could improve the quality in power distribution and postpone investments to increase the capacity installed by the concessionaire. On average, the solar fraction obtained in the simulations was 67.9%, resulting in an average annual savings of R\$ 528.93 for users. This economy showed that the average time for return on investment occurs in the 4th year of use, on a scale of 100 units. The average energy taken of the peak of the demand curve was 0.294 MWh.

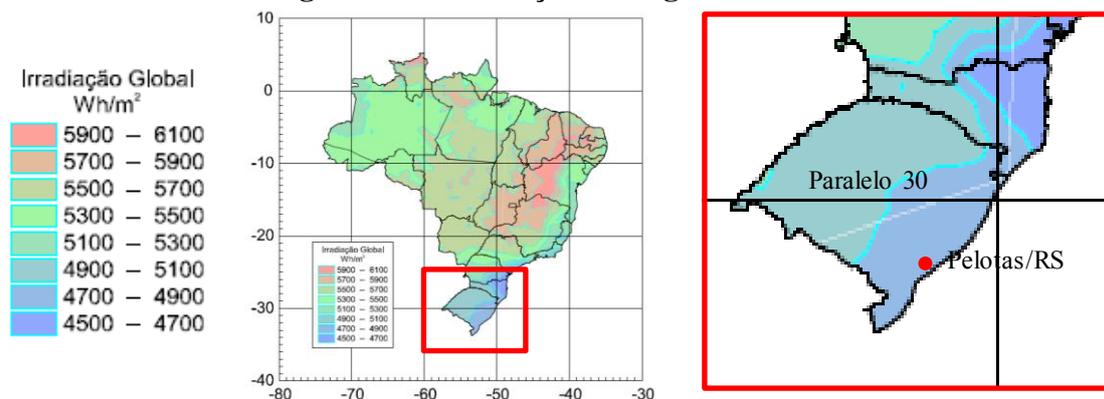
Keywords: Solar Heating Systems (SHS); Electric Shower; Energy savings; Peak demand curve

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é, através de simulações computacionais usando o programa *TRNSYS*, verificar a eficiência da adoção do uso combinado de SAS compactos e chuveiros de potência ajustável, para aquecimento de água para uso residencial em banho no extremo sul do Brasil, abaixo do paralelo 30°, visando reduzir o custo de energia elétrica para os usuários e também reduzir o pico da curva de demanda.

Segundo a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Classe Residencial, ELETROBRAS (2007). Na região sul do Brasil, o chuveiro elétrico está presente em 98,6% dos domicílios. Esta pesquisa aponta que na região sul do país, o consumo de energia para aquecimento de água para banho corresponde por 25% do consumo total, onerando as famílias de baixa renda. A pesquisa ainda aponta que a região Sul do Brasil apresenta a menor predisposição para substituir o sistema de aquecimento de água elétrico para solar, tendo apenas 6,1% da população respondido positivamente a esta alternativa. As regiões compreendidas entre os trópicos (23° 26' 16") são consideradas de alto potencial em relação à radiação solar disponível. A região objeto deste estudo fica abaixo do Paralelo 30° e apresenta cerca de 78 % da maior irradiação média diária disponível no país. Logo, se pretende avaliar se a eficiência nos períodos quentes pode compensar um menor desempenho nos meses frios. Na Figura 1 esta região é mostrada e podemos ver a posição da cidade de Pelotas/RS, que se encontra no seu centro geográfico, podendo os resultados aqui obtidos serem extrapolados para toda a região.

Figura 1 – Localização da região estudada



Fonte: Mapa de Irradiação Solar no Brasil (1998)

Além da questão de economia de energia para os usuários, a contribuição do uso do chuveiro no horário de pico da curva de demanda é significativa. De acordo com Passos (2011), torna-se evidente que a redução na utilização dos chuveiros, não somente representaria uma economia no total de energia consumida, como também uma redução acentuada no pico da curva de demanda. Segundo Oliva e Borges (1996), as características de consumo destes equipamentos como a elevada potência, o baixo fator de carga e o seu uso sempre no horário de ponta, torna-os impróprios para qualquer sistema elétrico. Desta forma também se avaliou o impacto da adoção de SAS neste horário, podendo incentivar algum tipo de política de incentivo à aquisição dos sistemas por parte da concessionária.

2 CONFIGURAÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES

O avanço de tecnologias que possibilitam a criação de programas de maior praticidade operacional estimula o uso de simulações computacionais energéticas de equipamentos. Neste trabalho foi usado o programa *TRNSYS*, já usado por Abreu (2000), Lima (2003),

Salazar (2004), Passos (2011). Aqui foi modelado um SAS compacto com valor compatível nos programas populares de financiamento público para uso em HIS e a seguir são descritas as configurações e as variáveis que foram avaliadas nas simulações.

2.1 Configurações do SAS Compacto

Segundo Lima (2003), para o aquecimento de água com fins domésticos, onde as temperaturas a serem atingidas são relativamente baixas, os coletores planos apresentam vantagens tais como simplicidade de construção, baixo custo, partes fixas, operação em dias nublados, facilidade de reparo e durabilidade. Costa (2002) demonstrou que o desempenho de coletores abertos não é adequado em lugares onde a temperatura média anual seja inferior a 20°C, que é o caso do extremo sul do Brasil. Assim, este estudo analisou coletores fechados planos e também com sistema de circulação passivo direto (termossifão), que por utilizar circulação natural dispensa o uso de bombas. Na Tabela 1 são mostrados alguns parâmetros do SAS simulado.

Tabela 1 - Classificação dos coletores solares para banho

Pressão de Funcionamento		Área Externa do Coletor	Produção Média Mensal de Energia		Eficiência Energética Média	Classe	Fr($\tau\alpha$)n	FrUL
			Por coletor	Por m ²				
kPa	mca	m ²	kWh/mês	kWh/mês	%			
400	40,8	1,70	133,4	77,1	54,8	A	0,709	6,443

Fonte: INMETRO (2012)

Em relação à posição dos coletores, foi adotada a orientação azimutal voltada para o norte geográfico e a inclinação igual à latitude do lugar mais 10°, o que resultou em uma inclinação de 42°.

2.2 Perfis de uso de chuveiro

Uma variável a ser definida são os hábitos de uso de chuveiro residencial. Neste trabalho foram usados dois tipos de perfis de uso de água para banho.

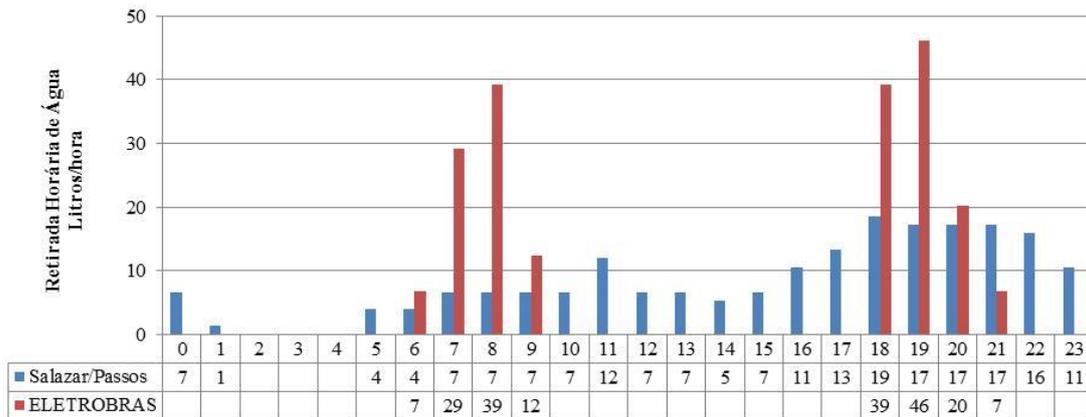
Os primeiros foram chamados de **Perfis Estatísticos**, pois foram baseados em trabalhos anteriores onde houve um estudo populacional representativo destes hábitos, sendo escolhidos dois perfis.

Salazar (2004) realizou um estudo estatístico, determinando consumos horários que totalizavam 150 litros/dia. Passos (2011) adaptou este perfil para um consumo de 200 litros/dia, mesmo volume do reservatório do SAS aqui simulado. Este perfil foi denominado Salazar/Passos e pode ser visto na Figura 2.

O segundo perfil estatístico foi baseado na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, Classe Residencial ELETROBRAS (2007). Através da curva de carga requerida pelo chuveiro (azul claro), foi determinado o seu perfil de uso aqui denominado ELETROBRAS, também para um consumo diário de 200 litros de água para banho, as retiradas de água deste perfil também são mostradas na Figura 2.

Por serem representativos de uma amostragem populacional, mostrando consumos médios horários, os perfis estatísticos apresentam retiradas de água dos SAS **diluídas** ao longo do dia. Para contrapor estas retiradas, foram simulados outros tipos de perfil de uso de chuveiro. Estes tipos foram chamados de **Combinações** e apresentam retiradas de água **concentradas** em diferentes períodos do dia.

Figura 1 – Perfis Estatísticos de uso do chuveiro



Fonte: Salazar (2004), Passos (2011) e ELETROBRAS (2007).

Foram simuladas 4 retiradas pontuais de 50 litros, representativas de um banho efetivo, totalizando os mesmos 200 litros/dia dos perfis estatísticos. Buscou-se avaliar se este tipo de retirada apresentaria diferença no desempenho dos SAS. Além disso, estas combinações podem servir de indicativo do uso dos SAS pelos usuários a fim de obter maior eficiência dos sistemas. Aqui são apresentadas as **Combinações** que foram mais representativas, quando concentraram os 4 banhos diários em um período do dia: Perfil 2 (manhã), Perfil 3 (tarde) e Perfil 4 (noite).

2.3 Temperatura da água de abastecimento dos SAS

A temperatura da água de abastecimento dos SAS é uma variável de difícil determinação, visto que as condições de armazenamento desta água podem ser bastante diversas. Neste trabalho foram usados dois modelos de temperatura da água de abastecimento dos SAS.

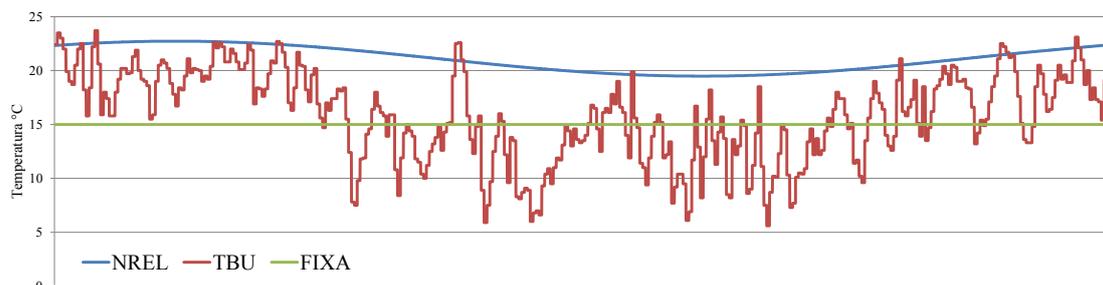
O primeiro modelo, fundamentado por Lima (2003), considera a temperatura da água de abastecimento dos SAS **Constante** durante todo o ano. Ela é determinada pelas médias mensais da temperatura do ar no período considerado frio, que resultou numa temperatura de 15°C. Para definir o ano a ser considerado o *Test Reference Year* (TRY) para a cidade de Pelotas, foi usado o método descrito por *Stamper* (1977). Usando dados da Estação Agroclimatológica da EMBRAPA/UFPel foi selecionado o ano climático para a cidade de Pelotas/RS, este método consiste na eliminação sucessiva dos anos que contém as temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas) até que reste somente um ano, restando neste caso o ano de 2008.

No segundo modelo adotado, os valores da temperatura da água de abastecimento dos SAS são **Variáveis**. Ao analisar resultados prévios obtidos nas simulações com as temperaturas **Constantes** do primeiro modelo, percebeu-se que a demanda energética para que esta água atingisse a temperatura pré-determinada de conforto para banho seria a mesma durante o ano todo. Esta premissa fez com que a economia de energia no verão, caso não houvesse o uso associado de SAS e chuveiro, fosse superestimada.

Usando o mesmo TRY (2008), foram estabelecidas as Temperaturas de Bulbo Úmido (TBU) correspondentes às condições de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Umidade Relativa do Ar (UR) dos dados EMBRAPA/UFPel.

Os valores dos diferentes modelos podem ser observados na Figura 3. Também é mostrada a temperatura resultante do algoritmo do *NREL - National Renewable Energy Laboratory*, usado por Passos (2011).

Figura 3 – Parâmetros de temperatura da água de abastecimento dos SAS



Fonte: Autor

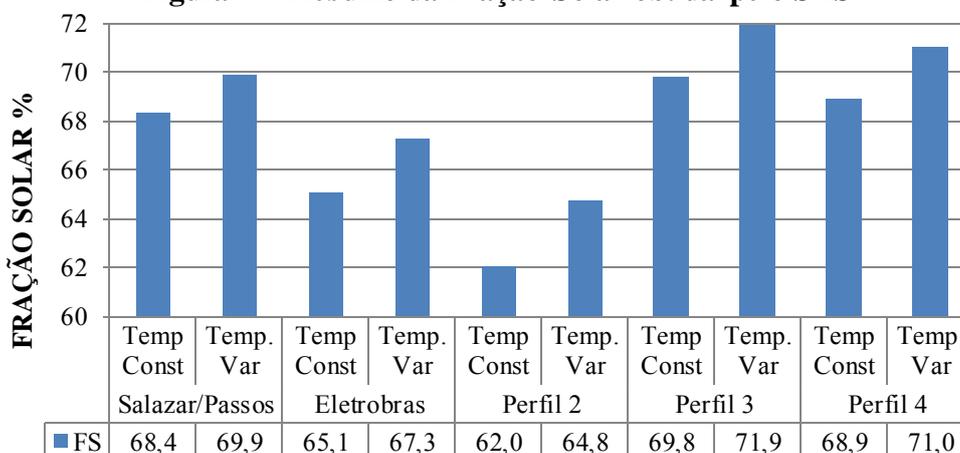
O modelo do *NREL* apresenta valores superiores em 95,6% das horas do ano em relação ao modelo de temperatura **Variável**. Logo este modelo apresentaria uma diferença entre a temperatura da água de abastecimento e a temperatura de conforto para banho bem menor do que os outros, subestimando a quantidade de energia necessária para aquecê-la, não sendo utilizado neste trabalho.

3 RESULTADOS

3.1 Fração Solar

A Fração Solar representa a parcela da energia necessária para obtenção da temperatura da água de banho fornecida pelos SAS. Na Figura 4 podemos observar os resultados obtidos nas simulações.

Figura 4 - Resumo da Fração Solar obtida pelo SAS



Fonte: Autor

Em relação aos diferentes modelos de temperatura da água de abastecimento dos sistemas, Constante e Variável, observa-se que o modelo de Temperatura Variável obteve uma vantagem no desempenho em todas as configurações aqui mostradas.

No modelo de Temperatura Variável, a temperatura da água de abastecimento é maior no período quente, sendo necessária menos energia para aquecê-la. No período frio esta lógica se inverte e tenderia a um equilíbrio no desempenho anual. Isto mostra que houve um maior rendimento relativo do modelo Variável dos coletores no período frio. Este fato pode ser explicado devido à menor temperatura média entre a entrada e a saída dos coletores em relação à temperatura do ar, gerando menores perdas e aumentando assim a eficiência dos SAS neste período para este modelo.

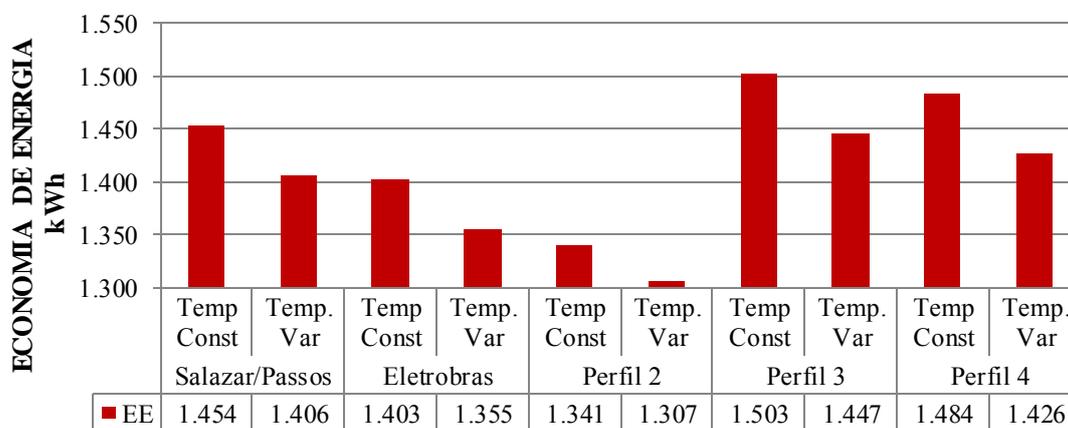
Percebe-se também que o Perfil 3, que concentra os banhos no período da tarde, obteve o maior rendimento entre todos. Isto pode ser explicado devido a maior temperatura do dia se dar neste período além de ainda haver insolação disponível para o aquecimento da água que está entrando no sistema.

Em relação aos diferentes perfis de retirada de água, Estatísticos e Combinações, pode-se afirmar que eles não são significativos em relação ao desempenho dos SAS. Como a água aquecida é mantida em um reservatório isolado termicamente, esta água fica disponível para consumo diário, não sendo relevante o regime de consumo.

3.2 Economia de Energia

Mais uma vez, os resultados obtidos pelas diferentes simulações confirmam que a maior Economia de Energia elétrica foi obtida pelo Perfil 3 (concentrado na tarde). Este resultado é indicativo de que os banhos, quando possível, sejam concentrados neste período.

Figura 5 - Resumo da Economia de Energia Anual obtida pelo SAS



Fonte: Autor

Em relação aos diferentes modelos de temperatura da água de abastecimento dos sistemas, pode-se afirmar que o modelo de Temperatura Constante obteve uma vantagem no desempenho, em relação ao modelo de Temperatura Variável em todas as configurações aqui mostradas. Este resultado parece demonstrar uma contrariedade em relação aos resultados obtidos na Fração Solar, já que o modelo de Temperatura Constante obteve sempre um menor valor naquela análise.

Isto pode ser explicado devido à premissa assumida nas simulações de que a energia complementar para que o aquecimento da água seja fornecida pelo chuveiro. Como no modelo de Temperatura Constante a água está a 15°C durante todo o ano, a energia complementar também é maior. Isto pode evidenciar que a quantidade de energia requerida pelo modelo de Temperatura Constante esteja superestimada no período quente, fazendo com que ele apresente uma maior Economia de Energia mesmo apresentando uma menor Fração Solar.

3.3 Análise financeira para aquisição dos SAS.

Na Tabela 2 é mostrado o resultado financeiro obtido pela Economia de Energia elétrica pelas simulações. Para esta análise, foi computada a redução do consumo de energia anual em relação ao total necessário para obtenção da temperatura de água de banho

caso não houvesse a adoção de SAS, podendo ser considerada também como energia retirada da demanda.

Cabe reforçar que os valores obtidos nesta análise são referentes às tarifações do valor do quilowatt hora na época da elaboração deste trabalho (junho/2013), quando sofreram uma redução significativa com a reordenação dos contratos de concessão para as empresas que operam neste setor.

Tabela 2 - Economia anual de energia elétrica

Perfil de uso de chuveiro	Temperatura da água de abastecimento	Economia de Energia (kWh)	Custo da Energia (R\$)	Economia anual (R\$)
Salazar/Passos	Constante	1.403	0,3744493	525,39
	Variável	1.355		507,22
Eletrobras	Constante	1.454		544,44
	Variável	1.406		526,59
Perfil 2	Constante	1.341		502,19
	Variável	1.307		489,44
Perfil 3	Constante	1.503		562,78
	Variável	1.447		541,69
Perfil 4	Constante	1.484		555,57
	Variável	1.426		534,02

1 kWh = R\$ 0,3744493 – Classe Residencial – junho/2013 – Companhia Estadual de Energia Elétrica

Fonte: Autor

A partir da economia anual de energia elétrica e dos valores para aquisição e instalação do SAS simulado mostrado na Tabela 3, foi possível realizar as análises financeiras. Elas foram feitas para uma unidade, do ponto de vista do usuário individual e também em um cenário maior, do ponto de vista dos investidores. Cabe salientar que o valor para 100 unidades se enquadra no limite para financiamento dos programas governamentais de habitação popular. Para evitar repetições de resultados semelhantes, aqui são mostradas apenas as análises baseadas na economia proporcionada pelas Combinações de uso do chuveiro, Perfil 2, Perfil 3 e Perfil 4.

Tabela 3 - Valores do investimento para aquisição e instalação dos SAS

Custos para Instalação dos SAS		
Item	100 unidades	1 unidade
SAS	R\$ 1.500,00	R\$ 2.033,00
Tubos e Conexões	R\$ 100,00	R\$ 190,00
Instalação	R\$ 155,00	R\$ 590,00
Chuveiro	R\$ 91,00	
Total	R\$ 1.846,00	R\$ 2.904,00
Manutenção	1% custo ao ano	
Vida útil	20 anos	

Fonte: Representante Comercial do SAS avaliado

3.3.1 Taxa Interna de Retorno (TIR) e Prazo de Retorno do Investimento (PRI)

Segundo Keynes (1992), este conceito é usado para classificar projetos de investimento, sendo desejável o projeto cujo fluxo de caixa tenha uma Taxa Interna de Retorno maior do que a taxa mínima de atratividade. Estes resultados aparecem na Tabela 4.

Tabela 4 - Resumo da Taxa Interna de Retorno (TIR) Anual.

TIR	Perfil 2		Perfil 3		Perfil 4	
	Temp. Constante	Temp. Variável	Temp. Constante	Temp. Variável	Temp. Constante	Temp. Variável
100 unidades	27,0%	26,3%	30,3%	29,2%	29,9%	28,7%
1 unidade	16,5%	16,0%	18,8%	18,0%	18,5%	17,7%

Fonte: Autor

No cenário de grande escala, a taxa média é de 28,6% anuais. Esta remuneração representa uma taxa média mensal equivalente a 2,12%. No cenário de 1 unidade, a taxa média anual é de 17,6%, o que equivale a uma taxa média mensal de 1,36%. Ambos cenários apresentam uma boa atratividade em relação ao mercado financeiro, visto a caderneta de poupança estar remunerando o capital a uma taxa média mensal próxima a 0,48%.

O prazo de retorno do investimento (PRI) mede o tempo de retorno de determinado investimento realizado e contabilizado em meses nos quais ele será amortizado para então começar a gerar lucros. Estes resultados aparecem na Tabela 5.

Tabela 51 - Resumo do Prazo de Retorno do Investimento (PRI)

PRI	Perfil 2		Perfil 3		Perfil 4	
	Temp. Constante	Temp. Variável	Temp. Constante	Temp. Variável	Temp. Constante	Temp. Variável
100 unidades	3,68 anos	3,77 anos	3,28 anos	3,41 anos	3,32 anos	3,46 anos
1 unidade	5,78 anos	5,93 anos	5,16 anos	5,36 anos	5,23 anos	5,44 anos

Fonte: Autor

Para a aquisição e instalação de cem unidades, o PRI se dá no quarto ano em todos os perfis de uso de chuveiro e modelos de temperatura da água de abastecimento, já para uma unidade este retorno se dá no sexto ano.

3.3.2 Life Cycle Cost Saving (LCS)

Esta análise leva em conta os de custos de aquisição e manutenção dos equipamentos, além dos custos devidos ao consumo de energia elétrica, durante o ciclo de vida dos equipamentos. Por ser um parâmetro que interessa ao usuário, aqui é mostrado apenas os resultados para 1 unidade, sendo a economia maior no cenário de 100 unidades.

Tabela 6 - Economia de custos durante o ciclo de vida – 1 unidade

1 unidade		Consumo de energia anual (kWh)	Consumo com SAS / sem SAS	Consumo energia 20 anos (kWh)	Custo energia 20 anos (R\$)	Custo aquisição	Custo manutenção	Custo total	Economia 20 anos
Temp Constante	Perfil 2	Chuv	2.166	43.316	16.219,47	91,00	140,00	16.450,47	6.789,96
		SAS	825	38,08%	16.493	6.175,71	2.904,00	580,80	
	Perfil 3	Chuv	2.157	43.134	16.151,43	91,00	140,00	16.382,43	8.001,80
		SAS	654	30,31%	13.075	4.895,83	2.904,00	580,80	
	Perfil 4	Chuv	2.158	43.162	16.161,81	91,00	140,00	16.392,81	7.857,51
		SAS	674	31,25%	13.488	5.050,50	2.904,00	580,80	
Temp Variável	Perfil 2	Chuv	2.094	41.873	15.679,42	91,00	140,00	15.910,42	6.535,08
		SAS	787	37,57%	15.731	5.890,53	2.904,00	580,80	
	Perfil 3	Chuv	2.086	41.725	15.623,78	91,00	140,00	15.854,78	7.580,09
		SAS	640	30,66%	12.792	4.789,89	2.904,00	580,80	
	Perfil 4	Chuv	2.095	41.894	15.687,01	91,00	140,00	15.918,01	7.426,62
		SAS	669	31,92%	13.371	5.006,58	2.904,00	580,80	

Fonte: Autor

Podemos observar que o consumo anual de energia do chuveiro com SAS varia entre 30,31 e 38,08% do consumo do chuveiro sem SAS. Esta diferença, para os 20 anos considerados para o ciclo de vida dos SAS representa uma economia que varia entre R\$ 8.001,80 e 6.535,08, de acordo com a Tabela 6.

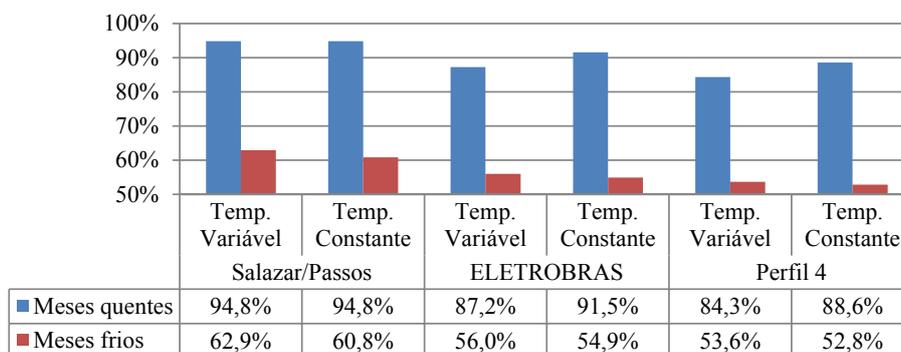
3.4 RETIRADA DE DEMANDA NO HORÁRIO DE PICO

O custo da energia para o consumidor residencial é fixo durante todas as horas do dia, assim deste ponto de vista, não faz diferença o horário em que ele usa o chuveiro. O chuveiro tem uma significativa contribuição para o pico da curva de demanda podendo a concessionária propor algum subsídio aos usuários na aquisição de SAS.

Analisando apenas o horário de pico da curva de demanda, compreendido entre as 18 e 21 horas foram avaliados três diferentes perfis: Salazar/Passos, ELETROBRAS e Perfil 4. Os resultados são apresentados mostrando as médias do período considerado quente, que compreende os meses de outubro à março, e do período considerado frio, que compreende os meses de abril à setembro. Para quantificar o impacto da adoção desta alternativa energética para a concessionária, simulou-se um cenário com 420 residências, mesma quantidade do Loteamento Eldorado, que recebeu SAS através do Minha Casa Minha Vida em Pelotas/RS em 2011.

A média do consumo de energia elétrica fornecido pelos SAS nos meses quentes nos diferentes perfis de uso do chuveiro e dos modelos de temperatura da água de abastecimento foi de 90,2%, enquanto essa média nos meses frios foi de 56,8%. Esta contribuição média no balanço energético do uso combinado de SAS e chuveiros de potência regulável representa uma retirada média de potência instalada no horário de pico da curva de demanda de 0,338 MW nos meses quentes e 0,251 MW nos meses frios.

Figura 6 - Média do consumo de energia no horário de pico fornecido pelos SAS



Fonte: Autor

Estas potências, levando em conta o período de um mês e o consumo médio de energia elétrica por habitante no Rio Grande do Sul em 2010 (53,6 KWh/mês), seriam suficientes para abastecer o consumo residencial de 4.540 pessoas nos meses quentes e de 3.372 pessoas nos meses frios.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos diferentes Perfis de Uso do Chuveiro que foram usados nas simulações, pode-se concluir que a eficiência dos SAS não apresenta diferenças significativas

Quanto aos Modelos de Temperatura da Água de Abastecimento dos SAS, o Modelo de Temperatura Variável parece ser o mais próximo da realidade, já que a temperatura do ar tem influência na temperatura de armazenamento da água, porém mais investigações precisam ser feitas a este respeito. Entretanto, pode-se afirmar que o Modelo de Temperatura Variável proporcionou maior eficiência aos SAS.

Quanto aos requisitos avaliados, Fração Solar, Economia de Energia, Análise Financeira e Redução do Pico da Curva de Demanda, pode-se afirmar que os resultados são favoráveis à adoção do uso combinado da SAS e chuveiros de potência regulável na região alvo deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. L. de. **Utilização da energia solar em substituição a chuveiros elétricos. Fontes não convencionais de energia: As tecnologias Solar, Eólica e de Biomassa.** – Florianópolis. UFSC, 2000.
- COLLE, S.; PEREIRA, E. B. **Atlas de Irradiação Solar do Brasil.** – Brasília. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Laboratório de Energia Solar – EMC/UFSC, 1998.
- COSTA, E. R. **Limitações no Uso de Coletores Solares Sem Cobertura para Sistemas Domésticos de Aquecimento de Água.** Dissertação de Mestrado. – Porto Alegre. UFRGS, 2002.
- ELETROBRAS, **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Classe Residencial.** – Rio de Janeiro. ELETROBRAS, 2007.
- EMBRAPA/UFPEL, **Estação Agroclimatológica.** Disponível em www.cpact.embrapa.br. Acessado em 2012.
- INMETRO. Disponível em www.inmetro.gov.br. Acessado em 2012.
- KEYNES, J. M. *General theory of employment, interest and money.* – São Paulo. Editora Atlas, 1992.
- LIMA, J. B. A. **Otimização de Sistemas de Aquecimento Solar de Água em Edificações Residenciais Unifamiliares Utilizando o Programa TRNSYS.** – São Paulo. USP, 2003.
- OLIVA, G. A. **Tecnologias de Aquecimento Solar de Água e Conservação de Energia.** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Anais – São Paulo. ANTAC, 1993.
- PASSOS, L. A. de A. **Um Estudo Sobre os Impactos Técnicos e Econômicos da Agregação do Aquecimento Solar de Água nos Domicílios Brasileiros.** Dissertação de Mestrado – Florianópolis. UFSC, 2011.
- SALAZAR, J. P. de L. C. **Economia de Energia e Redução do Pico da Curva de Demanda para Consumidores de Baixa Renda por Agregação de Energia Solar Térmica.** Dissertação de Mestrado. – Florianópolis. UFSC, 2004.