

## DIMENSIONAMENTO DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA DE UM COLETOR SOLAR PLANO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA

### PRODUCTION PLANT SIZING OF A SOLAR COLLECTOR PLAN FOR WATER HEATING

Tiago Sinigaglia<sup>1</sup>; Tânia Regina Seiboth<sup>2</sup>; Ademar Michels<sup>3</sup>; Adalberto Lovato<sup>4</sup>; Sérgio Luiz Jahn<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Faculdade Horizontina - FAHOR – Horizontina/RS - Brasil

[tiago\\_sinigaglia@hotmail.com](mailto:tiago_sinigaglia@hotmail.com)

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção- PPGE  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria/RS – Brasil

[taniaseiboth@yahoo.com.br](mailto:taniaseiboth@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Faculdade Horizontina - FAHOR – Horizontina/RS - Brasil

[michels@fahor.com.br](mailto:michels@fahor.com.br)

<sup>4</sup>Faculdade Três de Maio – SETREM- Três de Maio – Brasil

[proflovato@terra.com.br](mailto:proflovato@terra.com.br)

<sup>5</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção- PPGE  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria/RS – Brasil

[jahn@smai.ufsm.br](mailto:jahn@smai.ufsm.br)

#### Resumo

*A radiação solar na forma de energia térmica pode ser utilizada para aquecer água e usar em diversas atividades. Um sistema de aquecimento solar é composto por um coletor solar, um reservatório térmico, circuito hidráulico e ainda pode ter uma fonte de energia auxiliar. O objetivo foi calcular a produção energética de uma placa coletora solar afim de atender a demanda de água quente utilizada na higienização de ordenhadeiras de uma propriedade rural de Tuparendi, RS. Com a utilização da energia térmica solar pode se diminuir o consumo de energia elétrica, contribuindo para a sustentabilidade do planeta e da atividade leiteira que possui uma margem de lucro não tão expressiva. A produção energética da placa coletora foi calculada pela metodologia F-chart e assim foi encontrada no mercado a placa coletora que produziu as melhores frações solares para a necessidade. Conclui-se que em alguns meses do ano a energia útil disponível será menor que a demanda energética, necessitando assim de uma fonte de energia auxiliar.*

**Palavras-chave:** Radiação, energia, aquecimento, coletor.

## Abstract

*The good use of solar radiation, in the form of thermal energy, can be used for heating the water and thus using in different activities. A solar heating system is composed of solar collectors, thermal storage tank, hydraulic circuit and it can also have an auxiliary power source. Thus, this work aims to scale a solar used in to heat the water used in the cleaning of milking in a rural property in Tuparendi, RS. With the use of solar thermal energy it is possible to reduce electricity consumption, contributing to the sustainability of the planet and the dairy business which has a profit margin not so expressive. The energy production of the installation was calculated by the methodology "F-Chart", which contemplates each month of the year and then it was found in the market the collector that had produced the best solar fractions for the need. It was concluded that in some months of the year, the collected energy will be less than the necessary energy so it will be required the thermal support.*

**Key-words:** Radiation, energy, heat, collector.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o intuito de usar fontes alternativas de energia, a utilização da energia proveniente do sol traz algumas vantagens, dentre elas se situa o fato de não ser poluente, ser perene e gratuita, e além do mais é responsável por tornar possível a vida no planeta.

O sol tem grande importância em nosso planeta, sendo que o Brasil é um país privilegiado no seu potencial energético solar. A radiação solar pode ser aproveitada através da energia térmica ou fotovoltaica. O aproveitamento da radiação solar em forma de energia térmica tem uma maior eficiência em comparação com o aproveitamento fotovoltaico. Dentro desse aspecto se situa a possibilidade de aquecer água para tarefas domiciliares ou industriais.

Segundo Shukla (2012), o aquecimento de água é responsável por 20% de todo o consumo de energia das famílias, ou seja, pode oferecer uma economia de cerca de 70-90% do total dos custos de aquecimento de água e, portanto, é um dos melhores candidatos para reduzir significativamente o consumo energético doméstico.

Entre as fontes renováveis de energia, a energia solar é claramente uma opção promissora como é perene e disponível. Em termos de custos a energia solar atinge níveis mais competitivos com relação a outras fontes de energia, ou seja, pode beneficiar o meio ambiente e economia de desenvolvimento países, além de servir para sustentar a vida de milhões de pessoas desfavorecidas no desenvolvimento países. VIJAY (2013).

O método de cálculo, não é simples de mencionar, contudo deve ser refinado e para isso diversos parâmetros devem ser considerados, como a latitude do local e as condições climáticas. A latitude influencia na radiação solar, pois é dela que depende a inclinação dos raios solares, quanto maior a inclinação dos raios solares menor é a energia térmica que a superfície do globo terrestre recebe. Alguns fatores são diretamente influenciados pelo clima da região, como a temperatura média do ar e a temperatura da água, por isso também são considerados no método de cálculo.

O objetivo geral do estudo em questão é calcular a produção energética de uma placa coletora a fim de aquecer 100 litros de água, fornecendo uma temperatura de 60°C para a higienização dos equipamentos utilizados na ordenha de vacas leiteiras.

Com o intuito de utilizar uma fonte renovável de energia e abundante em nosso país, utilizando a energia térmica solar pode se diminuir o consumo de energia elétrica e contribuir para a sustentabilidade do planeta e da atividade leiteira que possui uma margem de lucro não tão significativa.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Coletores solares**

Segundo Sales et al. (2014); Creasesb, (2006); Vijay (2013), a demanda global por energia está crescendo além dos limites da capacidade de geração instável. Para atender as demandas futuras, uma solução eficiente, e com segurança é através da utilização de fontes de energia alternativas e renováveis.

Entre as fontes renováveis de energia, a energia solar é claramente uma opção promissora como é perene e disponível. Em termos de custos a energia solar atinge níveis mais competitivos com relação a outras fontes de energia, ou seja, pode beneficiar o meio ambiente e economia de desenvolvimento países, além de servir para sustentar a vida de milhões de pessoas desfavorecidas no desenvolvimento países. VIJAY (2013).

Para fazer o aproveitamento da energia térmica solar é feito a captação da radiação sob a forma de calor, como para o aquecimento de fluidos para uso doméstico ou industrial, ou ainda para a transformação do calor em alguma outra forma de energia.

Com o intuito de aquecer o fluido através da energia solar são utilizados coletores planos para converter a radiação em energia térmica. “O funcionamento é dividido em três fases: captação, transferência e acumulação da energia solar (FARRET, 2010)”.

Para captar a energia térmica solar é necessário possuir coletores solares, que ficam expostos à radiação proveniente do sol. “A sua finalidade é transformar a radiação solar em energia térmica mediante o aumento da temperatura do fluido que circula pelo seu interior (BENITO, 2011)”.

No interior das placas solares acontece a circulação de um fluido ao qual vai sofrer aumento da temperatura causada pela radiação solar incidente sobre a placa. Existem painéis planos com cobertura, outros de tubos de vácuo e ainda planos sem cobertura.

A instalação pode incorporar um sistema de apoio energético que entra em funcionamento quando o recurso solar não consegue satisfazer as necessidades de água quente sanitária por

circunstâncias tais como uma quantidade de consumo não prevista e/ou condições climáticas adversas (BENITO, 2011).

Para desempenhar a função pelo qual o sistema vai ser dimensionado é necessário localizar os painéis solares térmicos com uma orientação que propicie a maior insolação sobre os painéis, com a inclinação adequada e a orientação segundo o eixo de azimute. “O primeiro exige seu posicionamento direcionado a sul no hemisfério norte e a norte no hemisfério sul, para o máximo aproveitamento das horas de exposição solar durante o arco diário do sol” (BENITO, 2011).

“O valor médio anual da inclinação do painel deve corresponder ao valor da latitude do lugar, menos 5°” (BENITO, 2011).

## 2.2 Produção Energética da Placa Coletora

A partir das necessidades do projeto é necessário conhecer a demanda energética que a instalação solar requer, para posteriormente escolher a placa coletora solar que melhor se adapta.

O cálculo da demanda energética considera os valores de radiação solar de todos os meses do ano, utilizando a Equação 1 (COMGAS; ABRINSTAL, 2011):

$$DE_{\text{mês}} = Q_{\text{dia}} \times N \times (T_{\text{ACS}} - T_{\text{af}}) \times 1,16 \times 10^{-3} \quad (1)$$

Onde:

$DE_{\text{mês}}$ : demanda energética (Kwh/mês);

$Q_{\text{dia}}$ : Consumo diário de água quente (litros/dia);

$N$ : Número de dias do mês considerado;

$T_{\text{ACS}}$ : temperatura utilizada para a quantificação do consumo de água quente (°C);

$T_{\text{af}}$ : temperatura da água fria da rede (°C).

Para o dimensionamento da produção energética da instalação Comgas e Abrinstal (2011) sugerem a metodologia F-chart, conforme está descrito na Equação 2.

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^2 \quad (2)$$

Onde:

$f$ : fração energética mensal;

$D_1$ : parâmetro adimensional;

$D_2$ : parâmetro adimensional.

Alguns passos são necessários para chegar até o cálculo da produção energética ( $f$ ), um deles é definir a radiação solar mensal incidente ( $EL_{\text{mês}}$ ) sobre a superfície dos coletores (Equação 3).

$$EL_{\text{mês}} = H_{\text{dia}} \times N \quad (3)$$

Onde:

H<sub>dia</sub>: radiação solar incidente no coletor (KWh/(m<sup>2</sup>xdia)<sup>3</sup>);

N: número de dias do mês;

E<sub>mês</sub>: radiação solar mensal incidente (kwh/m<sup>2</sup>).

A radiação solar incidente é obtida através de mapas solamétricos, sendo que os valores variam de região para região.

O parâmetro D1 expressa a energia absorvida pelo coletor (E<sub>Amês</sub>) e a demanda energética mensal (D<sub>Emês</sub>), sendo calculado com a Equação 4.

$$D1 = \frac{E_{Amês}}{D_{Emês}} \quad (4)$$

Pela qual a energia absorvida pelo coletor E<sub>A</sub> mês é dada pela Equação 5.

$$E_{Amês} = S_c \times F'R(\tau\alpha) \times E_{Lmês} \quad (5)$$

Onde:

S<sub>c</sub>: superfície do coletor (m<sup>2</sup>);

F'R(τα): fator adimensional fornecido pelo fabricante.

Sendo,

$$F'R(\tau\alpha) = FR(\tau\alpha)_n \times \left[ \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \times \frac{F'R}{FR} \quad (6)$$

Onde:

FR(τα): Fator de eficiência óptica do coletor, disponível na tabela de eficiência do coletor do INMETRO;

$\left[ \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right]$ : modificador do ângulo de incidência, na ausência dessa informação pode se usar 0,96;

$\frac{F'R}{FR}$ : fator de correção do conjunto coletor-trocador, na ausência pode se usar 0,95.

E para o parâmetro D2 que expressa a relação entre E<sub>P</sub>mês e D<sub>E</sub>mês é utilizada a Equação 7:

$$D2 = \frac{E_{Pmês}}{D_{Emês}} \quad (7)$$

Sendo,

$$E_{Pmês} = S_c \times F'RUL \times (100 - T_{amb}) \times \Delta T \times K1 \times K2 \quad (8)$$

Na qual,

E<sub>P</sub>mês: energia solar mensal não aproveitada pelo coletor (kwh/mês);

S<sub>c</sub>: área do coletor (m<sup>2</sup>);

T<sub>amb</sub>: temperatura média mensal do ambiente (°C);

$\Delta T$ : período de tempo (h);

$F'RUL$ : fator calculado pela Equação 9.

$$F'RUL = FRUL \times \frac{F'R}{FR} \times 10^{-3} \quad (9)$$

Onde,

$F'RUL$ : coeficiente global de perdas do coletor ( $w/m^2 \times k$ );

$\frac{F'R}{FR}$ : fator de correção coletor-trocador, recomendado utilizar 0,95.

$K1$ : fator de correção para o armazenamento, dado pela Equação 10.

$$k1 = \left[ \frac{V}{75 \times Sc} \right]^{-0,25} \quad (10)$$

Onde:

$V$ : volume de acumulação solar (litros).

$K2$ : fator de correção para o sistema de aquecimento solar, dado pela Equação 11:

$$K2 = \frac{(11,6+1,18T_{ac}+3,86T_{af}-2,32T_{amb})}{(100-T_{amb})} \quad (11)$$

Onde  $T_{ac}$  é a temperatura mínima admissível da água quente ( $^{\circ}C$ ).

Com essas informações já é possível calcular  $f$  com a equação 2. Para calcular a fração solar anual  $F$  é necessário encontrar a energia absorvida pelo sistema de aquecimento ( $kwh/mês$ ), com a Equação 12:

$$EU \text{ mês} = f \times DE \text{ mês} \quad (12)$$

Com isso a fração solar anual  $F$  que a superfície dos coletores ( $Sc$ ) proporciona e calculada com a Equação 13.

$$F = \frac{\sum_{12}^1 EU \text{ mês}}{\sum_{12}^1 DE \text{ mês}} \quad (13)$$

### 2.3 Fatores Locais que vão Influenciar a Produção Energética

O fator local influencia a radiação solar incidente, de local para local há variações e a sazonalidade também causa influência. “A radiação solar é a energia eletromagnética que se produz no Sol e que, depois de atravessar a atmosfera (onde se atenua consideravelmente) incide sobre a superfície terrestre” (BENITO, 2011).

Como a instalação solar está localizada no Noroeste do Estado do RS cidade de Tuparendi, então a radiação solar para este local foi encontrada e está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Radiação solar global média mensal

Mês	Radiação (MJ m <sup>2</sup> dia)	KWh/m <sup>2</sup> dia
Janeiro	23	6,39
Fevereiro	23	6,39
Março	18	5
Abril	17	4,72
Maio	12	3,33
Junho	9	2,5
Julho	11	3,06
Agosto	13	3,61
Setembro	14	3,89
Outubro	23	6,39
Novembro	24	6,67
Dezembro	25	6,94

Fonte: Cemets (2014)

A temperatura média do ar ao longo dos meses do ano é apresentada na Tabela 2, para o Noroeste do Estado do RS, pois é uma variável que vai interferir na produção energética da instalação.

Tabela 2: Temperatura média do ar

Mês	Temperatura (°C)
Janeiro	26
Fevereiro	25
Março	24
Abril	24
Maio	17
Junho	15
Julho	15
Agosto	12
Setembro	18
Outubro	24
Novembro	23
Dezembro	25

Fonte: Cemets (2014)

## 2.4 Água para Higienização

A limpeza dos equipamentos de ordenha é fundamental para a qualidade do leite, realizada em três etapas conforme Santos (2014):

- Enxague inicial- O enxágue com água morna (38 – 55°C) tem como objetivo remover os resíduos de leite grosseiros e que são facilmente solúveis em água.
- Limpeza com detergente alcalino clorado: A faixa de temperatura ideal é de 43 a 77°C, a eficácia do detergente aumenta com o aumento da temperatura da água e diminui com o aumento da dureza.
- Limpeza com detergente ácido. A água pode ser fria ou levemente aquecida (35 – 43°C).

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi executado com base na necessidade energética de uma propriedade rural de Tuparendi, Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, latitude 27° 45' 23" S, longitude de 54° 28' 54" W, com altitude de 328 m.

O sistema de aquecimento solar foi dimensionado com base na necessidade de uma propriedade rural, para efetuar a limpeza dos equipamentos usados na ordenha é utilizada água quente para a higienização.

Primeiramente buscando fundamentar teoricamente o trabalho, foi feito uma pesquisa bibliográfica, na qual foi pesquisado conceitos básicos e ainda foi levantada a temperatura ideal que a água vai ter que atingir para suprir a necessidade, a média da radiação global no local, temperatura do ar ambiente e latitude. O memorial de cálculo foi com base no método "F-Chart" sugerido por COMGAS e ABRINSTAL (2011).

O coletor solar utilizado vão ser um modelo comercial disponível para a compra, sendo que as variáveis adimensionais  $FR(\tau\alpha)$  e  $Fr_{UL}$  foram encontradas na tabela de eficiência energética do coletor do INMETRO. Os cálculos foram montados em uma planilha eletrônica, e assim plotando os valores encontrados na tabela de eficiência energética do coletor, foi encontrado o coletor que produz frações energéticas mais aceitáveis para a necessidade. Se a fração solar obtida não for satisfatória para a necessidade, os cálculos vão ser repetidos até encontrar uma área de coletor que satisfaça a necessidade.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O coletor solar escolhido foi o Heliotek HP6 da Bosch Termotecnologia com 3,13 m<sup>2</sup> de área, faixa A na classificação do INMETRO, com 76,7% de eficiência. As propriedades do coletor são  $FR(\tau\alpha)_n$  com 0,86 e  $Fr_{UL}$  apresentando 18,55. Esse coletor foi escolhido, pois apresentou frações solares mensais que satisfazem a demanda energética de boa parte do ano, necessitando de apoio energético em apenas alguns meses.

Para chegar a uma área de placa coletora, primeiro é necessário conhecer a demanda energética mensal (DE mês) calculada através da Equação 1 contabilizando todos os meses do ano (Tabela 3).

Tabela 3: Demanda energética mensal

Mês	N (dias/mês)	Taf (°C)	DE mês (kWh/mês)
Janeiro	31	26	122,264
Fevereiro	28	25	113,68
Março	31	24	129,456
Abril	30	24	125,28
Mai	31	17	154,628
Junho	30	15	156,6
Julho	31	15	161,82
Agosto	31	12	172,608
Setembro	30	18	146,16
Outubro	31	24	129,456
Novembro	30	23	128,76
Dezembro	31	25	125,86

Fonte: Aatoria própria (2014).

Depois de calculada a demanda energética mensal, o próximo passo foi calcular a energia incidente no coletor,  $E_i$  mês, (Tabela 4), na qual a incógnita  $H_{dia}$  foi obtida de mapas solamétricos (Tabela 1). Para o cálculo do  $E_i$  mês foi utilizada a Equação. 3.

Tabela 4: Energia incidente no coletor

Mês	N (dias/mês)	$H_{dia}$ (kWh/(m <sup>2</sup> xdia) <sup>s</sup>	$E_i$ mês (kWh/m <sup>2</sup> )
Janeiro	31	6,39	198,09
Fevereiro	28	6,39	178,92
Março	31	5	155
Abril	30	4,72	141,6
Mai	31	3,33	103,23
Junho	30	2,5	75
Julho	31	3,06	94,86
Agosto	31	3,61	111,91
Setembro	30	3,89	116,7
Outubro	31	6,39	198,09
Novembro	30	6,67	200,1
Dezembro	31	6,94	215,14

Fonte: Aatoria própria (2014).

A energia solar mensal absorvida pelos coletores ( $E_a$  mês) foi calculada com a Equação 5 (Tabela 5). O fator adimensional  $F'R(\tau\alpha)$  foi obtido com a Equação 6, sendo que  $FR(\tau\alpha)$  é 0,86, valor encontrado na tabela de eficiência do coletor INMETRO.  $S_c$  é a área do coletor solar, também disponível na tabela de eficiência do coletor do INMETRO.

Tabela 5: Energia absorvida pelo coletor

Mês	$S_c$ (m <sup>2</sup> )	$E_{mes}$ (kwh/(m <sup>2</sup> xmês))	$F'R(\tau\alpha)$	$E_{amês}$ (KWh/mês)
Janeiro	3,13	198,09	0,7843	486,2954
Fevereiro	3,13	178,92	0,7843	439,2346
Março	3,13	155	0,7843	380,5128
Abril	3,13	141,6	0,7843	347,6169
Mai	3,13	103,23	0,7843	253,4216
Junho	3,13	75	0,7843	184,1191
Julho	3,13	94,86	0,7843	232,8739
Agosto	3,13	111,91	0,7843	274,7303
Setembro	3,13	116,7	0,7843	286,4894
Outubro	3,13	198,09	0,7843	486,2954
Novembro	3,13	200,1	0,7843	491,2298
Dezembro	3,13	215,14	0,7843	528,1518

Fonte: Aatoria própria (2014).

A partir de então foi calculado o parâmetro D1 (Tabela 6) utilizando a Equação 4, que é a relação entre a energia absorvida (Ea mês) e a demanda energética mensal (DE mês).

Tabela 6: Parâmetro adimensional D1

Mês	DE mês	EL mês	EA mês	D1
Janeiro	122,264	198,09	486,2954	3,9774
Fevereiro	113,68	178,92	439,2346	3,8638
Março	129,456	155	380,5128	2,9393
Abril	125,28	141,6	347,6169	2,7747
Mai	154,628	103,23	253,4216	1,6389
Junho	156,6	75	184,1191	1,1757
Julho	161,82	94,86	232,8739	1,4391
Agosto	172,608	111,91	274,7303	1,5916
Setembro	146,16	116,7	286,4894	1,9601
Outubro	129,456	198,09	486,2954	3,7565
Novembro	128,76	200,1	491,2298	3,8151
Dezembro	125,86	215,14	528,1518	4,1963

Fonte: Autoria própria (2014).

Para o parâmetro D2 é utilizada a Equação 7, onde a energia mensal não aproveitada pelos coletores (EP mês) foi calculada com a Equação 8 com os valores apresentados na Tabela 7. F<sup>RUL</sup> é o coeficiente global de perdas do coletor encontrado na tabela de eficiência do coletor do INMETRO (2014), sendo 18,55 W/m<sup>2</sup>/K. O fator de correção para o armazenamento K1 é calculado com a Equação 10, resultando em 0,93, e o fator de correção para o sistema de aquecimento solar K2 que relaciona as diferentes temperaturas é com base na Equação 11.

Tabela 7: Parâmetro adimensional D2

Mês	DE mês	Tamb (°C)	Taf (°C)	Δt (horas)	k2	EP mês (kWh)	D2
Janeiro	122,264	26	26	744	1,6546	4675,9884	38,2450
Fevereiro	113,68	25	25	672	1,6120	4170,3523	36,6850
Março	129,456	24	24	744	1,5705	4558,3631	35,2117
Abril	125,28	24	24	720	1,5705	4411,3191	35,2117
Mai	154,628	17	17	744	1,3082	4146,6745	26,8171
Junho	156,6	15	15	720	1,2412	3899,0798	24,8983
Julho	161,82	15	15	744	1,2412	4029,0492	24,8983
Agosto	172,608	12	12	744	1,1464	3852,6112	22,3200
Setembro	146,16	18	18	720	1,3429	4069,8263	27,8450
Outubro	129,456	24	24	744	1,5705	4558,3631	35,2117
Novembro	128,76	23	23	720	1,5301	4354,4037	33,8180
Dezembro	125,86	25	25	744	1,6120	4617,1758	36,6850

Fonte: Autoria própria (2014).

Com os valores de D1 e D2 calculados, foi obtido o valor da fração solar mensal f utilizando a Equação 2, conforme o Tabela 8.

Tabela 8: Fração solar mensal

Mês	D1	D2	f
Janeiro	3,9774	38,245	1,7166
Fevereiro	3,8638	36,685	1,5963
Março	2,9393	35,2117	1,3968
Abril	2,7747	35,2117	1,3712
Mai	1,6389	26,8171	0,6744
Junho	1,1757	24,8983	0,4036
Julho	1,4391	24,8983	0,5350
Agosto	1,5916	22,32	0,5498
Setembro	1,9601	27,845	0,8233
Outubro	3,7565	35,2117	1,4909
Novembro	3,8151	33,818	1,4140
Dezembro	4,1963	36,685	1,6304

Fonte: Aatoria própria (2014).

O próximo passo foi determinar a fração solar anual  $F$ , mas antes é necessário determinar a energia útil mensal coletada (EU mês) a partir da equação Equação 12 (Tabela 9).

Tabela 9: Energia útil mensal coletada

Mês	DE MÊS (KWh)	f	EU MÊS (KWh)
Janeiro	122,264	1,716626	209,8816
Fevereiro	113,68	1,5963252	181,4703
Março	129,456	1,3968341	180,8285
Abril	125,28	1,371207	171,7848
Mai	154,628	0,6743796	104,2780
Junho	156,6	0,4035721	63,1994
Julho	161,82	0,5349885	86,5718
Agosto	172,608	0,549755	94,8921
Setembro	146,16	0,8232616	120,3279
Outubro	129,456	1,4908554	193,0002
Novembro	128,76	1,4140437	182,0723
Dezembro	125,86	1,6303911	205,2010
Total	1666,572		1793,5079

Fonte: Aatoria própria (2014).

Com isso a fração solar anual  $F$  que a superfície dos coletores propícia é calculada com a Equação 15, chegando a um valor médio de 1,076, ou seja, 107,6 % da demanda anual é atendida, porém se for analisar mês a mês em alguns meses a demanda de energia útil não é atendida. Em alguns meses do ano como maio, junho, julho, agosto e setembro o coletor não vai conseguir suprir a demanda energética, precisando de uma fonte de energia auxiliar, e nos outros meses do ano a energia útil mensal coletada vai ser maior que a demanda energética.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho objetivou dimensionar um sistema de aquecimento solar para aquecer água que é utilizada na higienização de ordenhadeiras.

Com os cálculos da produção energética da instalação solar foi possível ver as frações solares que a placa tem o potencial de gerar ao longo do ano para o local em questão. Assim foi possível notar que em 5 meses do ano (maio, junho, julho, agosto e setembro) a energia útil coletada é menor que a demanda energética, então necessitando de uma fonte de energia auxiliar. No restante dos meses do ano foi possível ver que haverá energia útil coletada excedendo a demanda energética.

## 6. REFERÊNCIAS

ANEEL. **Energia Solar**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar%283%29.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar%283%29.pdf)> Acesso em: 10 de junho de 2014.

BENITO, T. P. **Práticas de energia solar térmica**. Porto: Publindústria, 2011.

CEMETRS. **Atlas climático do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: 2014. Disponível em: <[http://www.cemet.rs.gov.br/lista/676/Atlas\\_Clim%C3%A1tico\\_do\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Sul](http://www.cemet.rs.gov.br/lista/676/Atlas_Clim%C3%A1tico_do_Rio_Grande_do_Sul)> Acesso em: 5 de junho de 2014.

COMGAS; ABRINSTAL. **Sistemas de aquecimento de água para edifícios através da associação energia solar e gás: manual técnico para projeto e construção de sistemas de aquecimento solar e gás naturais**. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/manuais/Manual\\_Tecnico\\_para\\_Projeto\\_e\\_Construcao\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Aquecimento\\_Solar\\_e\\_Gas\\_Natural.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/manuais/Manual_Tecnico_para_Projeto_e_Construcao_de_Sistemas_de_Aquecimento_Solar_e_Gas_Natural.pdf)> Acesso em: 3 de agosto de 2014.

FARRET, A. F. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 2ª edição. Santa Maria: Editora UFSM, 2010.

INMETRO. **Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água-coletores solares**-Edição 03/2014. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/ColetoresSolares-piscina.pdf>> Acesso em: 15 de setembro.

SANTOS, M. V. **Limpeza e Desinfecção de Equipamentos de ordenha e Tanques-Parte 3. Pirassununga**:2014. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/qualidade-do-leite/limpeza-e-desinfeccao-de-equipamentos-de-ordenha-e-tanques-parte-3-18526n.aspx>> Acesso em: 12 de agosto de 2014.

SALES, J. H.; FILHO, G. W. L. N.; SANTOS, E. C. **Utilização de Software CAD e CAE no Desenvolvimento de Produto Sustentável para Aquecimento de Água**. Revista GEINTEC – ISSN: 2237-0722. São Cristóvão/SE – 2013. Vol. 3/n. 5/ p.168-179.

SHUKLA, R.; SUMATHY, K.; ERICKSON, P.; GONG, J. Recent advances in the solar water heating systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 19 (2013) 173–190. Published by Elsevier Ltda. 2012.

VIJAY, D.; MANSOOR, A.; SOMA, S. S. R. D.; ROBERT C. G.; DOUGLAS, N.; CRAIG N.. Solar energy: Trends and enabling technologies. V. Devabhaktuni et al. / **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 19 (2013) 555–564

Recebido: 08/08/2015

Aprovado: 02/10/2016