

# UTILIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR DE TEMPERATURA PARA TESTE EM COLETORES HÍBRIDOS TÉRMICO-FOTOVOLTAICOS

**Crisciele Ferreira dos Santos** – criscieleferreira@gmail.com

**Crissiane Alves Ancines** – crissianeaa@gmail.com

**Arno Krenzinger** – arno.krenzinger@ufrgs.br

LABSOL/PROMECA, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Resumo.** *Com os benefícios da utilização de energia solar, o estudo de sistemas fotovoltaicos, assim como os de coletores solares, vem crescendo gradativamente nas últimas décadas. A utilização desses sistemas que convertem energia solar em eletricidade e também energia térmica podem trazer benefícios econômicos para o país. O coletor híbrido fotovoltaico abrange as duas tecnologias, ou seja, ele gera energia elétrica e também térmica. Seu princípio de funcionamento é basicamente um módulo fotovoltaico acoplado em um coletor semelhante a um coletor de placa plana. A importância da determinação da eficiência desses coletores traz à tona a necessidade de testes, e para isso é utilizada a norma ABNT NBR1574. Com base na norma foi desenvolvido um controlador de temperatura para ser integrado à bancada de ensaios de coletores existente no Laboratório de Energia Solar (LABSOL) da UFRGS e permitir um controle mais preciso da água de entrada nos ensaios, para isso foi utilizado um controlador do tipo PID.*

**Palavras-chave:** *Controle de Temperatura, Coletor Híbrido Fotovoltaico, Controle PID*

## 1. INTRODUÇÃO

O uso da energia térmica solar é viavelmente aplicável para redução do consumo elétrico, como na substituição de chuveiros elétricos. Segundo um levantamento realizado pelo Departamento Nacional de Aquecimento Solar da ABRVA (DASOL, 2015) realizado em 2014, o parque solar térmico brasileiro atingiu uma produção de 7,354 GWh, esse valor deixa de ser consumido do sistema elétrico proporcionando uma economia.

Existem diferentes tipos de coletores solares de aquecimento de água. No Brasil, coletores planos são os mais utilizados, pois sua tecnologia é mais conhecida e sua fabricação tem um custo abaixo dos demais coletores. Outro tipo de coletor que está ganhando espaço no mercado nacional são os coletores de tubos a vácuo. Com a evolução de estudos de métodos mais eficazes e ecológicos um dos meios desenvolvidos para aquecimento de água é o coletor híbrido revestido por células fotovoltaicas. Sua tecnologia consiste em converter radiação solar, juntamente, em eletricidade e calor, ou seja, une as funções de um coletor térmico de aquecimento solar com um módulo fotovoltaico.

Para o melhor desempenho dos coletores é importante que estes tenham uma boa eficiência na conversão da energia solar em energia térmica. Para haver um incentivo na utilização desses coletores é importante poder medir e saber suas potencialidades. Duffie e Beckman (1991) atestam que o método básico para medir a eficiência de coletores consiste em submetê-los à radiação solar conhecida, medir as temperaturas de entrada e de saída do fluido e a vazão do fluido. Assim, para a avaliação da eficiência dos coletores é necessário fazer testes que permitam medir esses parâmetros fundamentais para o cálculo da eficiência.

Em vista da importância do conhecimento da eficiência do coletor para o cliente submetem-se os coletores a ensaios que geralmente são normatizados. No Brasil utiliza-se a norma ABNT NBR15747-2 que especifica os métodos de ensaio. Nesta norma são descritos dois tipos de testes para coletores com cobertura: o quasinâmico e o estacionário e também os procedimentos para cálculo do desempenho térmico de aquecimento destes coletores solares.

O Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LABSOL- UFRGS) possui uma bancada para ensaios do desempenho de coletores solares. A bancada utilizada neste trabalho foi desenvolvida por Manea (2012) e possibilita o ensaio experimental simultâneo de dois coletores térmicos, assim é possível realizar comparações precisas sobre o comportamento de diferentes marcas, tipos, e inclusive tecnologias de coletores sob as mesmas condições. A bancada foi projetada de modo a poder girar em 180° e assim satisfazer a norma NBR 15747 (ABNT, 2009) que atesta que o ângulo máximo de incidência solar não pode ser superior a 20°, isso possibilita que os testes sejam realizados para várias horários ao longo do dia.

Outro aspecto importante na norma é a temperatura de entrada do coletor que deve ser mantida constante na entrada do coletor visto que esta está diretamente relacionada ao cálculo do desempenho. O método estacionário exige um desvio máximo de 0,1°C do valor médio. Os testes efetuados no ambiente aberto estão sujeitos a variações devido à mudança meteorológica e até mesmo devido ao aquecimento da água em testes fechados, no qual a água aquecida durante o teste retorna para o tanque que abastece o coletor. Assim, foi desenvolvido um controlador de temperatura para ser integrado à bancada de testes dos coletores solares térmicos, para poder controlar com melhor precisão a temperatura da água que entra no coletor.

## 2. COLETORES HÍBRIDOS FOTOVOLTAICOS

Coletores híbridos fotovoltaicos são dispositivos que convertem simultaneamente energia solar em eletricidade e calor (Zondag et al, 2001). Este tipo de coletor é muito semelhante ao coletor de placa plana com uma diferença relevante que é o painel fotovoltaico acoplado em um absorvedor. A Fig. 1 ilustra o princípio básico de funcionamento desses coletores retirado da dissertação de mestrado de Marques (2008).

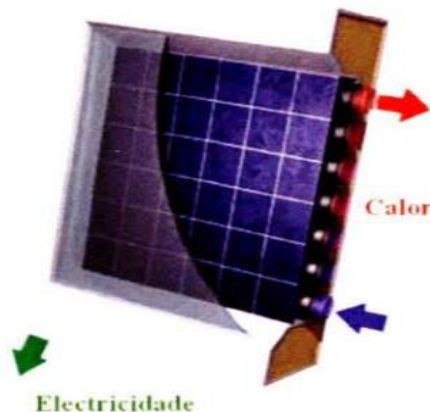


Figura 1- Princípio básico de funcionamento de um coletor híbrido fotovoltaico (Marques, 2008).

Um módulo fotovoltaico converte menos de 23% da radiação solar em eletricidade (PV-Magazine, 2015), esse valor depende do tipo de células solares em uso e condições de trabalho. Isto quer dizer que, considerando a parcela da radiação refletida, mais de 50% da energia solar incidente é convertida em calor, levando a um aumento de temperatura de trabalho causando uma diminuição no seu rendimento elétrico. A fim de ter um aumento na sua eficiência, o sistema híbrido aproveita essa energia térmica produzida para aquecimento, que seria rejeitada para o meio ambiente, e também para resfriar o módulo fotovoltaico aprimorando seu desempenho elétrico.

A Fig. 2 mostra o perfil de temperatura de um coletor híbrido fotovoltaico onde a água é o fluido térmico a ser aquecido na tubulação no interior no coletor, entre a placa absorvedora e o módulo fotovoltaico. Esse fluido faz com que a temperatura diminua aumentando a eficiência do sistema.

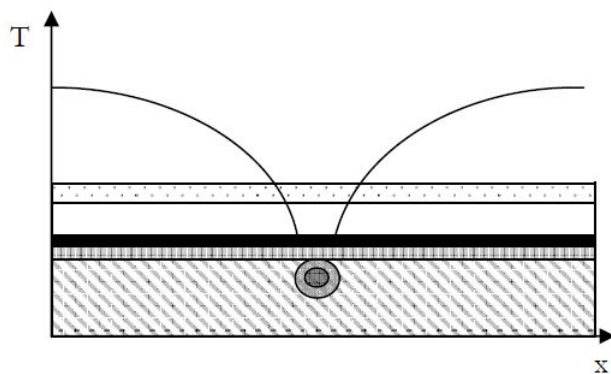


Figura 2 – Perfil de temperatura de um coletor híbrido fotovoltaico. (Zondag et al, 2001).

## 3. BANCADA DE ENSAIOS

A bancada, construída e detalhada por Manea (2012), é constituída de uma plataforma giratória no sentido horizontal, pois a irradiância solar total do plano do coletor tem que variar abaixo de  $50 \text{ W/m}^2$  para obter um ponto de eficiência. Essa possibilidade de giro permite que os ensaios sejam realizados com essas condições por um período mais prolongado. A Fig. 3 mostra a bancada de ensaios já construída no LABSOL.



Figura 3- Bancada de ensaios já construída. (Manea, 2012).

#### 4. NORMA NBR 15747

A norma ABNT NBR 15747-2 pode ser utilizada nos testes de coletores solares. O método estacionário, descrito na norma, requer que as variáveis consideradas permaneçam constantes ao longo do teste. Na prática o que acontece é que estes parâmetros podem variar dentro de certo limite, visto que é muito difícil e muitas vezes inviável manter as variáveis completamente constantes. O método quase dinâmico diferencia-se do dinâmico pelo fato de permitir uma variação maior das variáveis durante o ensaio, para que isso seja possível existem alguns parâmetros que são utilizados no cálculo da eficiência do coletor. A Tab. 1 mostra algumas variáveis usadas nos testes, e suas possíveis variações ao longo do teste.

Tabela 1. Faixas de valores aceitáveis para os testes: estacionário e quase dinâmico.

Variável	Método Estacionário		Método Quase dinâmico	
	Valor	Desvio	Valor	Desvio
Radiação Solar Global ( $W/m^2$ )	>700	$\pm 50$	-	-
Angulo de Incidência da Radiação ( $^\circ$ )	<20	-	-	-
Fração Difusa (%)	<30	-	-	-
Temperatura Ambiente ( $^\circ C$ )	-	$\pm 1,5$	-	-
Temperatura de Entrada ( $^\circ C$ )	-	0,1	-	1
Velocidade do Vento, u (m/s)	$2 < u < 4$	-	$1 < u < 4$	-
Vazão Mássica ( $Kg/m^2s$ )	0,02	$\pm 1\%$	0,02	$\pm 1\%$

O teste do coletor solar é realizado para quatro temperaturas diferentes que estejam dentro da faixa de operação do coletor. A duração para cada ponto do teste em modo estacionário depende da constante de tempo do coletor em teste e pode ser entre 30 minutos a 2 horas, e para o modo quase dinâmico é necessário no mínimo 3 horas. Se o teste for realizado em circuito fechado, ou seja, a água que entra no coletor retorna para o tanque que antes a armazenava, gradualmente a temperatura do tanque irá aumentar. Com isso é necessário que o tanque seja grande o suficiente, caso contrário a temperatura de entrada no coletor sofrerá modificações ao longo do ensaio. Muitas vezes o tanque pode não ter um tamanho suficiente para manter a temperatura de entrada do coletor, sendo necessário algum tipo de controle desta temperatura.

Além disto, ao se colocar dois coletores em série, o efeito de pequenas variações na velocidade do vento e da temperatura ambiente são significativamente notados em variações da temperatura de saída do primeiro coletor, dificultando as condições de ensaio do segundo coletor. Mais uma vez aparece a importância de intercalar um controle para estabilizar a temperatura de entrada do segundo coletor.

## 5. BANCADA DE CONTROLE DE TEMPERATURA

### 5.1 Controladores PID

Os controladores automáticos permitem meios de obter um desempenho ótimo em sistemas dinâmicos, bem como melhoraria na qualidade e redução em custos de produção, sendo estes controladores empregados, por exemplo, para controle de pressão, temperatura, umidade, vazão, entre outros (Ogata, 1982). Segundo Aström & Hägglund (2001) 90% dos controladores em *feedback* são do tipo PID.

Conforme Aström & Hägglund (1994), o *feedback* pode funcionar aumentando a variável de controle quando a variável de processo for menor que o *setpoint* desejado, ou diminuído a variável de controle quando a variável de processo for maior que o *setpoint*.

A representação do controle geralmente é feita por meio de diagrama de blocos e o sistema é representado pelo controlador e, pelo processo, representados por caixas e setas que relacionam as entradas e saídas, conforme ilustrado na Fig. 4. O processo possui uma entrada que é a variável que se quer manipular, também designada variável de controle ( $u$ ). A saída do processo é dita variável de processo ( $y$ ), sendo esta medida por um sensor. A utilização de um controlador objetiva, geralmente obter um valor determinado para a variável de processo que é chamado *setpoint* ( $y_{sp}$ ). O erro de controle ( $e$ ) é determinado pela diferença entre o *setpoint* e a variável de processo, visto que, nem sempre o valor de *setpoint* se equivale ao valor da variável de processo. Este erro é utilizado para o ajuste interno do controlador de modo a atingir os objetivos do usuário.

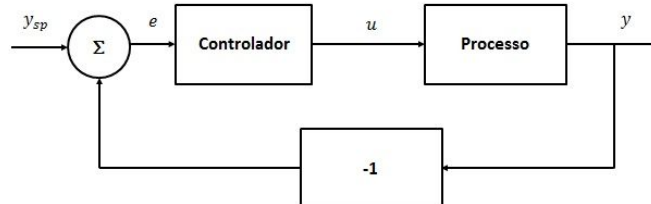


Figura 4- Sistema de representação do controlador PID.

Segundo o fornecedor NOVUS, conforme descrito em artigo técnico, no controle proporcional, caso o *setpoint* seja igual a variável de processo (desvio nulo), a variável de controle é zero, ou seja, nenhuma ação é realizada pelo controlador no processo. Aumentando-se o desvio há um aumento da variável de controle até um máximo de 100%, e o valor de desvio que culmina na variável de controle em 100% é chamado Banda Proporcional (*Proportional Band* – Pb). E quanto menor o valor de Pb, maior será a ação de controle proporcional.

A ação integral é utilizada juntamente à ação proporcional e atua corrigindo a variável de controle, somando a esta o valor do desvio (*setpoint* menos variável de processo). O intervalo de atuação dessa ação é chamado Tempo Integral, e o seu inverso é chamado Taxa Integral (*Integral Rate* – Ir). A ação integral é mais amplamente acionada no controle quanto maior a Taxa Integral.

Assim como a ação integral, a ação derivativa deve ser utilizada juntamente à ação proporcional. Esta parcela de controle tem como objetivo reduzir a velocidade da oscilação da variável de processo, evitando que esta se eleve ou reduza muito rapidamente e com isso melhorar o desempenho do processo durante os transitórios (mudanças no processo, partida do processo, etc). Se o processo estiver estável (sem oscilações no erro) seu efeito será nulo.

Em intervalos regulares o controlador calcula a variação do desvio do processo e soma à variável de controle o valor da variação. A intensidade da ação derivativa é então ajustada através da mudança do intervalo do cálculo desta diferença de desvio, este parâmetro é chamado Tempo Derivativo (*Derivative Time* – Dt) e o aumento deste ocasiona o aumento da ação derivativa no processo, reduzindo a velocidade da oscilação da variável de processo.

### 5.2 Montagem da Bancada de Controle - Teste Interno

A bancada de controle de temperatura projetada para manter a água que entra no coletor a uma temperatura estável pode ser vista na Fig. 5. A bancada é constituída de um tanque (1) de 100 litros, uma bomba (2), um medidor de vazão (3), um medidor de temperatura, antes da resistência, do tipo Pt 100 (4), relé de estado sólido (5), resistências (6), que totalizam 3,5kW, sistema de aquisição de dados (7), medidor de temperatura do tipo Pt 100 (8), utilizado como sensor do controlador, medidor de temperatura, pós controlador, do tipo Pt 100 (9), controlador do tipo PID (10), computador (11) para armazenagem dos dados, tanque integrador (12) de 9 litros, medidor de temperatura, pós tanque integrador, do tipo Pt 100 (13) e medidor de temperatura do tanque maior (14), também do tipo Pt 100.

A determinação das resistências foi baseada na necessidade de aquecimento de 13 °C da água (calor específico aproximado de 4,18 kJ), e para uma vazão mássica de 0,06 kg/s. O valor da vazão mássica foi determinado segundo a norma NBR 15747 que pede uma vazão de 0,02 kg/s por metro quadrado de área de abertura do coletor solar. Um valor de abertura do coletor de 3 m<sup>2</sup> foi proposto, visto que coletores solares não costumam ser maiores que esse tamanho. Utilizando a equação (1), foi possível obter um valor de 3,26 kW para a potência.



$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (1)$$

onde  $\dot{m}$  é a vazão dada em kg/s;  $C_p$  é o calor específico dado por kJ/kg.K e  $\Delta T$  é a variação da temperatura dada em °C.

Com base nos valores das resistências e da eq. (2) foi possível selecionar uma resistência com potência de 1kW e outra com 2,5kW, totalizando 3,5kW, o que é suficiente para a bancada de controle de temperatura.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2)$$

onde  $P$  é a potência dada em kW;  $V$  é a tensão dada em volts e  $R$  é a resistência dada em ohms.

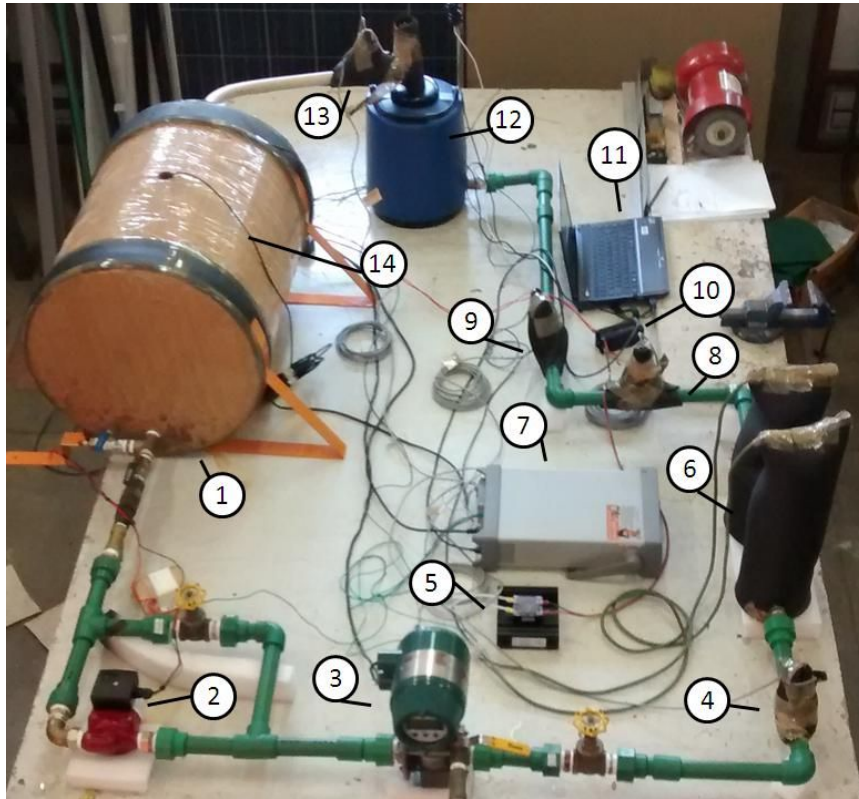


Figura 5- Bancada de controle de temperatura.

Hang; Aström e Wang (2002) afirmam que há vantagens em se usar a autosintonia visto que a sintonia manual dispense mais tempo e o resultado da performance do controlador fica atrelada a experiência do usuário e do conhecimento a cerca do processo. Com isso optou-se por obter os parâmetros do controlador através da autosintonia do controlador. Assim os valores obtidos para banda proporcional, taxa de integração e tempo derivativo são, respectivamente 0,7; 1,04 e 11.

O controlador é ligado ao relé de estado sólido e este é ligado às resistências, o controlador também é ligado ao sensor de temperatura. O usuário ajusta um *setpoint* no controlador e de acordo com os valores medidos pelo sensor um sinal é mandado ao relé que faz o chaveamento, ligando e desligando as resistências conforme a necessidade de se atingir o *setpoint* solicitado.

O tamanho do tanque integrador utilizado para absorver as flutuações de temperatura, foi dimensionado com base no tempo que a temperatura flutuava e da vazão utilizada. Assim, foi feita uma análise da frequência da oscilação e uma média do tempo, e multiplicando o tempo pela vazão obteve-se o valor de oito litros. Optou-se então por um tanque comercial de nove litros que já possui um isolamento e adaptou-se o mesmo para ser conectado ao circuito hidráulico.

## 6. BANCADA DE CONTROLE DE TEMPERATURA

A bancada de controle de temperatura foi testada antes de sua montagem ser realizada na plataforma de testes dos coletores solares. O valor da vazão foi regulado para aproximadamente 3 l/min, o valor médio ficou em 3,402 l/min. O teste foi realizado para as temperaturas de 35°C, 45°C, 55°C e 65°C, sendo estes valores considerados como *setpoint* no controlador.

O teste começa para um dado *setpoint*. O controlador manda sinal para o chaveamento de liga-desliga da resistência para que a água que está circulando seja gradualmente aquecida até o valor desejado. Como pode ser visto na Fig. 6, a temperatura após o controlador tem uma oscilação significativa, em torno de 1°C, mas com o passar do tempo esta flutuação vai diminuindo. A temperatura do tanque vai aumentando conforme a água vai circulando e isso faz com

que diminua a diferença da temperatura de entrada da resistência em relação ao *setpoint* de 35°C e consequentemente diminui a flutuação da temperatura pós-controlador.

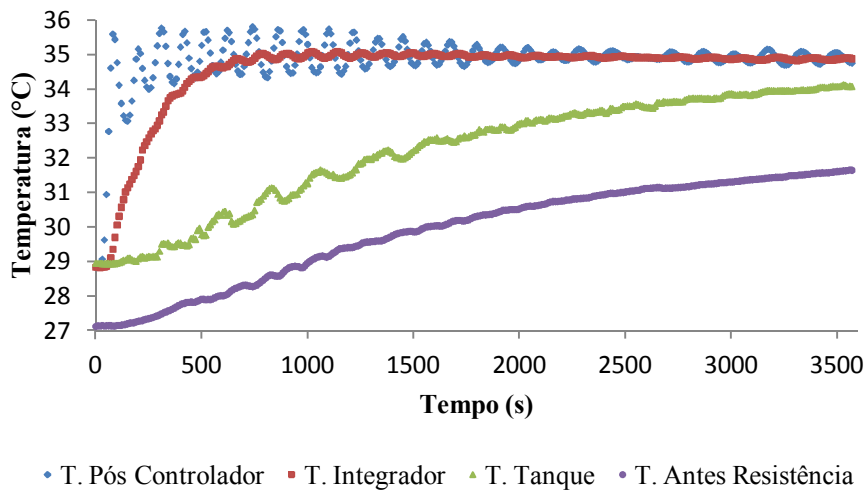


Figura 6- Teste do controlador de temperatura para *setpoint* de 35°C.

Conforme a norma NBR 15747, foi necessário analisar a amplitude da flutuação presente no processo de controle. Através dos dados obtidos foi possível obter os valores máximos e mínimos para estabelecer a amplitude da onda da temperatura do pós-controlador e também do integrador. Para cada faixa de dados de amplitude calculou-se a média da temperatura antes da resistência e diminuiu-se este valor do *setpoint* para se obter a variação de temperatura ( $\Delta T$ ), conforme pode ser visto na Fig. 7 que mostra os resultados para as temperaturas de *setpoint* 35°C (a), 45°C (b), 55°C (c) e 65°C (d).

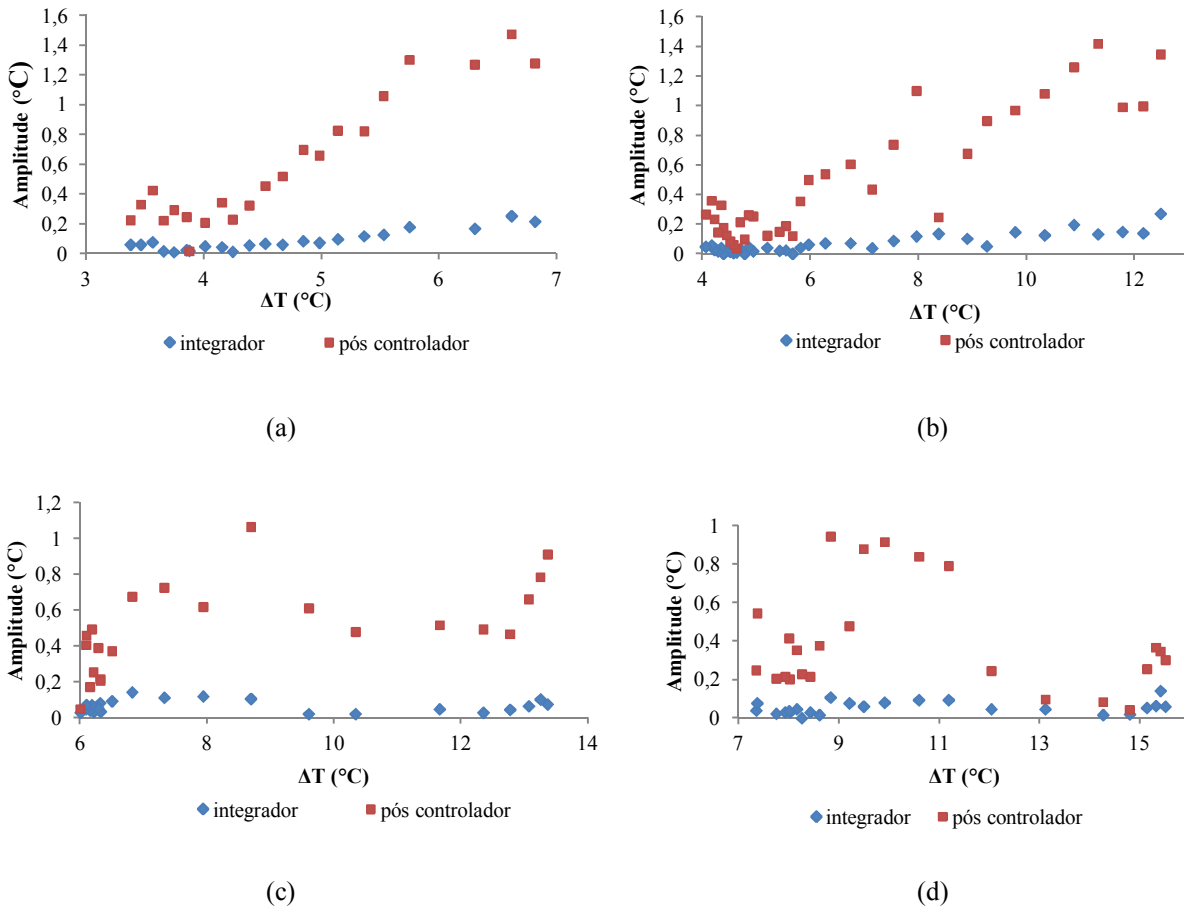


Figura 7- Amplitude de oscilação da temperatura medida para diferentes valores de *setpoint*: (a) 35°C; (b) 45°C; (c) 55°C; (d) 65°C.

Os resultados mostram que usar apenas o controlador sem o tanque integrador não permite o total cumprimento da norma para testes estacionários, visto que os valores para amplitude ficam em torno de  $0,4^{\circ}\text{C}$  para valores de  $\Delta T$  menores. O uso do tanque integrador absorve a flutuação e, com isso, satisfaz a norma, sendo importante sua integração na bancada de controle de temperatura. Nas Fig. 7 (c) e (d) o  $\Delta T$  mostrou-se maior devido às perdas térmicas da saída do tanque até o medidor de temperatura antes da entrada das resistências.

Após os testes da bancada de controle de temperatura foi possível obter resultados satisfatórios para o controle da temperatura e a bancada pode ser transferida para integrar a bancada giratória para ensaios de coletores solares.

Os testes externos serão efetuados em coletores conectados em série, sendo um deles um coletor híbrido e o outro um coletor de placas planas. Como o coletor híbrido selecionado não tem cobertura de vidro extra, pois se trata de um módulo fotovoltaico com um circuito de serpentina instalado na sua parte posterior, seu desempenho é muito suscetível às variações de velocidade de vento e temperatura ambiente. Isto implica em uma variação de temperatura de saída maior do que se o ensaio fosse realizado com um coletor convencional. Na saída do coletor híbrido foi instalado um trocador de calor para resfriar a água até uma temperatura de pelo menos  $1^{\circ}\text{C}$  abaixo da temperatura de entrada original. Em seguida são instaladas as resistências, o medidor de temperatura utilizado como sensor do controlador, o controlador e o tanque integrador, logo após será conectado o segundo coletor, conforme ilustrado na Fig. 8.

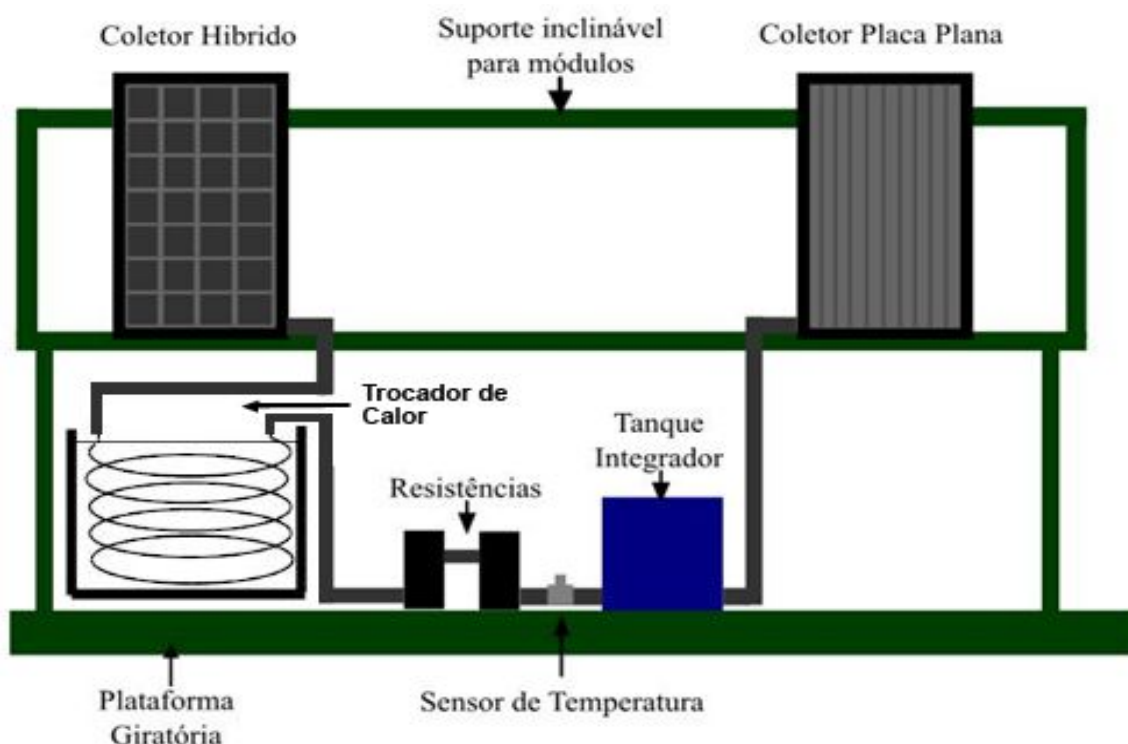


Figura 8- Esquema de coletores em série montados na bancada juntamente com controle de temperatura.

O trocador de calor consiste em uma tubulação de cobre com 12,7 mm de diâmetro e 15 m de comprimento, enrolado em uma serpentina dentro de tanque com água fria. Este dispositivo foi integrado ao sistema porque o controlador de temperatura apresentado somente é capaz de intervir com aquecimento. Desta forma é possível aproximar a temperatura de entrada dos dois coletores para uma melhor comparação de desempenho. A vantagem de um teste de coletores em série é a precisão da medida comparativa, pois a irradiância, a temperatura ambiente e a velocidade do vento são as mesmas para os dois objetos em teste e, caso cada coletor tivesse seu medidor de vazão independente, a incerteza agregada iria diminuir esta precisão. Ressalta-se que a imprecisão na medição da vazão é transferida diretamente para a determinação da potência de conversão e o fato de garantir a mesma vazão nos dois coletores acaba por ser de grande valor técnico. Outra vantagem é a economia com custo de equipamentos, visto que se utilizam apenas uma bomba e um medidor de vazão para os dois coletores.

Os testes dos coletores neste arranjo utilizando o controlador de temperatura não foram realizados ainda até a conclusão deste trabalho, mas espera-se que a água que saia do coletor híbrido, tenha seu valor de temperatura estabilizado para poder entrar no coletor de placa plana atendendo a norma.

## 7. CONCLUSÕES

O teste de coletores solares é importante para análise da eficiência dos mesmos. Um teste de desempenho em modo estacionário com coletores em série pode trazer resultados comparativos com maior exatidão, pois a vazão e as condições climáticas serão as mesmas para dois coletores em teste. Para aperfeiçoar a bancada instalada no LABSOL, foi montado o circuito de controle de temperatura da água de entrada do segundo coletor de forma a atender a norma

NBR 15747 mesmo em testes com coletores em série. O teste do controlador de temperatura foi efetuado *indoor* e obteve bons resultados quando utilizado juntamente do tanque integrador para menor oscilação da temperatura. Para ensaios quasestáticos o controlador sem o tanque integrador já seria suficiente, visto que consegue controlar bem a flutuação em 1°C, mas para ensaios estacionários o tanque integrador deve estar presente, visto que a flutuação permitida é de 0,1°C. Foi montada uma bancada externa para analisar comparativamente um coletor solar híbrido e um coletor solar convencional, com circulação de água em série e com mesma temperatura de entrada. Os testes na bancada externa do controlador montado juntamente aos coletores solares ainda não foram realizado até a conclusão deste trabalho.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio financeiro em auxílio à pesquisa e em bolsas por parte do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). O LABSOL é um laboratório associado ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia (INCT - EREEA).

### **REFERÊNCIAS**

- ABNT, 2009. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15747-2 - Sistemas Solares Térmicos e Seus Componentes - Coletores Solares Parte 2 - Métodos de Ensaio, Rio de Janeiro.
- Aström, K. J., & Hägglund, T., 1994. *PID Controllers: Theory, Design and Tuning* (second edition ed.). Durham, United States of America: Instrument Society of America
- Aström, K. J., & Hägglund, T., 2001. The Future of PID Control. *Control Engineering Practice*, 1163-1175.
- Charalambous, P.G., Kalogirou, S.A., Maidment, G., Karayiannis, T.G., 2004. Photovoltaic Thermal (PV/T) Collectors: A Review, 3rd International Conference on Heat Powered Cycles, Cyprus.
- DASOL. Revista Sol Brasil. Disponível em: <[http://issuu.com/revistasolbrasil/docs/revista\\_sol\\_brasil\\_26edicao](http://issuu.com/revistasolbrasil/docs/revista_sol_brasil_26edicao)>. Acesso em: 10 out. 2015.
- Duffie, J. A., Beckman, W. A., 1991. *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons.
- Hang, C.C., Aström, K.J., Wang Q.G., 2002. Relay feedback auto-tuning of process controllers — a tutorial review. *Journal of Process Control* 12, pp. 143–162.
- Manea, T. F. Desenvolvimento de uma bancada para ensaios de coletores solares de tubos de vidro à vácuo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), PROMEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.
- Marques, R. L. M. R. P., 2008. *Avaliação da viabilidade de coletores híbridos fotovoltaicos e térmicos para aplicação ao aquecimento de águas e micro-geração de electricidade*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
- Ogata, K., 1982. *Engenharia de Controle Moderno*, Prentice/Hall do Brasil.
- PID Basic Control. Technical Article – Introduction to PID Control. NOVUS Electronics Products. 2003.
- PV-MAGAZINE, 2015, *Panasonic announces 22.5% module-level efficiency solar panel*, disponível em [http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/panasonic-announces-225-module-level-efficiency-solar-panel\\_100021400/#axzz3zrn42c80](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/panasonic-announces-225-module-level-efficiency-solar-panel_100021400/#axzz3zrn42c80), acesso em 11/02/2016
- Zondag, H. A., De Vries, D. W., Van Helden, W. G. J., Van Zolingen, R. J. C., Van Steenhoven, A. A. *The Thermal and Electrical Yield of a PV-Thermal Collector*. *Solar Energy* Vol. 72, No. 2, pp. 113–128, 2002

### **USE OF A TEMPERATURE CONTROLLER FOR TESTING ON HYBRID THERMAL-PHOTOVOLTAIC COLLECTOR**

**Abstract.** *With the benefits of using solar energy, the study of photovoltaic systems as well as solar collectors has been growing gradually in recent decades. The use of these systems that convert solar energy into electricity and thermal energy brings economic benefits to the country. The photovoltaic hybrid collector has both technologies, i.e. it generates electricity as well as heat energy. The working principle of the hybrid collector is a flat plate collector that are covered by photovoltaic cells. The importance of determining the efficiency of these collectors brings out the need of making tests, so the standard ABNT NBR1574 is used. It was developed a temperature controller based on this standard to be integrated into the existing collectors test bench at the Solar Energy Laboratory (LABSOL) of UFRGS. The objective of the controller is to allow more precise control of the inlet water of the collector under test. To implement this control a PID controller was used.*

**Key words:** *Temperature Control, Hybrid Photovoltaic Collector, PID control.*