

## **Estudo do Uso do Aquecimento Solar Aplicado ao Setor Industrial Têxtil Brasileiro**

### *Study of Solar Heating Applied to the Brazilian Textile Industry*

**Ana Clara dos Santos Dias, graduando, Centro Universitário UNA**

anaclara.santosdias@yahoo.com.br

**Camila dos Reis Souza, graduando, Centro Universitário UNA**

camila\_reisouza@hotmail.com

**Dominik Porto Santos, graduando, Centro Universitário UNA**

nicksantos1@hotmail.com

**Janine de Souza Gonçalves, graduando, Centro Universitário UNA**

janine.s.g@hotmail.com

**Janinne da Silva Almeida, graduando, Centro Universitário UNA**

janinnevenier@yahoo.com.br

**Pedro Henrique Pereira Reis, graduando, Centro Universitário UNA**

pedro.quimica@gmail.com

**Sérgio Luiz Araújo Vieira, doutor, Centro Universitário UNA**

sergio.vieira@prof.una.br

### **Resumo**

Os setores produtivos têxteis com maior peso no consumo de energia são os de acabamentos e o tingimento, quando comparados com os setores da fiação, tecelagem e confecção. As etapas de acabamento e tingimento têm uma forte componente térmica, o que demanda implementar outros tipos de energias. O estudo de caso prevê avaliar o uso da energia solar, por meio de tecnologias termosolares inovadoras no setor industrial têxtil brasileiro.

**Palavras-chave:** têxtil, indústria, coletor, termosolar, tingimento

### *Abstract*

*The productive textile sectors of dyeing and completion are responsible for the great part of energy consumption mainly in comparison with other sectors such as weaving, confection and spinning mill. Dyeing and completion stages have a strong thermal component, what points to the importance of using alternative sources. This work aims to study the use of solar energy in the textile industry.*

**Keywords:** textile, industry, termosolar, dyeing

## 1. Introdução

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2015), a indústria é o segmento que mais consome energia no Brasil. O crescimento da demanda e do consumo de energia advinda do aumento da atividade industrial e do crescimento populacional, assim como a crescente escassez de combustíveis fósseis e não renováveis, colocou em questionamento a matriz energética até então utilizada. Esse quadro tem acelerado a busca de soluções sustentáveis, pois o impacto na geração de energia gerada por fontes poluentes aponta para uma crise ambiental sem precedentes. Dentro desse cenário torna-se imprescindível a aplicação de outras componentes energéticas.

O setor têxtil é uma das seções mais importantes da indústria de transformação do Brasil, devido ao valor do seu faturamento anual e ao número expressivo de trabalhadores inseridos em suas atividades. A indústria têxtil é composta por diferentes grupos que produzem e processam produtos têxteis, fibras, fios e tecidos, a fim de posterior processamento em vestimentas, produtos técnicos, caracterizando as confecções. As etapas de acabamento e tingimento têm uma forte componente térmica, o que demanda a implementação de medidas de conservação de energia e de utilização de outras fontes energéticas. (SOLAR, 2015)

Nesse contexto, avalia-se a possibilidade de promover a substituição parcial da queima direta de madeira e gás natural em setores industriais energeticamente intensivos pelo uso potencial da energia solar no processo de tingimento têxtil refletindo em um significativo ganho ambiental.

## 2. Referencial Teórico

A cadeia têxtil é iniciada na fiação, seguida da tecelagem e malharia, com consumo essencialmente de energia elétrica. A etapa seguinte é a do beneficiamento, cuja finalidade é a melhoria das características visuais e de toque do tecido. Segundo Gomes (2012), dentro da subcadeia de beneficiamento interessa, em especial, a etapa do tingimento especificamente realizado por esgotamento de corantes reativos, uma vez que a elevação de temperatura nesse processo é essencial. Essa elevação corresponde a um aumento na velocidade de difusão do corante na fibra e conseqüentemente maior migração e uniformização da cor no material. A elevação de temperatura necessariamente nestes processos pode ser atingida usando-se a tecnologia nacional de coletores solares.

A energia termosolar é a quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo. Os equipamentos mais difundidos com o objetivo específico de se utilizar esse tipo de energia são conhecidos como coletores solares. O coletor solar é um dispositivo que promove o aquecimento da água, do ar ou de um fluido térmico, por meio da conversão da radiação eletromagnética proveniente do Sol em energia térmica. Atualmente no país, o uso principal do aquecimento solar está

concentrado no setor residencial, ocorrendo de forma ainda incipiente no setor industrial (SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS, 2015).

De acordo com Solar (2015), no setor têxtil foi identificada uma demanda para o uso de água com temperaturas variando entre 60° C e 100° C. Esses níveis de temperatura nortearam a seleção de coletores e concentradores de fabricação nacional. No Brasil são produzidos coletores de placa plana que operam com temperaturas entre 30°C e 80°C e são classificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) como coletor aberto ou fechado simples.

Os coletores planos fechados, fabricados no Brasil, normalmente atingem temperaturas de até 80° C. São constituídos de tubos metálicos (cobre) de seção circular, dispostos paralelamente e conectados perpendicularmente aos cabeçotes superior e inferior. Este sistema de tubos fica alojado em uma caixa com isolamento térmico e coberto por vidro plano que permite a passagem da radiação solar e diminui a perda de calor por convecção e radiação para o meio ambiente.

Este estudo prevê a aplicação desses mecanismos de aquecimento na indústria têxtil, na etapa de tingimento dos tecidos, uma vez que a elevação da temperatura facilita a difusão do corante na fibra devido ao aumento da energia cinética da reação e da solubilidade dos corantes. O processo de tingimento pode ser dividido basicamente em duas fases: a cinética que determina a velocidade de difusão e adsorção do corante, e a etapa termodinâmica na qual ocorre a fixação do corante na fibra sendo, também conhecida por afinidade.

Durante o processo de tingimento têxtil ocorre a atração entre o corante e as fibras têxteis; essa atração natural promove a transferência do corante desde o banho até a fibra. A intensidade dessa atração depende da interação do par corante/fibra, que determina as características de solidez do produto final. Para garantir o elevado grau de solidez em relação à luz, lavagem e transpiração, as substâncias que conferem coloração à fibra devem apresentar alta afinidade, uniformidade na coloração e resistência aos agentes desencadeadores do desbotamento. (TWARDOKUS, 2004).

A seguir é descrito um processo de tingimento usando corantes de baixa reatividade, evidenciando a influência da temperatura no mesmo (GOMES, 2012) (FIGURA 1):

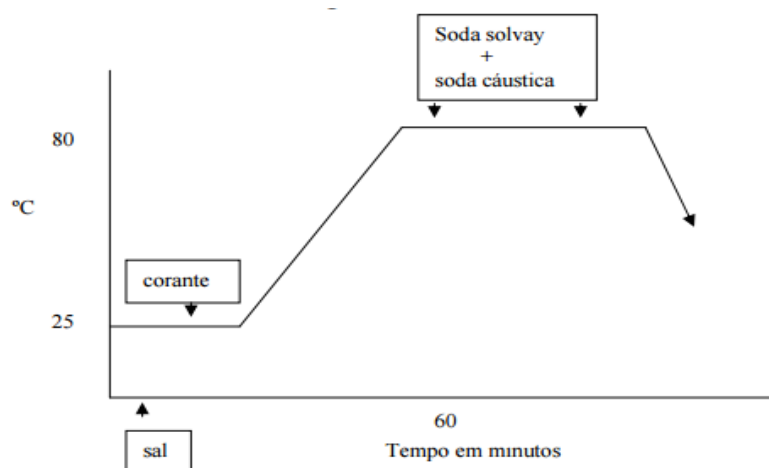
1 - Inicialmente (temperatura ambiente) é acrescentado sal na solução e em seguida é acrescentado corante.

2 - A temperatura é depois elevada com um gradiente de pelo menos 1.5°C/minuto, até atingir a temperatura de reação.

3 - Na temperatura de reação adiciona-se o álcali, que pode ser só soda solvay (carbonato de sódio), ou uma mistura com soda cáustica (hidróxido de sódio), para se proceder a fixação do corante.

4 - Deve-se arrefecer o banho até uma temperatura próxima dos 60°C no fim do processo, e em seguida vazar a máquina.

5 - Para finalizar o processo, o corante hidrolisado deve ser removido em lavagens posteriores ao tingimento, podendo ser utilizada a mesma máquina que serviu para tingir.



**Figura 1. Processo de tingimento nos corantes de baixa reatividade.** Fonte: <http://www.geocities.ws/jnrgomes/Apontamentostingimento1.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Dimensionamento do Sistema de Aquecimento

Para fazer um estimativa da quantidade de coletores que seriam necessários em um processo de tingimento iremos considerar uma caldeira genérica que fornece em média 150L de água por quilo de malha e supondo que seja necessário tingir 20 kg de malha, o consumo de água seria de 3000L. Admitindo que seja necessário aquecê-la de 25 para 80°C, o calor necessário para tal operação, se o aquecimento for feito com 100% de eficiência, é dado pela equação (1) abaixo:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i) \quad (1)$$

sendo:

**Q** - calor necessário em J;

**c** - calor específico da água;

**m** - massa de água a ser aquecida, em kg;

**T<sub>f</sub>** - temperatura final da água, °C

**T<sub>i</sub>** - temperatura inicial da água, °C

Assim, obtém-se 690,7 MJ, que seria a energia necessária para aquecer esse volume de água na temperatura estabelecida.

Para calcular a quantidade de coletores necessária para atingir essa quantidade de energia, utilizou-se como base teórica um estudo sobre a eficiência energética dos coletores realizado por Mesquita (2013), no qual foram realizados testes diários experimentais de comparação de produção de energia para dois tipos de coletores: o plano e o de tubo evacuado.

Neste estudo foi observado que o sistema de coletores planos apresentou uma maior eficiência, produzindo um total de 488,8 MJ, representado uma média diária de 19,6 MJ. Neste estudo foi utilizado um recipiente térmico com 200 L de água acoplado a cada um dos coletores.

No caso do sistema genérico que consome 3000 L de água, é possível presumir que para se obter os 690,7 MJ de energia para aquecer a água da caldeira é necessário que uma área de aproximadamente 35 m<sup>2</sup> de coletor receba irradiação solar. Considerando a utilização de um coletor padrão de 2 m<sup>2</sup>, seriam necessários de 17 a 18 coletores.

### **3.2. Protótipo do Sistema de Aquecimento**

A título de demonstração da aplicação dos concentradores solares, foi construído um protótipo com o objetivo de simular o aquecimento de uma caldeira genérica. Os materiais utilizados nesse processo estão descritos a seguir:

- Tubo de cobre 20mm (10 metros)
- Joelho de cobre 90° (16 unidades)
- Placas de alumínio (4 metros)
- Vidro 1,6m x 1,2m
- 3 rolos Papel alumínio
- Tinta preta – 1litro
- Cilindro de 5 litros.
- Base de sustentação em madeira.
- Mangueira 20mm (3 metros)

Foi realizada a montagem do painel solar acoplado a um recipiente cilíndrico de 5 litros. A placa foi composta por 9 barras de cobre com joelhos de 90° colocados na extremidade. Para facilitar a incidência de radiação e aquecimento da água contida nos tubos eles foram revestidos com papel alumínio. A tinta preta utilizada tem o objetivo de reter o calor gerado pela radiação por mais tempo na placa, evitando maiores perdas de calor para o meio externo. Acima do sistema de tubos foi colocada uma placa de vidro para que a



radiação eletromagnética que atinge o sistema, ao ser transformada em calor, permaneça mais tempo no sistema da placa, e aumente a temperatura da água nos tubos, elevando a temperatura da água contida no cilindro posicionado cerca de 60cm acima da placa.



**Figura 2.** Desenvolvimento do protótipo. (elaborado pelos autores)

#### **4. Resultados e Conclusões**

Após finalizado o protótipo foram realizados testes diários, cujos resultados estão representados na tabela 1:

Variação da temperatura ao longo dos dias (°C)						
	26/out		27/out		28/out	
Volume (L)	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
6	29	65	27	64,2	25	71
	30/out		31/out		02/nov	
Volume (L)	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
20	25	53	25	51,5	26	53,7
	04/nov		05/nov		06/nov	
Volume (L)	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
42	27	50	26	51,3	25	52

**Tabela 1.** Testes diários de medição da temperatura atingida pelo coletor

Através dos resultados obtidos é possível concluir que um aumento de volume influencia consideravelmente na temperatura final do sistema. Essa variação de temperatura também está vinculada à quantidade de irradiação que é recebida durante os testes diários e convertida em aquecimento do fluido. Deve-se considerar que os testes acima apresentados são limitados às condições específicas dos equipamentos empregados e que nenhum coletor possui 100% de eficiência, havendo perdas ao longo do processo.

A partir de uma pesquisa de mercado avaliou-se que o custo médio de um sistema de aquecimento solar composto de uma placa solar de aproximadamente 2m<sup>2</sup> e capacidade de 220L é de R\$ 750,00. Para realizar o aquecimento da caldeira genérica abordada, propõe-se a utilização de cerca de 18 coletores, o que implica em um investimento médio de R\$ 13.500,00. Em relação à análise de viabilidade econômica da aplicação desse mecanismo em grande escala, é possível presumir que a princípio o projeto não seria interessante para as empresas levando em consideração o baixo custo da madeira, atual combustível mais utilizado no processo, e o longo prazo para retorno do investimento.

Apesar das limitações do protótipo desenvolvido, foi possível verificar também que seria viável a utilização de um sistema híbrido no qual o aquecedor solar faria um pré-aquecimento da água uma que vez que se conseguiu uma elevação média de temperatura de 29,6 °C ao longo dos 9 dias de teste. Neste

sistema híbrido poderia se reduzir a quantidade de coletores o que aumentaria a viabilidade econômica do projeto.

Apesar do custo, o ganho ambiental gerado através da substituição de combustíveis fósseis pelo aquecimento solar é singular, contribuindo diretamente para redução de emissão de gases de efeito estufa. A implantação deste sistema pode contribuir fortemente para uma produção mais limpa e eficiente no setor têxtil, agregando valor ao produto nacional e criando um importante diferencial para exportação.

## Referências

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2011**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 20 out. 2015.

GOMES, J. I.n. Rocha. **Tingimento e Ultimação I**. Braga: Universidade do Minho, 2012. 12 p. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/jnrgomes/Apontamentostingimento1.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2015.

MESQUITA, Lúcio César de Souza. **Eficiência de coletores solares e comparações entre tubos evacuados e coletores planos**. São Manuel Sp: Universidade do Sol, 2013.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS (Pernambuco). **Energia Termosolar**. Disponível em: <[http://www.srhe.pe.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=281&Itemid=100](http://www.srhe.pe.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=281&Itemid=100)>. Acesso em: 26 set. 2015.

SOLAR, Têxtil. **Avaliação do uso Potencial e Disseminação do Aquecimento Solar para o Setor Industrial Brasileiro**. Disponível em: <[http://www.textilsolar.com.br//biblioteca/Modelagem Termodinâmica/Modelagem Termodinâmica.pdf](http://www.textilsolar.com.br//biblioteca/Modelagem%20Termodinamica/Modelagem%20Termodinamica.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2015.

TWARDOKUS, Rolf Guenter. **Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil**. 2004. 7 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://www.abqct.com.br/artigos/artigoesp33.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2015