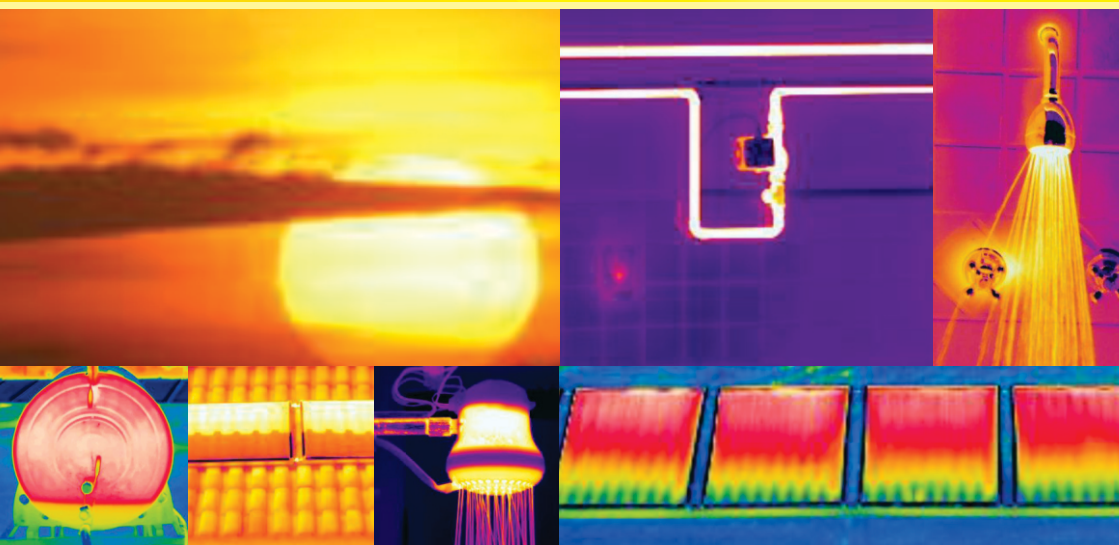


# — GUIA DE —

# TERMOGRAFIA

# SOLAR



**SOLETROL®**  
AQUECEDORES SOLARES DE ÁGUA



————— GUIA DE —————

# TERMOGRAFIA SOLAR





© 2013 - Soletrol Indústria e Comércio LTDA  
Todos os direitos reservados.

Proibida a reprodução parcial ou integral do conteúdo desta obra.

Editora  
Marketing JP Editora e Publicidade LTDA

Contato com a editora e venda de exemplares

livros@mjpgeditora.com.br  
0800 70 76 800



## **Apresentação**

### **“Uma imagem vale mais que mil palavras”**

Mais do que nunca, a intenção deste guia é a de validar essa afirmação, simples e poderosa, através de imagens que raramente temos a oportunidade de ver. Imagens que representam campos de temperatura. Algo que podemos sentir e medir diretamente, mas que raramente temos a oportunidade de “enxergar”. Medir temperatura é algo corriqueiro, mas é espantoso o quanto aprendemos ao observar todo o campo de temperaturas e, em alguns casos, analisar como esse campo varia com o tempo. Mais ainda interessante é a oportunidade de aplicar essa informação para uma melhor compreensão dos fenômenos e processos ligados ao aquecedor solar de água e ao uso da água quente. O texto desse guia é conciso, exatamente porque as imagens falam por si.

Estamos diante de um trabalho pioneiro no Brasil e ainda pouco explorado no mundo, que nos deu muito prazer em realizá-lo e, fortemente, acreditamos que estamos inaugurando um novo patamar técnico no setor de aquecimento solar.

Nosso entusiasmo com o tema é natural, já que temos um comprometimento de longa data com o desenvolvimento da tecnologia do aquecimento solar e com a qualificação e capacitação de profissionais para esse mercado. No entanto, ainda assim nos surpreendemos com um entusiasmo quase infantil ao ver fenômenos que sabíamos que existiam, que já havíamos até mesmo medido por outros caminhos, mas que só agora ganharam uma imagem! Aliás, uma grande quantidade de imagens.

Dessa forma, esperamos que aqueles que têm a chance de folhear este guia

## Apresentação

possam também aprender algo novo e, ao mesmo tempo, se intrigar com as imagens apresentadas e evoluírem na compreensão dessa maravilhosa tecnologia.

Para podermos executar as imagens desse guia, uma grande equipe foi mobilizada e uma enorme quantidade de trabalho foi necessária, desde a concepção da ideia e planejamento da montagem de bancadas até toda a produção envolvida na execução dos testes e imagens, bem como o investimento demandado.

Parte expressiva desse trabalho só se tornou real pela dedicação pessoal do Eng. Celso Jacob e sua equipe do Centro Tecnológico da Soletrol, somada ao empenho de muitos outros colaboradores da empresa que tornaram possível mais essa publicação técnica inédita da Soletrol.

A todos o nosso muito obrigado!

Lúcio César de Souza Mesquita

Luís Augusto Ferrari Mazzon

# Índice

## Conceitos Básicos

Radiação Infravermelha e Termografia. . . . .	9
---	---

## Solar

Desafios Técnicos na Termografia dos Aquecedores Solares . . . . .	23
Estratificação de Reservatórios Térmicos . . . . .	30
Coletores Solares com Superfícies Convencionais ou Seletivas . . . . .	47
Fluxo nos Coletores Solares por Termossifão . . . . .	49
Fluxo Forçado pelos Coletores Solares . . . . .	56
Sistema Indireto de Aquecimento . . . . .	63
Fluxos Indesejados por Termossifão . . . . .	65
Perda de Calor em Reservatórios Térmicos . . . . .	79

## Hidráulica

Perda de Calor em Tubulações . . . . .	85
Operação de Ducha Higiênica com Desequilíbrio de Pressão . . . . .	88
Operação de Válvula de 3 Vias Termostática . . . . .	91
Água Quente em Lavatórios, Duchas e Misturadores . . . . .	92
Anel de Recirculação . . . . .	94

## Sistemas Auxiliares

Aquecimento Auxiliar e Ligações Elétricas. . . . .	99
--	----





# CONCEITOS BÁSICOS



**CONCEITOS BÁSICOS DE RADIAÇÃO  
INFRAVERMELHA E TERMOGRAFIA**





## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia

Com o objetivo de que a compreensão no tema abordado nesta publicação seja a mais ampliada possível, apresentamos a seguir alguns conceitos básicos da radiação infravermelha e termografia que merecem uma leitura com atenção.

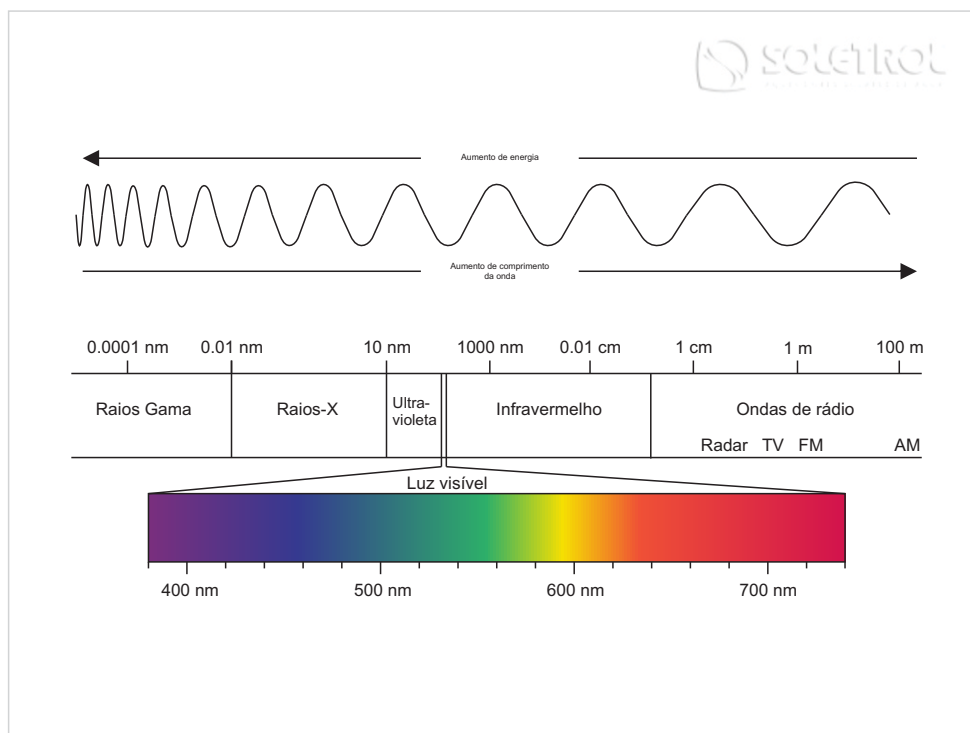


Foto 01 - Espectro Eletromagnético

Uma grande parte dos fenômenos à nossa volta inclui a chamada radiação eletromagnética. Essa radiação, na parte mais comum do espectro, varia desde raios gama até as ondas de rádio. Mais importante, ela inclui a parte que nossos olhos percebem, a chamada luz visível, que constitui apenas uma parte muito pequena do espectro total da radiação. Já pensou se pudéssemos enxergar as ondas de celular ou de rádio?

## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia



Foto 02 - Luz Solar

De particular interesse para a engenharia solar térmica são a radiação solar e a radiação térmica. A radiação solar vai desde o ultravioleta até o infravermelho, mas a maior parte da sua energia está na chamada faixa do visível. Sorte nossa, pois isso nos dá a luz visível todos os dias e também é dentro dessa faixa que as plantas realizam a fotossíntese. Por outro lado, qualquer corpo acima de 0 K emite radiação térmica. Isso quer dizer que enquanto você lê esse guia, você está emitindo radiação térmica. A temperaturas baixas, a radiação é emitida no infravermelho (IR), e os nossos olhos não podem perceber tal radiação.



## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia



Foto 03 - Carvão emitindo Radiação Térmica

Enquanto a baixas temperaturas não podemos perceber a radiação térmica emitida com nossos olhos, à medida que a temperatura sobe, uma parte da radiação emitida entra na nossa faixa de percepção. Isso ocorre com temperaturas acima de  $500^{\circ}\text{C}$ . Por exemplo, podemos ver parte da radiação emitida por um carvão em brasa, ou por uma lâmpada incandescente. Por outro lado, o comprimento de onda da radiação infravermelha emitida por um corpo é proporcional à sua temperatura. Isso é muito útil, pois podemos então usar essa radiação emitida para medir a temperatura da superfície do corpo.

## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia

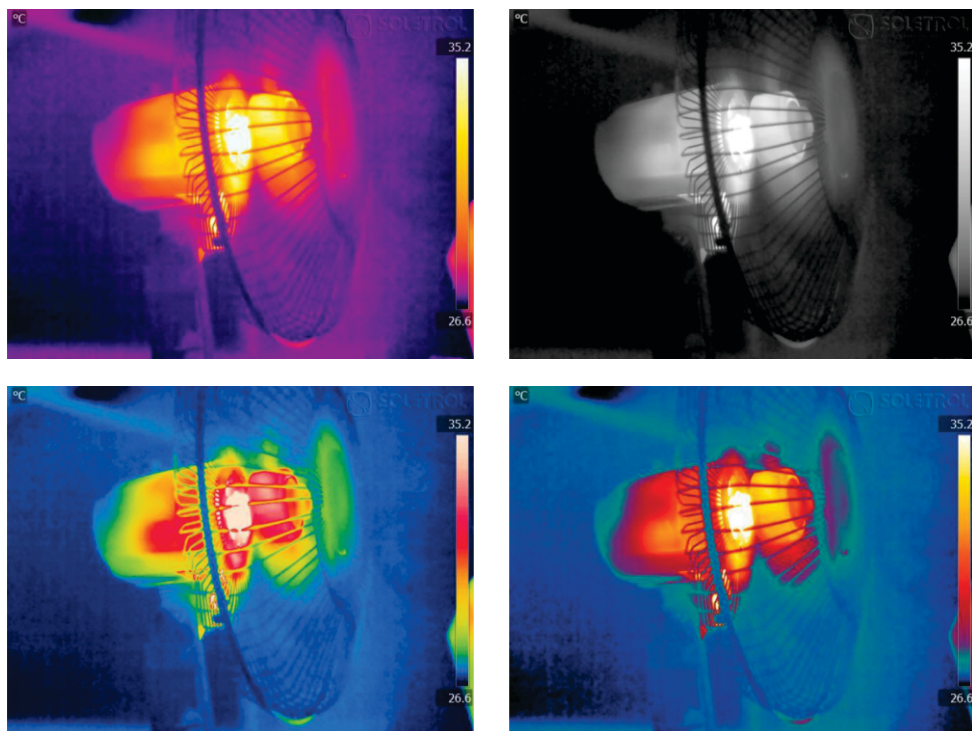


Foto 04 - Exemplos de imagens geradas por Câmera Infravermelho

Para podermos observar a radiação infravermelha, e usar essa informação para medir a temperatura, foram desenvolvidas câmeras com sensores especiais que captam a radiação nessa faixa do espectro. Além disso, as câmeras possuem softwares que interpretam os sinais de forma a criar cores que variam com a temperatura. Entretanto, essas não são cores reais, mas sim criadas para facilitar a visualização do efeito infravermelho sobre os sensores. Na figura 04 podemos observar a mesma imagem com diferentes paletas de cores aplicadas sobre a imagem infravermelha gerada pela câmera.

## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia



Foto 05 - Imagem infravermelha fundida com a imagem digital na faixa do visível

Imagens infravermelhas são particularmente úteis para visualizarmos o campo de temperaturas de objetos, como no automóvel acima, onde podemos notar as zonas aquecidas do motor, sistema de arrefecimento e pneus. Enquanto a cor branca absorve pouco da radiação solar, ela absorve e emite bem a radiação infravermelha. Algumas câmeras IR possuem a tecnologia de fundir a imagem IR à uma imagem digital na faixa do visível, como vemos acima.

## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia

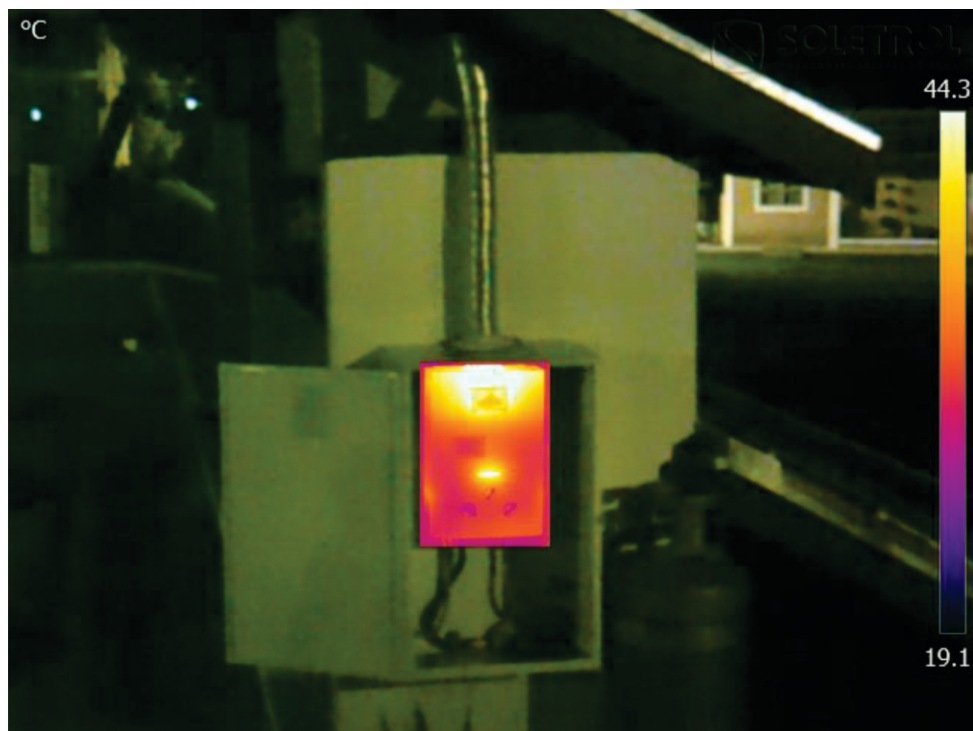


Foto 06 - Imagem infravermelha capturada em ambiente com baixa luminosidade

Outra vantagem da imagem infravermelha é que ela é possível de ser obtida mesmo em ambientes de baixa luminosidade, como na foto acima, feita no período da noite e que mostra a imagem IR de um aquecedor a gás em operação no centro da figura.

## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia

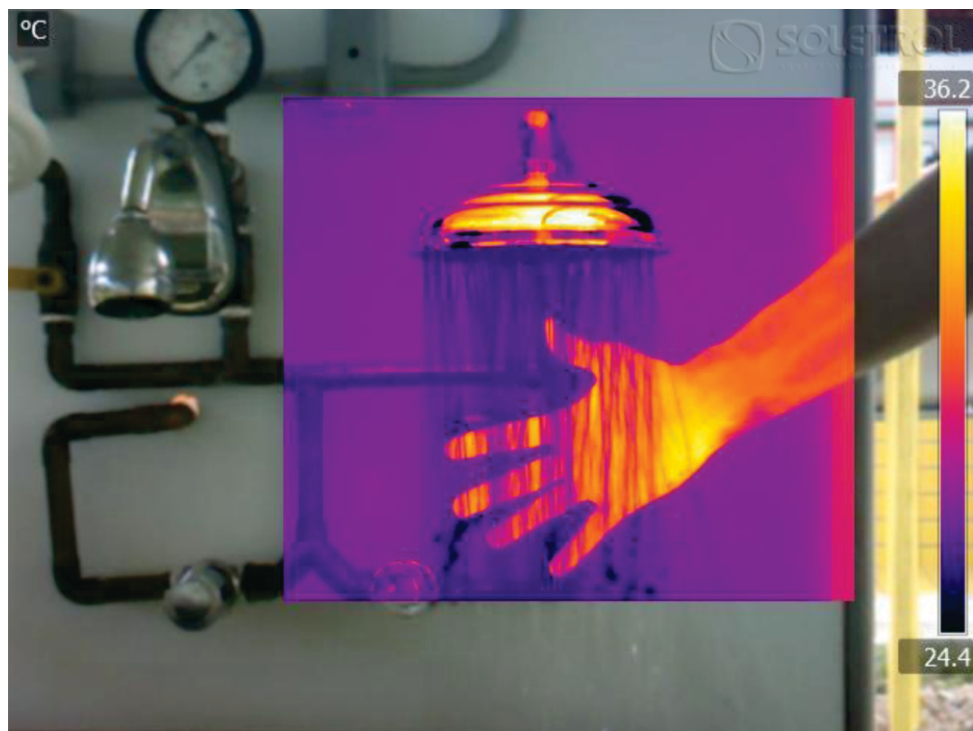


Foto 07 - Exemplo da água absorvendo a radiação infravermelha

A água é opaca ao infravermelho, isto é, a radiação infravermelha não consegue atravessar a água, sendo absorvida pela mesma. Dessa forma, quando temos um corpo atrás da água, como na foto acima, não podemos perceber a emissão infravermelha desse corpo. No caso acima, em que temos a água fria escoando à frente da mão, podemos notar que é impossível perceber as partes da mão que estão atrás dos jatos de água.



## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia



*Foto 08 - Pessoa segurando placa de polietileno para demonstração*

Já alguns materiais possuem transparência à radiação infravermelha. Um desses materiais é o polietileno. Apesar de não ser 100% transparente ao IR, o material permite a passagem de um bom percentual da radiação. Na foto acima, uma pessoa segura uma placa de 2mm de espessura de polietileno de alta densidade. Na figura 09 seguinte vemos a mesma imagem feita pela câmera de infravermelho.

## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia



Foto 09 - Exemplo de placa de polietileno sendo atravessada pela radiação infravermelha

Quanto menor a espessura do polietileno, maior a transmitância, como podemos notar nas imagens seguintes 10 e 11 feitas com filmes de polietileno. Essa propriedade do polietileno já foi usada na construção da cobertura de dissipadores noturnos de calor.

## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia



Foto 10 - Exemplo de placa de polietileno sendo atravessada pela radiação infravermelha



Foto 11 - Exemplo de placa de polietileno sendo atravessada pela radiação infravermelha



## Conceitos Básicos: Radiação Infravermelha e Termografia

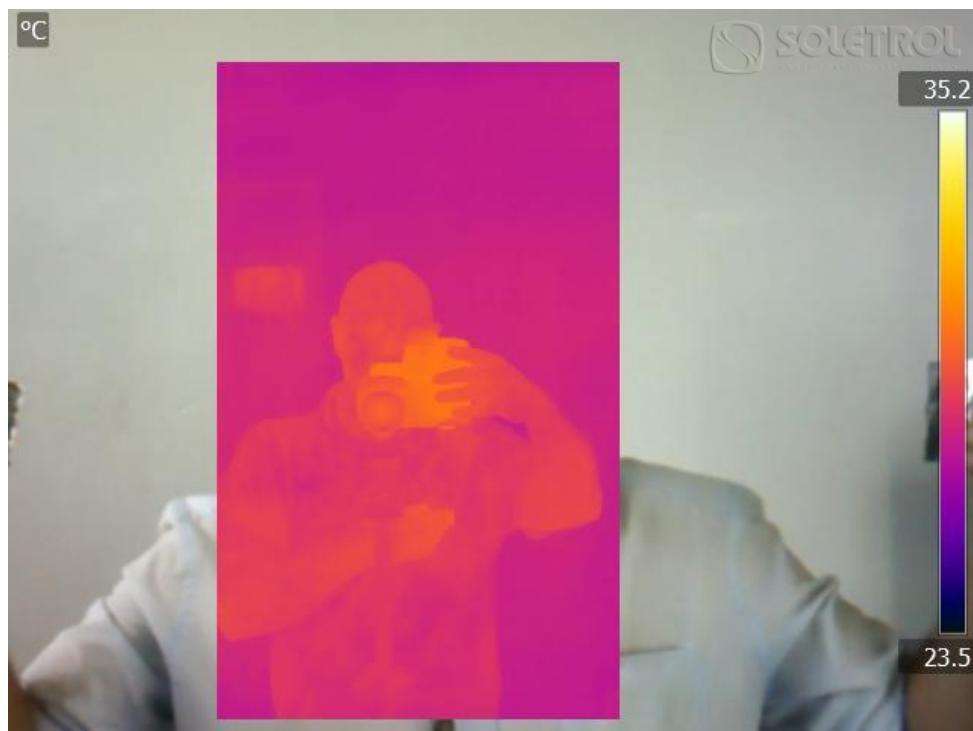


Foto 12 - Exemplo do vidro refletindo a radiação infravermelha

O vidro, entretanto, apresenta um desafio à parte nas imagens infravermelhas. Isso porque a maioria dos vidros atua quase que como um espelho para os raios infravermelhos. Na foto acima, temos uma pessoa segurando uma placa de vidro. Enquanto na imagem digital visível é possível observar a pessoa atrás do vidro, na imagem infravermelha o que aparece é a própria câmera infravermelha e o seu operador.

Acreditamos que os conceitos básicos informados neste capítulo, agora compreendidos, possibilitam adentrarmos ao tema principal nos capítulos seguintes e se perceberá o quão maravilhoso é esse conhecimento.





# SOLAR



**TERMOGRAFIA APLICADA A SISTEMAS  
DE AQUECIMENTO SOLAR**



## Solar: Desafios Técnicos na Termografia dos Aquecedores Solares

Neste capítulo encontramos o tema principal desta publicação, onde podemos afirmar que os tópicos apresentados a seguir são, na verdade, uma introdução à termografia aplicada a sistemas de aquecimento solar, tema que pode ser estudado de forma mais ampliada, a exemplo dos estudos que são realizados pelo Centro Tecnológico da Soletrol com difusão do conhecimento através da Universidade do Sol.



Foto 13 - Vidro do coletor solar refletindo a radiação infravermelha

Nesta foto termográfica mista com digital podemos observar o efeito do vidro ao tentarmos fazer uma imagem das aletas de um coletor com cobertura. Enquanto na imagem da câmera digital visível observamos a aleta através do vidro, na porção infravermelha vemos novamente a imagem da própria câmera e do operador.

## Solar: Desafios Técnicos na Termografia dos Aquecedores Solares



Foto 14 - Vidro do coletor refletindo a radiação infravermelha

Essa característica do vidro torna impossível a visualização interna dos coletores solares através de uma imagem infravermelha. Como podemos notar na foto acima, ao invés de notarmos a temperatura no interior do coletor, a imagem infravermelha mostra em parte a reflexão do beiral do telhado e do próprio céu.

## Solar: Desafios Técnicos na Termografia dos Aquecedores Solares



Foto 15 - Capas metálicas que refletem a luz visível refletindo a radiação infravermelha

Os materiais metálicos que refletem os raios visíveis também o fazem com o infravermelho. Nesta imagem de vários reservatórios térmicos com capas em alumínio, notamos uma cor escura no topo, reflexo do céu frio e uma temperatura maior na parte de baixo, reflexo da temperatura do solo.

## Solar: Desafios Técnicos na Termografia dos Aquecedores Solares

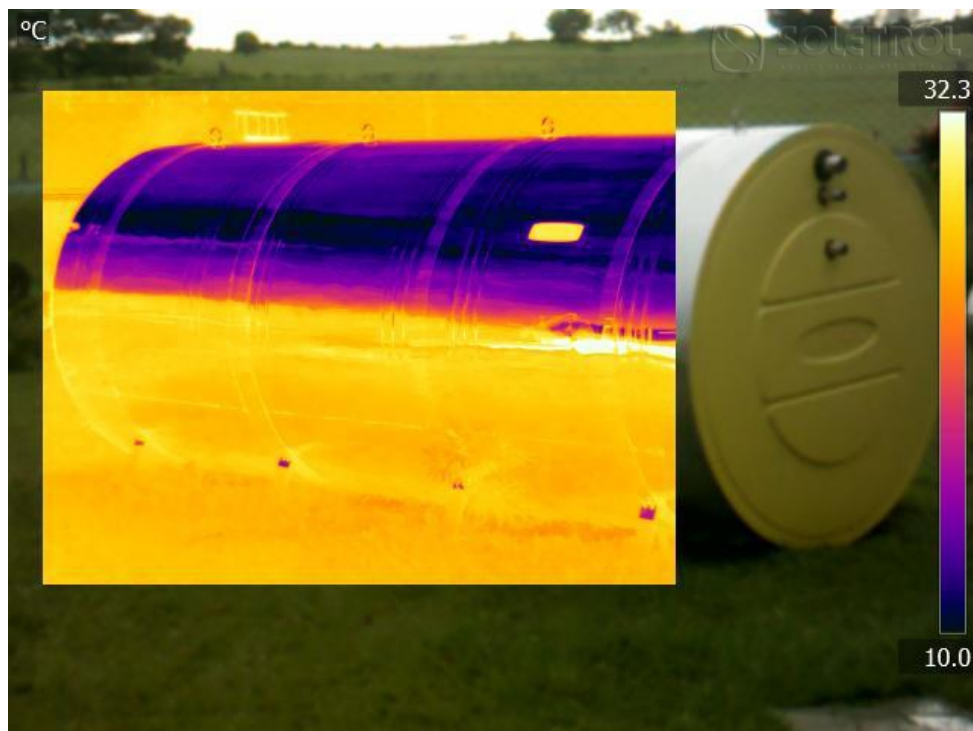


Foto 16 - Capa em alumínio do reservatório refletindo a radiação infravermelha

Na foto 16 acima, observamos o mesmo efeito de reflexão do infravermelho em um reservatório térmico de grande porte com capa em alumínio, onde o topo aparece frio, reflexão do céu, e a parte de baixo mais quente, pois reflete a temperatura do solo.



## Solar: Desafios Técnicos na Termografia dos Aquecedores Solares

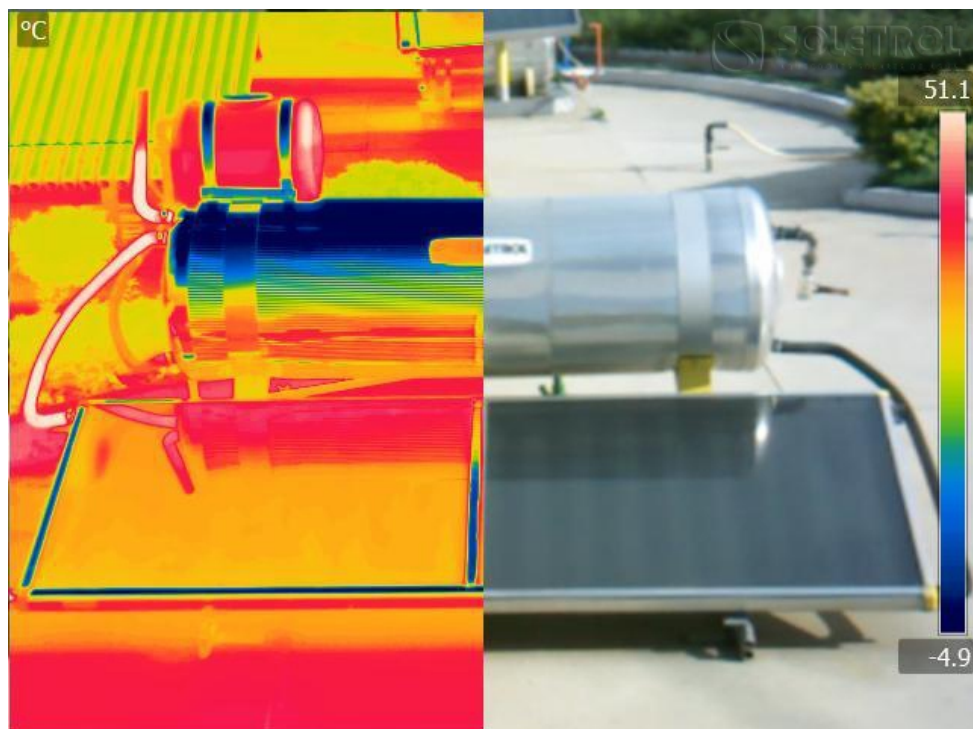


Foto 17 - Aquecedor solar compacto visto em radiação infravermelha e luz visível

Assim, quando vemos uma imagem com câmera infravermelha de um sistema de aquecimento solar, precisamos lembrar dessas características refletivas do vidro e da capa de alumínio para poder entender corretamente o que se passa.

## Solar: Desafios Técnicos na Termografia dos Aquecedores Solares

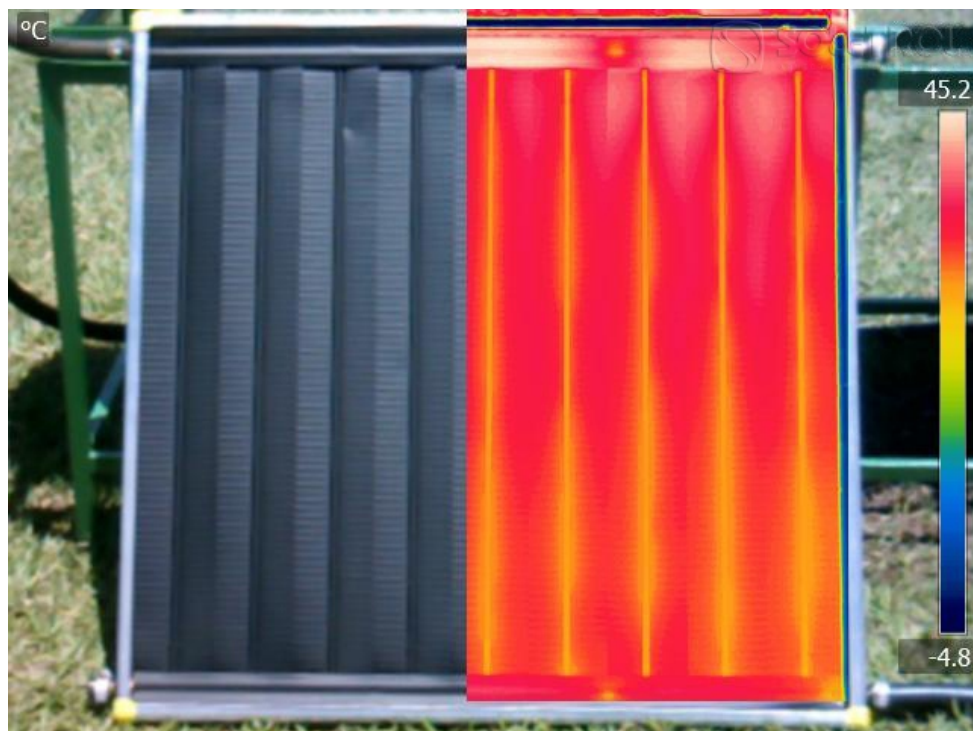


Foto 18 - Coletor sendo observado com infravermelho sem o vidro

Para podermos fazer imagens das aletas dos coletores, é preciso, então, remover o vidro. É claro que isso muda o comportamento do coletor, mas ainda é possível observar muitos efeitos interessantes dessa forma, como veremos mais adiante.

## Solar: Desafios Técnicos na Termografia dos Aquecedores Solares

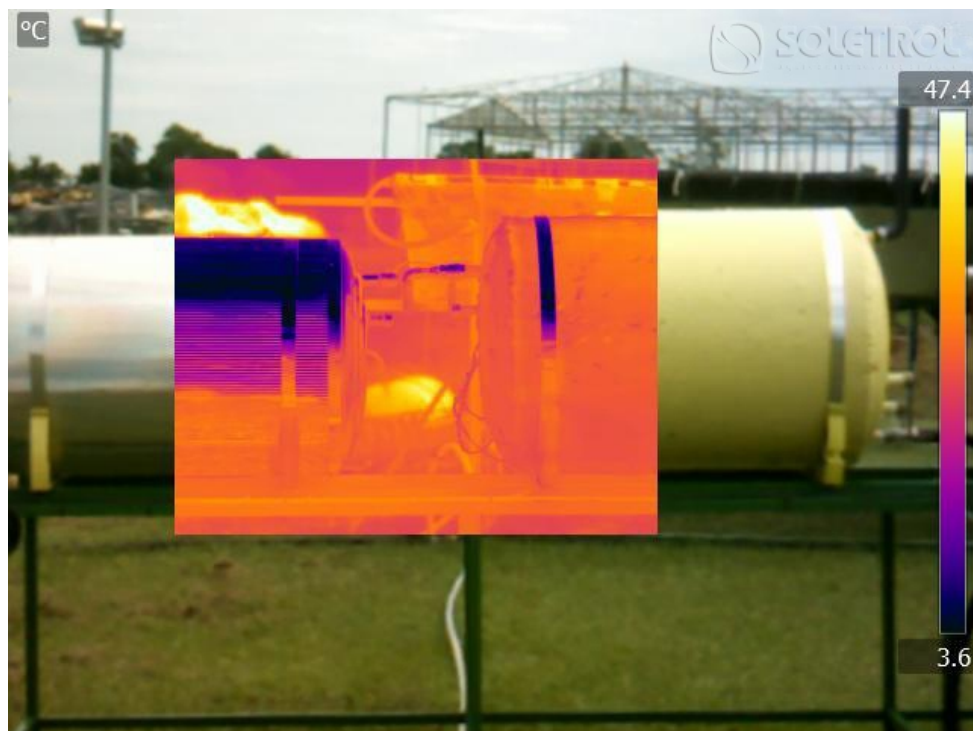


Foto 19 - Imagem infravermelha de reservatórios térmicos com e sem capa de alumínio

Em relação ao reservatório térmico, muitas imagens deste guia foram feitas com a parte interna do reservatório em inox, sem isolamento térmico e pintado, de forma que pudéssemos observar o perfil de temperaturas na parede do reservatório. Na foto acima, vemos um reservatório padrão com isolamento térmico e capa de alumínio à esquerda e, à direita, vemos o reservatório modificado para esse estudo, sem isolamento, sem capa e com uma pintura fosca.

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos



Foto 20 - Reservatório operando em sistema termosifão para demonstração de estratificação

Algumas das imagens mais interessantes obtidas dizem respeito à estratificação do reservatório térmico. A estratificação é a distribuição da água em camadas de diferentes temperaturas. Sabemos que a estratificação é importante para a performance do sistema. Então, montou-se a bancada acima com o reservatório sem isolamento e três coletores operando por termosifão. As imagens a seguir, de 21 a 32, foram feitas em um intervalo de 1h50min e mostram a expansão do aquecimento da água no reservatório em camadas estratificadas do topo até sua parte inferior.

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

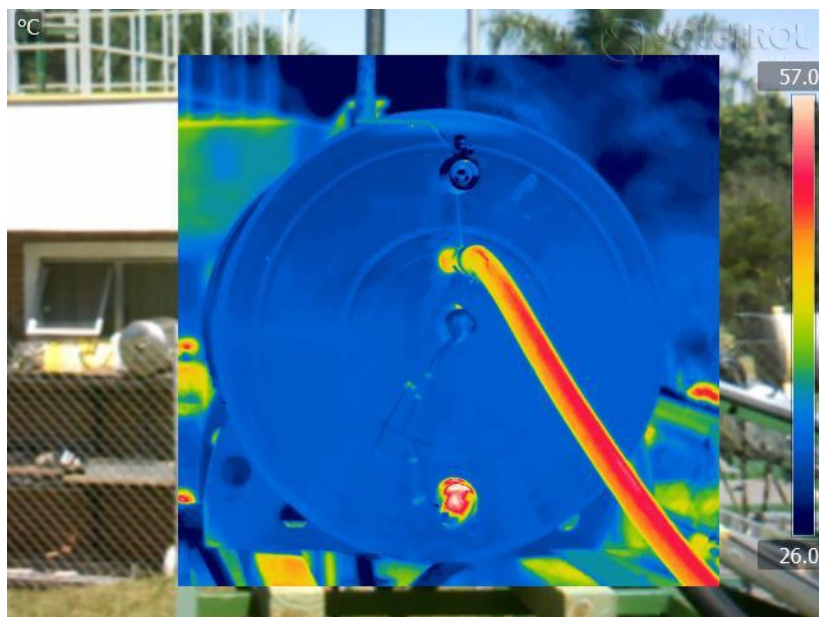


Foto 21 - Imagem infravermelha do reservatório com 10 minutos de funcionamento



Foto 22 - Imagem infravermelha do reservatório com 20 minutos de funcionamento



## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

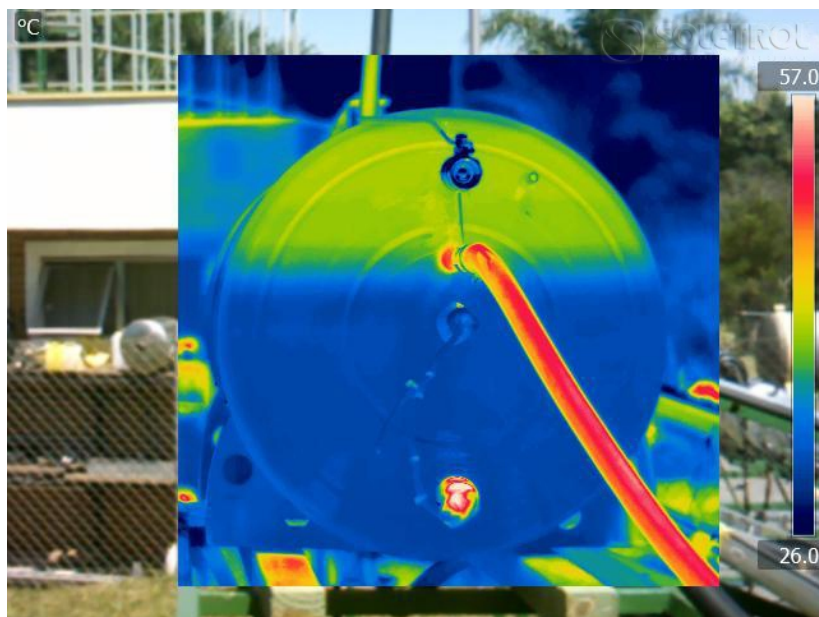


Foto 23 - Imagem infravermelha do reservatório com 30 minutos de funcionamento

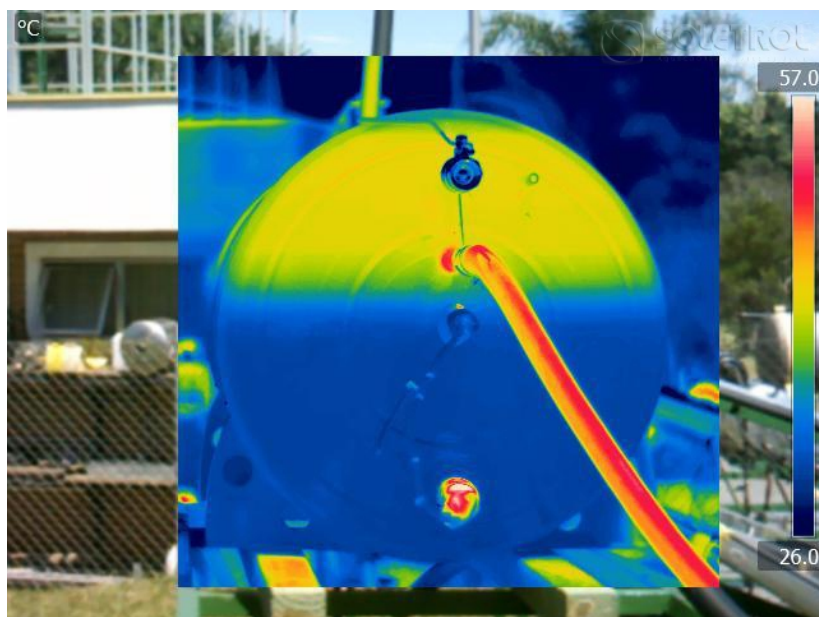


Foto 24 - Imagem infravermelha do reservatório com 40 minutos de funcionamento

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

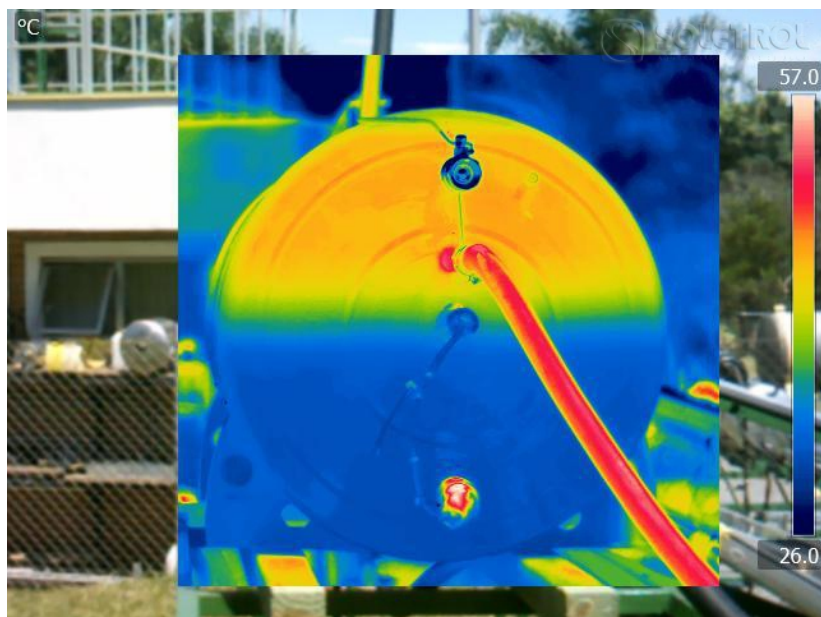


Foto 25 - Imagem infravermelha do reservatório com 50 minutos de funcionamento

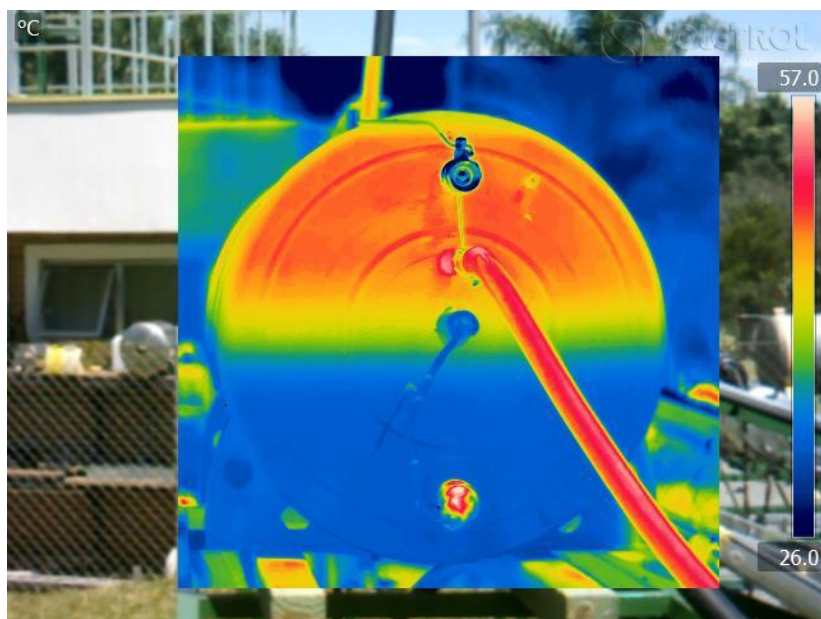


Foto 26 - Imagem infravermelha do reservatório com 1 hora de funcionamento

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

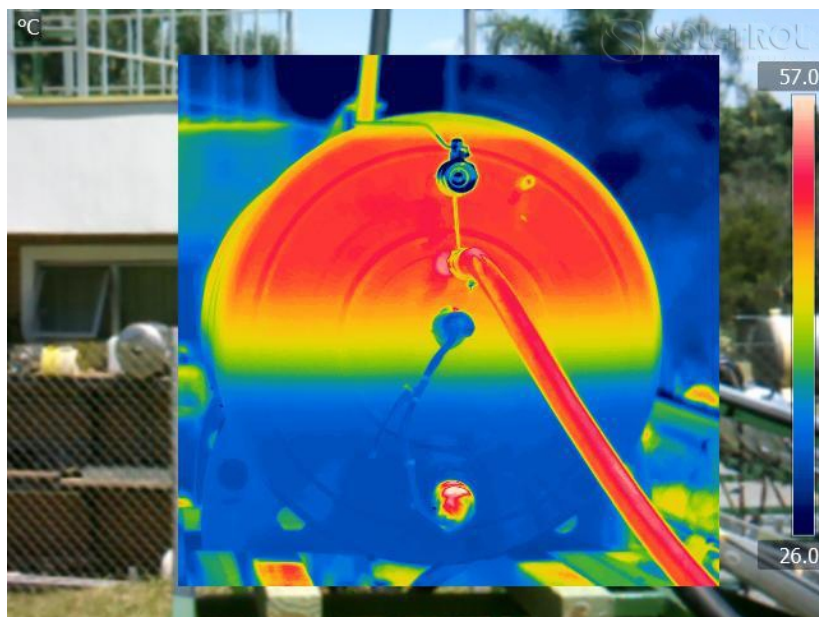


Foto 27 - Imagem infravermelha do reservatório com 1 hora e 10 min de funcionamento

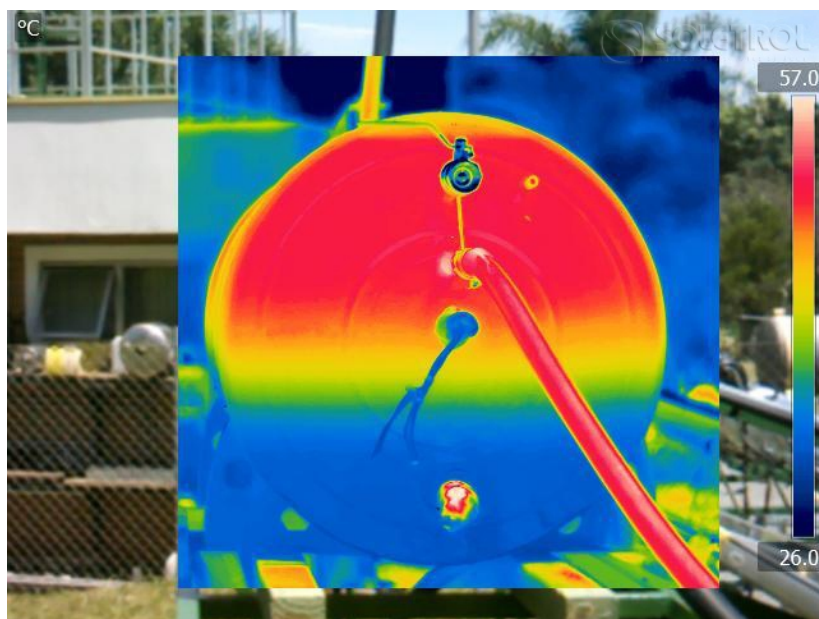


Foto 28 - Imagem infravermelha do reservatório com 1 hora e 20 min de funcionamento



## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

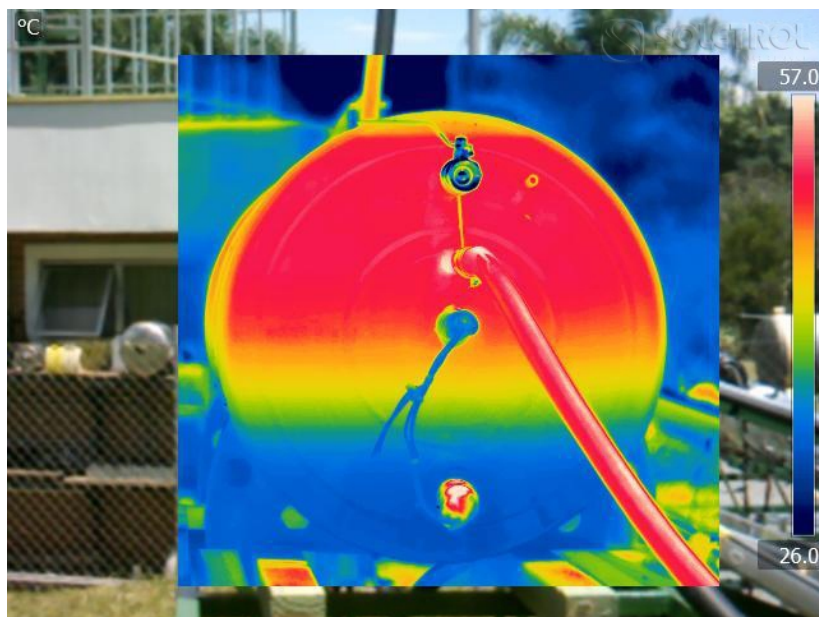


Foto 29 - Imagem infravermelha do reservatório com 1 hora e 30 min de funcionamento

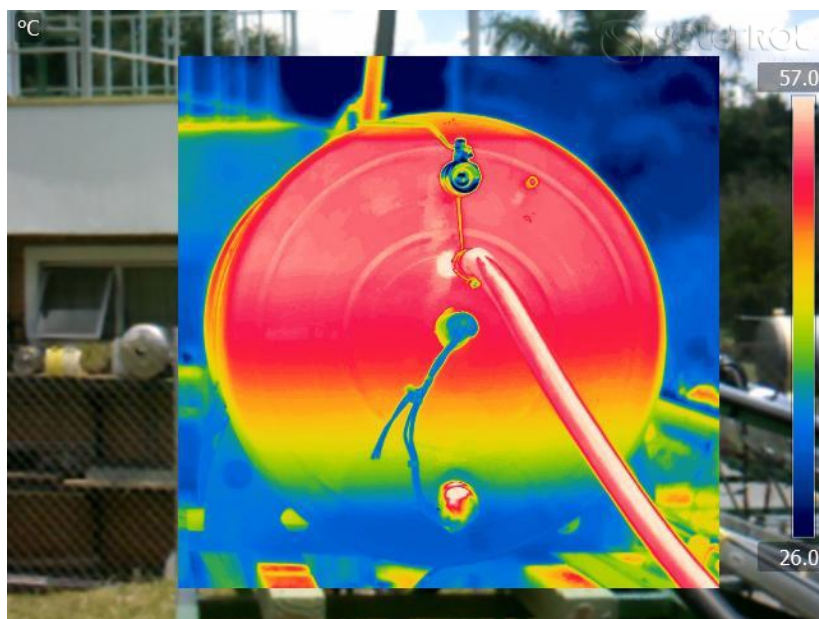


Foto 30 - Imagem infravermelha do reservatório com 1 hora e 40 min de funcionamento

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

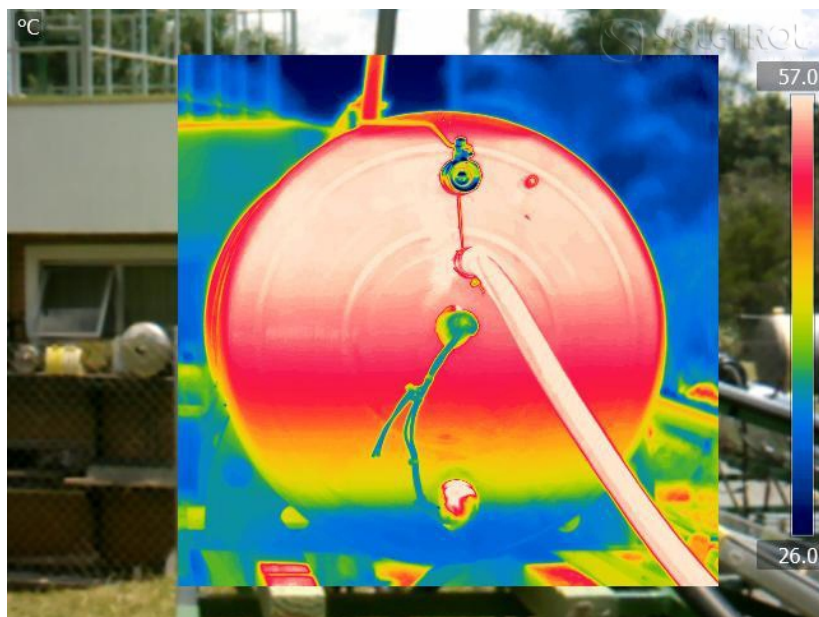


Foto 31 - Imagem infravermelha do reservatório com 1 hora e 50 min de funcionamento

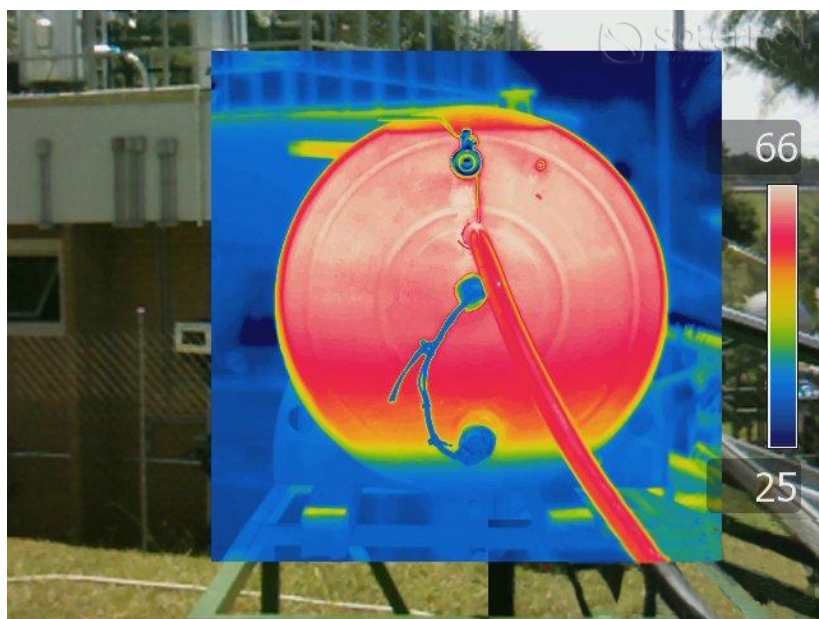


Foto 32 - Imagem infravermelha do reservatório cheio de água quente ao final do experimento

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

Podemos observar, na evolução das imagens anteriores, que mesmo um reservatório horizontal, como o usado nesse experimento, mostrou uma boa estratificação na operação em termosifão. Aliás, a estratificação depende de muitos outros fatores além da geometria, como diferença de temperatura, vazão, e posição e geometria dos bocais de entrada e saída.

Outro aspecto importante é a manutenção de um bom grau de estratificação também na retirada da água quente do reservatório térmico. Nas próximas imagens, de 33 a 41, vemos esse efeito com uma vazão de saída de aproximadamente 10 l/min e durante um período de aproximadamente 20 minutos.



Foto 33 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 4 min



## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos



Foto 34 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 6 min

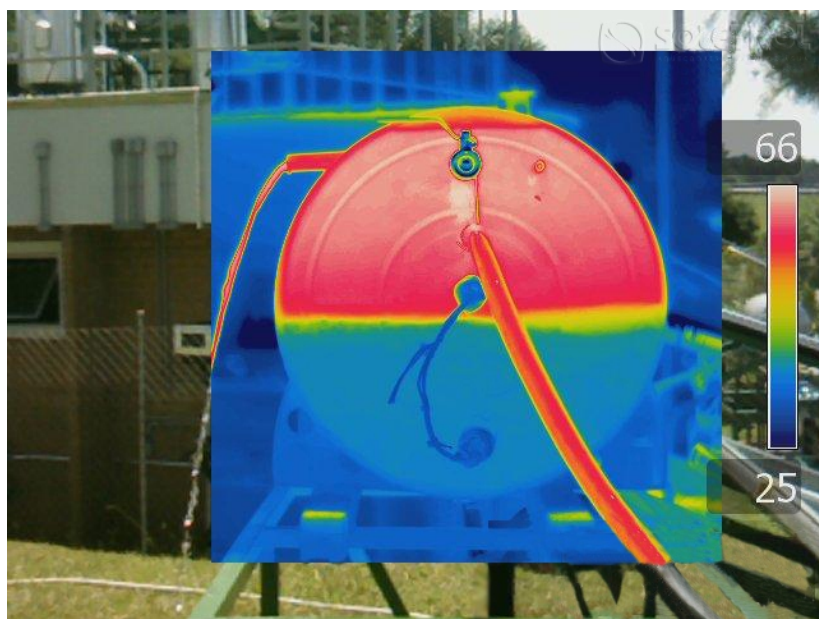


Foto 35 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 8 min

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos



Foto 36 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 10 min

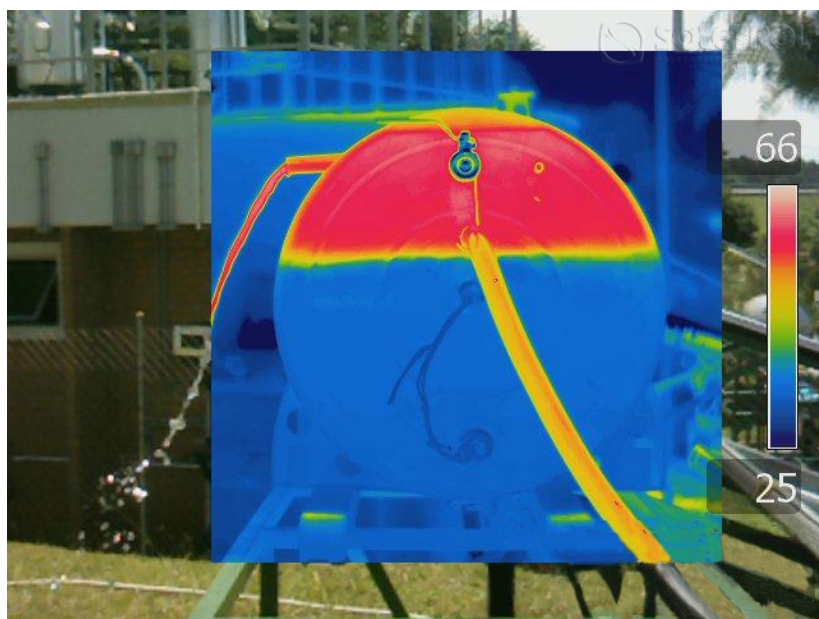


Foto 37 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 12 min

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

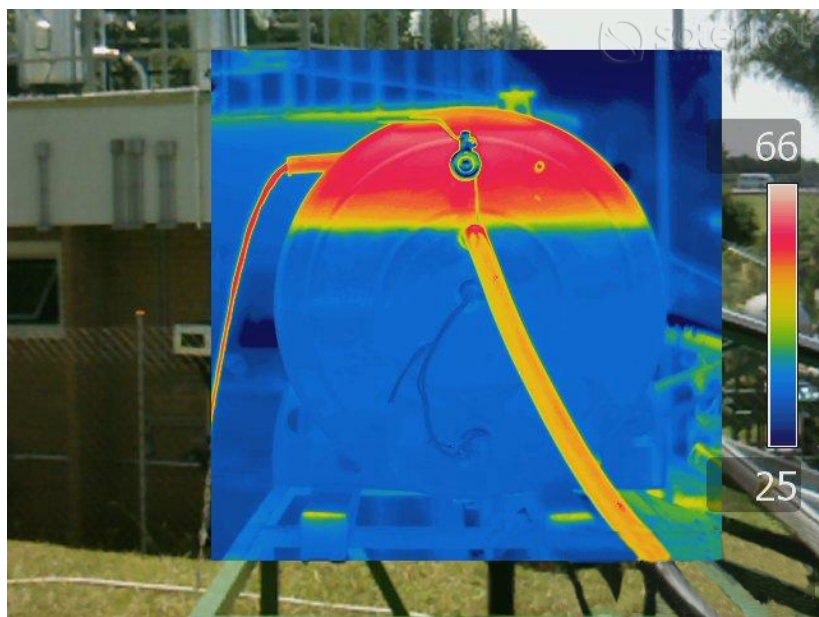


Foto 38 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 14 min

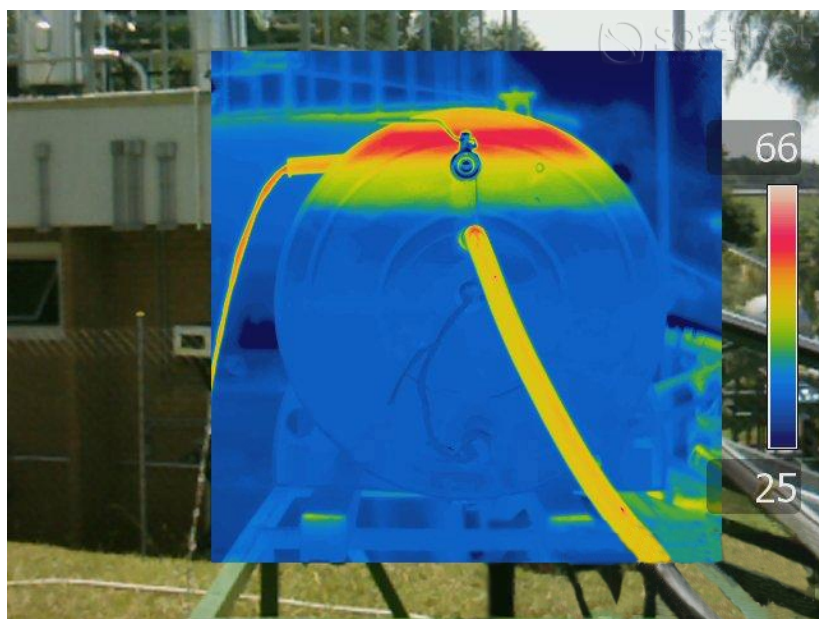


Foto 39 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 16 min



## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

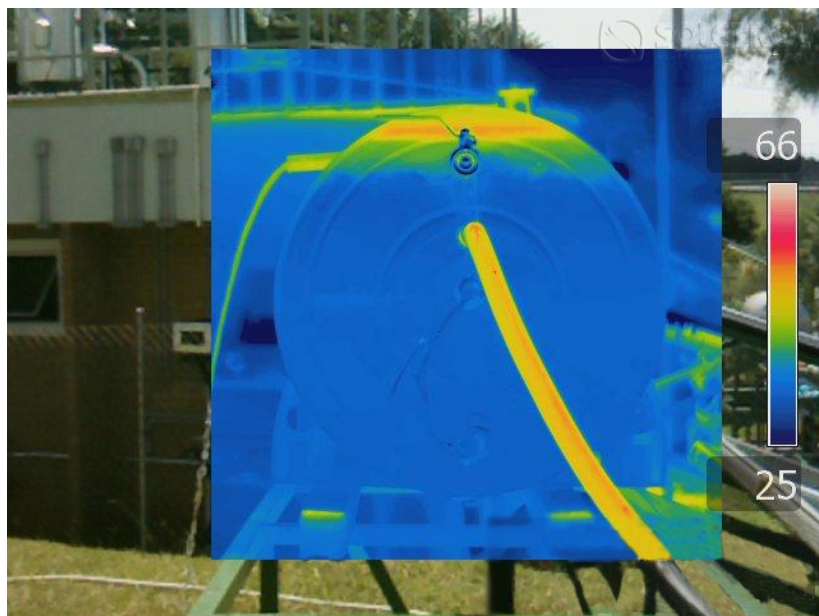


Foto 40 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 18 min

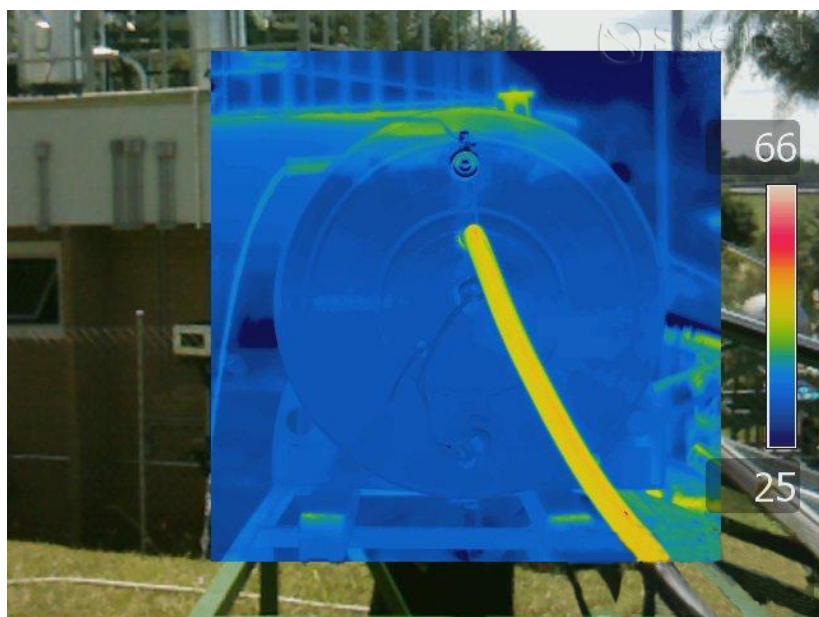


Foto 41 - Imagem infravermelha do reservatório sendo esvaziado a 20 min

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

Como podemos observar nas imagens anteriores, sem estratificação seria impossível retirar o volume aquecido na temperatura útil para o banho. Ao invés de um certo volume de água quente, acabaríamos com um volume maior de água morna.



Foto 42 - Imagem infravermelha da resistência elétrica no reservatório térmico



## **Solar:** Estratificação de Reservatórios Térmicos

Enquanto observamos um bom nível de estratificação quando o reservatório térmico é aquecido através dos coletores solares em termossifão, o comportamento é bem diferente quando usamos a resistência elétrica. Na foto acima podemos observar a resistência elétrica na parte inferior do RT e o termostato de encosto aproximadamente no centro do RT. As imagens em infravermelho a seguir, da 43 até a 48, foram feitas a partir do lado oposto ao da resistência elétrica, já no período da noite, durante um intervalo de 50 minutos.



Foto 43 - Reservatório térmico em luz visível

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

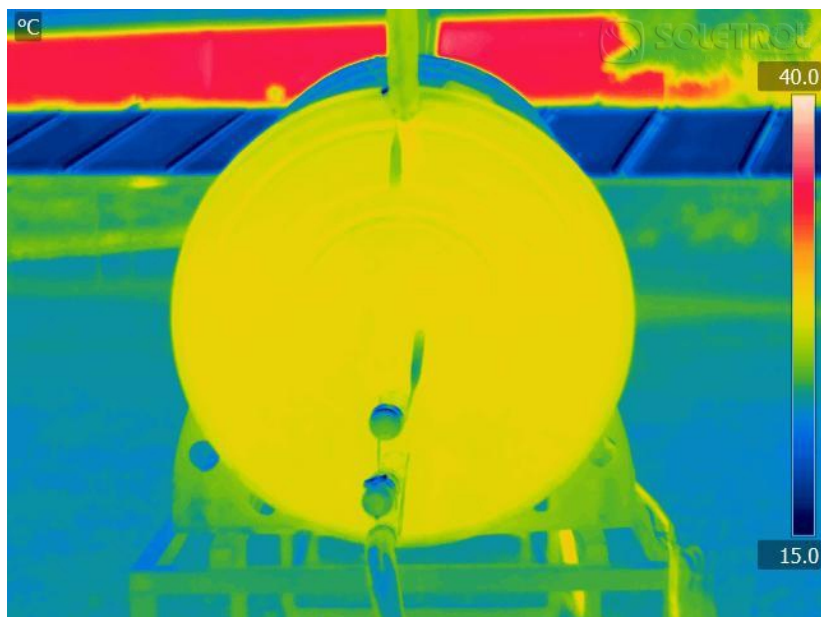


Foto 44 - Reservatório térmico em infravermelho com resistência funcionando a 10 min

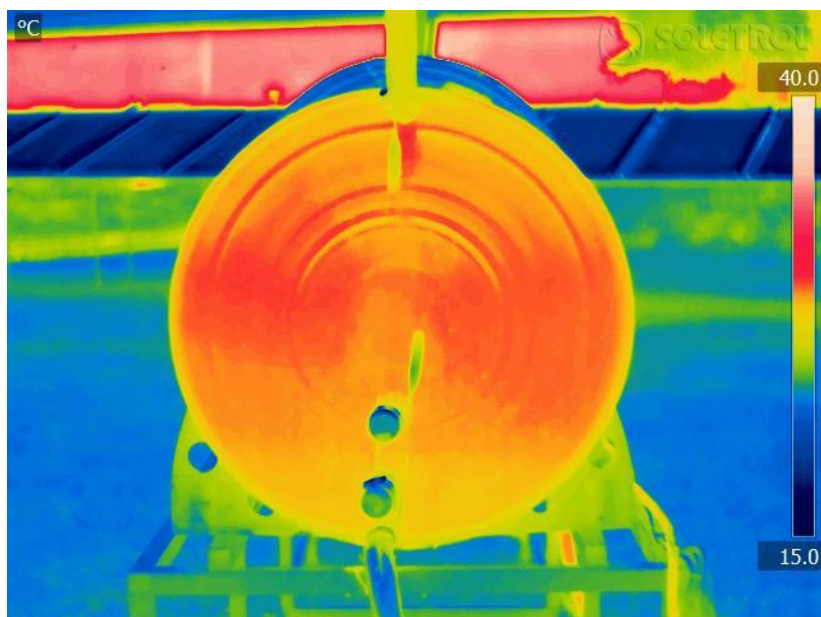


Foto 45 - Reservatório térmico em infravermelho com resistência funcionando a 20 min

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

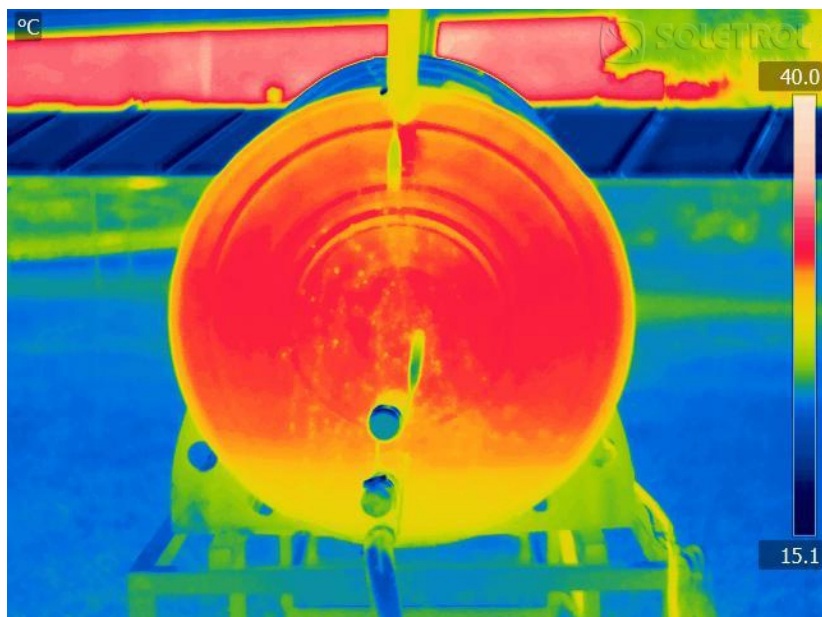


Foto 46 - Reservatório térmico em infravermelho com resistência funcionando a 30 min

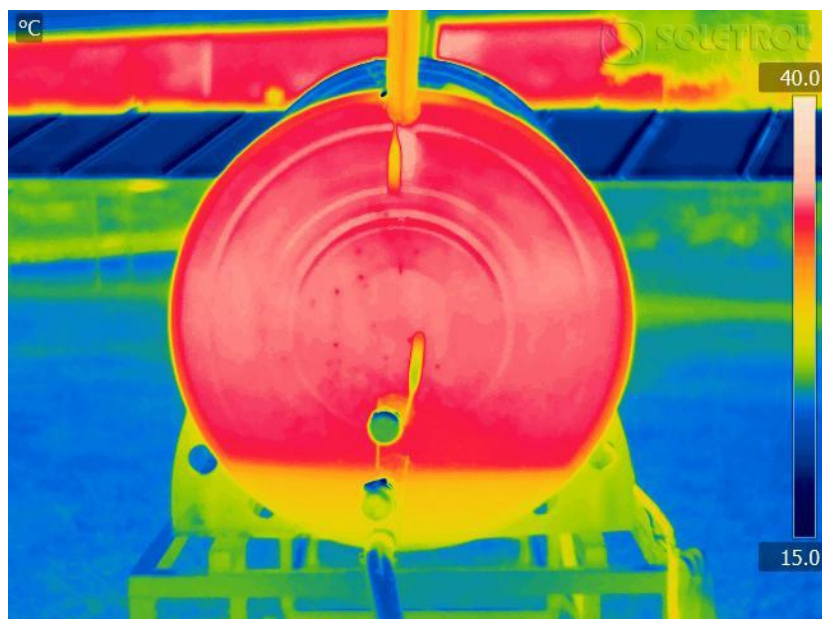


Foto 47 - Reservatório térmico em infravermelho com resistência funcionando a 40 min

## Solar: Estratificação de Reservatórios Térmicos

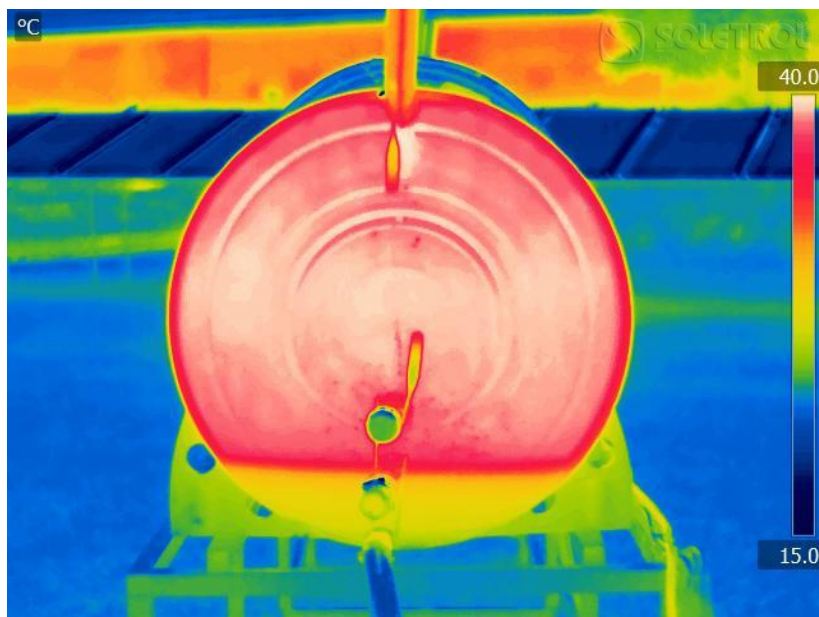


Foto 48 - Reservatório térmico em infravermelho com resistência funcionando a 50 min

É interessante notar que, bem diferente do que vimos quando o reservatório foi aquecido pela energia solar em termossifão, o reservatório térmico aqui é aquecido de forma quase uniforme. Isso é decorrente da alta potência da resistência (3.500W) na parte inferior do RT. A operação da resistência causa grande turbulência, ocasionando a baixa estratificação e reduzindo a efetividade do termostato como demarcador da região a ser aquecida. Na verdade, o reservatório é aquecido até a posição da própria resistência e não até o termostato.

## **Solar:** Coletores Solares com Superfícies Convencionais ou Seletivas

Normalmente, os coletores solares no Brasil são fabricados com superfície na cor preta, produzida através de uma pintura especial, resistente à temperatura e intempéries. No entanto, é comum, em países mais frios, o uso mais intenso de superfícies seletivas.

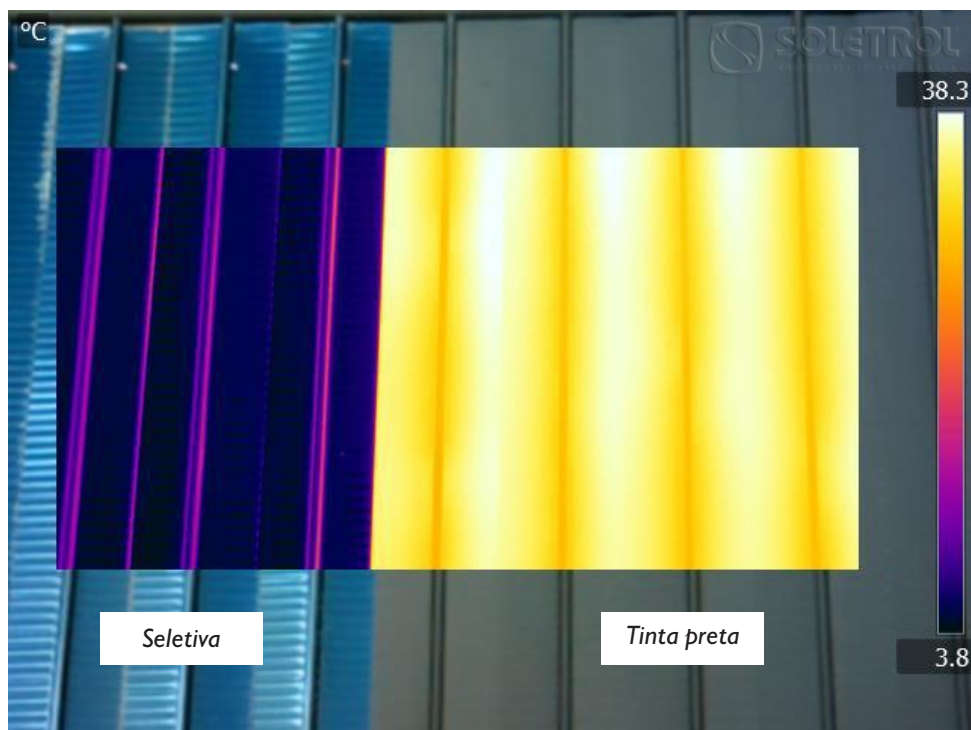


Foto 49 - Comparação da radiação infravermelha em coletor com superfície seletiva e superfície preta

Como em um coletor solar a eficiência é reduzida pelas perdas de calor, esse calor pode ser perdido por convecção, por condução ou por radiação. No caso da radiação, isso se deve principalmente ao fato da tinta preta ser uma boa emissora de infravermelho. Para reduzir esse fenômeno, foram desenvolvidas tecnologias especiais chamadas de superfícies seletivas. Essas superfícies



## Solar: Coletores Solares com Superfícies Convencionais ou Seletivas

absorvem mais de 95% da irradiação solar, mas emitem apenas 5% no infravermelho, em contraste com a tinta, que absorve 95% na faixa do espectro solar, mas também emite 95% no infravermelho. O resultado da superfície seletiva é um coletor mais eficiente, principalmente quando trabalhando a temperaturas mais altas.

A figura 49 mostra a imagem infravermelha fundida com a imagem visível de um coletor com aletas com as duas tecnologias. Pode-se notar claramente, assim como na figura abaixo (50), uma grande diferença entre o comportamento da tinta e da superfície seletiva em relação às emissões de radiação infravermelha.

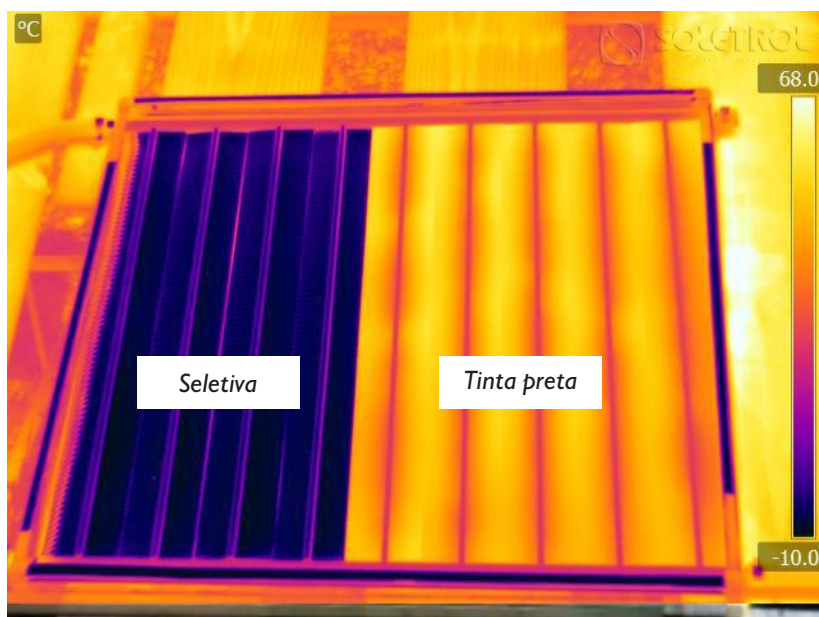


Foto 50 - Comparação da radiação infravermelha de coletor com superfície seletiva e superfície preta

Na foto acima ainda podemos observar a propagação do calor que vai dos tubos para as aletas na parte com superfície preta.

## Solar: Fluxo nos Coletores Solares por Termossifão

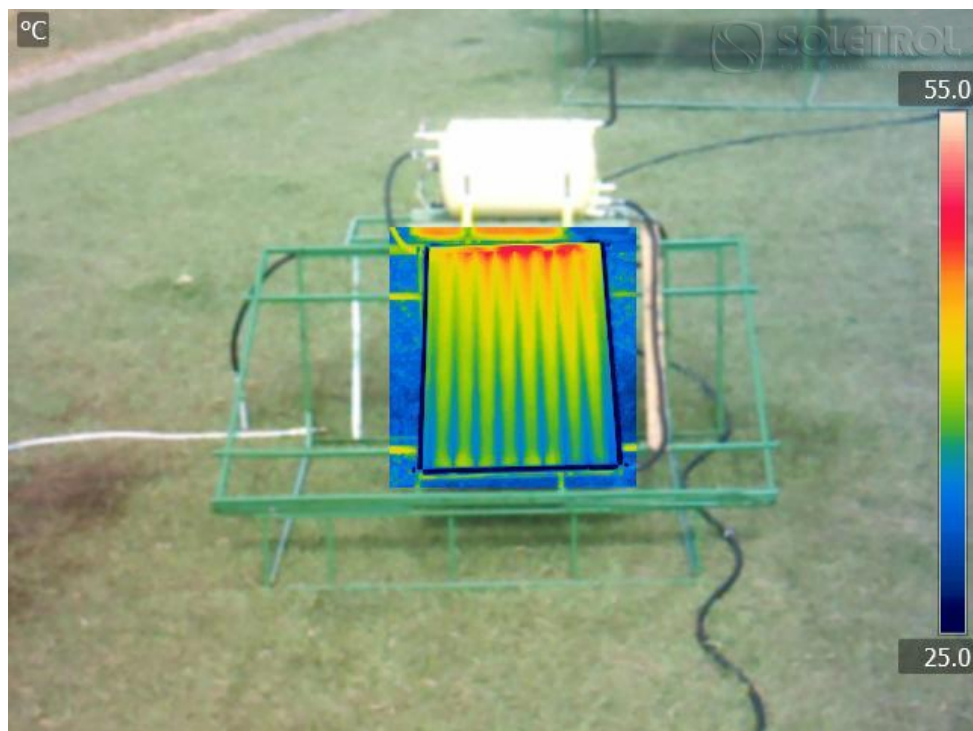


Foto 51 - Imagem infravermelha de sistema solar funcionando em termossifão

Um aplicação muito útil da imagem infravermelha é a avaliação da uniformidade da vazão nos coletores. Sabe-se que um coletor, ou bateria de coletores, com vazão uniforme é mais eficiente do que um em que haja desequilíbrio de vazão. Uma vazão uniforme significa que todos os tubos recebem a mesma vazão. Como uma maior vazão significa maior remoção de calor, os trechos com maior vazão aparecem mais frios na imagem infravermelha. Na foto 51 acima, temos um único coletor operando por termossifão, com entrada de água na parte inferior direita e saída na parte superior esquerda da foto (a chamada ligação em Z). Pode-se notar que o fluxo é relativamente uniforme e que o gradiente de temperatura segue o

## Solar: Fluxo nos Coletores Solares por Termossifão

esperado, isto é, a parte inferior do coletor está mais fria que o topo, já que a água fria entra por baixo.

Já no caso a seguir, o coletor está invertido, isto é, os tubos das aletas estão na posição horizontal. Aqui a entrada e a saída estão na parte superior do coletor. Assim como no exemplo anterior, podemos ver uma operação também uniforme.



Foto 52 - Imagem infravermelha de coletor instalado invertido e funcionando em termossifão



## Solar: Fluxo nos Coletores Solares por Termossifão

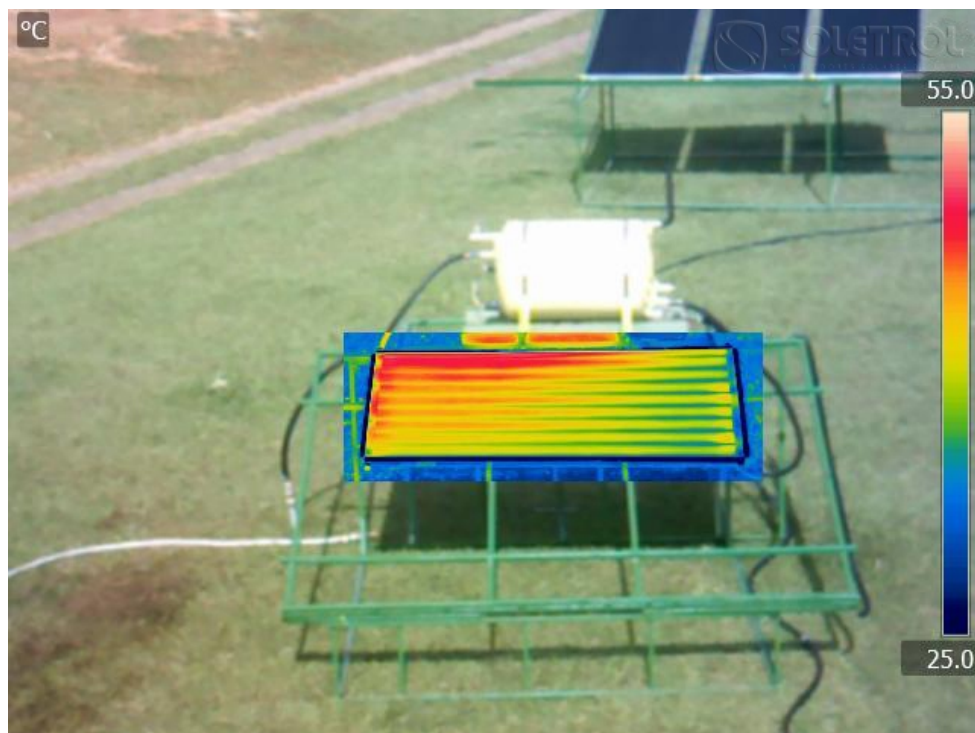


Foto 53 - Imagem Infravermelha de coletor solar com entrada de água fria na parte inferior

O caso acima mostra o mesmo coletor solar invertido, agora operando com a entrada na parte inferior e saída na parte superior. Interessante notar que o fluxo acaba por ser menos uniforme que no exemplo anterior. As imagens anteriores mostram como o termossifão por vezes surpreende na sua operação. Na figura 52 da página anterior, a tendência seria de haver um fluxo maior na aleta superior, por ser um caminho mais curto. Por outro lado, existe uma maior força aplicada pelo termossifão no fluxo da aleta inferior, o que, aparentemente, causa um equilíbrio desses fatores.

## Solar: Fluxo nos Coletores Solares por Termossifão



Foto 54 - Imagem infravermelha de coletores solares conectados em paralelo com ligação em Z

Agora podemos observar três coletores solares conectados em paralelo e também operando por termossifão, com a entrada na parte inferior direita e saída na parte superior esquerda (de novo, ligação em Z). Podemos notar um fluxo ainda relativamente uniforme.

Já o exemplo seguinte na foto 55 mostra uma situação onde um erro de instalação provoca um sifão na instalação. Nesse caso, uma bolha de ar presa na parte superior direita impede o fluxo de água nessa área. Muitas vezes o mesmo acontece em uma instalação, por problemas de nivelamento do telhado ou erro de instalação. É interessante notar que nesse caso o sistema ainda está operacional, mas opera com uma área útil reduzida, já que não há

## Solar: Fluxo nos Coletores Solares por Termossifão

fluxo em parte do sistema. Em uma instalação real, isso faria com que o problema dificilmente fosse detectado.

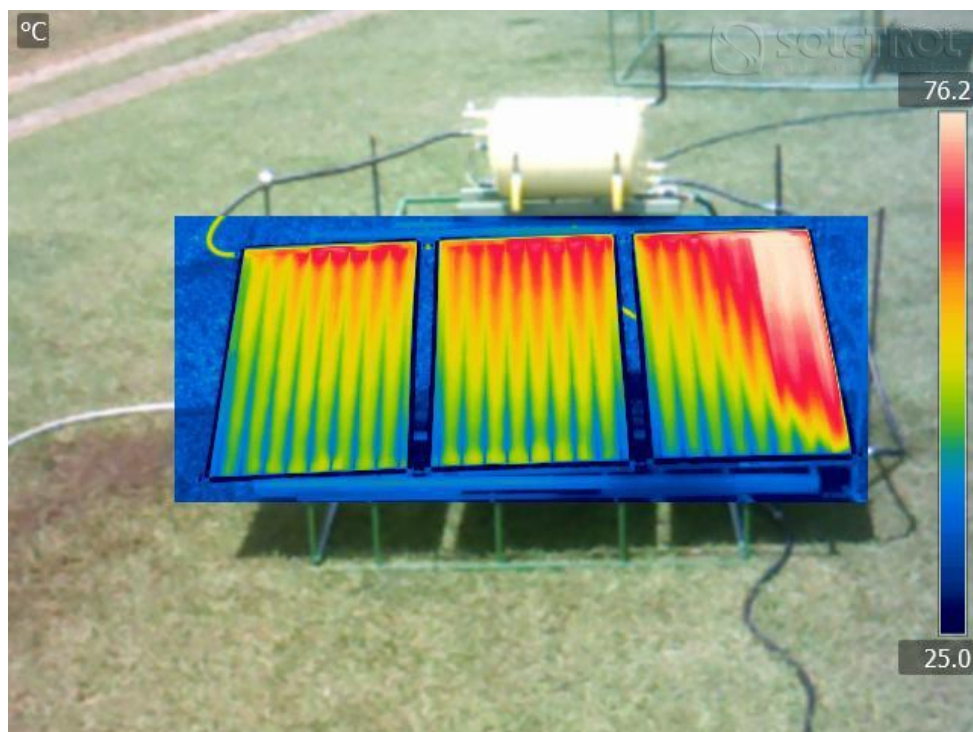


Foto 55 - Imagem infravermelha de coletores com sifão

Em seqüência a esse estudo, a figura seguinte mostra a operação dos mesmos três coletores em termossifão, agora com uma ligação em U, isto é, entrada e saída do mesmo lado, nesse caso, no lado esquerdo da imagem. Isso causa um fluxo maior no primeiro coletor, mas o fluxo ainda é relativamente uniforme, isso porque no termossifão há um mecanismo de auto-ajuste, pois um tubo de ascensão que contenha menor fluxo terá água mais quente e, assim, de menor densidade, o que causa um aumento do fluxo. Mesmo com isso, deve-

## Solar: Fluxo nos Coletores Solares por Termossifão

se dar preferências às ligações em “Z”. O mesmo efeito de equilíbrio não acontece em fluxos forçados (como bombeados), como veremos mais adiante.



Foto 56 - Imagem infravermelha de coletores ligados em “U”



## Solar: Fluxo nos Coletores Solares por Termossifão

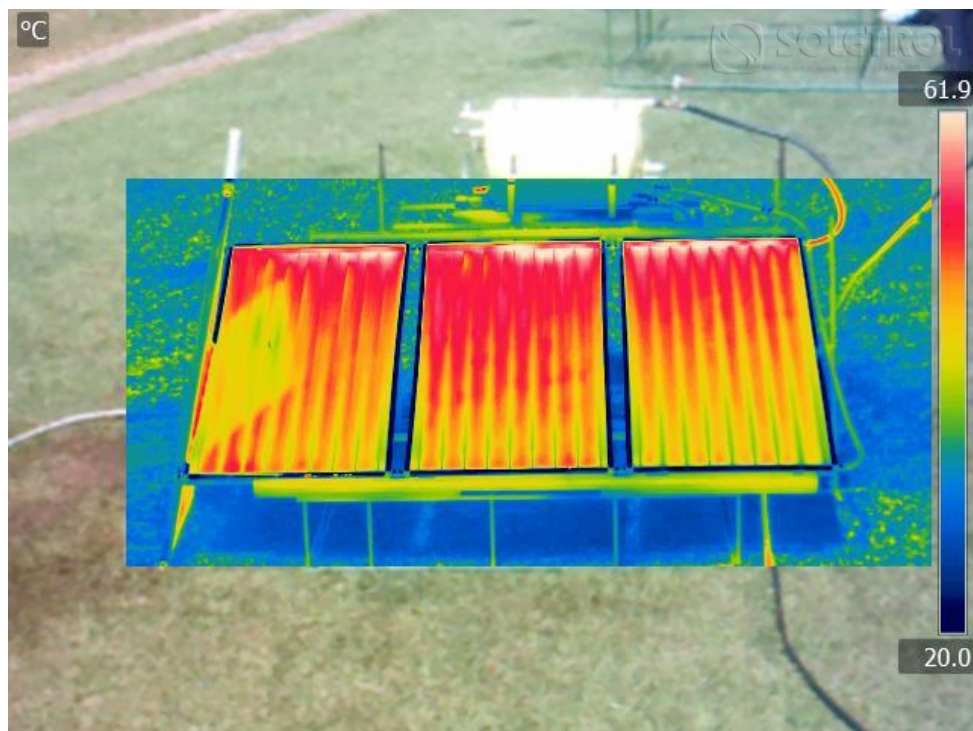


Foto 57 - Imagem infravermelha de coletor solar (primeiro à esquerda) com sombra

Na imagem acima podemos notar à esquerda o efeito óbvio de um anteparo fazendo sombra sobre o coletor, o que gera uma região mais fria, reduzindo-se a eficiência do coletor. Essa região que não recebe radiação direta acaba por agir como um local com grande perda de calor.

## Solar: Fluxo Forçado pelos Coletores Solares

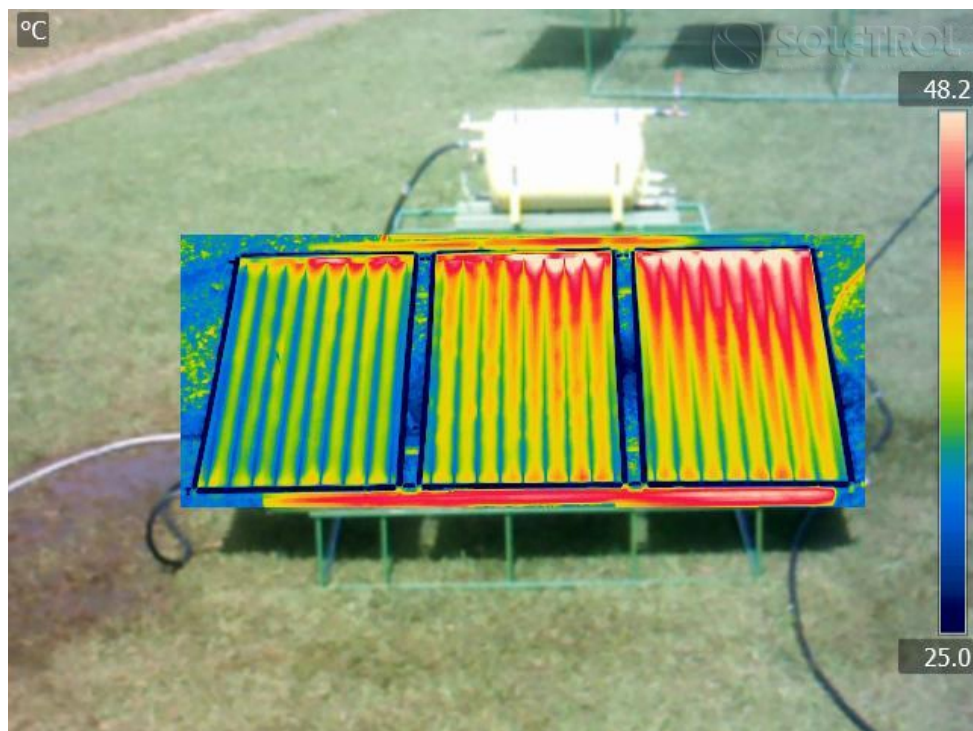


Foto 58 - Imagem infravermelha de coletores operando em circuito aberto

Nessa imagem, os coletores não estão mais conectados ao reservatório térmico. Eles estão operando em um circuito aberto, com fluxo forçado por gravidade. A água sai de uma caixa d'água, passa pelos coletores, entra na parte inferior, e é expelida na parte superior. Aqui estamos ainda com uma ligação em “U”, com entrada e saída do lado direito da imagem. Os coletores estão operando com um fluxo relativamente alto de  $72 \text{ l/h.m}^2$  e pode-se notar claramente a falta de equilíbrio no fluxo.



## Solar: Fluxo Forçado pelos Coletores Solares



Foto 59 - Imagem infravermelha de 5 coletores ligados em Z com fluxo de aproximadamente 54 l/h.m<sup>2</sup>

Em fluxos forçados, o equilíbrio é muito mais difícil de ser obtido. Aqui temos uma ligação em “Z” com 5 coletores, com entrada na parte inferior esquerda e saída na parte superior direita. Como era de se esperar, o fluxo é maior nos coletores das extremidades das baterias. Na foto acima, o fluxo é de aproximadamente 54 l/h.m<sup>2</sup>.

## Solar: Fluxo Forçado pelos Coletores Solares

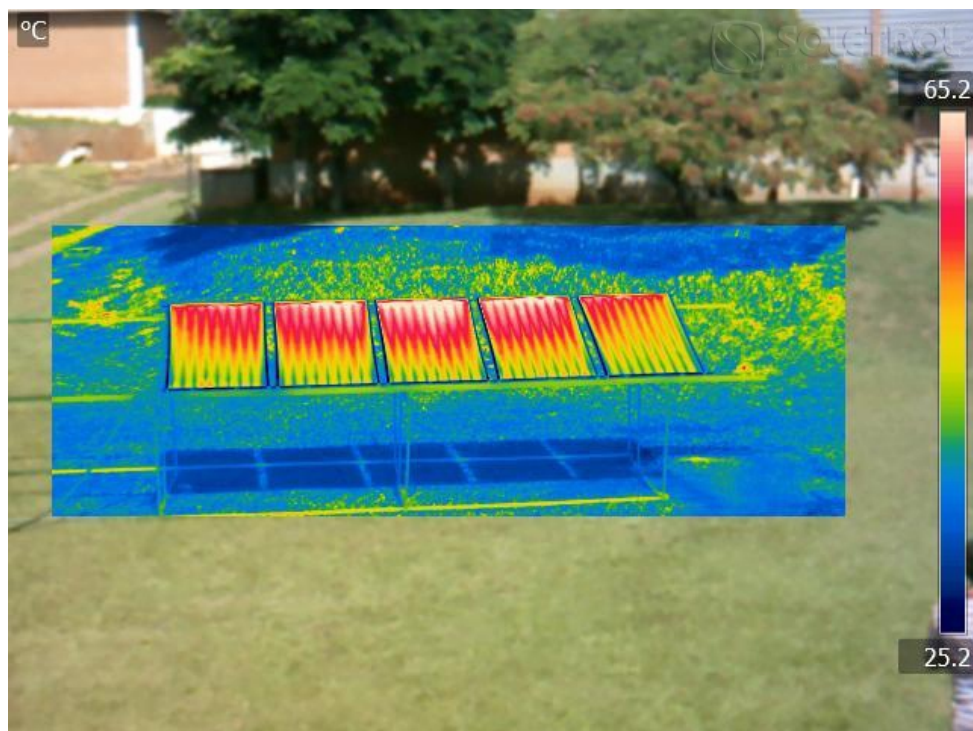


Foto 60 - Imagem infravermelha de 5 coletores ligados em "Z" com fluxo de aproximadamente 17 l/h.m<sup>2</sup>

A imagem acima mostra a mesma instalação da figura 59 anterior, agora operando com fluxo de 17 l/h.m<sup>2</sup>. Apesar das temperaturas mais altas, há uma maior uniformidade que no exemplo anterior.

## Solar: Fluxo Forçado pelos Coletores Solares



Foto 61 - Imagem infravermelha de 5 coletores ligados em “Z” com fluxo de aproximadamente  $106 \text{ l/h.m}^2$

Na figura acima, a bateria de 5 coletores em “Z” opera com um fluxo muito elevado de  $106 \text{ l/h.m}^2$ . A imagem dá a impressão que há até uma inversão de fluxo no centro da bateria, algo que a teoria mostra que é possível de ocorrer e que necessita mais testes para verificação. De uma forma geral, quanto maior o fluxo, maior o grau de desequilíbrio de fluxo. Vale lembrar que nas três figuras anteriores a escala de temperatura da imagem infravermelha é diferente.

## Solar: Fluxo Forçado pelos Coletores Solares



Foto 62 - Imagem infravermelha de 5 coletores ligados em “U” com fluxo de aproximadamente 42 l/h.m<sup>2</sup>

A figura acima mostra os mesmos 5 coletores operando em “U”, com entrada e saída do lado esquerdo da imagem e fluxo de 42 l/h.m<sup>2</sup>.



## Solar: Fluxo Forçado pelos Coletores Solares



Foto 63 - Imagem infravermelha de 10 coletores ligados em “Z” com fluxo de aproximadamente 18 l/h.m<sup>2</sup>

Nessa imagem temos 10 coletores em “Z”, com entrada na parte inferior esquerda e saída na parte superior direita da imagem. A vazão é de 18 l/h.m<sup>2</sup>. Nota-se a mesma tendência da bateria de 5 coletores, com maior fluxo nas extremidades da bateria, mas o desequilíbrio é maior na bateria de 10 coletores.



## Solar: Fluxo Forçado pelos Coletores Solares



Foto 64 - Imagem infravermelha de 10 coletores ligados em “Z” com fluxo de aproximadamente 4,5 l/h.m<sup>2</sup>

Aqui a mesma bateria de 10 coletores operando em “Z” e com uma vazão baixa de 4,5 l/h.m<sup>2</sup>. Uma menor vazão específica leva a uma maior uniformidade de fluxo.

## Solar: Sistema Indireto de Aquecimento



Foto 65 - Imagem infravermelha de sistema indireto

Na foto acima nós podemos observar um sistema de aquecimento indireto usando um trocador de calor externo ao reservatório térmico. Nesse tipo de sistema, um fluido anticongelante passa pelo coletor. O seu calor é, então, transferido para a água pelo trocador de calor. O sistema indireto é muito comum nos países mais frios, como Alemanha e Estados Unidos, quando se deseja proteger os coletores de temperaturas baixas ou também pode ser usado quando a qualidade da água pode apresentar problemas para a tubulação em cobre.

## Solar: Sistema Indireto de Aquecimento

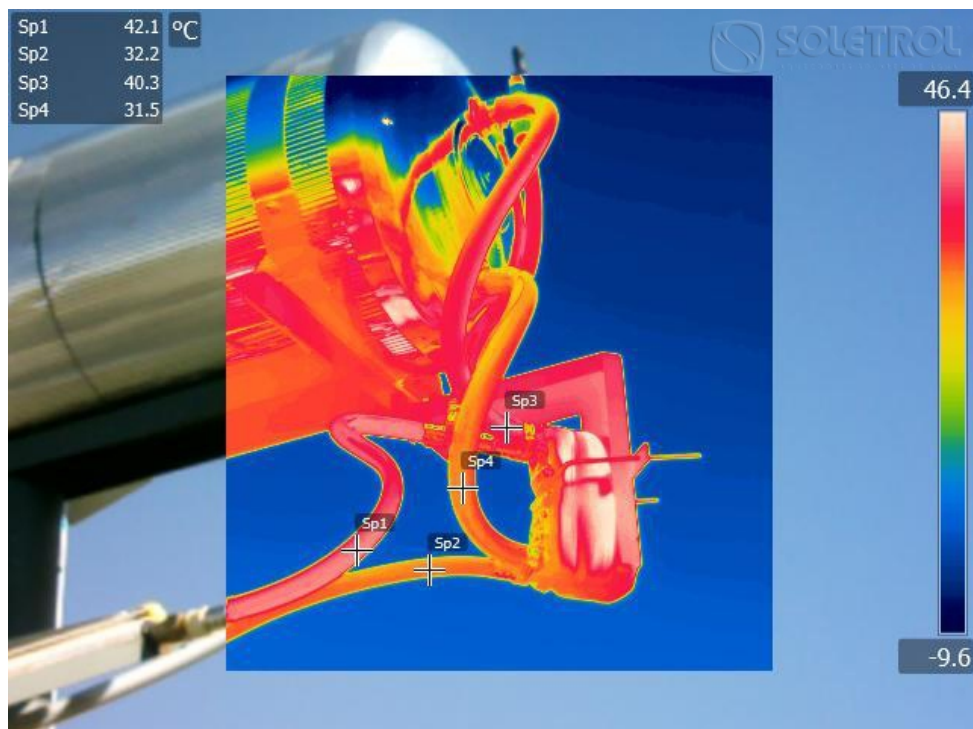


Foto 66 - Imagem infravermelha de sistema indireto em operação

Na imagem acima, vemos o sistema indireto em operação, indicando a solução anticongelante vindo do coletor solar para o trocador de calor a 42,1°C e retornando a 32,2°C. Vê-se também a água saindo do RT a 31,5°C e retornando a 40,3°C. No exemplo acima, ambos os fluxos, da água e da solução anticongelante, ocorrem por termossifão.

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

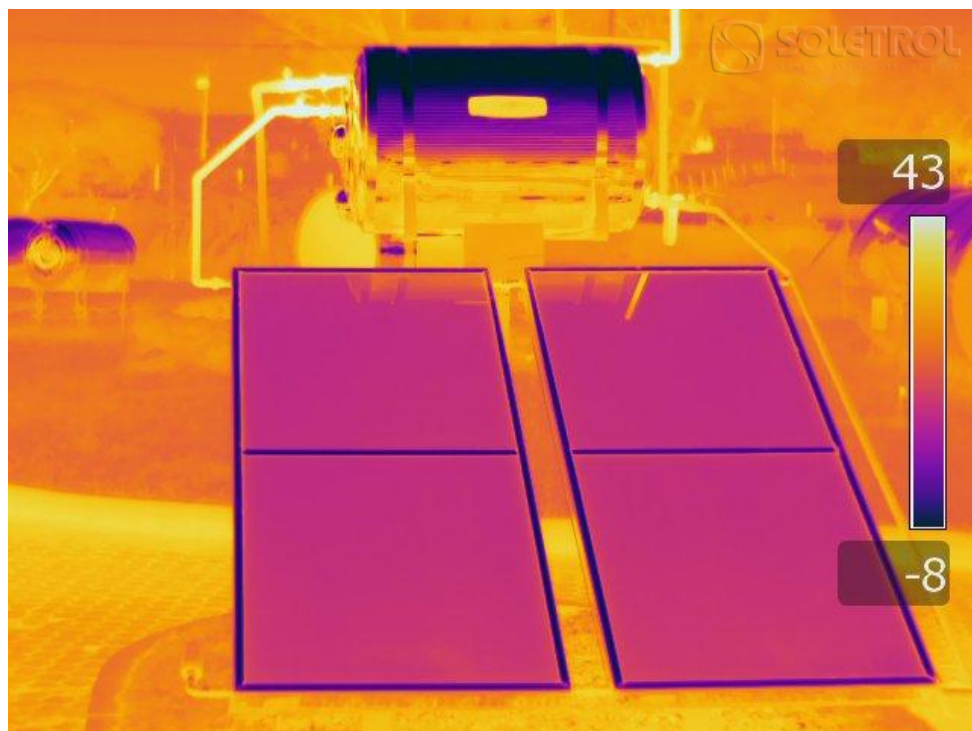


Foto 67 - Imagem infravermelha de sistema termossifão

Nas páginas anteriores nós vimos diversos casos de operação dos sistemas por termossifão. O termossifão é uma forma extremamente robusta e simples de operação dos sistemas. Uma vez instalado corretamente, ele garante anos e anos de operação sem manutenção. Mas alguns detalhes devem ser observados e, algumas vezes, o termossifão também pode agir de forma a prejudicar a operação de um sistema.

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

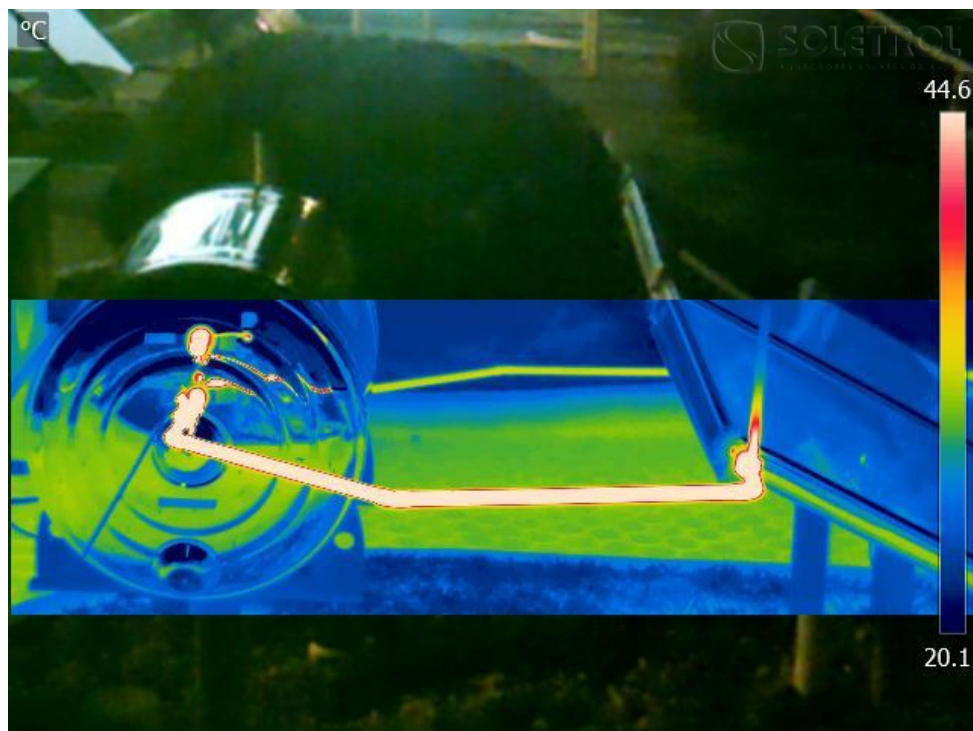


Foto 68 - Imagem infravermelha de termossifão montado para demonstrar o fluxo reverso

No exemplo acima temos um sistema por termossifão onde propositalmente o coletor foi instalado no mesmo nível do reservatório térmico. A imagem, feita no começo da noite, mostra o tubo de ligação entre o coletor e o reservatório térmico aquecido, indicando que naquele momento há fluxo reverso, isto é, o termossifão está agindo para esfriar a água que foi aquecida no decorrer do dia e que se encontrava armazenada no reservatório térmico.



## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

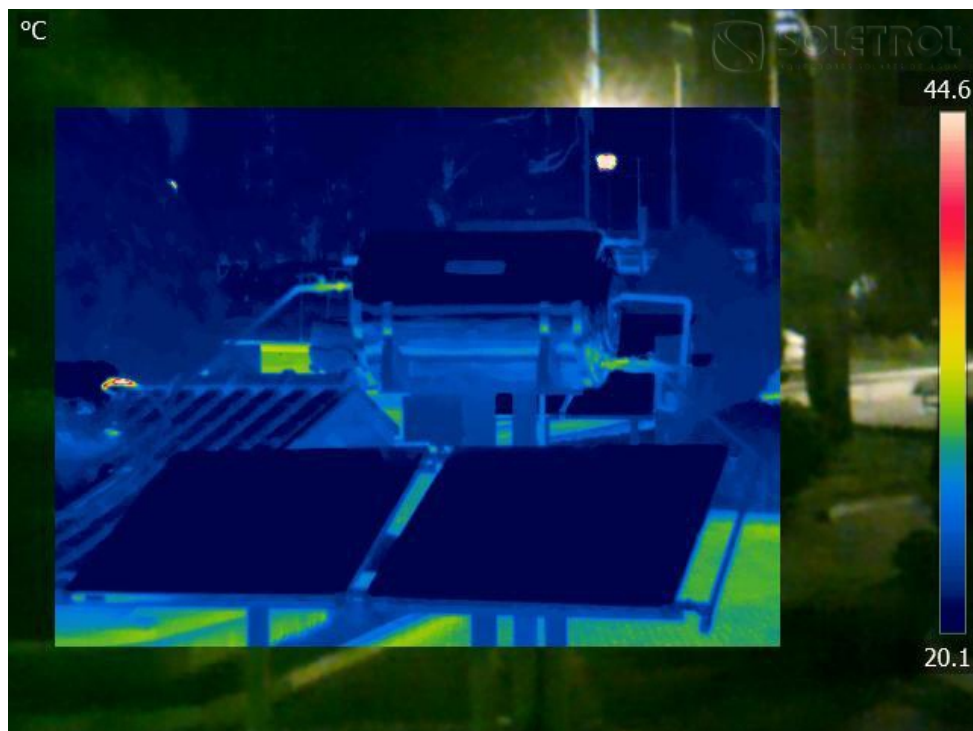


Foto 69 - Imagem infravermelha de sistema instalado em desnível para evitar fluxo reverso

Por causa do problema mostrado na foto anterior, recomenda-se sempre um desnível entre o topo do coletor solar e o reservatório térmico, como na imagem acima, onde não se observa o fluxo reverso.

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

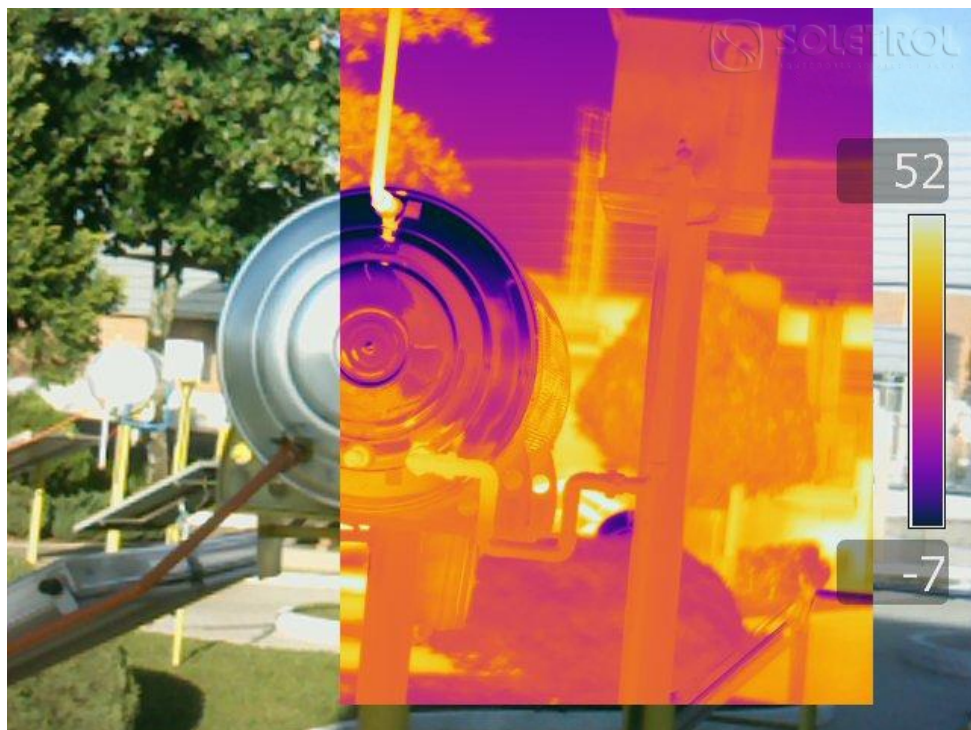


Foto 70 - Imagem infravermelha de tubulação com sifão

Outro aspecto interessante do termossifão é o chamado termossifão tubular. Nesse caso o fluxo ocorre dentro do mesmo tubo. Para evitar seu efeito, recomenda-se o uso de sifões, como o da figura acima, onde o sifão impede o fluxo entre o reservatório térmico e caixa d'água. Nas figuras seguintes podemos observar a operação do mesmo sistema sem tal sifão, primeiro com a válvula esfera fechada na foto 71 e após a sua abertura na foto 72, onde há um aquecimento da tubulação, indicando o fluxo do RT em direção à caixa d'água.

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

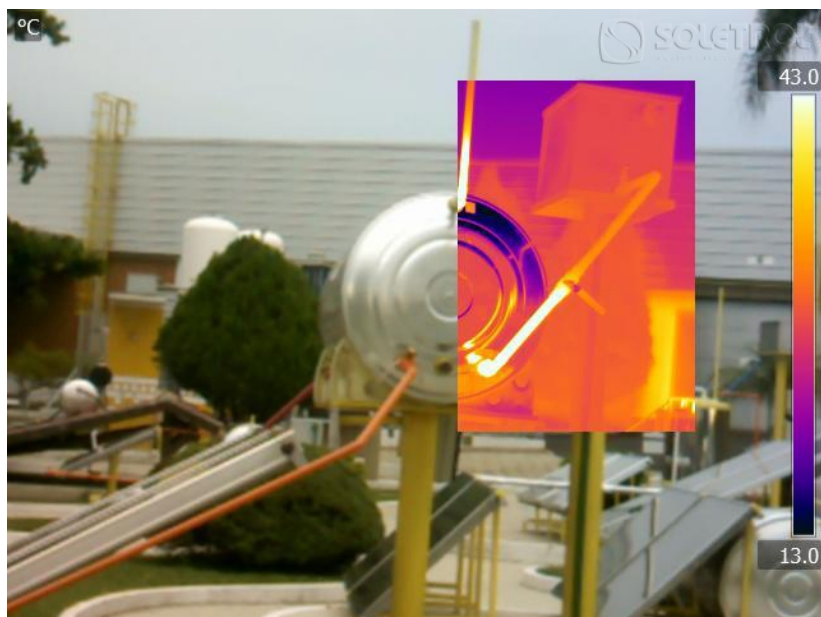


Foto 71 - Imagem infravermelha de tubulação sem sifão com registro fechado

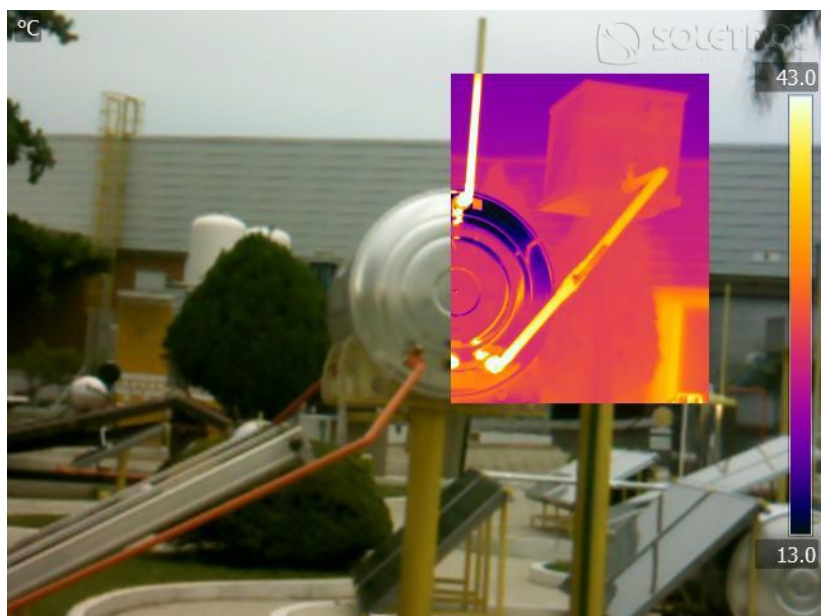


Foto 72 - Imagem infravermelha de tubulação sem sifão com registro aberto

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

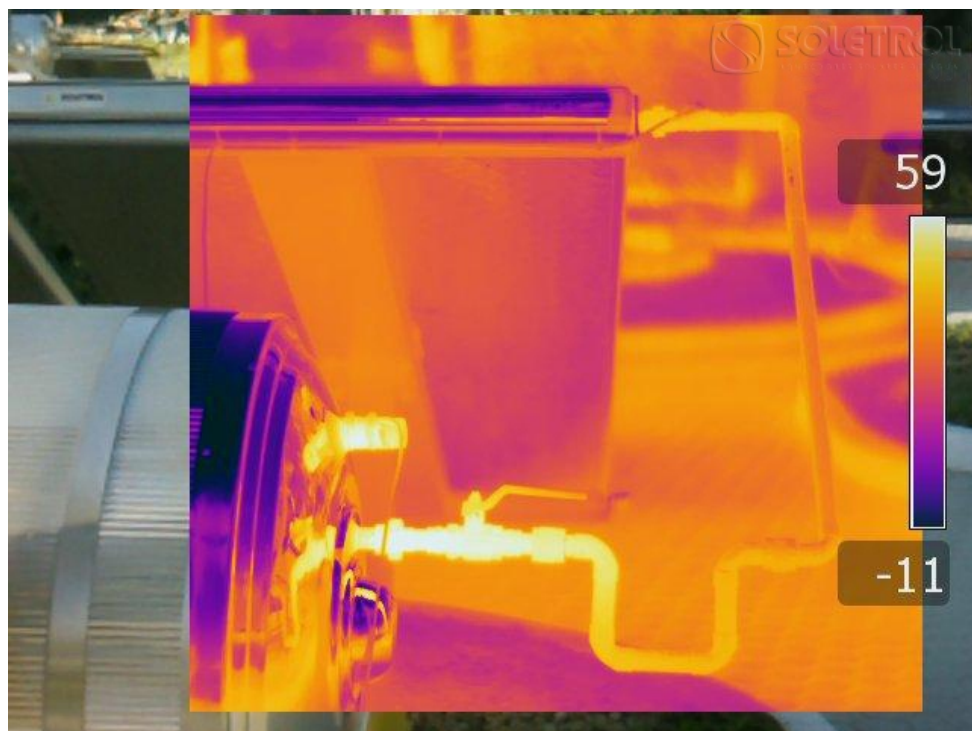


Foto 73 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando com sifão na tubulação

Outro ponto onde o termossifão tubular pode acontecer é na ligação entre o topo do reservatório térmico e a saída do coletor solar em sistemas bombeados. O sensor de operação da bomba fica exatamente nesse ponto, e se não houver um sifão, a água quente flui para o sensor, ocasionando o acionamento da bomba por alguns segundos no meio da noite. Na imagem acima, vemos o sifão impedindo tal fluxo e, nas imagens seguintes de 74 a 78, o mesmo sistema sem o sifão.



## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

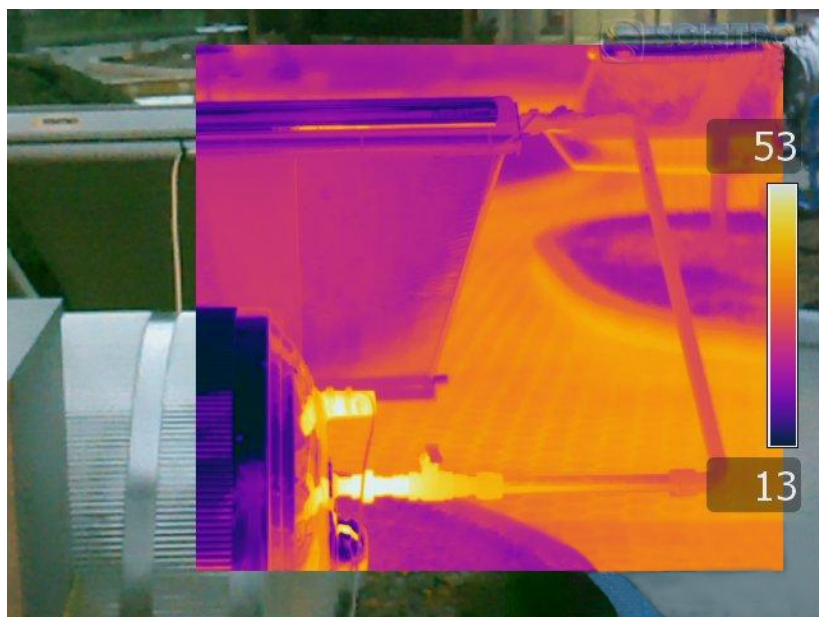


Foto 74 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem sifão na tubulação

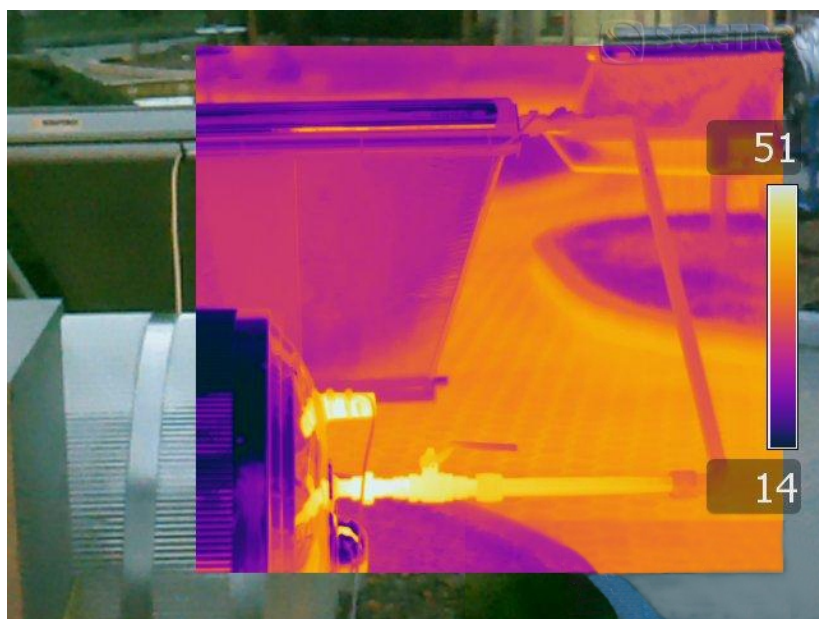


Foto 75 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem sifão na tubulação



## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

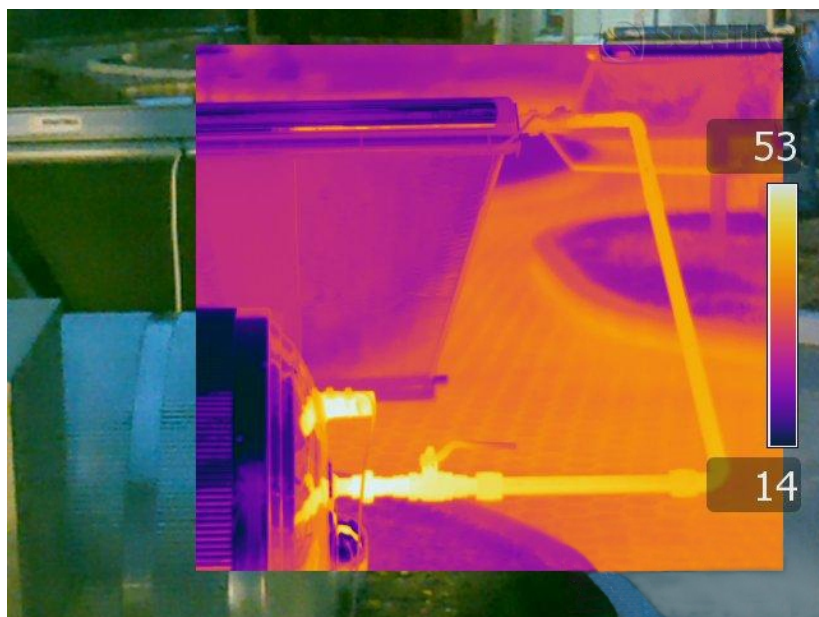


Foto 76 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem sifão na tubulação

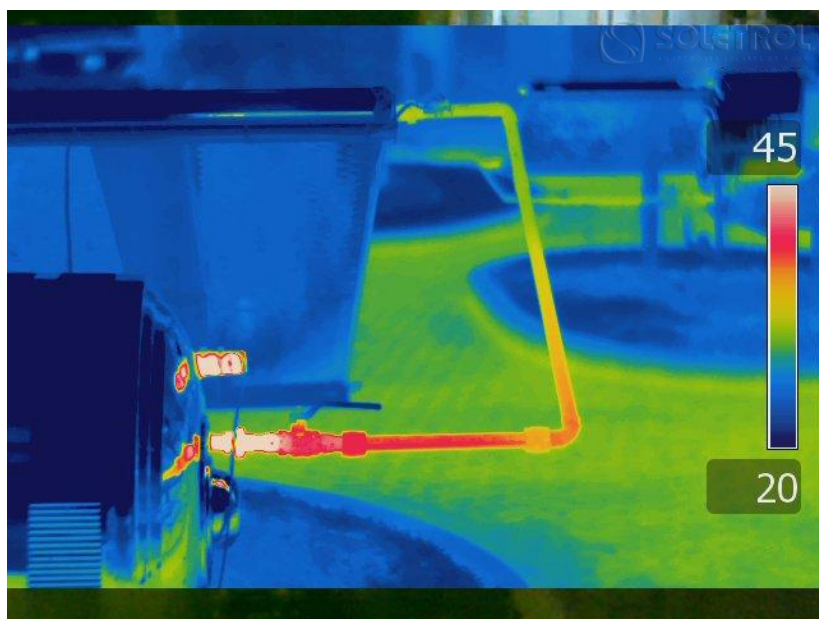


Foto 77 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem sifão na tubulação

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

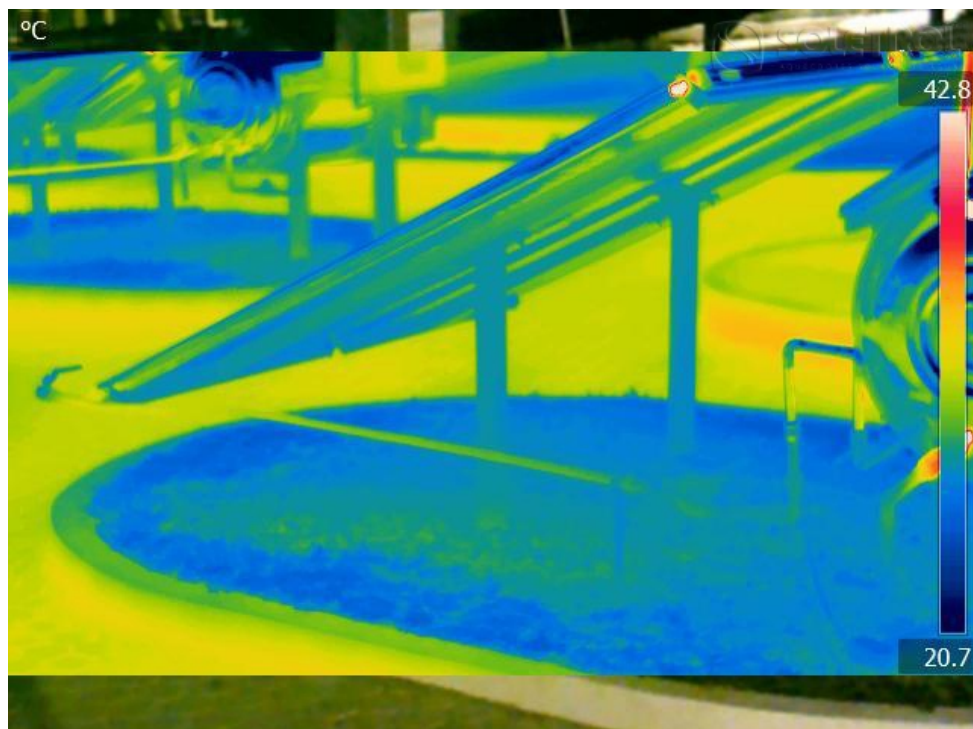


Foto 78 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem sifão na tubulação

O fenômeno do fluxo reverso acontece sempre que os coletores estiverem no mesmo nível ou acima do reservatório térmico. Isso é muito comum em sistemas bombeados, como o da figura acima. Por isso, deve-se instalar sempre uma válvula de retenção no circuito entre o RT e os coletores, de forma a impedir o fluxo reverso.

Nas imagens seguintes, nós vemos a operação noturna de um sistema bombeado onde a válvula de retenção foi proposadamente retirada.

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

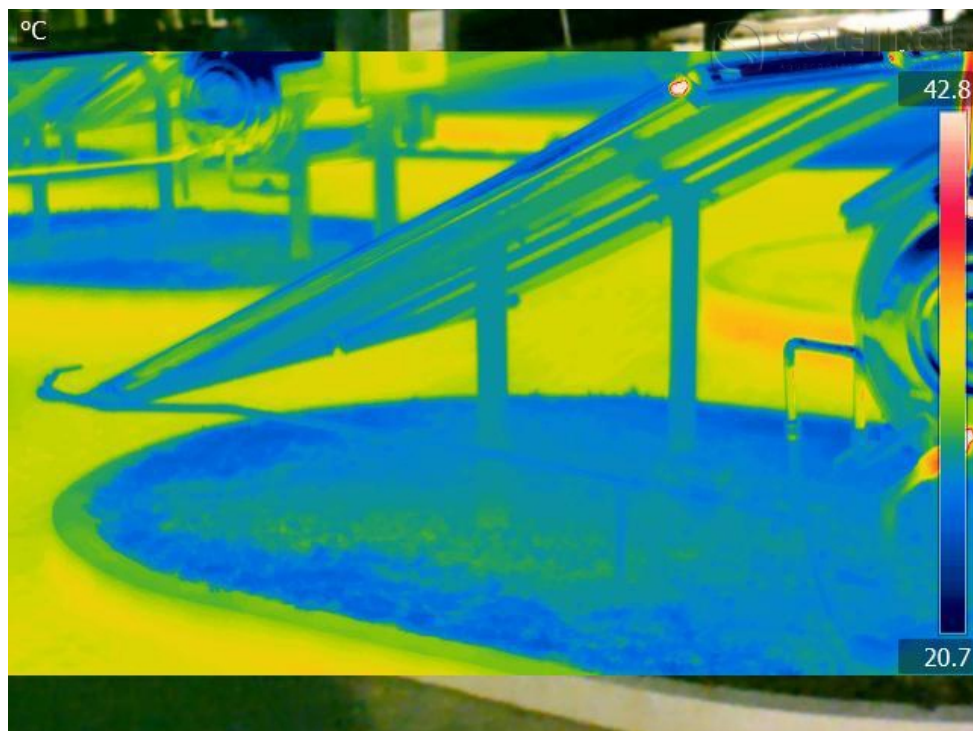


Foto 79 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem válvula de retenção

Podemos observar, então, o gradual aquecimento da tubulação de ligação entre os coletores e o reservatório térmico, “caminhando” na direção dos coletores para o RT. Em uma situação como essa, a maior parte da água aquecida durante o dia seria perdida à noite. Como podemos observar nas imagens de 80 a 87, a bomba não age como empecilho ao fluxo reverso e somente uma válvula de retenção pode fazer essa função.

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

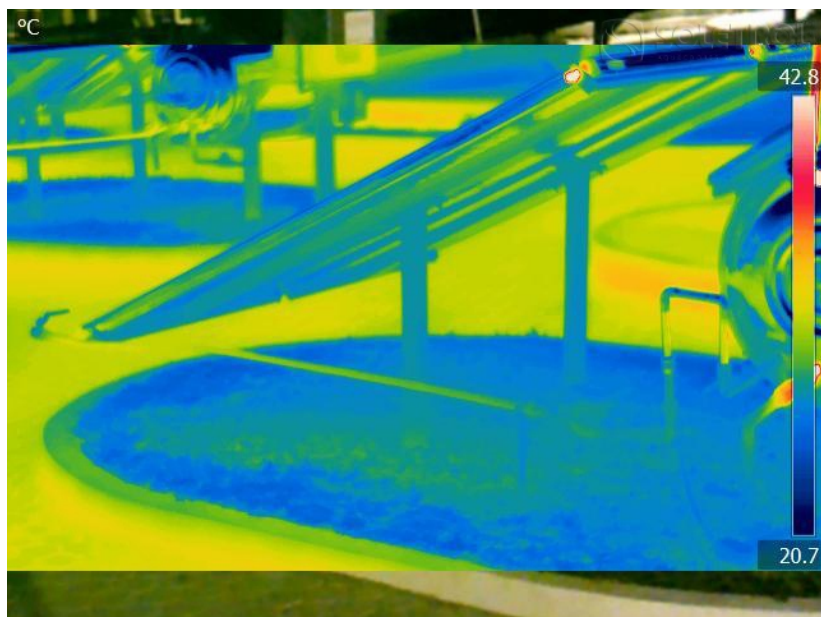


Foto 80 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem válvula de retenção

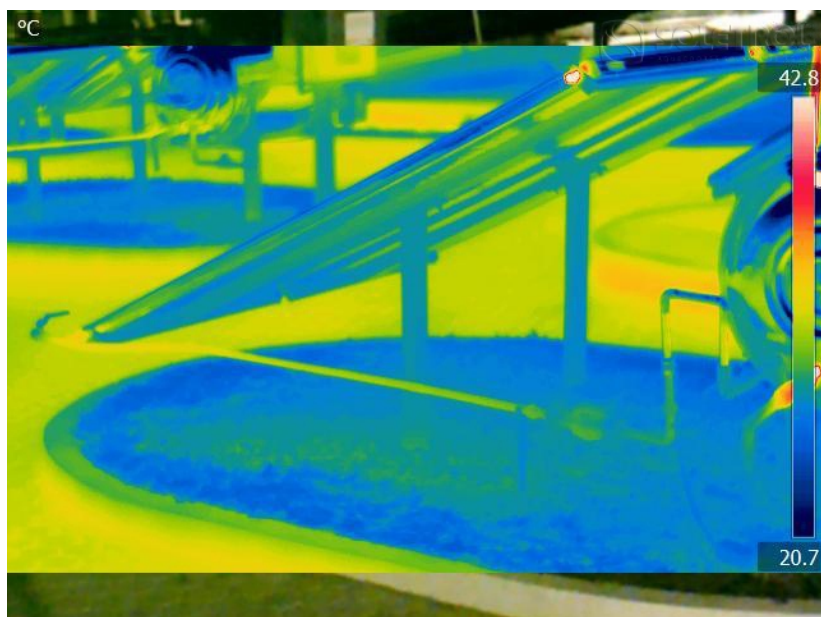


Foto 81 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando com válvula de retenção



## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

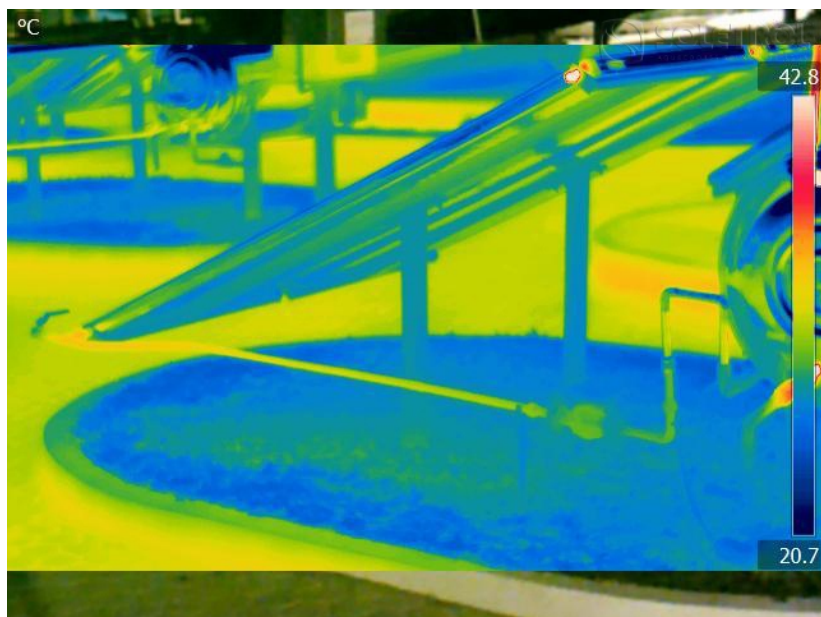


Foto 82 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem válvula de retenção

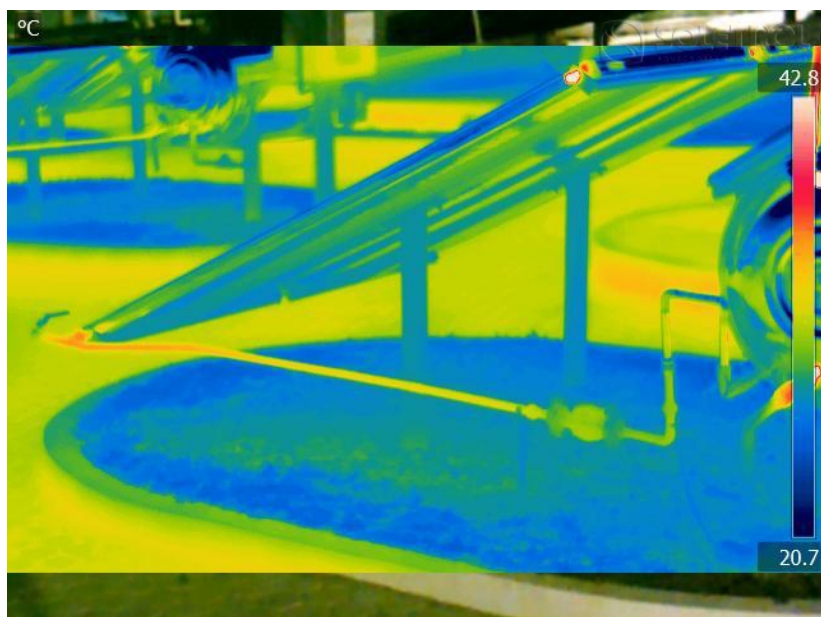


Foto 83 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem válvula de retenção



## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

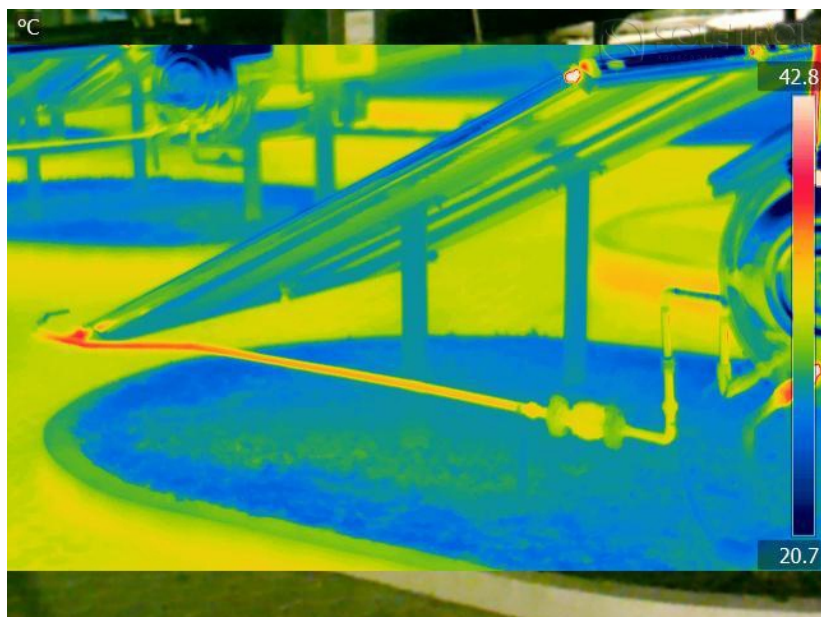


Foto 84 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem válvula de retenção

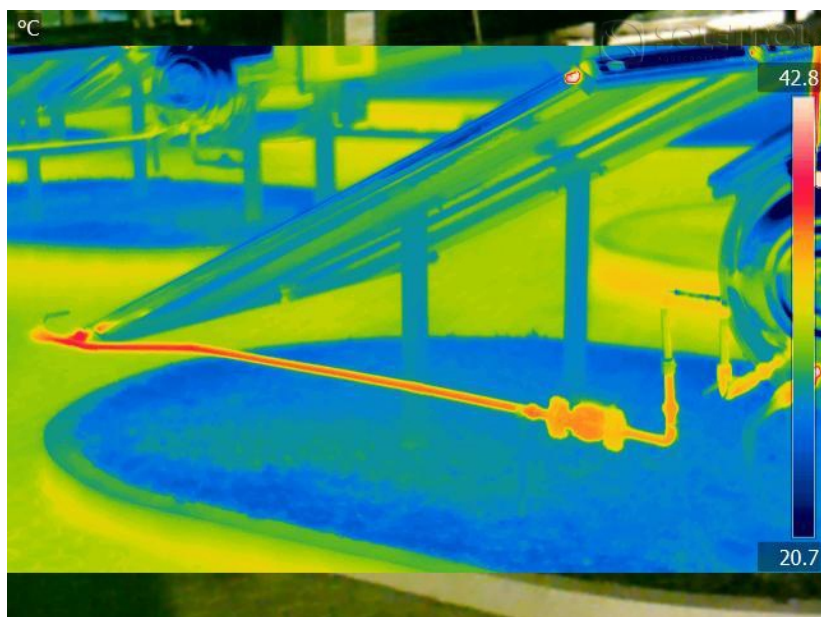


Foto 85 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem válvula de retenção

## Solar: Fluxos Indesejados por Termossifão

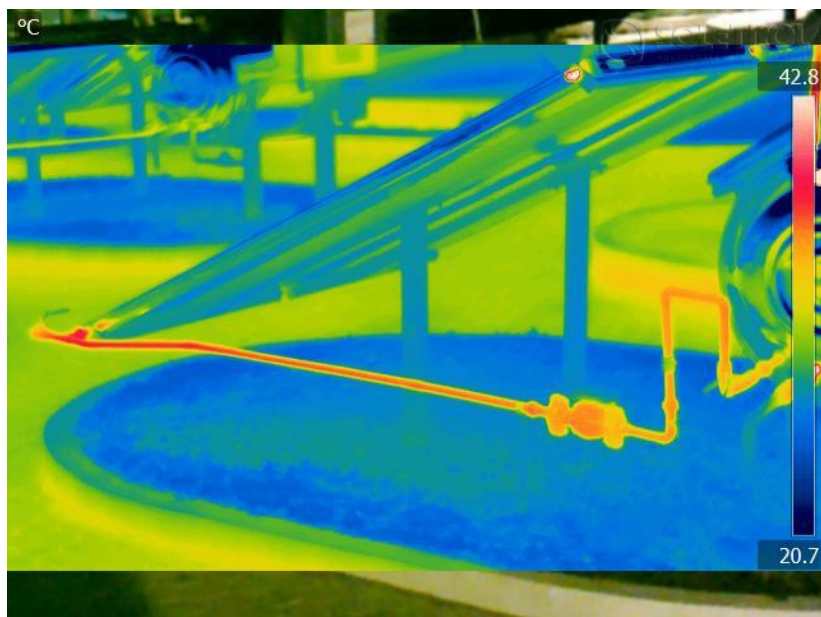


Foto 86 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem válvula de retenção

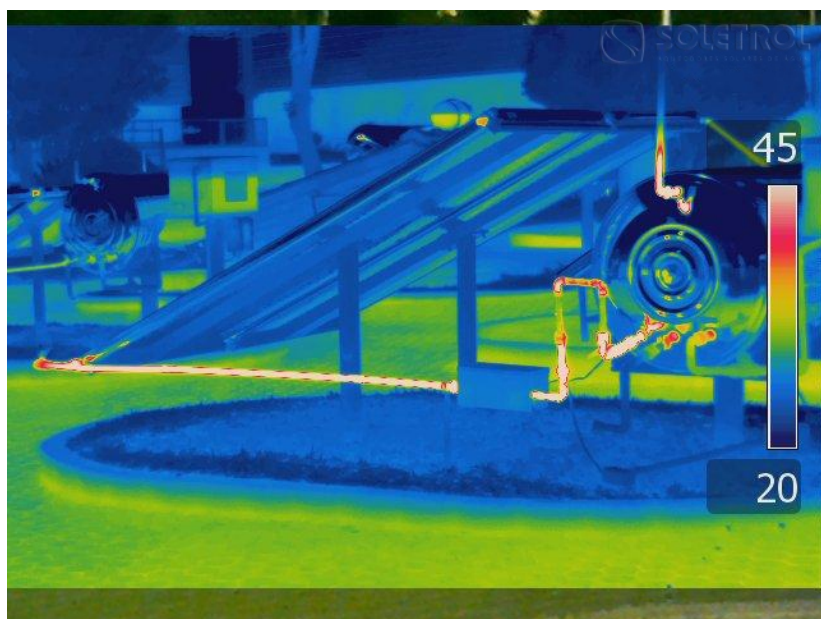


Foto 87 - Imagem infravermelha de sistema bombeado funcionando sem válvula de retenção

## Solar: Perda de Calor em Reservatórios Térmicos



Foto 88 - Imagem comparativa de reservatórios térmicos com espessuras diferentes de isolamento

O isolamento térmico é uma parte essencial na operação de um reservatório térmico. Aqui nós temos dois reservatórios térmicos de mesma capacidade volumétrica e isolamento em poliuretano expandido. O equipamento da esquerda possui o dobro de isolamento térmico que o da direita. Na imagem seguinte podemos observar as temperaturas de superfície externa após um aquecimento da água no interior de cada RT a 55°C. Como era de se esperar, o isolamento duplo possui uma temperatura de superfície mais baixa, um indicador de menores perdas de calor. Ainda assim, o isolamento simples reduz a temperatura de superfície a 28°C, enquanto a água no interior está a 55°C. Vale a pena chamar a atenção para a grande quantidade de calor

## Solar: Perda de Calor em Reservatórios Térmicos

perdida pelos tubos e conexões, como mostra a foto. Muitas vezes essas partes ficam sem isolamento no momento da instalação, levando a perdas de calor elevadas no sistema.

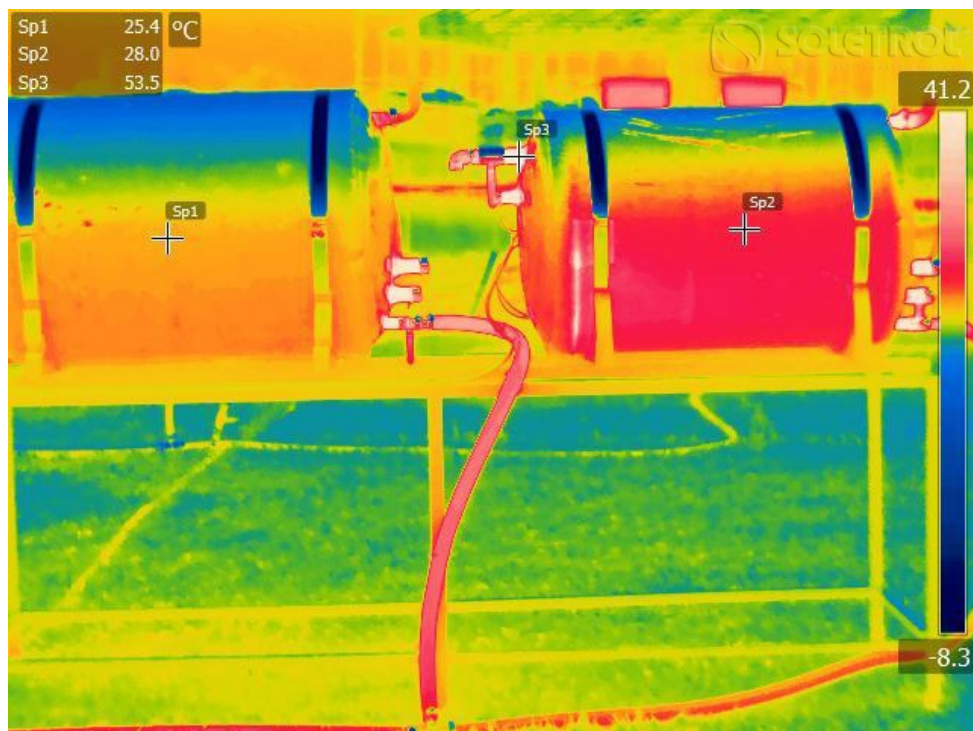


Foto 89 - Imagem infravermelha comparativa de reservatórios térmicos com espessuras diferentes de isolamento



## **Solar: Perda de Calor em Reservatórios Térmicos**

Como pudemos ver neste capítulo em que procuramos introduzir o tema Termografia Solar, as imagens falam por si e conceitos técnicos são comprovados e, muitas vezes, carregam uma ampliação do conhecimento ou, ainda, possibilitam o esclarecimento de dúvidas sobre aspectos do funcionamento dos itens e sistemas.


E, por falar em sistemas, o próximo capítulo trata da termografia na hidráulica de água quente, componente fundamental que se agrega aos sistemas de aquecimento solar e que merece nossa atenção também.








# HIDRÁULICA



**TERMOGRAFIA NA HIDRÁULICA  
DE ÁGUA QUENTE**





## Hidráulica: Perda de Calor em Tubulações

A hidráulica e os acessórios que compõem um sistema de água quente possuem diversas nuances importantes que precisam ser observadas e cuidadas para o sucesso da instalação e o adequado fornecimento da água aquecida e respectiva satisfação dos usuários. Por esse motivo incluímos neste guia este capítulo, de forma a ampliarmos também essa compreensão.

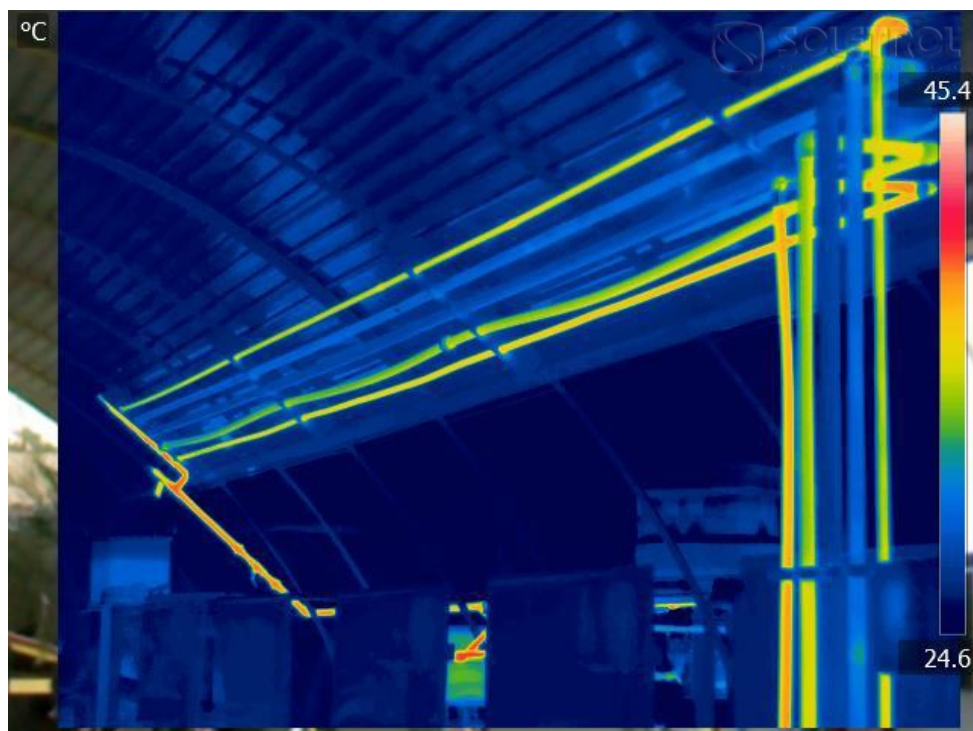


Foto 90 - Imagem infravermelha de vários tubos de diversos materiais com e sem isolamento térmico

A imagem acima mostra vários tubos de diversos materiais com e sem isolamento, todos com fluxo de água na mesma temperatura e bitola nominal de 1". Da direita para a esquerda, nós temos cobre sem isolamento, cobre com 5mm de PE expandido, cobre com 10mm de PE expandido, PPR sem

## Hidráulica: Perda de Calor em Tubulações

isolamento e PEX sem isolamento. Como podemos ver, todas as tubulações sem isolamento apresentam perda de calor significativa. Considerando-se o custo do isolamento térmico, não há justificativa para não isolar os tubos, independente do material usado nas tubulações.

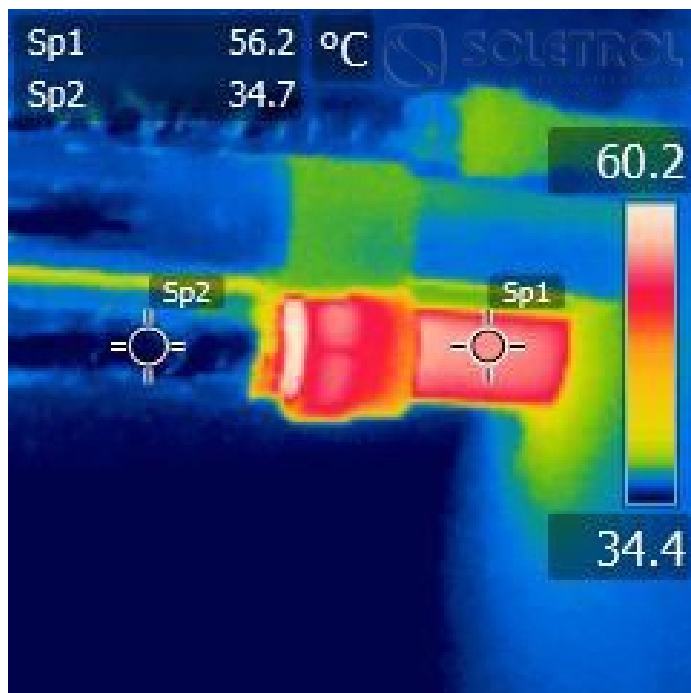


Foto 91 - Imagem infravermelha de tubulação com e sem isolamento térmico

Por falar em perda de calor e isolamento térmico, a imagem acima foi tirada em uma instalação de grande porte, com tubulação de 3". Do lado esquerdo, a tubulação isolada e do lado direito, sem isolamento. Além da perda de calor para o ar, a tubulação sem isolamento também está causando o aquecimento da parede e das tubulações de água fria acima dela. O mais preocupante é pensar que temos visto com frequência prumadas de 3" e 4" sem isolamento térmico algum.



## Hidráulica: Perda de Calor em Tubulações

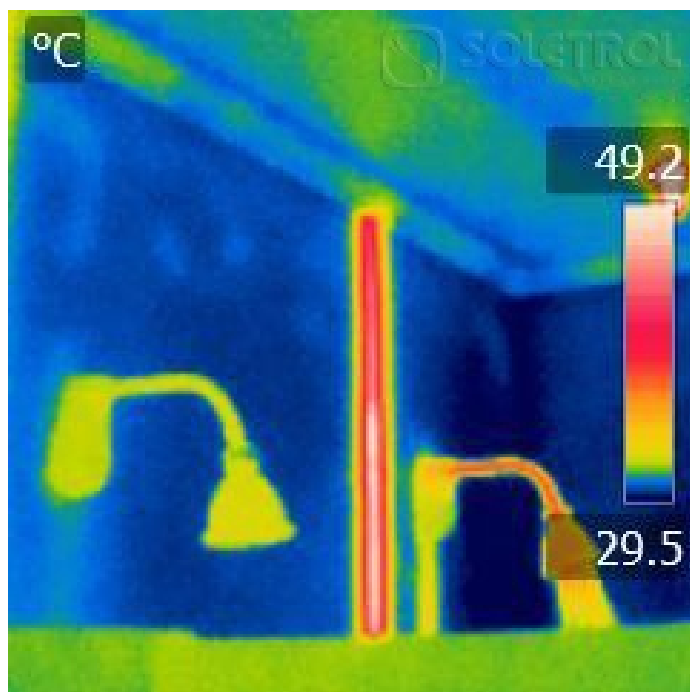


Foto 92 - Imagem infravermelha de tubo sem isolamento embutido na parede

Nesse caso da foto 92 podemos ver com clareza a tubulação embutida na parede, mas sem isolamento, em operação com água quente. Novamente, um desperdício de energia.

## Hidráulica: Operação de Ducha Higiênica com Desequilíbrio de Pressão

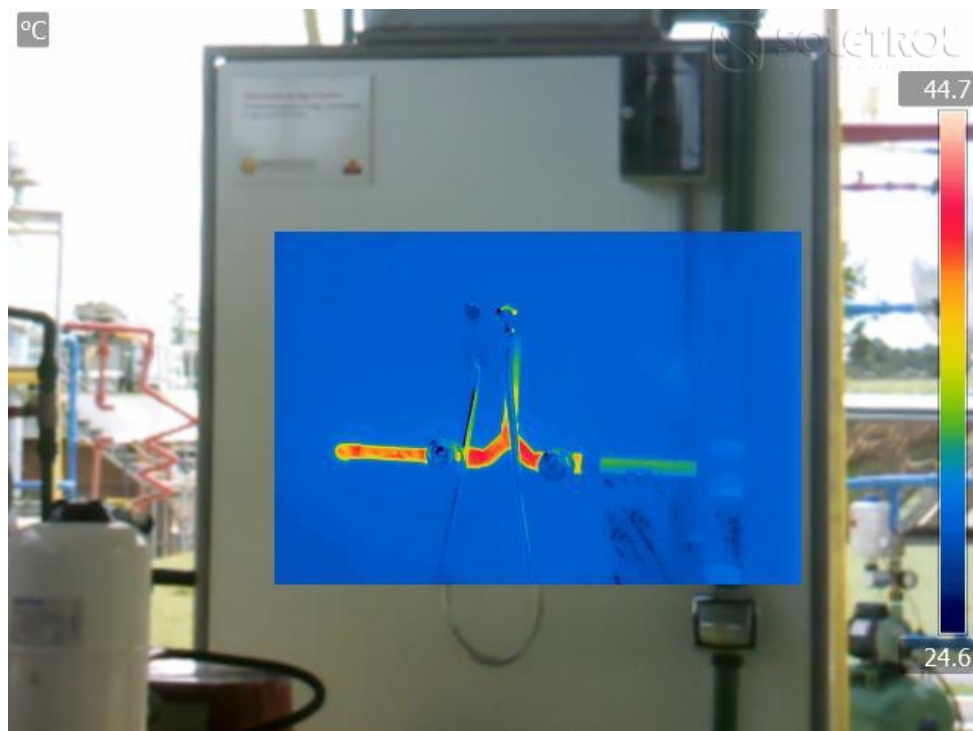


Foto 93 - Imagem infravermelha de ducha higiênica com desequilíbrio de pressão

Aqui nós vemos o problema da operação da ducha higiênica, particularmente em casos onde a pressão da água quente é maior que a pressão da água fria. Com os dois registros de pressão abertos e o gatilho fechado, permite-se a passagem de água quente para a tubulação de água fria. O aquecimento pode causar danos à tubulação de PVC e acaba por alimentar a caixa d'água com água quente por baixo, até que a água extravase por sua parte superior ou por um ladrão, como pode ser observado nas fotos 94 e 95 a seguir.

## Hidráulica: Operação de Ducha Higiênica com Desequilíbrio de Pressão

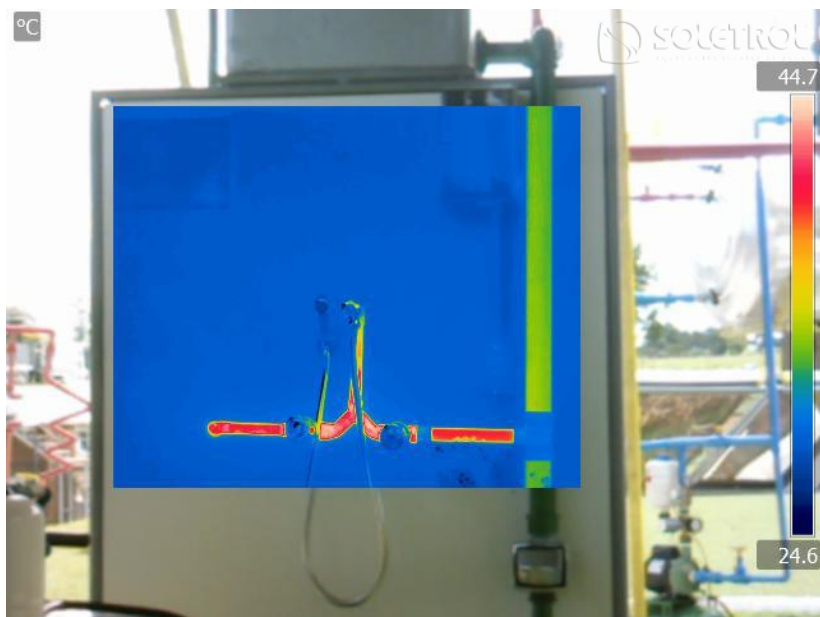


Foto 94 - Imagem infravermelha de ducha higiênica com desequilíbrio de pressão

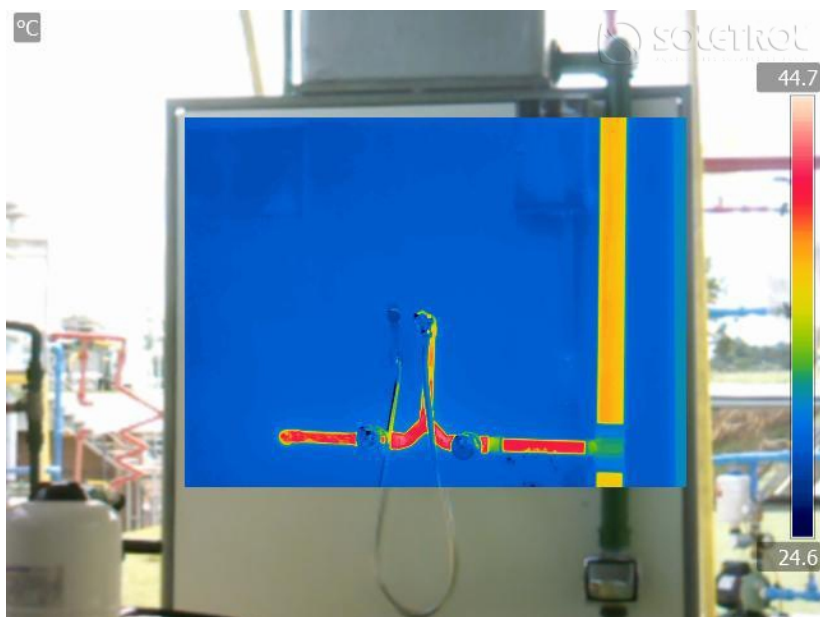


Foto 95 - Imagem infravermelha de ducha higiênica com desequilíbrio de pressão

## Hidráulica: Operação de Ducha Higiênica com Desequilíbrio de Pressão

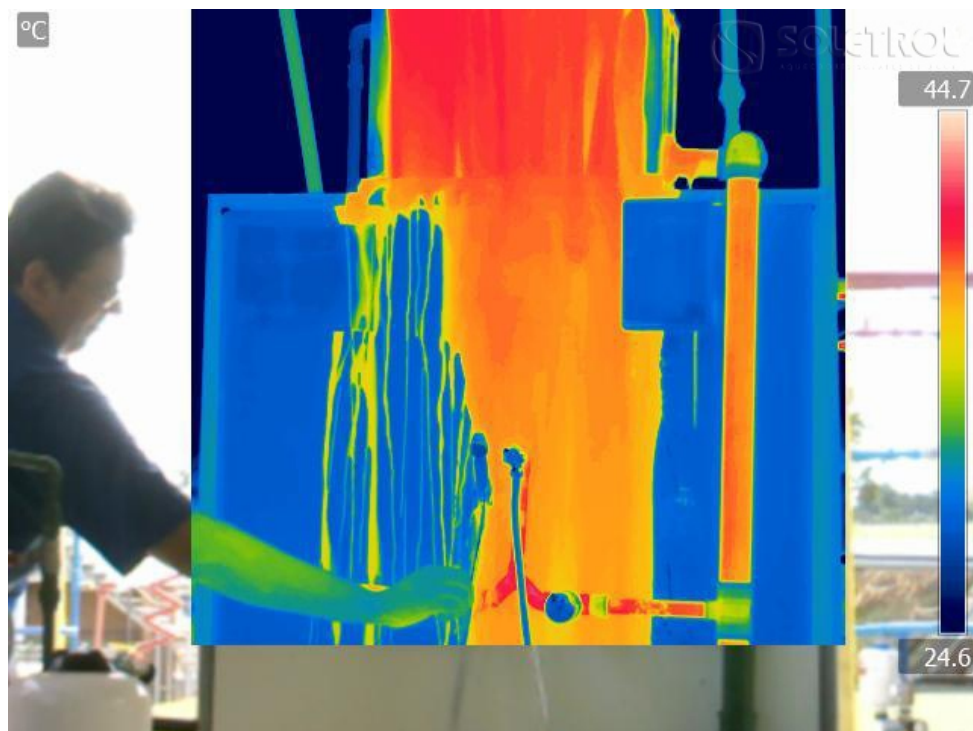


Foto 96 - imagem infravermelha de válvula de descarga instalada equivocadamente

Além desse problema mostrado anteriormente, a instalação acima mostra outro equívoco, que é a instalação da válvula de descarga na mesma prumada da alimentação do ponto de mistura de água quente e água fria. Quando a válvula é acionada, corre-se o risco de queimaduras, pois a água fria “desaparece” da mistura.

## Hidráulica: Operação de Válvulas de 3 Vias Termostática

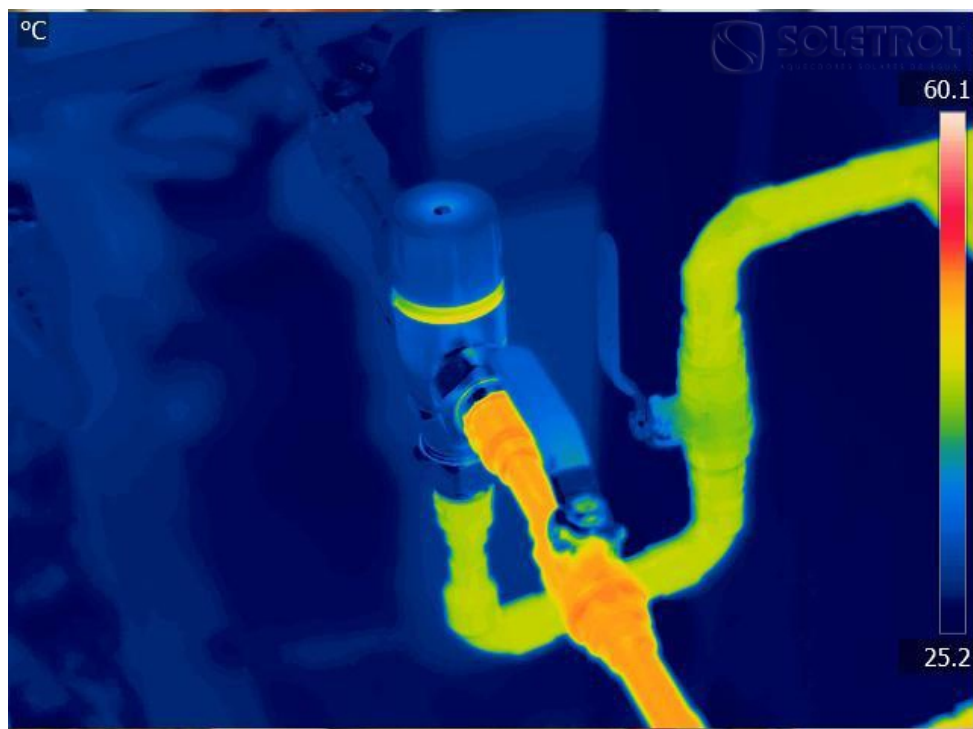


Foto 97 - Imagem infravermelha de válvula termostática de 3 vias

Aqui nós vemos a operação da válvula termostática de 3 vias, recebendo água quente de um lado, água fria do outro e entregando água quente já misturada. Algumas dessas válvulas possuem mecanismos que bloqueiam a água quente em caso de falta de água fria, atuando como importante mecanismo de segurança em sistemas de água quente. Só uma precaução: a maioria dessas válvulas permite a comunicação entre a água quente e água fria e deve-se estudar a necessidade de instalar válvulas de retenção nas suas entradas para evitar o mesmo problema da ducha higiênica.



## Hidráulica: Água Quente em Lavatórios, Duchas e Misturadores

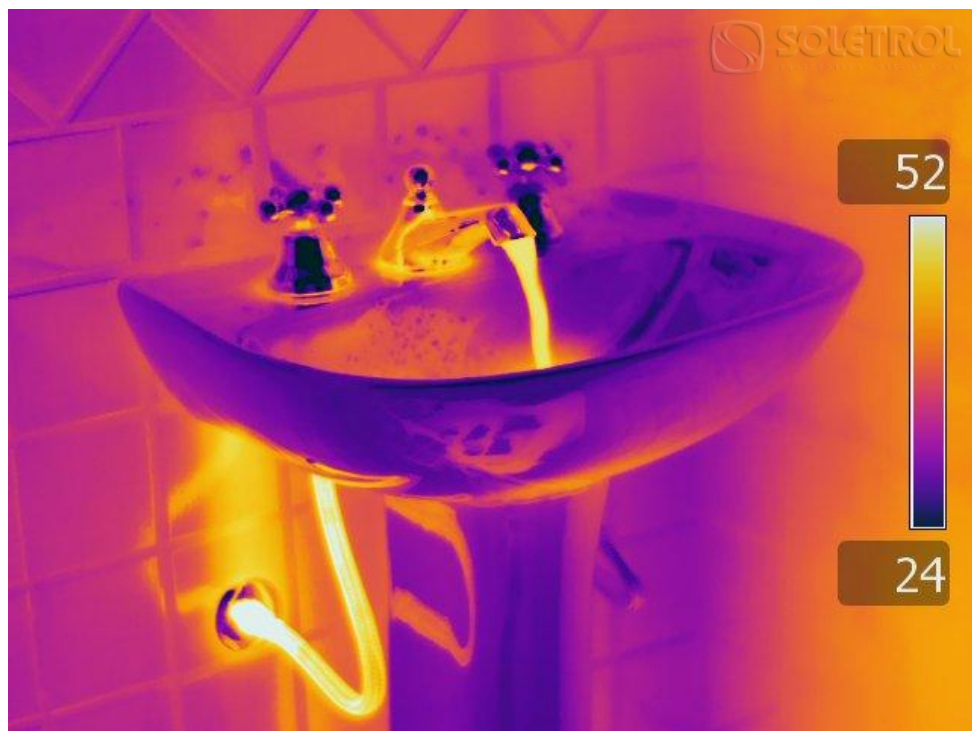


Foto 98 - Imagem infravermelha de lavatório com água quente

Aqui vemos a operação de um lavatório com água quente. Em alguns países é obrigatório a instalação de uma proteção na tubulação flexível para evitar acidentes com cadeirantes. Nas imagens 99 e 100 seguintes, observe uma ducha e um tê misturador em operação.

## Hidráulica: Água Quente em Lavatórios, Duchas e Misturadores

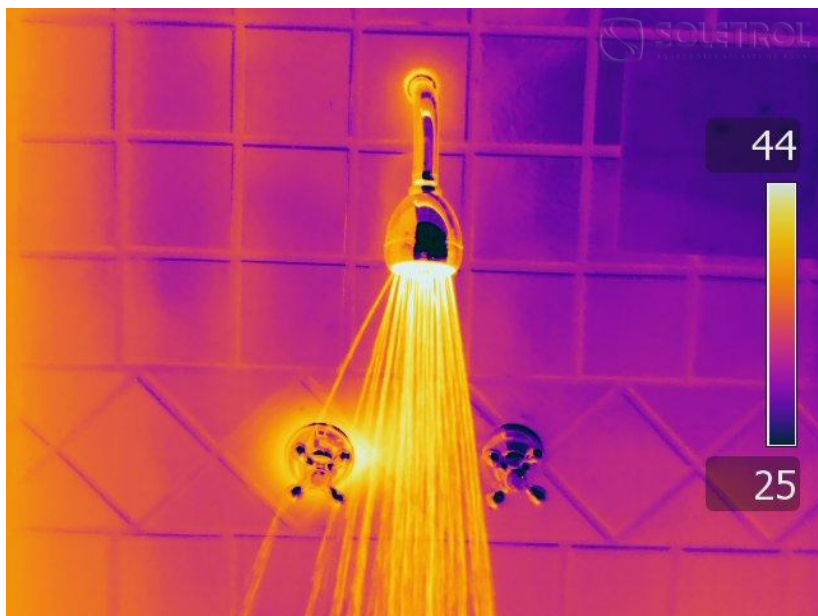


Foto 99 - Imagem infravermelha de ducha com água quente

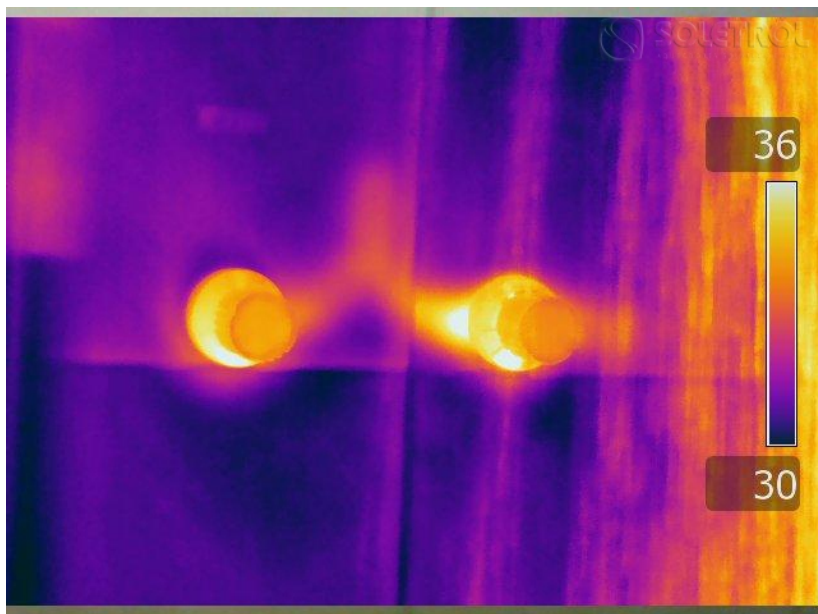


Foto 100 - Imagem infravermelha de um tê misturador com água quente

## Hidráulica: Anel de Recirculação



Foto 101 - Imagem infravermelha de anel de recirculação de barrilete sem circulação

A imagem acima exemplifica um anel de recirculação de barrilete, com uma motobomba e sensor instalados na tubulação de retorno ao reservatório térmico. A bomba pode ser acionada por termostato, por fluxostato e/ou por um programador horário. Ela garante que a água quente esteja disponível rapidamente ao manter a água quente próxima aos pontos de consumo, como podemos ver na próxima figura (102), com o sistema em operação.

## Hidráulica: Anel de Recirculação



Foto 102 - Imagem infravermelha de anel de recirculação de barrilete em operação

O capítulo sobre hidráulica apresentado demonstra o quão importante é o aprofundamento de estudos termográficos nessa área.

A hidráulica correta e adequadamente dimensionada é responsável por grande parte do sucesso de qualquer sistema de aquecimento. E para concluirmos os temas aqui apresentados, nosso próximo capítulo trata de sistemas auxiliares ao aquecimento solar e instalações elétricas, necessários ao atendimento completo no fornecimento de água quente de um sistema de aquecimento solar.







# SISTEMAS AUXILIARES



**AQUECIMENTO AUXILIAR  
E LIGAÇÕES ELÉTRICAS**





## Sistemas Auxiliares: Aquecimento Auxiliar e Ligações Elétricas

Todo aquecedor solar precisa de um adequado sistema auxiliar de aquecimento para garantir o fornecimento de água quente em dias de insolação insuficiente, como dias de chuva, por exemplo. Com isso, os sistemas auxiliares associados aos acessórios elétricos que podem estar presentes em um sistema solar também tem importância e precisam estar dimensionados corretamente, assim como devidamente instalados. As informações a seguir objetivam esclarecer um pouco sobre o assunto através da termografia.

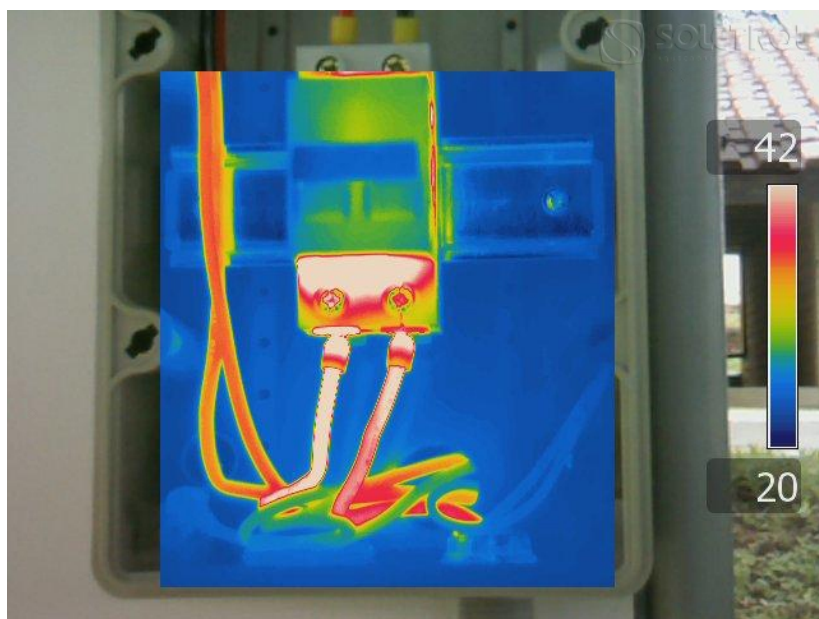


Foto 103 - Imagem infravermelha mostrando mal contato no conector do disjuntor

A corrente elétrica sempre leva ao aquecimento dos componentes e cabos da instalação elétrica. Esse efeito é ampliado quando há um problema de contato, como na foto acima, onde o contato do lado esquerdo do disjuntor está solto, causando mais aquecimento, não somente na região do contato, mas também no cabo conectado a ele. Na sequência, nas fotos de 104 a 107, vemos o mesmo efeito causado por mau contato em um conector.

## Sistemas Auxiliares: Aquecimento Auxiliar e Ligações Elétricas

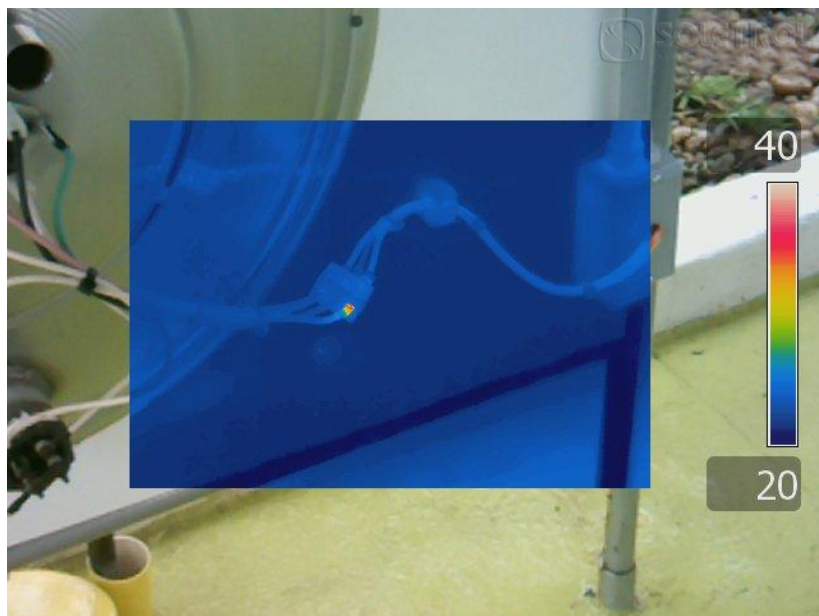


Foto 104 - Imagem infravermelha mostrando mal contato em conexão elétrica

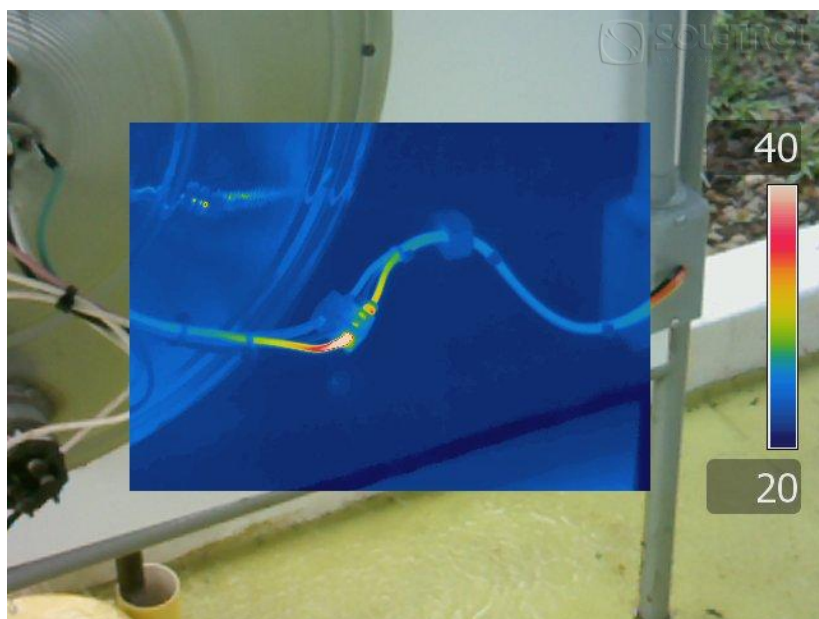


Foto 105 - Imagem infravermelha mostrando mal contato em conexão elétrica

## Sistemas Auxiliares: Aquecimento Auxiliar e Ligações Elétricas

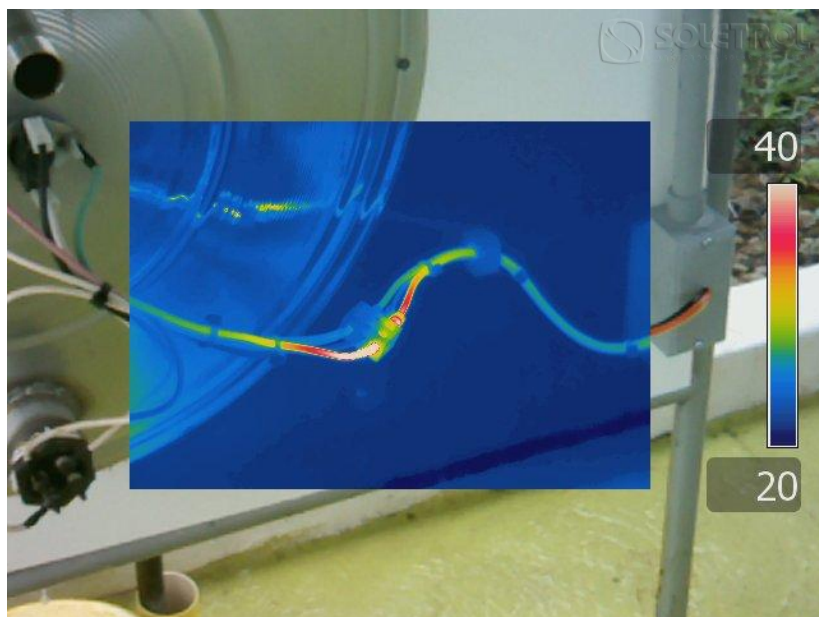


Foto 106 - Imagem infravermelha mostrando mal contato em conexão elétrica

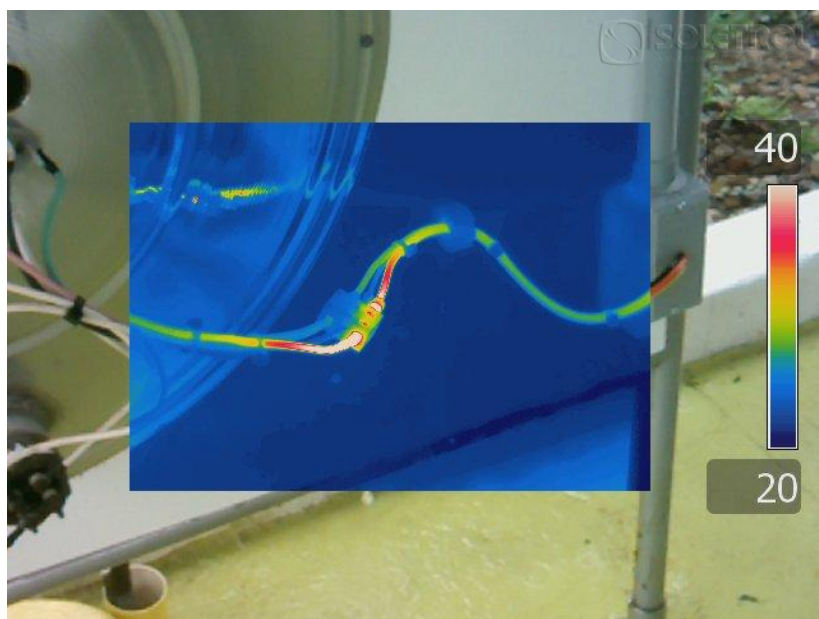


Foto 107 - Imagem infravermelha mostrando mal contato em conexão elétrica



## Sistemas Auxiliares: Aquecimento Auxiliar e Ligações Elétricas



Foto 108 - Imagem infravermelha de chuveiro com mal contato no conector

Aqui vemos um chuveiro elétrico em operação. No caso acima, com um problema de contato no conector, causando sobre-aquecimento no conector e fiação logo após o seu acionamento. Na sequência, na foto 109, outro chuveiro elétrico em operação com sua resistência elétrica, e na foto 110, um chuveiro desligado funcionando com água pré-aquecida por um aquecedor solar.

## Sistemas Auxiliares: Aquecimento Auxiliar e Ligações Elétricas



Foto 109 - - Imagem infravermelha de chuveiro com mal contato no conector



Foto 110 - Imagem infravermelha de chuveiro desligado usando água do aquecedor solar

## Sistemas Auxiliares: Aquecimento Auxiliar e Ligações Elétricas

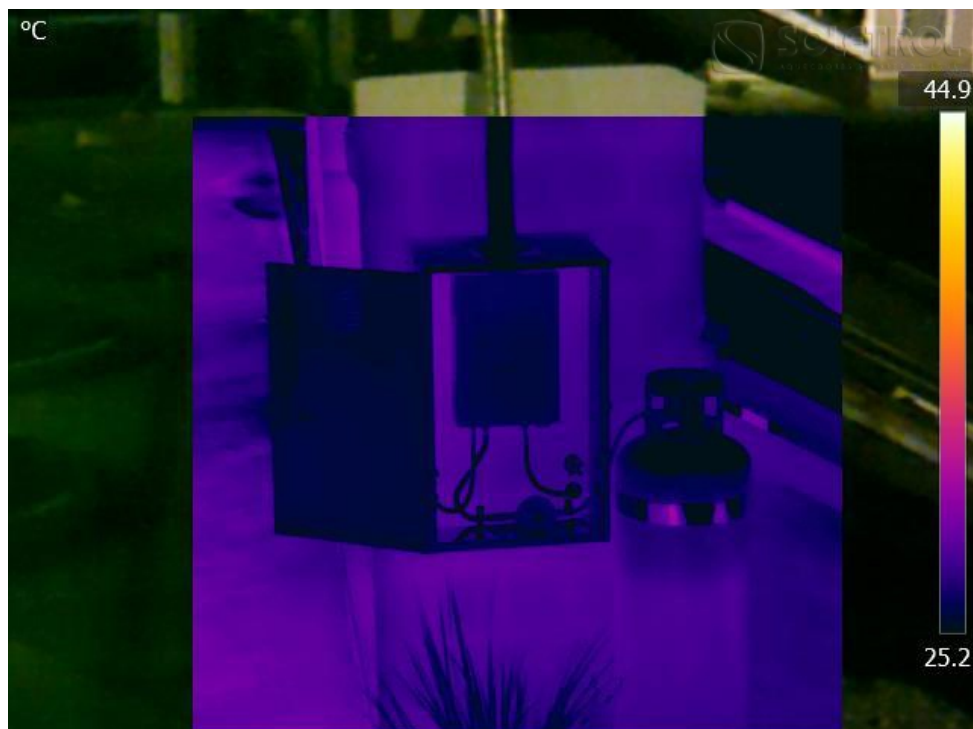


Foto 111 - Imagem infravermelha de aquecedor a gás

Em alguns casos, como na foto acima e próximas duas, os aquecedores de passagem a gás são utilizados como aquecimento auxiliar de um sistema de aquecimento solar. Quando isso é feito conjugado ao reservatório térmico, o controle é simplificado, e basta que o aquecedor a gás seja compatível com água quente na sua entrada. De qualquer forma, é bom otimizar o controle, evitando um liga-desliga constante do equipamento a gás, o que aumenta de forma significativa as suas perdas, pois todo o corpo do aquecedor tem de ser aquecido a cada vez que ele é acionado.

## Sistemas Auxiliares: Aquecimento Auxiliar e Ligações Elétricas

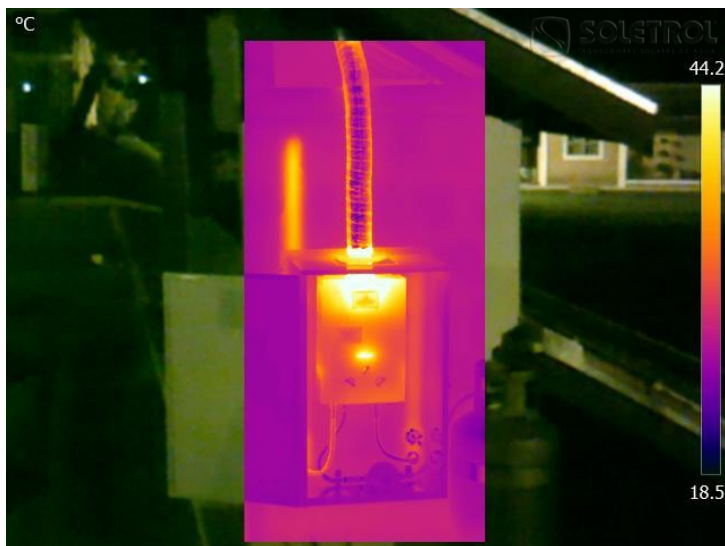


Foto 112 - Imagem infravermelha de aquecedor a gás em funcionamento



Foto 113 - Imagem infravermelha de aquecedor a gás em funcionamento

Muitos outros estudos sobre sistemas auxiliares e ligações elétricas ainda precisam ser feitos, sendo que os itens apresentados já possibilitam uma noção sobre este assunto.

## Autores

### Lúcio César de Souza Mesquita



*Lúcio César de  
Souza Mesquita*

Diretor-Presidente da Thermosol Consulting, Lúcio Mesquita formou-se em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais e recebeu o título de Ph.D. também em Engenharia Mecânica pela Queen's University (Canadá) na área de condicionamento de ar solar. Projetista e consultor em energia solar térmica, Lúcio tem 20 anos de experiência na área, com projetos no Brasil, Estados Unidos e Canadá, incluindo projetos de médio e grande porte para edifícios residenciais, hotéis, hospitais, estabelecimentos de ensino e indústrias. Como consultor, atua em projetos de P&D junto à CEMIG/UNA na área de ar-condicionado solar e do programa de treinamento “Energia Solar na TV”. Já atuou como consultor de dezenas de empresas e organismos como Departamento de Aquecimento Solar da ABRAVA, governo canadense (Natural Resources Canadá), Prefeitura de Toronto, Enerworks, DuPont, Acesita, ALCAN, Prefeitura de Belo Horizonte, WINROCK Foundation, 7AC Technologies, VALE SA, Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e SOLETROL. Além de consultor e projetista, Lúcio é também diretor técnico da Universidade do Sol.



## Autores

### **Luís Augusto Ferrari Mazzon**

Administrador de Empresas; Inventor e titular de patentes; escritor; fundador e diretor presidente da Soletrol Aquecedores Solares de Água desde 1.981; fundador e presidente do Conselho da Fundação Augusto Mazzon - Universidade do Sol; foi vice presidente de marketing da ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento; foi presidente por duas gestões do Dasol - Departamento Nacional de Aquecimento Solar da ABRAVA, estando na diretoria



*Luís Augusto  
Ferrari Mazzon*

desde a sua fundação em 1.992 e ocupando diversas vice presidências; foi vice presidente do Procobre - Instituto Brasileiro do Cobre; autor do livro “Técnicas para vender mais e melhor aquecedores solares de água”; co-autor do livro "100 Dicas Técnicas em Aquecimento Solar"; idealizador do programa ESNTV - Energia Solar na TV e do site de ensino à distância [www.esntv.com.br](http://www.esntv.com.br).

É reconhecido no setor de aquecimento solar por suas diversas contribuições estratégicas que tem possibilitado constantes mudanças de patamar desse segmento.







0800 11 22 74

Rodovia Marechal Rondon, KM 274 - CEP 18650-000

São Manuel - SP

[www.soletrol.com.br](http://www.soletrol.com.br)