

APOLLO CHILL

Aluno: Alexandre Boni (alexandre_boni@hotmail.com), Guilherme Cardoso (gbarocardoso@hotmail.com),
 Guilherme Baraldi (guilhermebara@gmail.com), Kevin Liu (suliukevin@gmail.com),
 Leonardo Konishi (leonardo.ekonishi@gmail.com), Matheus Medeiros (matheus.scabin@gmail.com),
 Rafael Alba (rafael.alba98@gmail.com), Victor Campana (campanacamps@hotmail.com)
Orientador: Francisco Lameiras Jr. (flameiras@fei.edu.br)

OBJETIVO

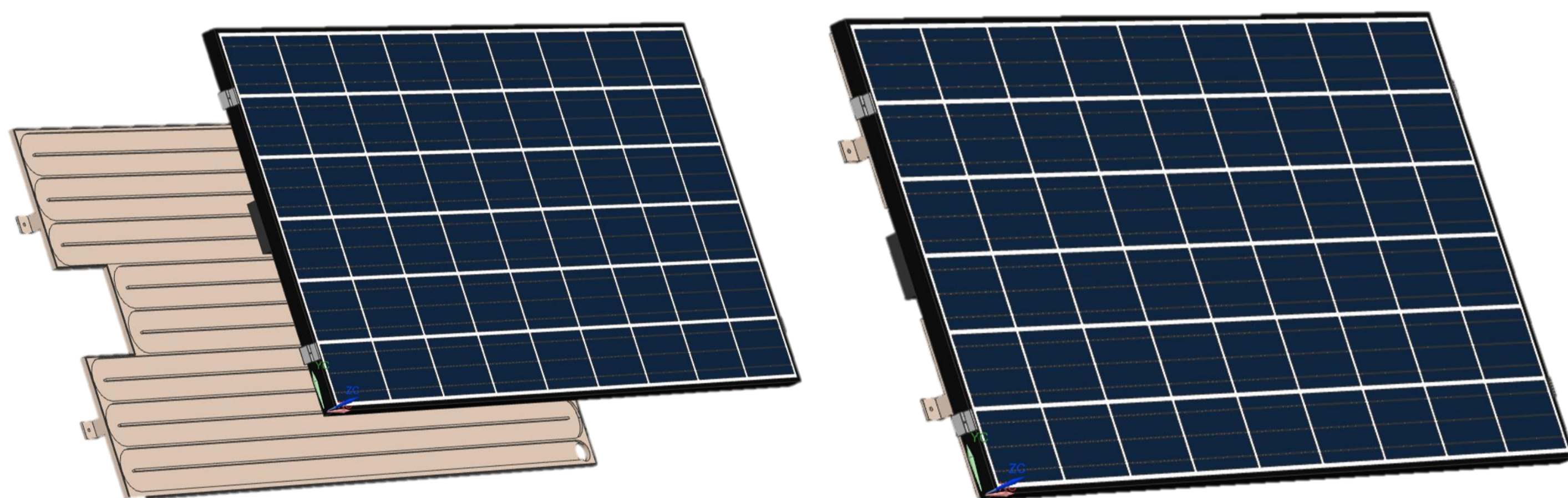
O projeto APOLLO CHILL busca gerar maior eficiência na produção centralizada de energia elétrica fotovoltaica através da elaboração de um sistema de refrigeração acoplado às placas solares.

MOTIVAÇÃO

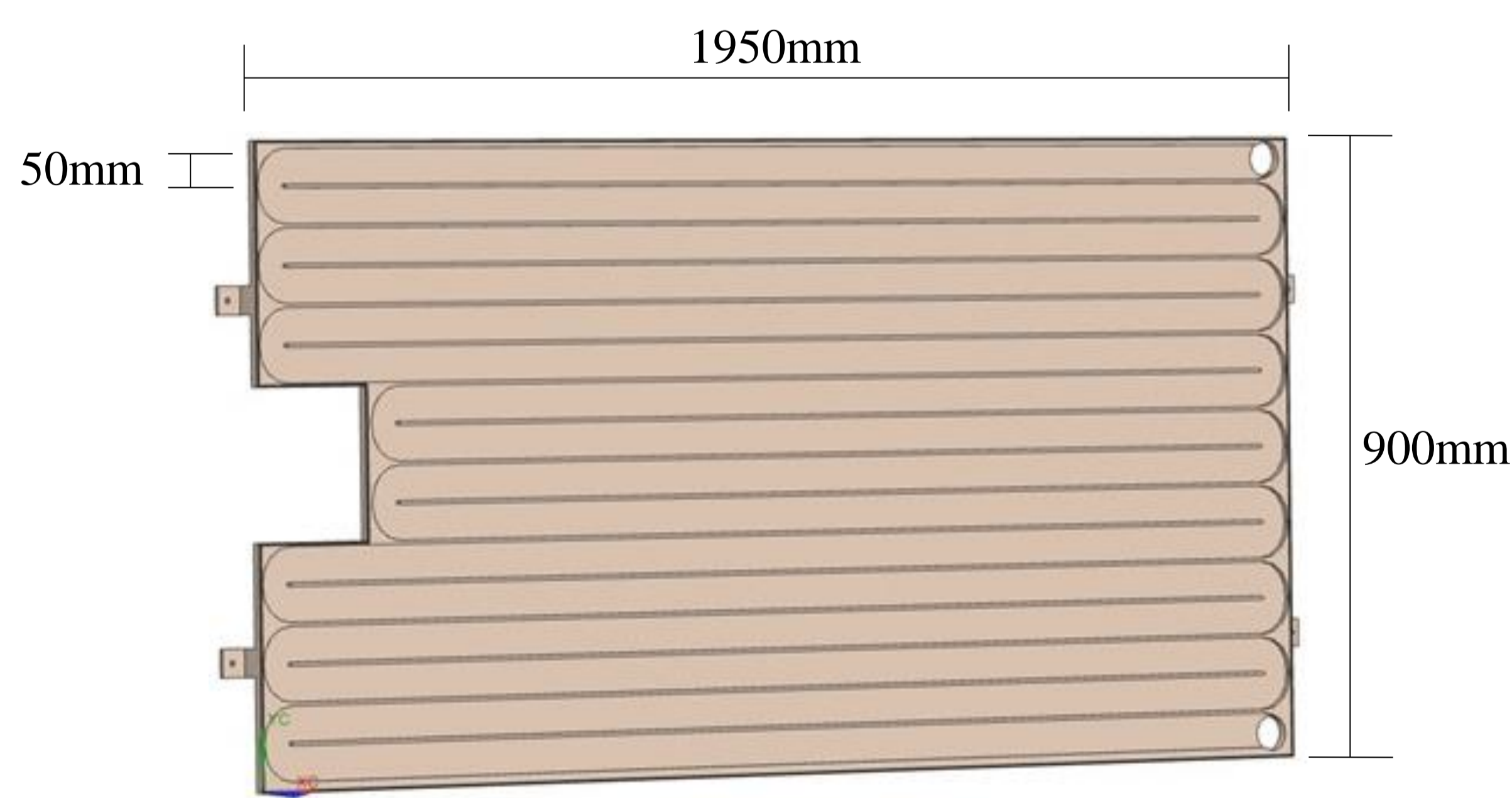
Os painéis solares são testados em condições normais de ensaio, a temperatura específica de 25°C. A cada grau Celsius que a placa atinge acima desta temperatura, sua eficiência decai a uma taxa constante, caracterizada pelo coeficiente de temperatura, que pode variar entre 0,35 a 0,47% por grau Celsius. Com isso em mente, o grupo desenvolveu um sistema para mitigar o aumento da temperatura operacional da placa solar. Utilizando a teoria de troca de calor por convecção forçada interna, a solução visa manter a temperatura da placa próxima ao ideal projetado.

SOLUÇÃO OTIMIZADA

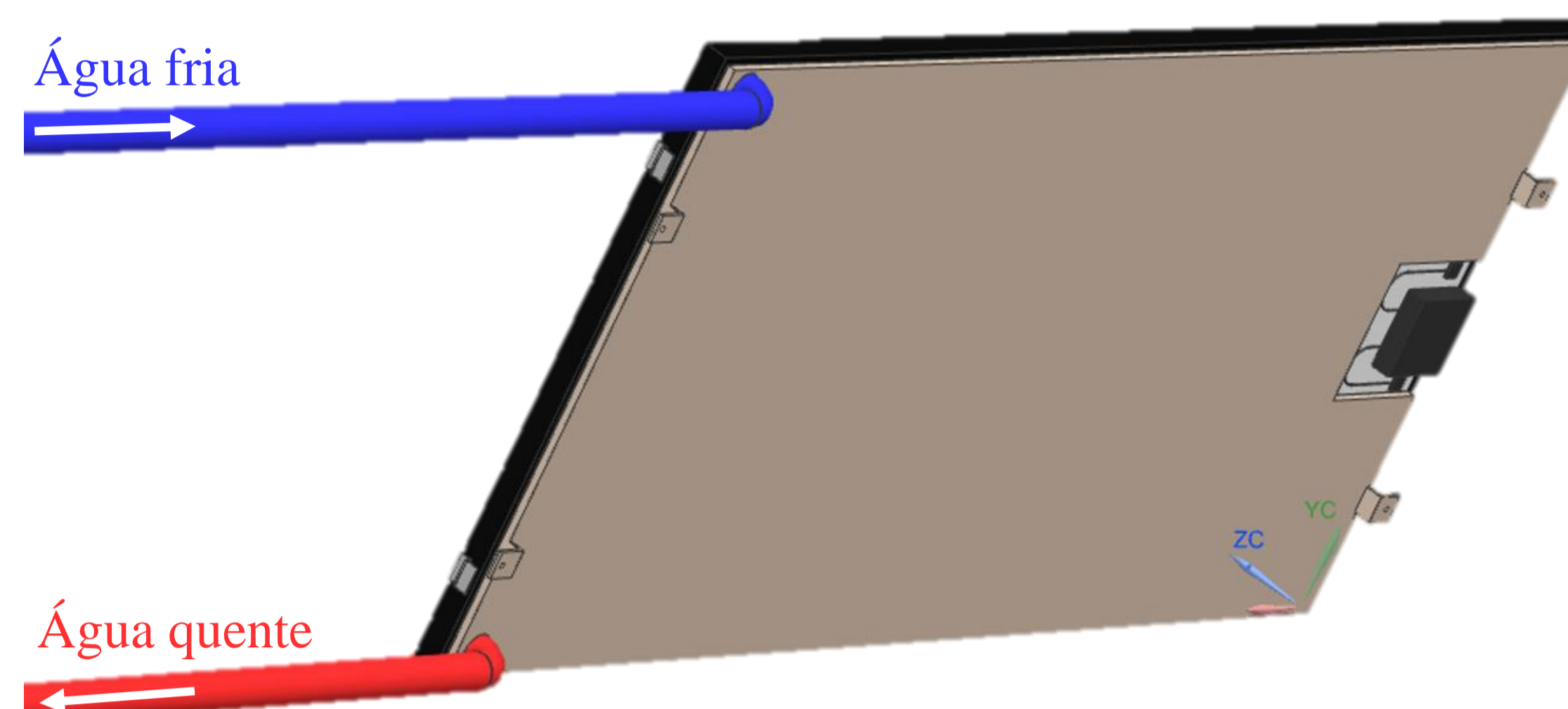
A solução se dá por meio de uma serpentina acoplada à parte traseira do painel solar, por onde passará a água e ocorrerá a troca direta de calor.



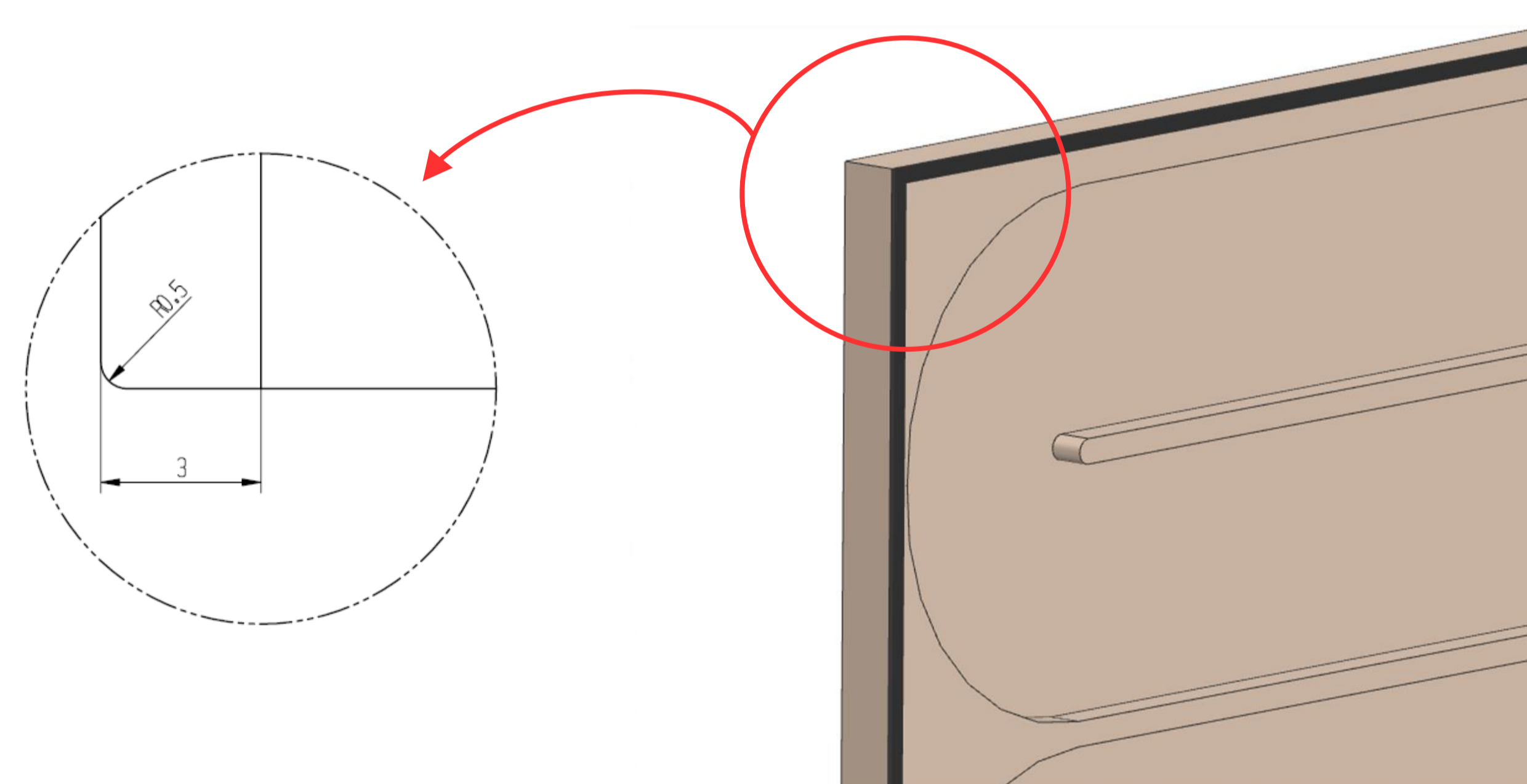
Com dimensões externas equivalentes à 1950mm de comprimento e 900mm de largura, o sistema é composto por um total de 16 passes com 50mm de largura cada um.



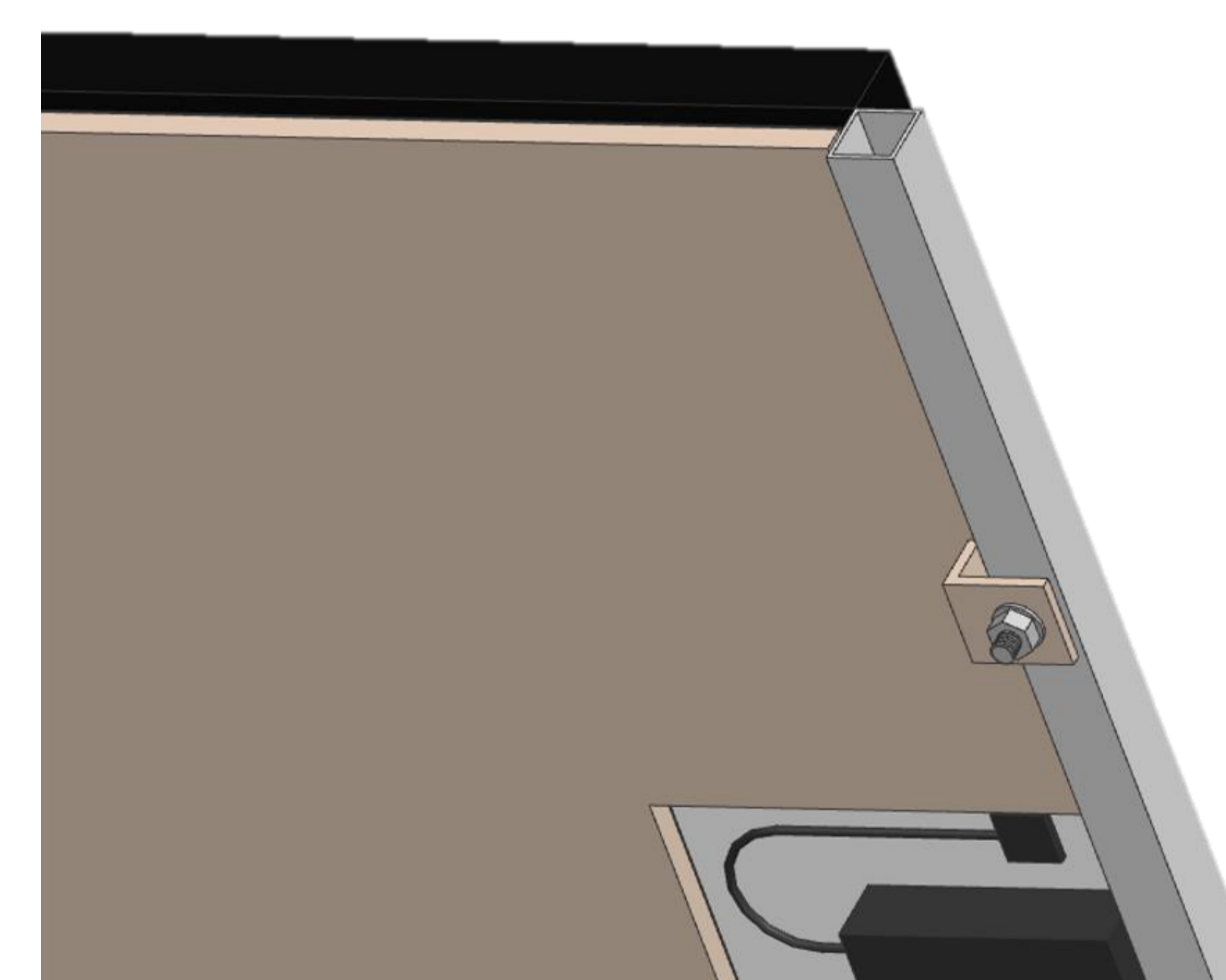
A entrada de água acontece através de uma abertura na parte superior do sistema, a qual recebe a água fria por meio de uma tubulação. A saída de água acontece na parte inferior do sistema, onde uma tubulação acoplada fará a destinação da água aquecida até um tanque de armazenamento.



O grupo optou pela construção do sistema em PVC ante uma construção em material metálico principalmente pelas suas vantagens como boas propriedades isolantes, concentrando o fluxo de calor, menor rugosidade, menor peso e menor preço. Uma junta de vedação de poliuretano será aplicada a todo perímetro externo da placa, visando garantir a estanqueidade do sistema e evitar vazamentos nos contatos serpentina-placa.



Além disso, hastes foram desenvolvidas em ambos os lados para realizar a fixação da solução, através de parafusos, diretamente à estrutura de suporte dos painéis solares, constituídas normalmente por vigas metálicas, não sobrecarregando a moldura original do painel ou quaisquer outros de seus componentes internos.



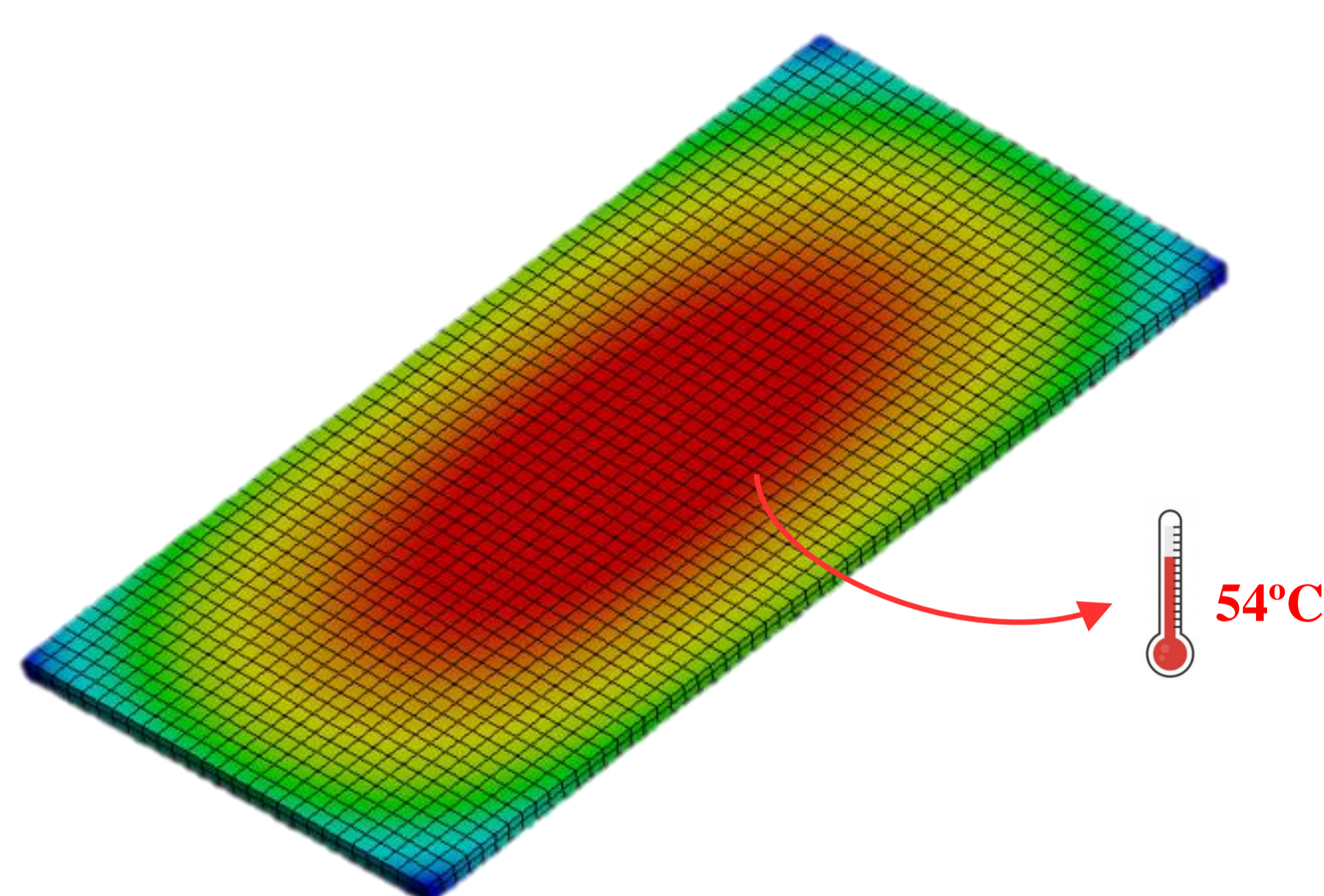
Para realizar a verificação do projeto com maiores detalhes, observar a troca de calor e o comportamento do sistema proposto, foram realizadas diversas simulações computacionais com o uso do software *Ansys*.

APOLLO CHILL

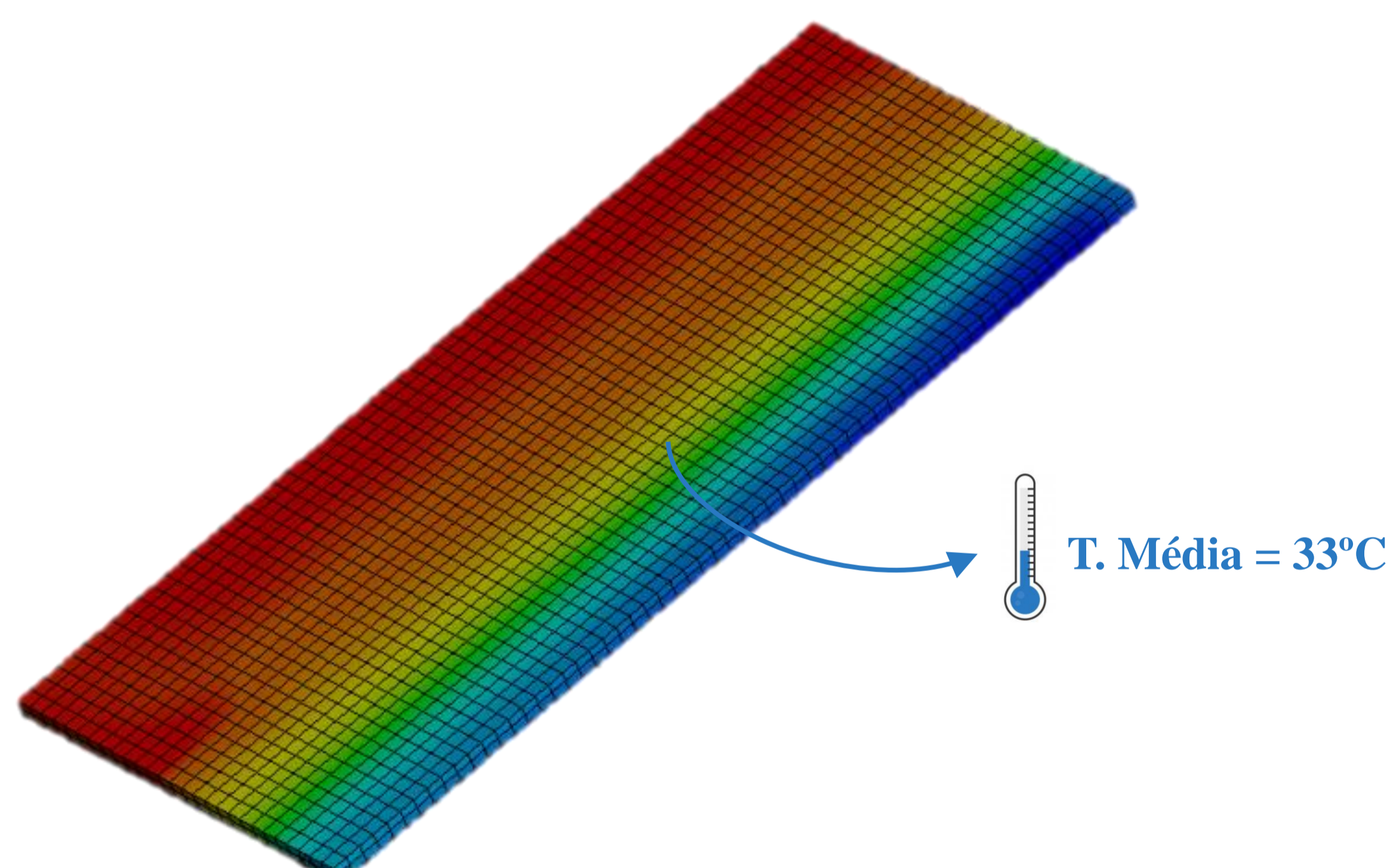
Aluno: Alexandre Boni (alexandre_boni@hotmail.com), **Guilherme Cardoso** (gbarocardoso@hotmail.com),
Guilherme Baraldi (guilhermebara@gmail.com), **Kevin Liu** (suliukevin@gmail.com),
Leonardo Konishi (leonardo.ekonishi@gmail.com), **Matheus Medeiros** (matheus.scabin@gmail.com),
Rafael Alba (rafael.alba98@gmail.com), **Victor Campana** (campanacamps@hotmail.com)
Orientador: Francisco Lameiras Jr. (flameiras@fei.edu.br)

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A primeira simulação realizada foi para uma placa solar sem nenhum sistema de refrigeração, como forma de observar a temperatura máxima atingida a uma irradiação de 950 W/m^2 e temperatura do ar ambiente de 30°C , típicas da região Nordeste do Brasil. Nessas condições, a placa atingiu uma temperatura de trabalho de 54°C , acarretando em uma grande perda de eficiência.



Agora realizando a simulação da placa solar operando com a nossa solução aplicada, em uma vazão de entrada de $0,042 \text{ kg/s}$, a temperatura da água entra com 25°C e sai com 35°C .



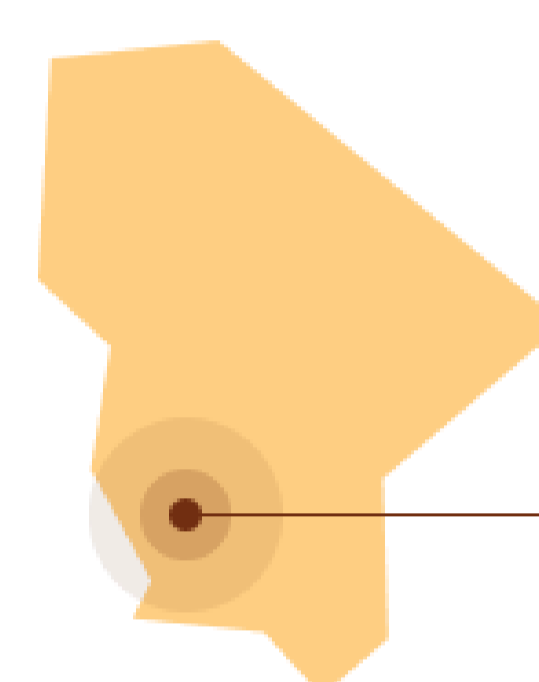
Nessa situação, a placa solar permanece com uma **temperatura média de 33°C** , proporcionando uma **redução de 21°C** em relação a condição da placa sem refrigeração, melhorando sua eficiência em **$8,2\%$** .

REDUÇÃO DA
TEMPERATURA
EM 21°C

GANHO EM
EFICIÊNCIA DE
 $8,2\%$

ESTUDO DE CASO

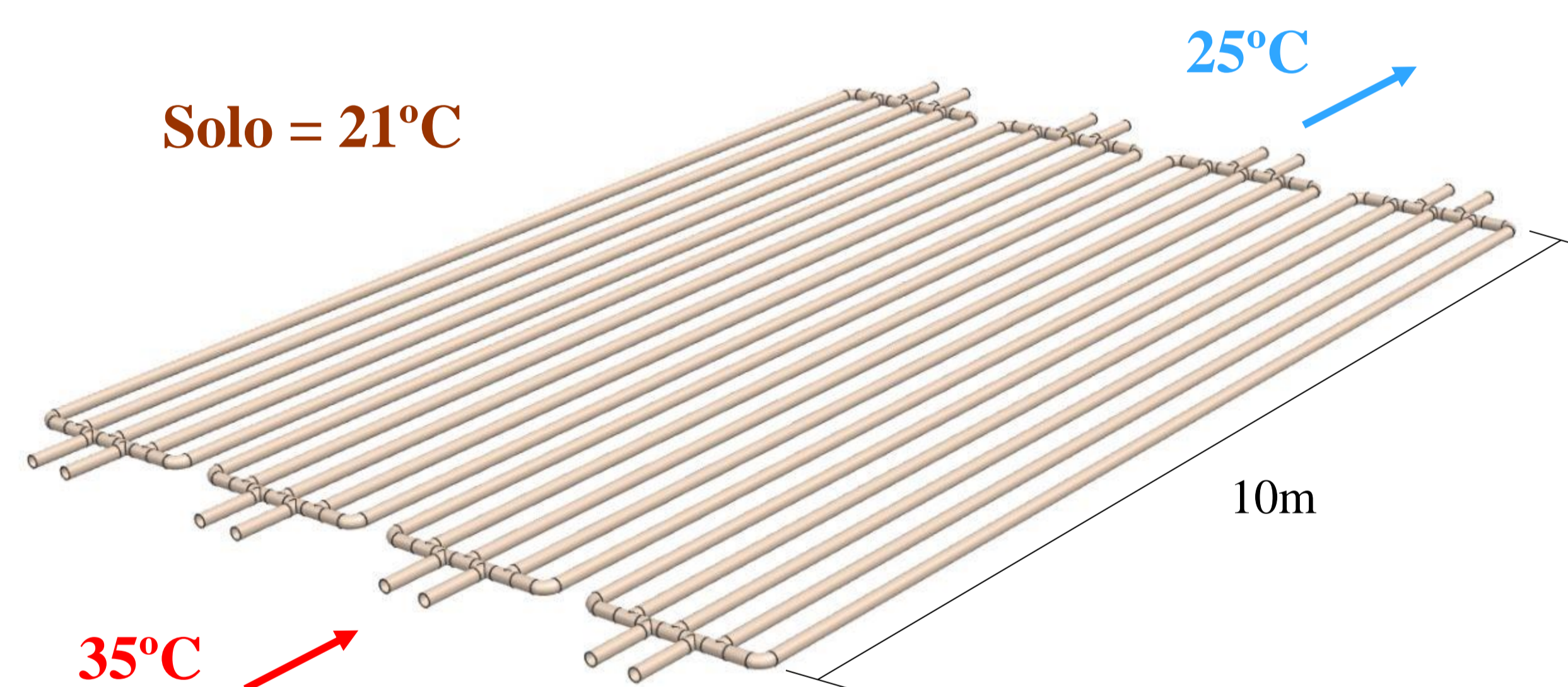
Como forma de validar a eficiência da solução proposta, foi realizado um estudo de caso para considerar condições e proporções reais de uma aplicação. O estudo foi feito na Usina de Tauá, localizada no Estado do Ceará, com uma capacidade de produção de 1 MW divididas em 4680 painéis.



Tauá
CEARÁ



O sistema total é composto por reservatório de água, o conjunto de serpentinas, bombas e utiliza um trocador geotérmico para realizar o resfriamento da água quente que sai do trocador de calor das placas. Esse sistema é composto por 20 tubos divididos em 4 trocadores independentes, e utiliza o solo para dissipar o calor e resfriar a água ao longo de 10 metros de comprimento.



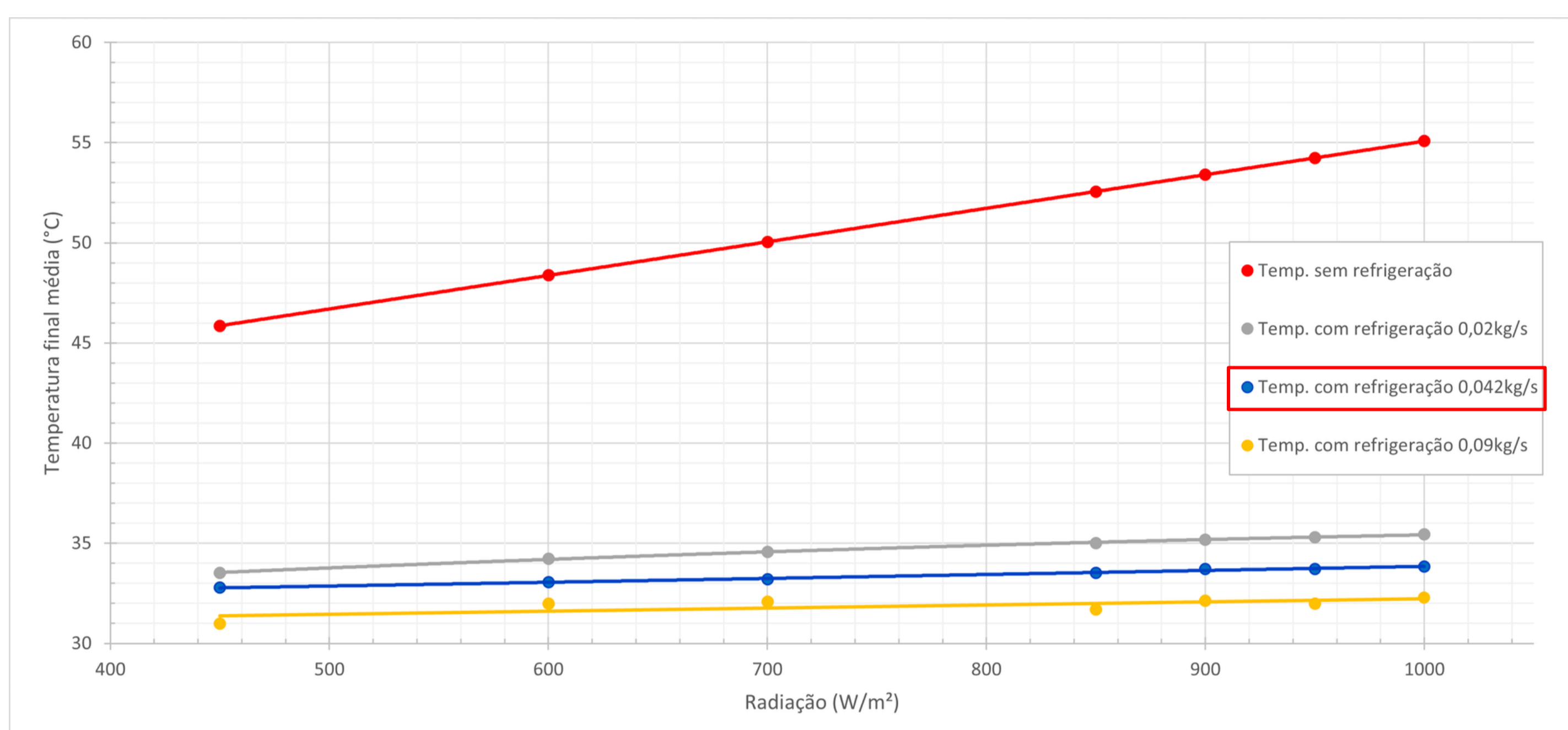
No estudo aplicado, por meio dos conceitos de convecção e condução de calor, foi possível proporcionar que a água que entra a 35°C seja resfriada até 25°C , considerando um solo a 21°C .

RESULTADOS

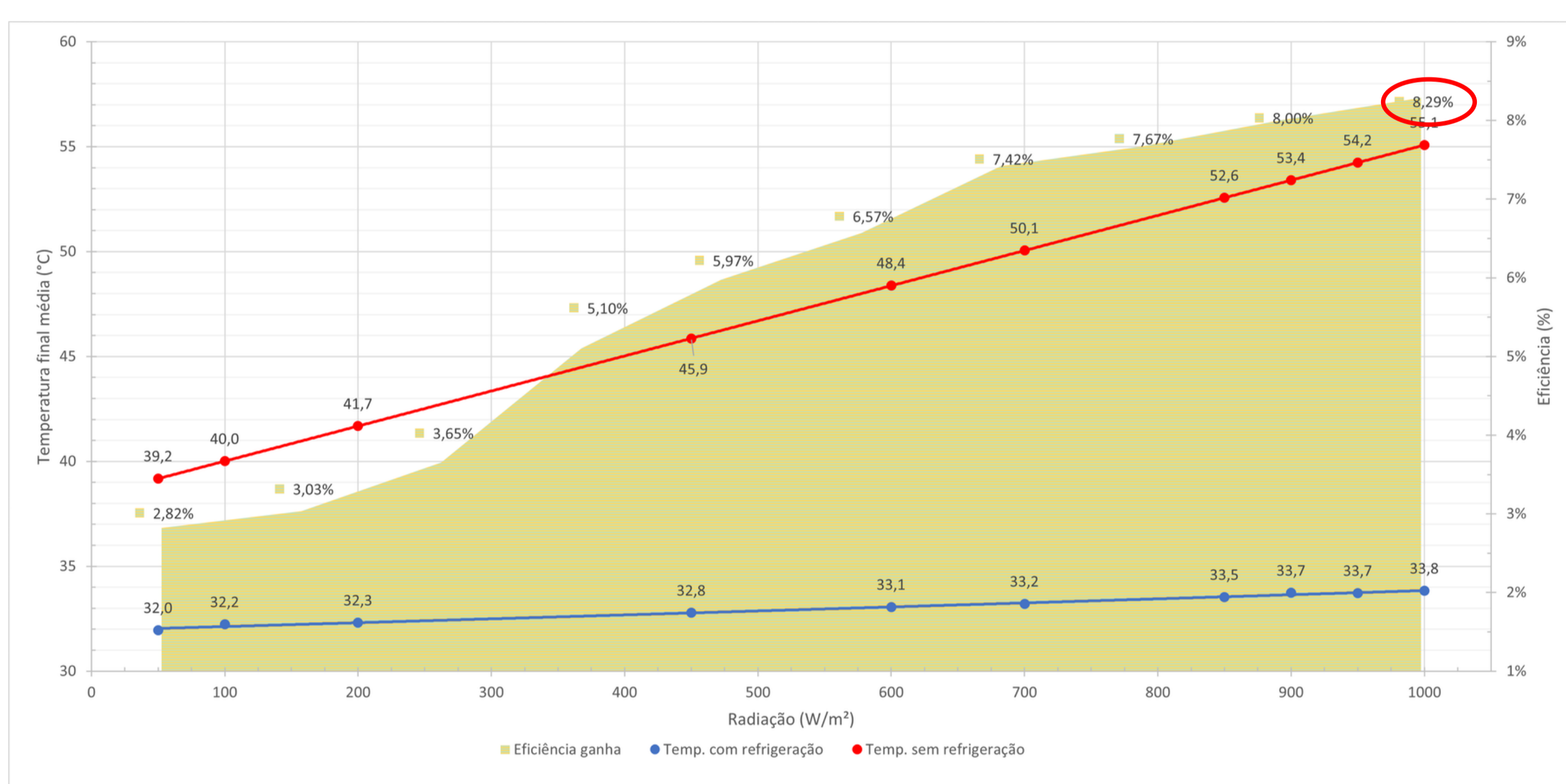
Tendo como base a irradiação solar incidente no estado do Ceará, das 5 horas da manhã até 5 horas da tarde, foram realizadas **40 simulações** para entendermos o comportamento da placa solar em diferentes horários do dia e em diferentes valores de vazão.

APOLLO CHILL

Aluno: Alexandre Boni (alexandre_boni@hotmail.com), Guilherme Cardoso (gbarocardoso@hotmail.com),
 Guilherme Baraldi (guilhermebara@gmail.com), Kevin Liu (suliukevin@gmail.com),
 Leonardo Konishi (leonardo.ekonishi@gmail.com), Matheus Medeiros (matheus.scabin@gmail.com),
 Rafael Alba (rafael.alba98@gmail.com), Victor Campana (campanacamps@hotmail.com)
Orientador: Francisco Lameiras Jr. (flameiras@fei.edu.br)



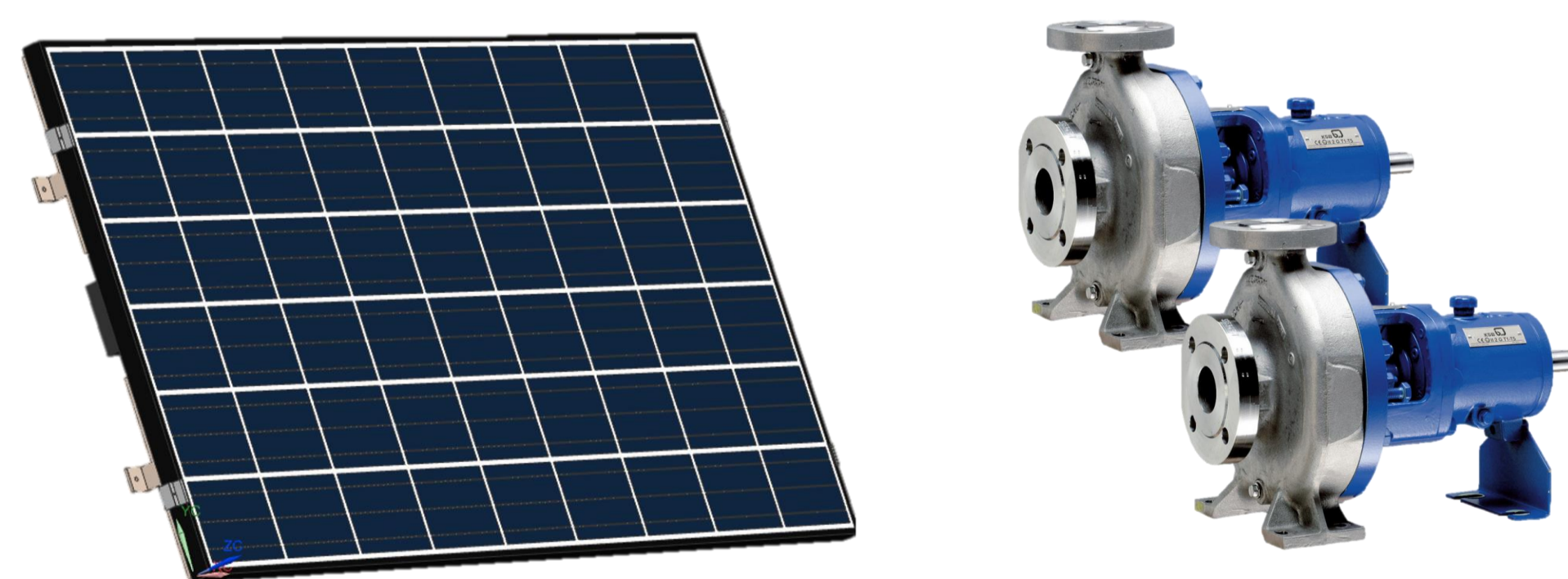
Como é possível observar, a utilização de maiores vazões pode reduzir em apenas 1°C a temperatura da placa, o que pode não ser a solução mais otimizada devido a formação de vórtices e aumento na perda de carga. Dessa forma, foi escolhido se trabalhar a uma vazão de **0,042 kg/s**. Com essa vazão, tem-se a temperatura da placa final refrigerada.



Com isso, é possível observar que o ganho de eficiência é maior para radiações solares mais elevadas, conseguindo atingir **8,29%** na radiação presente na usina estudada, que se traduz em um aumento de **82,9 kW** na produção energética total, ou seja, **17,7kW por placa**.

Baseando-se nos cálculos de perda de carga obtidos através do dimensionamento das tubulações, foi decidido que a melhor opção para o bombeamento de água seria através de 2 bombas em paralelo, as quais somadas supririam a necessidade da instalação e consumiriam 39kW de potência.

$$82,9 \text{ kW} - 39 \text{ kW} = 43,9 \text{ kW}$$



Assim, com o ganho de potência na usina refrigerada e subtraindo o consumo das bombas, chegamos à um saldo de 43kW na capacidade de produção de energia elétrica da instalação.

Financeiramente, o projeto totalizaria um investimento inicial de aproximadamente R\$879.000,00, o que, na Usina de Tauá, equivaleria a um custo de R\$187,62 por placa.

Atualmente, a tarifa comercial da energia no Brasil é de, em média, R\$0,86 por kWh. Considerando 12h diárias de operação e 4680 painéis, a usina solar de Tauá teria um aumento em seu faturamento anual de mais **R\$165.000**.

Assim, considerando o investimento inicial e o retorno trazido pelo projeto Apollo Chill, a usina teria um **payback de 5,5 anos**.

RESULTADOS

Uma usina solar é projetada para uma operação de, em média, 20 anos. Dessa forma, um **payback** como esse mostra que a solução é viável e vantajosa. Além disso, diversos estudos mostram que trabalhar em temperaturas próximas à ideal reduz a degradação interna da placa solar, evitando problemas nos contatos elétricos e nas conexões, fazendo com que a vida útil da usina possa ser maior do que a projetada.