

**PROJETO DE PESQUISA
SHS0416 – GESTÃO AMBIENTAL**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – EESC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO**

**Estudo da Aplicação da Energia Solar no Restaurante
Universitário da USP São Carlos**

PROPONENTES: Lucas Sales Neves (8956557)

Sofia Moreira de Andrade Lopes (9022133)

Pedro Inácio de Nascimento e Barbalho (8956794)

Thiago Garbuio Andriolli (9012991)

ORIENTADOR: Prof. Dr. Tadeu Fabrício Malheiros

São Carlos

Maio – 2015

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. MATERIAIS E MÉTODOS	4
2.2. DIFICULDADES	5
2.3. EXEMPLOS DE IMPLANTAÇÃO.....	8
2.3.1. CALIFÓRNIA, ESTADOS UNIDOS	8
2.3.2. PETROLINA/ PERNAMBUCO	9
2.3.3. ESPANHA (COMPLEXO ANDASOL)	10
3. ESTUDO DO CASO- DIAGNÓSTICO	11
4. ESTUDO DO CASO – PROPOSTA	14
4.1. ÍNDICE DE QUALIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	17
5. MATRIZ DE ANÁLISE	21
6. CONCLUSÃO	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

Assim como na maioria dos restaurantes universitário (RU) do Brasil, também conhecidos como “Bandejão”, os do campus da USP de São Carlos utilizam um sistema de gás para esquentar a água necessária para seu funcionamento diário. O alto consumo de gás é dado pela manutenção requerida para suprir cerca de quatro mil refeições [1], oferecidas diariamente aos alunos, professores e funcionários. No processo de higienização das bandejas, talheres, pratos, entre outros itens da cozinha a água quente é utilizada. Além disso, há uma considerável utilização de energia elétrica para manter a iluminação do local e sua ventilação.

Em vista da crise financeira pela qual a Universidade de São Paulo (USP) está passando a redução de custos mostra-se essencial. Portanto, o projeto propõe a utilização de placas solares para esquentar a água com o uso mínimo do gás e com redução do consumo de eletricidade. Deste modo, a economia seria aplicada na compra do gás combustível e eletricidade. As placas solares foram então escolhidas devido ao menor custo delas em relação a outras unidades geradoras de energia renovável, juntamente com uma fácil manutenção e ao clima de São Carlos (considerando a incidência solar anual média na região administrativa da cidade é de 5,44 kWh/m² dia [2]).

Para a metodologia do projeto, seria feito uma reforma nos bandejões. Um sistema de placas parabólicas côncavas é utilizado no telhado do RU a fim de focalizar o calor da radiação solar em um cano (ilustração A), com o objetivo de aquecer um fluido específico para ser transportado. O líquido distribuiria a energia térmica tanto para o aquecimento da água quanto para a geração de energia elétrica a ser consumida no bandejão. O fluido é transportado inicialmente para uma estação de controle (ilustração B) para verificação da temperatura do cano e um possível aquecimento. O cano passaria por uma câmara para aquecer a água para a utilização no RU (ilustração C) e geração de vapor para movimentar as turbinas de um gerador de energia elétrica para iluminação e ventilação do restaurante.

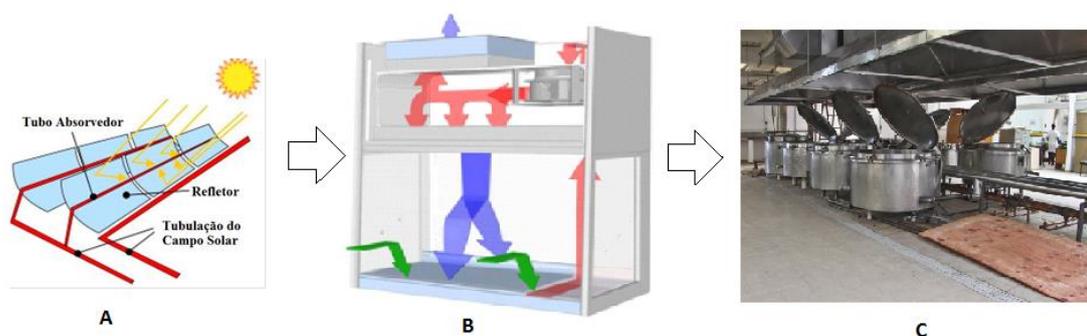


Figura 1: Esquema do sistema solar visa

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MATERIAIS E MÉTODOS

O aproveitamento seria feito a partir de espelhos parabólicos (com altos índices de reflexibilidade, geralmente superiores a 90%) [5] resistentes a intempéries que refletiriam a luz solar advinda de uma grande área para apenas um eixo receptor de calor, onde seria instalado um tubo metálico permitindo o aquecimento de um fluido de alta capacidade térmica (Heat Transfer Fluid - HTF) que transportará a energia térmica para a água a ser utilizada.

Os raios solares incidentes nas placas parabólicas são refletidos e se concentram em um foco, no qual está localizado um tubo coletor de energia. O fluido ao passar pelos coletores absorve o calor da irradiação solar e atinge altas temperaturas. Em seguida, o tubo contendo o fluido passará por uma caixa d'água, aquecendo a água em seu interior. A água, então, estaria aquecida para a limpeza geral das bandejas.

Para que o sistema obtenha uma alta eficiência, é importante que o posicionamento dos concentradores em relação ao Sol tenha precisão de pelo menos 98%. Para tal, é utilizado um sistema GPS (Global Positioning System) que identifica a posição do Sol e determina assim a posição correta para os espelhos. Quando o restaurante não está sendo utilizado, o sistema pode continuar gerando energia e armazenando sobre a forma de calor na caixa d'água, que teria alto isolamento térmico.

O material a ser utilizado para a reflexão nos espelhos pode ser de acrílica prateada. O tubo para absorver o calor pode ser feito de aço e possui aproximadamente 70 mm de diâmetro. Para evitar a irradiação térmica e aumentar a absorção solar, a superfície do tubo de aço pode ser revestida por níquel escurecido acobertado por vidro evitando a convecção de energia. Neste caso, costuma-se deixar a região compreendida entre o tubo coletor e o vidro em vácuo para evitar perdas térmicas. [3]

O fluido a ser utilizado para receber o calor poderia ser sal fundido. Por exemplo, pode-se estabelecer uma constituição de 60% de NaNO_3 (nitrato de sódio) e 40% de KNO_3 (nitrato de potássio). É importante considerar que, para o caso de sal fundido, é importante manter o fluido em temperaturas superiores a 200°C para evitar a solidificação do sal que, conseqüentemente, entupiria o tubo coletor. Para que se mantenha essa temperatura, pode-se armazenar a energia de quando o restaurante está desligado no próprio fluido nos tubos coletores, visto que o tubo é isolado termicamente pela região a vácuo entre sua superfície e o vidro. [4] Outro exemplo possível de fluido poderia ser simplesmente óleo sintético. [5]

Um impacto ambiental a ser evitado é o vazamento dos fluidos armazenadores de calor. Pela alta temperatura e por sua composição química, o vazamento do composto pode ser nocivo à saúde humana se não tratado corretamente. [4]

Um grande impasse enfrentado para geração heliotérmica é o alto custo de instalação e manutenção dos equipamentos utilizados, o que faz com que seu uso em larga escala não seja a forma mais viável de geração de energia. Apesar disso, espera-se uma diminuição de cerca de 50% no custo desses equipamentos para a próxima década, mostrando a fonte como uma alternativa promissora.

2.2. DIFICULDADES

Dentre as restrições encontradas para a difusão dos projetos que aproveitam a energia solar pode-se citar a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, “o que torna necessário o uso de vastas áreas para a captação de energia para que o empreendimento se torne economicamente viável” [6]. Entretanto, mesmo que sejam necessárias grandes áreas para o aproveitamento da energia solar, “as plantas heliotérmicas têm a menor necessidade de área quando comparada com outras tecnologias alternativas, em particular, nos projetos hidráulicos, logo apresentam o mínimo impacto ambiental” [8].

Conjuntamente com a necessidade de vastas áreas, outro entrave cerceia a dissipação dessa forma de geração: o custo de aquisição dos equipamentos. “Segundo a ABRAVA, o preço de um coletor solar adequado a uma residência de baixa renda custa atualmente cerca de R\$ 550,00, ao passo que o preço de um chuveiro elétrico convencional é da ordem de R\$ 15,00. Para as concessionárias, porém, estima-se um custo cerca de 100 vezes maior” [6].

Portanto, “os sistemas heliotérmicos precisam ser apoiados por políticas reguladoras de longo prazo para que se faça sentir os benefícios socioeconômicos do uso evitado dos combustíveis convencionais” [8]. Assim, para a compensação dos preços, redução dos riscos de investimento e aumento da competitividade dessas tecnologias, programas e políticas nacionais de incentivo tem sido criadas. Linhas de crédito também vêm sendo desenvolvidas para financiar os projetos residenciais de acordo com o perfil do cliente. A comparação entre as formas de incentivos encontra-se na tabela 1.

Tabela 1: Comparação entre as formas de incentivos (Fonte: Malagueta (2013))

Incentivo	Vantagens	Desvantagens
Subsídios diretos para Investimento	Reduz o montante de capital inicial próprio necessário para iniciar o projeto. Garante o aumento da capacidade em um curto prazo.	Os critérios para escolha do nível de subsídio e das tecnologias a serem beneficiadas podem dificultar a evolução de um mercado mais competitivo em curto prazo e também a adoção gradual de avanços tecnológicos. Em princípio, o subsidio é arcado por todos os contribuintes (consumidores e não consumidores).
Medidas fiscais	Cria uma fonte de renda (custo evitado) para o projeto ao longo do período do benefício fiscal	Em se tratando de um subsidio indireto, valem as mesmas desvantagens apontadas no item anterior.
Sistema Feed-in	O mecanismo de Feed-In cria uma estabilidade financeira para o investidor ao garantir a compra da energia por um período pré-determinado. Os riscos financeiros são minimizados uma vez que são protegidos através dos contratos de compra e venda de energia a um prêmio ou preço pré-determinados. Garante um aumento de capacidade no curto prazo. Em princípio, os consumidores da energia são aqueles que arcam com o ônus.	É um mecanismo caro que, dado o exemplo dos grandes mercados eólicos (que o mantêm por um período muito longo), tem se mostrado incapaz de gerar, por si próprio, um mercado mais competitivo entre as FAEs de geração renovável. Não necessariamente estimula os empreendimentos eólicos mais eficientes. Pode acarretar em uma sobre capacidade instalada e um sobre custo indesejado aos consumidores.

Certificados Verdes/Sistema de Quotas	Possibilidade de formação de um mercado paralelo na comercialização dos certificados verdes. Permite a formação de um mercado competitivo que leva, em princípio, ao custo mínimo. O valor da tarifa é determinado pelo mercado e não de forma administrativa	Em geral, o sistema de cotas necessita uma infraestrutura regulatória e administrativa mais sofisticada (elevados custos de transação). Não estimula pesquisa e desenvolvimento além de não estimular a aprendizagem tecnológica. Não induz mercado para fontes com elevado 11 potencial tecnológico, porém pouco competitivas.
Sistema de Leilão	Este sistema tende a favorecer os projetos mais eficientes uma vez que os projetos de custos mais reduzidos são escolhidos pelo processo de leilão.	O sistema de licitação não foi suficiente para atrair grandes investimentos. Por estar sujeita a muitas incertezas de oferta e demanda do setor de energia, o crescimento de projetos em FAEs de geração renovável é baixo. Também apresenta o problema de não fomentar fontes com elevado potencial tecnológico, porém pouco competitivas.
Harmonização dos sistemas Feed-In e Quota/Certificados Verdes	Cria uma estabilidade financeira para o investidor ao garantir a compra da energia por um período pré-determinado em um primeiro momento de aplicação do sistema FeedIn. Após o amadurecimento da tecnologia a aplicação do sistema de	O sistema de licitação não foi suficiente para atrair grandes investimentos. Por estar sujeita a muitas incertezas de oferta e demanda do setor de energia, o crescimento de projetos em FAEs de geração renovável é baixo. Também apresenta o problema de não fomentar

	Quota/Certificados Verde proporciona um cenário mais competitivo reduzindo assim os custos de geração inicialmente aplicados durante o sistema Feed-In.	fontes com elevado potencial tecnológico, porém pouco competitivas.
--	---	---

Outro desafio é o horário e as condições climáticas necessárias para o funcionamento pleno do sistema, a produção fica prejudicada quando o sol se põe ,quando é encoberto por nuvens, ou quando chove. Além disso, outro problema encontrado está no risco de vazamento do fluido de alta capacidade térmica (HTF) que pode causar prejuízos à saúde humana e acidentes ambientais. Estudos apontam a substituição do HTF por água ou sal liquefeito, contudo, as desvantagens associadas com essas substituições as tornam inconvenientes para este projeto.

No primeiro caso, vapor seria gerado ao se aquecer diretamente a água, mas, devido à dificuldade de escoamento do vapor, seria necessária a instalação de bombas ao longo do circuito para direcionar o vapor para as turbinas. Já no segundo caso, o circuito deveria ser mantido constantemente em temperaturas elevadas para que o sal não resfriasse e ficasse em estado solido, entupindo, assim, a tubulação. Em ambos os casos os custos de operação se elevariam [7].

2.3. EXEMPLOS DE IMPLANTAÇÃO

“Os concentradores parabólicos são a mais madura tecnologia solar de geração de calor. A energia do fluído (Sal fundido, óleo sintético) pode ser usada para geração elétrica ou para calor de processo” [12]. E em 2013, dezoito países dos 191 reconhecidos pela ONU possuíam plantas heliotérmicas, totalizando 112 projetos. [14]

2.3.1.CALIFÓRNIA, ESTADOS UNIDOS

As primeiras plantas comerciais de concentradores parabólicos usadas no mundo são denominadas SEGS (Solar Electric Generating Systems), elas são provenientes da década

de 80 (1984 a 1991), no estado da Califórnia, EUA, e existem ao todo 9 delas. Durante os oito anos de sua implantação (da SEG I até a IX), as SEGS foram responsáveis por 95% da energia produzida no mundo proveniente de heliotérmicas. Abaixo, na tabela 2, encontram-se as especificações dessas plantas.

Tabela 2: Características das 9 SEGS (Fonte: Malagueta (2013))

Planta	Ano de operação	Potência Líquida (MWe)	Temp. de saída do fluido (°C)	Área do Campo Solar (mil m ²)	Eficiência da turbina solar (%)	Eficiência da turbina fóssil (%)	Produção Anual (MWh)
SEGS I	1985	13,8	307	83	31,5	-	30.100
SEGS II	1986	30	316	190	29,4	37,3	80.500
SEGS III	1987	30	349	230	30,6	37,4	92.780
SEGS IV	1987	30	349	230	30,6	37,4	92.780
SEGS V	1988	30	349	250	30,6	37,4	91.820
SEGS VI	1989	30	390	188	37,5	39,5	90.850
SEGS VII	1989	30	390	194	37,5	39,5	92.646
SEGS VIII	1990	80	390	464	37,6	37,6	252.750
SEGS IX	1991	80	390	484	37,6	37,6	256.125

Elas correspondem à aproximadamente 65% (350MW) da potencia instalada no estado da Califórnia e são fruto de uma política de incentivo denominada PURPA (Public Utility Regulatory Policies Act). Esta politica foi aprovada em 1978 nos Estado Unido, em meio ao cenário de crise do petróleo, e veio reduzir a dependência do petróleo estrangeiro, e também aumentar a diversidade da matriz energética através da promoção de fontes alternativas de geração de energia e do incentivo a pesquisas que buscassem eficiência energética. [13]

Essa política ajudou com o desenvolvimento das SEGS, pois garantia um valor pré-fixado de compra de energia renovável e dava garantias de valor de compra da eletricidade, além de descontos fiscais e subsídios. [12]

2.3.2. PETROLINA/ PERNAMBUCO [9]

Em 2010, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Ministério de Minas e Energia (MME) fizeram um acordo para a criação de um centro de pesquisa no semiárido brasileiro, onde há maior incidência solar no Brasil. Na cidade de Petrolina foi viabilizado um projeto de calhas parabólicas com capacidade de 1MW.

A fim de avaliar o potencial solar do nordeste brasileiro, o projeto será executado pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) e pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Ademais, assim como os projetos de usinas heliotérmicas exigem, foram determinados fatores como: incidência solar normal na região, recursos hídricos, infraestrutura, busca de placas parabólicas de menor custo e avaliação da necessidade de um tanque de armazenamento. Esse, por sua vez, não consta na atual proposta, embora esteja previsto que ele seja acoplado ao sistema futuramente.

2.3.3. ESPANHA (COMPLEXO ANDASOL) [10] [11]

Outro país da Europa que investiu cedo em pesquisas por fontes heliotérmicas foi a Espanha, suas pesquisas datam da década de 70, contudo suas plantas são mais recentes. Entre elas vale ressaltar o exemplo de Andasol 1 e 2 que foram inauguradas em 2009 e funcionam com base na tecnologia dos concentradores parabólicos. Em 2011, com a Andasol 3, as três plantas que compõem esse complexo se tornaram a maior usina heliotérmica do mundo, gerando, cada uma das duas primeiras plantas, 150GWh por ano e espera-se que a nova instalação produza 165GWh por ano.

Andasol foi projetada para abastecer 500.000 pessoas na Espanha e promete reduzir a emissão de 450.000 toneladas de carbono por ano na região.

A usina de Andasol está 1090m acima do nível do mar e cobre uma área de 1,53 milhões de metros quadrados. Cada unidade da estação é composta por 90 km de canos coletores e espelhos parabólicos reflexivos, os quais são feitos de vidro temperado curvado e revestido por prata. Ademais, o sistema de resfriamento é a seco a fim de reduzir o consumo de água.

Além disso, o complexo de geração possui um centro de armazenamento de energia que serve como back-up caso haja alguma chuva ou alguma nuvem fique por muito tempo acima da região ou durante a noite. Assim, Andasol consegue operar, quando em capacidade máxima, por 7,5 horas.

Cada planta da usina possui reservatórios de calor nos quais ficam o sal fundido, fluido que passa pelos canos coletores e absorve a energia concentrada no foco dos espelhos parabólicos e assim alcançam uma temperatura de 390°C, sendo que esses tanques possuem 36m de diâmetro e estão a 14m de altura.

3. ESTUDO DO CASO- DIAGNÓSTICO

O objeto de estudo escolhido foi o Restaurante Universitário do campus 1 da USP de São Carlos. O estabelecimento recebe cerca de 4500 pessoas no almoço e janta de segunda a sexta, e cerca de 1000 pessoas no almoço do sábado. Sendo assim, possui importância fundamental no cotidiano dos estudantes.

O local, ilustrado pela figura 2, possuiu aproximadamente 1000 m² de teto disponível para a implantação do sistema de aquecimento de água. Já o sistema de distribuição e armazenamento, seria instalado na parte exterior do estabelecimento junto com os outros equipamentos.

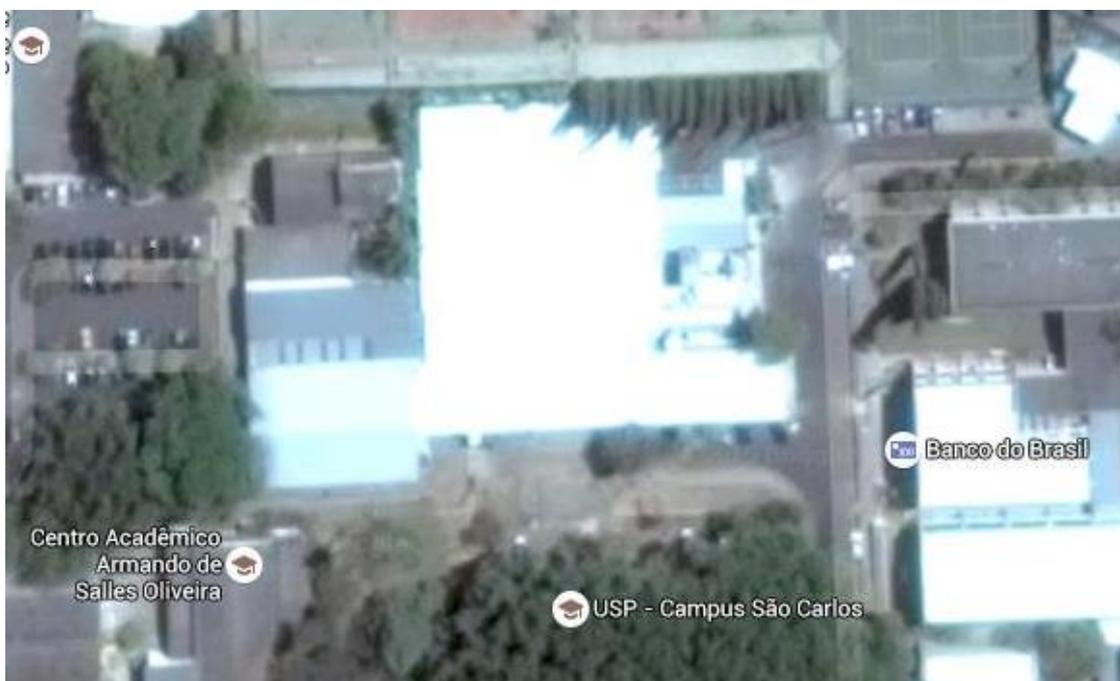


Figura 2: Vista superior do Restaurante Universitário (Fonte: Google Maps)

Para o aquecimento da água, o estabelecimento faz uso de 3 caldeiras (suportam 300L cada) e um aquecedor principal a base de diesel para a geração de energia térmica, usando cerca de 3000 L de diesel por mês. Essa água, aquecida a 100°C, é usado na preparação de alimentos, limpeza das bandejas (aproximadamente 5000 diárias) e talheres. Além disso, a sobra dessa água também é usada para limpeza do ambiente.

A seguir, segue as imagens do estabelecimento:



Figura 3: Aquecedor de água principal



Figura 4: Local de lavagem das bandejas e talheres

A respeito das despesas, as informações mostradas na tabela 1 mostram os gastos com Energia Elétrica e Água do Restaurante Universitário. Para obter uma referência entre esses valores, foi feita a média entre os meses de fevereiro até abril, meses onde o funcionamento do local é máximo, e os valores foram colocados na tabela 2.

Tabela 3: Despesas com Água e Energia Elétrica

Despesas com Água e Energia Elétrica no RU em 2015					
Gasto \ Mês		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
Água	Consumo (m ³)	224	511	988	780
	Valor	R\$ 4.308,45	R\$ 10.817,61	R\$ 21.635,97	R\$ 18.499,97
Energia Elétrica	Consumo (kWh)	15321	16803	23471	21928
	Valor	R\$ 4.749,76	R\$ 5.209,15	R\$ 7.276,32	R\$ 10.335,72
Total		R\$ 9.058,21	R\$ 16.026,76	R\$ 28.912,29	R\$ 28.835,69

Tabela 4: Média dos Gastos

Média de Gastos de Fevereiro a Maio de 2015		
Média de gasto de Água	Consumo (m ³)	759,67
	Valor	R\$ 16.984,52
Média de gasto de Energia Elétrica	Consumo (kWh)	20734
	Valor	R\$ 7.607,06

4. ESTUDO DO CASO – PROPOSTA

A geração de energia elétrica com o vapor da água para sustentar o consumo do Restaurante Universitário foi classificada como inviável, no entanto, ainda é possível montar um sistema de aquecimento de água mais sustentável que o modelo atual. Dos principais motivos para a inviabilização dessa geração de energia elétrica, se destaca:

- Tecnologia a nível não industrial não disponível no Brasil;
- Alto custo do projeto, devido as limitações tecnológicas;
- Baixa eficiência;

Sobre o sistema de aquecimento de água atual, não se pode classificar tal modelo como sustentável, pois, além de se basear em uma fonte de recursos não renovável (diesel), colabora para a degradação do meio já que se baseia em um processo de combustão.

O projeto consiste em duas partes. Um sistema de aquecimento, onde é captada a energia solar para aquecer um fluido, cuja função é aquecer posteriormente a água. Um sistema de armazenamento, onde a água aquecida é guardada e distribuída quando necessário.

Sobre a implantação do projeto, esquematizado na figura 3, seria instalado o sistema de aquecimento pela área do teto do estabelecimento, enquanto o sistema de distribuição seria colocado em suas, junto com os outros equipamentos. Os receptores das placas parabólicas escolhidos foram do modelo: **Schott PTR70 2008**. E também os coletores são do modelo: **Solargenix SGX-1**.



Figura 3: Região de implantação dos painéis solares.

Ainda, com os dados pré- coletados, é possível calcular a área necessária para que a água do restaurante seja aquecida adequadamente.

A potência fornecida pelo Sol (P_S) em uma determinada região está relacionada a sua área linearmente:

$$(1) P_S = k * A$$

A potência fornecida pelo sol e a potência útil do sistema de espelhos P estão relacionadas linearmente a partir de uma constante de proporcionalidade:

$$(2) P = \alpha * P_S$$

Onde α , uma constante adimensional, é a eficiência da conversão da energia solar para energia térmica na água.

Se são aquecidos L litros de água de uma temperatura inicial (T_i) à uma temperatura final (T_f) em um determinado período de tempo Δt , podemos equacionar a potência de aquecimento das águas P_A como:

$$(3) P_A = (L * \rho * (T_f - T_i) * c) / (\Delta t) = (L * \rho * \Delta T * c) / (\Delta t)$$

Para saber a quantidade mínima de potência que deve ser instalada pelo sistema heliotérmico para que o aquecimento da água seja feito apenas a partir de luz solar, igualamos a potência útil à potência de aquecimento:

$$(4) P = P_A$$

Substituindo (2) e (3) em (4), obtemos:

$$(5) \alpha * P_S = (L * \rho * (T_f - T_i) * c) / (\Delta t)$$

Substituindo (1) em (5):

$$(6) \alpha * k * A = (L * \rho * (T_f - T_i) * c) / (\Delta t)$$

Isolando A em (6):

$$(7) A = \frac{L * \rho * (T_f - T_i) * c}{\alpha * k * \Delta t}$$

Onde A, a área mínima, é dada em função de valores predeterminados:

$$L = 1800 \text{ L}$$

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$T_f = 100^\circ\text{C}$$

$$T_i = 25^\circ\text{C}$$

$$c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 15\% = 0.15$$

$$k = 5,444 \text{ kWh/m}^2\text{dia [15]}$$

$$\Delta t = 1 \text{ dia}$$

Substituindo os dados:

$$A = \frac{1800 \text{ L} (1 \text{ g/cm}^3) * (100^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) * (1 \text{ cal/g}^\circ\text{C})}{\alpha * (5,444 \text{ kWhm}^2\text{dia}) * (1 \text{ dia})}$$

A partir de conversões de unidades de medida:

$$1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kJh/s} = 3600 \text{ kJ} = 3,6 \text{ e}+6 \text{ J}$$

Achamos:

$$A = \left(\frac{1}{0.15} \right) * \left(\frac{1800 * 10^3 * 75 * 4,18}{5,444 * 3,6 * 10^6} \right) \text{ m}^2 = 192 \text{ m}^2$$

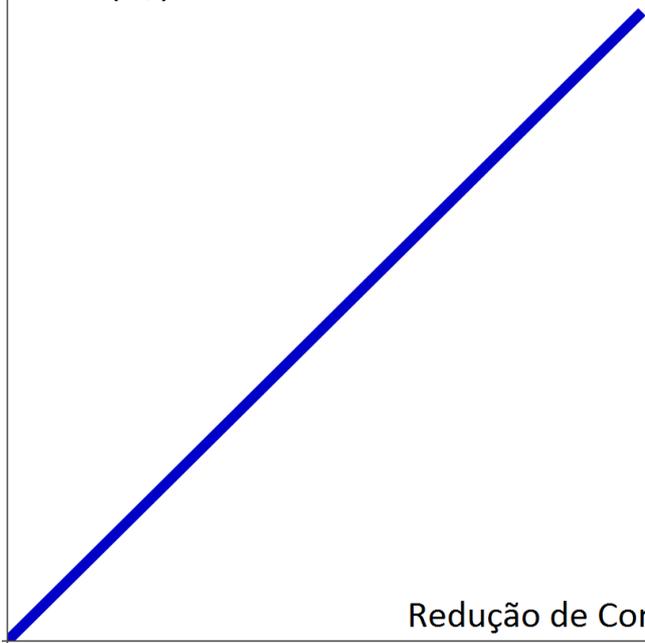
A área do telhado a ser coberta, portanto, é de aproximadamente 192 m².

Sabe-se que o restaurante gasta, mensalmente, 3000L de diesel para aquecer a água. Todo esse combustível seria substituído pela energia solar. Segundo a ANP, o preço médio do diesel na cidade de São Carlos é de R\$2,785 por litro. A partir desse dado, a economia financeira mensal relativa ao combustível seria de 8355 reais.

4.1. ÍNDICE DE QUALIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Nome do indicador	Índice de qualidade e eficiência energética.
Descrição curta do indicador	Avaliará o quanto de combustível fóssil será substituído por energia renovável, levando em conta os fatores de sustentabilidade e economia.
Relevância ou pertinência do indicador	O índice servirá como guia para implementação do projeto, servindo como base para a verificação dos custo-benefício do trabalho.
Alcance (o que mede o indicador)	O quanto de combustível fóssil está sendo economizado com o objetivo de aquecer a água utilizada do restaurante universitário, a redução da emissão de gás carbônico e a viabilidade do projeto.
Limitações (o que não mede indicador)	Não fará um estudo amplo do fator social.
Fórmula do indicador	$I_{qe} = 0,30 * I_d + 0,30 * I_e + 0,40 * I_v$
Definição das variáveis que compõem o indicador	<p>Consumo de diesel (I_d):</p> $I_d = \frac{\text{Consumo}_{\text{inicial}} - \text{Consumo}_{\text{final}}}{\text{Consumo}_{\text{inicial}}}$ <p>Mostra a fração de diesel que foi economizada no projeto. O índice varia de 0 a 1, sendo 1 o máximo de redução.</p> <p>Emissão de gás carbônico (I_e):</p> $I_e = \frac{\text{Emissão}_{\text{inicial}} - \text{Emissão}_{\text{final}}}{\text{Emissão}_{\text{inicial}}}$ <p>Mostra a fração de gás carbônico que foi economizada reduzida. O índice que varia de 0 a 1, sendo 1 a maior redução.</p> <p>Viabilidade (I_v):</p>

	$I_v = \frac{Gasto_{inicial} - Gasto_{final}}{Gasto_{inicial}}$ <p>Contabiliza o quanto o projeto economizou em relação ao que era aplicado antes deste. O índice varia de 0 a 1, sendo 1 a maior economia.</p>
Cobertura ou escala do indicador	Restaurante universitário do campus da USP - São Carlos.
Fonte dos dados	Prefeitura e administração do restaurante universitário do campus da USP de São Carlos.
Disponibilidade dos dados (qualitativo)	Parte dos dados são facilmente adquiridos ao pedir à prefeitura do campus da USP - São Carlos como o consumo de diesel e de água do restaurante universitário. Entretanto, as eficiências das caldeiras que aquecem essa água e das placas solares são dificilmente encontradas.
Periodicidade dos dados	Mensal.
Período temporal atualmente disponível	Primeiros 4 meses de 2015.
Requisitos de coordenação interinstitucionais para que fluam os dados	Mostra - se necessário passar por barreiras burocráticas para a obtenção dos dados.
Relação do indicador com objetivos da política, normas ou metas ambientais ou de DS	O índice mostra se a meta de emissão de carbono foi atingida e traz um novo contexto de sustentabilidade na geração de energia no campus da USP - São Carlos.
Relevância para a tomada de decisões	Mostra às pessoas a relevância do projeto no âmbito de desenvolvimento sustentável, mais precisamente na busca de métodos que reduzem o uso de combustíveis fósseis e atrelado a isso a diminuição de emissão de gás carbônico.

Gráfico ou representação com frase de tendência	<p>Custo (R\$)</p>  <p>Redução de Consumo (J)</p>
Tendências e desafios	<p>A tendência é melhorar a eficácia no uso da energia para o aquecimento da água nos restaurantes universitários. O desafio é colocar em prática nesses lugares.</p>
Periodicidade de atualização do indicador	<p>Anual.</p>

Para o nosso indicador, o Índice de Qualidade e Eficiência Energética, os cálculos de duas das variáveis são simplificados pela completa substituição do diesel pela energia solar.

$$Consumo_{final} = 0$$

$$Emissão_{inicial} = 0$$

$$Gasto_{inicial} = 16984.52 + 8355 = 25339.52 \text{ reais}$$

$$Gasto_{final} = 25339.52 - 8355 = 16984.52 \text{ reais}$$

Dessa forma, poderemos calcular as seguintes variáveis:

$$I_d = \frac{Consumo_{inicial} - Consumo_{final}}{Consumo_{inicial}} = \frac{Consumo_{inicial}}{Consumo_{inicial}} = 1$$

$$I_e = \frac{Emissão_{inicial} - Emissão_{final}}{Emissão_{inicial}} = \frac{Emissão_{inicial}}{Emissão_{inicial}} = 1$$

$$I_v = \frac{Gasto_{inicial} - Gasto_{final}}{Gasto_{inicial}} = \frac{25339.52 - 16984.52}{25339.52} = 0.33$$

A partir da fórmula do indicador:

$$I_{qe} = 0.30 * I_d + 0.30 * I_e + 0.40 * I_v = 0.732$$

Podemos estimar o preço dos materiais a partir da potência a ser instalada no intervalo de tempo de utilização do equipamento:

$$P = \frac{(L * \rho * (T_F - T_I) * c)}{\Delta t} = 6,53 \text{ kW}$$

Estabelecemos um preço relacionando a potência útil à constante de proporcionalidade:

- 500 reais de fluido térmico por kW
- 2700 reais de materiais/montagem por kW

$$k = 2700 + 500 = R\$ 3200,00/kW$$

$$Custo \text{ do equipamento} = 6,53 * 3200 = 20900 \text{ reais}$$

Ao se aplicar o custo de importação de 90% do valor total: R\$ 22900*1,9 = 39710 reais

Com uma economia mensal de 8355 reais: 39710/8355 = 4,75 meses.

Desconsiderando os custos de manutenção do sistema, o custo do projeto seria repostado em aproximadamente 5 meses.

5. MATRIZ DE ANÁLISE

Índice	Análise
Meio Ambiente	O projeto se baseia no uso de uma fonte renovável (energia solar) para o aquecimento da água em substituição parcial do aquecimento por combustão. Assim, esse sistema sustentável possibilitaria uma redução da dependência de recursos fósseis e da emissão de gás carbônico, prejudiciais ao meio ambiente.
Qualidade	Como é pretendido aquecer parte da água utilizada no estabelecimento, ela pode ser usada em qualquer uma das máquinas que usem de tal recurso sem qualquer problema além de que o resto poderia ser utilizado na limpeza do local. Assim, tanto a temperatura necessária para o uso dessa água quanto à abrangência do sistema seria eficiente e de acordo com o restaurante universitário.
Desenvolvimento Socioeconômico	Com a aplicação das placas côncavas, espera-se que os estudantes tanto da Universidade de São Paulo – Campus São Carlos - quanto os alunos do Colégio CAASO e creche adquiram maior contato com a aplicação de energia renovável para a economia de energia e combustíveis fósseis. Ademais, a Universidade irá reduzir a emissão de gás carbônico ao diminuir o consumo de diesel, fazendo-a um exemplo para outras instituições de ensino.
Demanda de Mercado	Cada vez mais placas solares são utilizadas como fonte geradora de eletricidade. Entretanto, o tipo utilizado no projeto é

	<p>menos utilizado do que placas fotovoltaicas. Isso é devido à maior aplicabilidade desse do que daquele no âmbito de energia elétrica. Entretanto, projetos, tanto em maior escala quanto em menor escala, estão sendo desenvolvidos a partir de placas com o perfil das utilizadas neste trabalho.</p>
Alunos USP/Comunidade Local	<p>O projeto visa a substituição do uso da energia proveniente de fontes fósseis pela energia renovável. Por ser a USP uma universidade de grande influência no cenário nacional cujas políticas implantadas são tomadas como exemplos e guias de comportamento esta atitude positiva reflete na comunidade são carlense e nos alunos da universidade. O projeto seria então um incentivo à população para o uso de fontes renováveis de energia.</p>
Dificuldades	<p>As dificuldades presentes na implantação do projeto são de cunho principalmente econômico, quando se trata do alto custo de aquisição dos equipamentos e da baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia. Além disso fatores climáticos também afetam a funcionalidade das placas atrapalhando a eficiência do projeto.</p>

6. CONCLUSÃO

A partir do estudo feito para a realização deste trabalho, constatou-se que o projeto é capaz de ser aplicado nas condições apresentadas além de ainda fornecer bom rendimento mesmo em uma área pequena ou até mesmo para menor eficiência das placas côncavas.

Além disso, com o custo dos equipamentos e manutenção do campo solar e com os gastos com manutenção, ainda é possível levar lucro à instituição beneficiada pelo trabalho. Sendo que, nos 5 primeiros meses, a estrutura terá economizado à universidade quantia suficiente para pagar o investimento realizado.

Outra forma de perceber a qualidade do trabalho é a partir do índice de qualidade e eficiência energética, ele mostra o quanto de emissão de carbono está sendo reduzida, o quanto está sendo economizado e o quanto de energia está realmente sendo utilizada. Assim, o projeto foi avaliado, dentre 0 e 1, como 0.73, aproximadamente, o que é um bom sinal, devido às dificuldades impostas a ele.

Por fim, o projeto propiciaria aos universitários e visitantes do campus um maior contato com uma verdadeira aplicação de energias renováveis, podendo talvez desenvolver curiosidade na pessoa em relação a, mesmo que ainda limitado, problemáticas nas quais são envolvidas economia de energia, redução de consumo de combustíveis fósseis e aplicação criativa de fontes de energia renováveis.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]
http://www.saocarlos.usp.br/index.php?option=com_content&task=view&id=73&Itemid=106"
- [2]
<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/456.pdf>.
- [3]
http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_heliotermica_2012.pdf
- [4]
http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_9.pdf
- [5]
http://www.epe.gov.br/geracao/documents/estudos_23/nt_energiasolar_2012.pdf
- [6]
ANEEL, Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL, 2002. 153 p.
- [7]
EPE, Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Rio de Janeiro: 2012.
- [8]
CAVALCANTI, E. S. C; BRITO, R. B. S; Geração heliotérmica: uma nova opção de energia limpa para o Brasil. 1999.
- [9]-
<http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/fatos/existem-projetos-heliotermicos-no-brasil>
- [10]-
<http://www.power-technology.com/projects/andasolsolarpower/>
- [11]-
<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/malagueta.pdf>
- [12]
MALAGUETA, D. C. Avaliação de Alternativas para Introdução da Geração Elétrica Termossolar na Matriz Energética Brasileira - Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE, 2013. 187 p.
- [13]
Union of concerned scientist: Science for a healthy planet and safer world. Public Utility Regulatory Policy Act (PURPA). Disponível em: < http://www.ucsusa.org/clean_energy/smart-energy-solutions/strengthen-policy/public-utility-regulatory.html>. Acessado em: 23 de maio de 2015
- [14]

TAVARES, R.F.A.M. Geração Heliotérmica: avaliação do impacto da utilização de novos fluidos no custo da energia gerada. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica. Projeto de Graduação – UFRJ/Escola Politécnica/Curso de Engenharia Mecânica. 2013.

[15]

<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/455.pdf>

[16]

<http://www.anp.gov.br/>