

Proposta de Melhoria da Eficiência Energética no campus da USP São Carlos

Projeto da Disciplina Sustentabilidade e Gestão Ambiental

Equipe Responsável pelo Projeto

Ana Terra Amorim Maia
Cristiano Steinkirch de Oliveira
Júlia Panzarin Savietto
Bianca Ventura Brandizzi
Gabriel Angelo Sgarbi Cocenza
Falcon Thibault

Data e Local de Realização do Projeto

De 27/03/2014 a 18/06/2014

São Carlos, SP



Resumo

O presente trabalho foi concebido no âmbito da disciplina SHS – 0382 – Sustentabilidade e Gestão Ambiental, a qual apresenta, como objetivo primordial, a “avaliação integrada de sustentabilidade do Campus São Carlos da Universidade de São Paulo”. O documento em questão representa o resultado dos grupos de trabalho XIII e XIV, para a elaboração de um Plano de Gestão de Energia para as Áreas I e II do Campus da Universidade de São Paulo em São Carlos, o qual foi elaborado sob o enfoque da eficiência e economia energética e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

O Campus São Carlos possui cinco unidades acadêmicas, além de infraestrutura e serviços para sustentar seu funcionamento, o que apresenta uma demanda significativa de energia elétrica. Buscou-se avaliar e apresentar alternativas, pautadas em práticas sustentáveis, para o estabelecimento de uma cultura de eficiência energética e redução do consumo de energia elétrica. Além da proposição de uma alternativa prática, a qual foi escolhida com base em aspectos sociais, ambientais, econômicos e institucionais, dentre múltiplas tecnologias emergentes estudadas, o grupo de trabalho também propôs medidas de sensibilização da comunidade universitária, buscando engajar os diversos atores do campus no uso consciente da energia e no alcance da economia energética.

O grupo, primeiramente, realizou um diagnóstico da situação atual do campus, referente ao consumo de energia elétrica e aos programas existentes de economia energética. A seguir, foram propostos objetivos e metas de economia e redução de consumo de energia elétrica para o campus.

Em seguida, são apresentados a elaboração e o estudo de estratégias, que abrangem as principais tecnologias emergentes no campo das energias renováveis. Em primeiro lugar, são expostas as soluções passivas, dentre as quais destaca-se a orientação solar no conforto térmico. Em segundo lugar, são apresentadas as soluções ativas, onde são estudadas as seguintes tecnologias: resfriador evaporativo, telhado verde, energia eólica, energia solar térmica e energia solar fotovoltaica. A partir das tecnologias estudadas, o grupo realiza a análise da viabilidade das tecnologias propostas, onde é elaborada uma matriz de priorização para as estratégias de eficiência energética, a qual possibilitou a escolha da melhor alternativa para aprofundamento dos estudos: a energia termo-solar.

O grupo propôs, então, um sistema termo-solar para o campus da USP São Carlos, levando em conta as áreas potenciais de consumo de tal energia. Foram escolhidos os alojamentos estudantis como as áreas prioritárias de instalação dos sistemas de energia solar térmica e, a seguir, foram estudadas as demandas diárias de água quente dos alojamentos existentes no campus. A partir dos resultados obtidos, realizou-se a escolha dos reservatórios e da área de coletores solares necessária, bem como o estudo das condições técnicas e dos custos de projeto. Por fim, o grupo apresenta uma análise da viabilidade do projeto, juntamente com os comentários finais a respeito da tecnologia proposta.

Paralelamente, realizou-se a proposição de um amplo programa de sensibilização e educação para a sustentabilidade, o qual, a partir de diversas ferramentas de sensibilização, dentre as quais destacam-se a criação de um grupo de embaixadores da sustentabilidade no campus, o envio de informes eletrônicos, o desenvolvimento de treinamentos *online* para o corpo discente e docente e presenciais para funcionários, promoverá a conscientização da comunidade universitária para o uso consciente da energia. Foram apresentados mecanismos e estratégias para a publicidade das ações de educação ambiental e as principais barreiras para a implementação do programa.

O leitor encontrará, por fim, as considerações finais do grupo, onde são apresentadas ponderações e avaliações sobre as ideias propostas e os resultados alcançados.

Lista de Figuras

Figura 1. Interferência da temperatura no número de acidentes de trabalho.....	9
Figura.2. Orientação dos edifícios no Campus I da USP São Carlos.....	10
Figura.3. Orientação dos edifícios no Campus II da USP São Carlos.....	11
Figura 4. Ângulos de incidência solar na fachada Norte.	12
Figura.5. Ângulos de incidência solar na fachada Noroeste.....	13
Figura 6. Ângulos de incidência solar na fachada Noroeste.....	14
Figura.7. Esquema de um resfriador evaporativo direto (Fonte: ECOBRISA).	18
Figura.8. Resfriamento evaporativo indireto tipo placa e tipo tubular.	18
Figura.9. Esquema representativo do telhado verde.....	21
Figura 10. Representação do teto verde para as épocas de chuva e sol.	23
Figura 11. Proposta da localização dos dois aerogeradores de 3000W na laje dos blocos opostos do prédio da ambiental.	26
Figura 12. Aerogeradores de 3000W da empresa HCF Portugal.....	26
Figura 13. Atlas do Potencial Eólico da região Sudeste com velocidade média anual do vento (Cepel, 2001).....	27
Figura 14. Curva de potência típica de um aerogerador.	29
Figura 15. Localização dos alojamentos e do restaurante universitário da área 1.	31
Figura 16. Localização do restaurante universitário a área 2.	32
Figura 17. Sistema de um aquecimento de água por energia solar (Soletrol: http://www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php).....	33
Figura 18. Possíveis localidades para a implantação de sistemas PV no campus de São Carlos – área I...	38
Figura 19. Possíveis localidades para a implantação de sistemas PV no campus de São Carlos – área II..	39
Figura 20. Período de Retorno de Sistemas PV de acordo com o custo de geração do Wp e do kWh.(Fonte: http://www.solarbuzz.com/going-solar/using/economic-payback)	44
Figura 21. Mapa para a obtenção do ângulo ótimo de inclinação dos módulos.	45
Figura 22. Variação no preço dos sistemas PV de 2006 a 2013, no mercado europeu.	47
Figura 23. Curva de aprendizado dos preços dos módulos fotovoltaicos desde 1975.....	47
Figura 24. Matriz de Priorização para as Estratégias de Eficiência Energética.....	52
Figura 25. Identificação dos blocos de alojamento.	56
Figura 26. Foto de detalhe do bloco B do alojamento.....	60

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1. Características climáticas de São Carlos.</i>	9
<i>Tabela 2. Tabela comparativa entre resfriador evaporativo, ar condicionado e ventiladores e exaustores (Fonte ECOBRISA)</i>	16
<i>Tabela.3. Redução da temperatura em função da umidade relativa do ar (Fonte: ECOBRISA).</i>	17
<i>Tabela.4. Resultado do cálculo da carga btu.</i>	19
<i>Tabela.5. Características do resfriador evaporativo.</i>	19
<i>Tabela.6. Estimativa de gastos de consumo para os resfriadores.</i>	20
<i>Tabela 7. Custos da implantação de um sistema de geração por energia eólica.</i>	25
<i>Tabela 8. Especificações técnicas de um aerogerador de 3000W disponibilizado a venda na loja HCF de Portugal.</i>	28
<i>Tabela 9. Dimensionamento e orçamento do sistema de aquecimento solar para o caso dos alojamentos da USP - São Carlos.</i>	34
<i>Tabela 10. Dimensionamento e orçamento do sistema de aquecimento solar para o caso do restaurante universitário da USP - São Carlos.</i>	35
<i>Tabela 11. Lista de localidades prioritárias para a instalação de sistemas solares fotovoltaicos nas áreas I e II do campus de São Carlos.</i>	37
<i>Tabela 12. Área aproximada de cada localidade da Área I do campus.</i>	39
<i>Tabela 13. Área aproximada de cada localidade da Área II do campus.</i>	40
<i>Tabela 14. Eficiência e Custo das tecnologias PV do mercado.</i>	41
<i>Tabela 15. Geração de energia por cenário de área e por tecnologia para área I.</i>	42
<i>Tabela 16. Geração de energia por cenário de área e por tecnologia para a área II.</i>	42
<i>Tabela 17. Demanda de água quente diária para cada bloco do alojamento.</i>	56
<i>Tabela 18. Volume dos reservatórios de água quente (boilers) para cada bloco do alojamento.</i>	57
<i>Tabela 19: Especificações técnicas dos boilers de baixa pressão</i>	57
<i>Tabela 20. Variáveis utilizadas no cálculo da área de coletores solares para cada bloco do alojamento.</i>	59
<i>Tabela 21 Características dos resistores.</i>	59
<i>Tabela 22 Custo dos reservatórios.</i>	61
<i>Tabela 23 Custo dos coletores solares.</i>	62
<i>Tabela 24 Custo de tubulações e acessórios.</i>	62
<i>Tabela 25 Custo de mão de obra</i>	62
<i>Tabela 26. Consumo médio mensal de energia elétrica necessário para aquecer água para banho.</i>	64

Lista de Siglas e Abreviaturas

CRHEA	Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada
PURE	Programa Permanente Para o Uso Eficiente de Energia
PV	Fotovoltaica
EPIA	European Photovoltaic Industry Association
COESF	Coordenadoria de Espaço Físico
PUREFA	Programa de Uso Racional de Energia e Fontes Alternativas

Sumário

Resumo	i
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	iv
Lista de Siglas e Abreviaturas	v
1. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ENERGÉTICA ATUAL DO CAMPUS	1
2. ESTABELECIMENTO DE OBJETIVOS E METAS	6
3. ELABORAÇÃO E ESTUDO DE ESTRATÉGIAS	8
Soluções Passivas	10
3.1 Orientação solar no conforto térmico	10
Soluções Ativas	15
3.2 Resfriador Evaporativo	15
3.3 Telhado Verde	21
3.4 Energia Eólica	24
3.5 Energia Solar Térmica	30
3.6 Energia Solar Fotovoltaica	36
4. ANÁLISE DA VIABILIDADE DAS ESTRATÉGIAS	51
5. DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA PRIORIZADA: Projeto de Energia Solar Térmica para a USP São Carlos	55
5.1 Demanda Diária de Água Quente	55
5.2 Escolha dos Reservatórios	57
5.3 Área de Coletores Solares Necessária	57
5.4 Condições Técnicas	59
5.5 Custos do projeto	61
5.6 Análise da Viabilidade do Projeto	63
6. COMENTÁRIOS FINAIS	65

7. PROGRAMA DE SENSIBILIZAÇÃO E EDUCAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE.....	66
7.1 Objetivos Gerais	66
7.2 Sensibilização da Comunidade.....	66
7.3 Ferramentas de Sensibilização.....	67
7.4 Mecanismos e Estratégias para a Publicidade das Ações de Educação.....	70
7.5 Principais Barreiras.....	80
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
10. ANEXOS.....	88

1. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ENERGÉTICA ATUAL DO CAMPUS

O campus da Universidade de São Paulo localizado na cidade de São Carlos é subdividido em duas áreas, denominadas área 1 e área 2. As áreas divergem em infraestrutura, devido, ao período de desenvolvimento de cada uma, sendo a área 1 mais estruturada e limitada de expansão e a área 2 mais nova e em expansão. O campus oferece diferentes serviços aos estudantes, professores, funcionários e comunidade, que requerem significativa demanda de energia. Os serviços oferecidos diferem entre as duas áreas do campus:

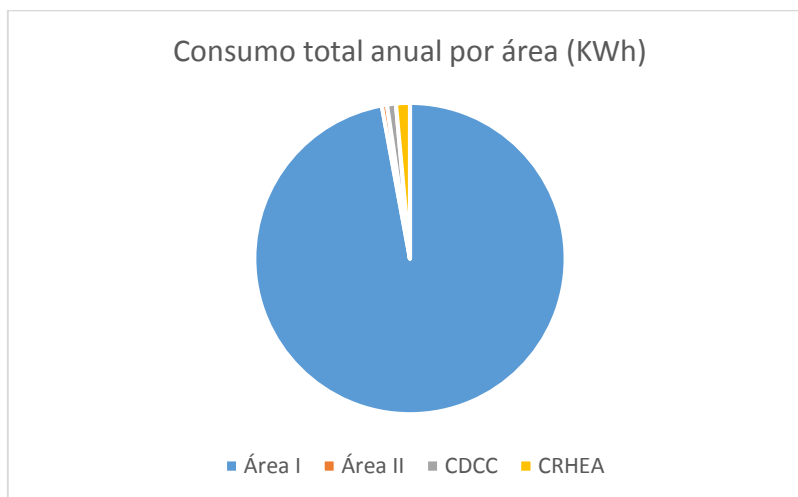
Área I: Prédios de salas de aula, centro de esportes e recreação, alojamentos, centro médico, bibliotecas, laboratórios, restaurante universitário e lanchonetes e sistema de transporte.

Área II: Prédios de salas de aula, laboratórios, biblioteca, restaurante universitário e lanchonete e sistema de transporte.

A energia elétrica demandada pelo campus é suprida 100% por companhias externas de geração de energia. Sendo a empresa CPFL responsável pelo fornecimento elétrico das áreas I e II e a empresa ELEKTRO responsável pelo fornecimento do CRHEA, o qual não faz parte do escopo deste projeto. Ambas as empresas atuam como concessionárias do serviço público de geração de energia elétrica e geram energia majoritariamente através de centrais hidrelétricas.

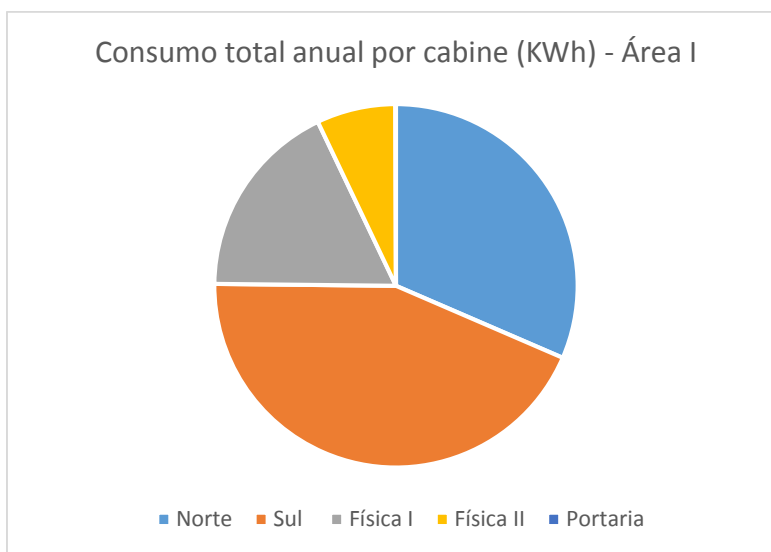
O controle do consumo energético do campus é limitado segundo as cabines de energia elétrica: 5 cabines localizadas na área I (Prefeitura Área Norte, Prefeitura Área Sul, Instituto de Física I, Instituto de Física II e Portaria) e 2 cabines localizadas na área II (Prefeitura e PCASC II). O consumo por cabine no ano de 2013 é mostrado no gráfico a seguir:

Gráfico 1. Consumo total anual em KWh por área do campus da USP em São Carlos.



* Dados referentes ao consumo do ano de 2013, registrados pelo controle de energia da Universidade e fornecidos pelo Eng. Elio Trapani, responsável pela manutenção do campus, no formato de planilhas do Excel.

Gráfico 2. Consumo total anual em KWh por cabine da Área I do campus da USP em São Carlos.



* Dados referentes ao consumo do ano de 2013, registrados pelo controle de energia da Universidade e fornecidos pelo Eng. Elio Trapani, responsável pela manutenção do campus, no formato de planilhas do Excel.

Gráfico 3. Comparação entre o consumo total anual em MWh do campus da USP em São Carlos nos anos de 2012 e 2013.

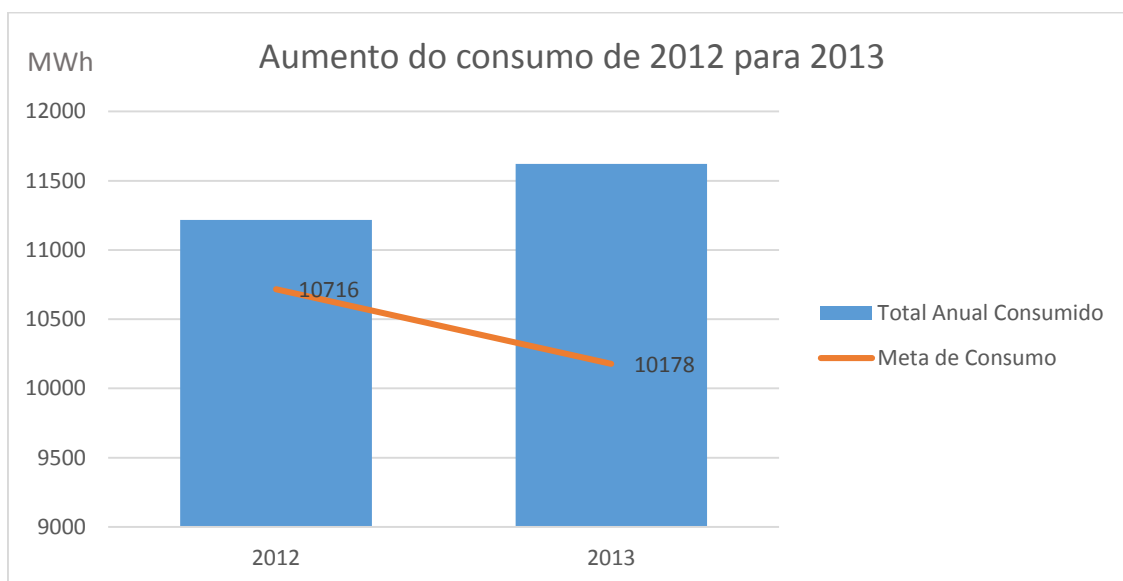
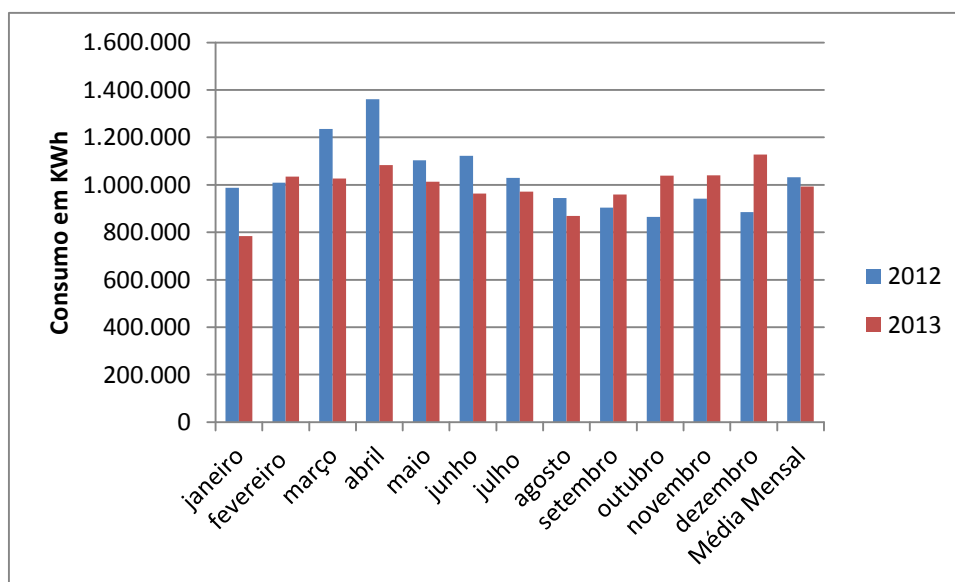


Gráfico 4. Consumo mensal total das áreas I e II do campus da USP em São Carlos em MWh e as metas mensais estabelecidas para os anos de 2012 e 2013.



Verifica-se que a área I do campus da USP São Carlos ainda é a que mais consome energia, apresentando um consumo expressivamente maior do que as outras áreas. No âmbito da área I, a cabine que registrou os maiores consumos foi a localizada na Prefeitura Área Sul, seguida pela Portaria, Prefeitura Área Norte e pelas duas cabines da Física.

Verificou-se, também, que o consumo de energia elétrica aumentou significativamente de 2012 para 2013 (aproximadamente 3,71%), sendo que fora estipulada uma redução de consumo de 5% ao ano. O gráfico 4 apresenta o consumo mensal referente aos anos de 2012 e 2013. Pode-se verificar que os meses que apresentaram um consumo mais acentuado foram março e abril, provavelmente devido às temperaturas elevadas, aliadas ao retorno às aulas dos estudantes.

A Universidade de São Paulo conta com o PURE, Programa Permanente Para o Uso Eficiente de Energia Elétrica na USP criado em 1997, para a implementação de programas que visam incentivar e promover a gestão do uso da energia elétrica em todas as instalações da Universidade, bem como conscientizar a comunidade universitária acerca da importância da eficiência energética e do uso sustentável e racional dos recursos naturais.

O programa surgiu como medida emergencial para sobrevir ao racionamento, pois à USP foi atribuída uma meta de redução do consumo de 20%. Está vinculado à Coordenadoria de Espaço Físico da USP – COESF – e propõe ações de monitoramento, gerenciamento de faturas, treinamento e divulgação de informações, bem como especificações técnicas para compra de materiais elétricos na USP.

Foi criada uma metodologia de gestão de energia da USP, que opera com três frentes: gestão administrativa, técnica e educacional. Sob a coordenação do PUREUSP, foi lançado em 2007 o PUREFA – Programa de Uso Racional de Energia e Fontes Alternativas, o qual executou um projeto de infraestrutura e eficiência energética. O projeto contemplou “ações de aquecimento de água por meio de aquecedores solares, uso do gás, troca de sistemas de iluminação, treinamento de manutenção em aparelhos de ar condicionado, definição de normas e padrões de instalação e de edificações, geração de energia solar fotovoltaica e a partir de biogás”.¹

Visando tornar os sistemas prediais e as instalações elétricas da universidade mais eficientes, o PUREUSP destina uma verba anual para a implementação de projetos de reforma de instalações das unidades, tais como trocas de lâmpadas, reatores, e luminárias, trocas de equipamentos de ar condicionado e de fontes de energia para aquecimento de água, dentre outros.

¹ Disponível em: <http://www.usp.br/pure/>. Acessado em: 08/04/2014.

Apesar da existência do PUREFA, a USP apresentou um aumento no consumo de energia elétrica no decorrer dos últimos anos, provando-se que será difícil atingir as metas estipuladas sem um maior controle do consumo e dos desperdícios e sem a sensibilização e o engajamento de toda a comunidade universitária, atuando em prol da eficiência energética. É preciso que as diretrizes e ações propostas no âmbito do PUREFA sejam de fato aplicadas, de maneira estruturada e supervisionada.

Não existe controle do consumo energético por serviço oferecido, mas pode se estimar que a maior parte do consumo é direcionada à iluminação, à refrigeração de ambientes e ao funcionamento de equipamentos laboratoriais.

2. ESTABELECIMENTO DE OBJETIVOS E METAS

Este projeto tem como objetivo indicar propostas de melhorias que implementadas proporcionarão eficiência energética ao campus, favorecendo a sustentabilidade do mesmo.

Baseada no diagnóstico da situação energética atual no campus da USP - São Carlos conduzido neste projeto, no feedback de estudantes e de todo quadro de funcionários do campus e de leis e recomendações envolvendo a mudança climática e soluções energéticas sustentáveis, a equipe responsável pelo projeto recomenda que a Universidade de São Paulo, por meio do PURE, aplique metas direcionadas aos demais campi da USP e que sejam nomeadas equipes em cada campus responsáveis por colocar em prática programas e ações criadas pelo PURE.

Focando exclusivamente no campus de São Carlos a equipe visa com este projeto indicar estratégias para que o campus consiga atingir as seguintes metas:

- redução no consumo energético em 20% até o ano de 2020 em comparação ao consumo registrado em 2013 e;

- supressão da demanda de energia de 2020 em 10% por energias alternativas à fonte energética atual utilizada pelo campus.

O grupo entende que, apesar de ousadas, a USP São Carlos tem totais condições de atingir tais metas, se contarmos com a colaboração de todos os atores envolvidos e com a implementação dos programas de redução e de sensibilização, e que podemos nos tornar um campus modelo no que tange à sustentabilidade e a eficiência energética.

As estratégias levantadas, que serão avaliadas detalhadamente segundo viabilidade socioeconômica e ambiental, são indicadas a seguir de acordo com cada meta estabelecida.

Para a redução do consumo de energia, que extrapola as metas propostas no âmbito do PURE, foram levantadas as seguintes estratégias:

- ✓ Criação de um programa de sensibilização para todas as pessoas envolvidas diretamente e indiretamente no campus São Carlos;

- ✓ Automação de utilidades do campus;
- ✓ Substituição dos sistemas de iluminação por lâmpadas tipo LED;
- ✓ Substituição de equipamento de ar condicionado por técnicas sustentáveis que não utilizem ou utilizem pouca energia elétrica, tais como, teto verde e climatizadores evaporativos;
- ✓ Especificação técnica para a compra de equipamentos elétricos segundo o critério de eficiência energética;

Para a supressão da demanda de energia, foram levantadas as seguintes estratégias:

- ✓ Instalação de sistemas de energia solar térmica nos alojamentos e restaurantes universitários;
- ✓ Implantação de sistemas de energia solar fotovoltaica nos prédios de aula e nos laboratórios;
- ✓ Implantação de um sistema de energia eólica na área II do campus.

3. ELABORAÇÃO E ESTUDO DE ESTRATÉGIAS

Soluções sustentáveis para a melhoria da eficiência energética em edifícios

Informações Gerais

Com o aumento dos problemas relacionados ao meio ambiente, o conceito de desenvolvimento sustentável tem sido muito discutido e a procura em conciliar o crescimento econômico com a responsabilidade socioambiental e conservação dos recursos naturais é uma das grandes preocupações dos tempos atuais. A solução ou minimização dos problemas ambientais deve partir de novas concepções administrativas e tecnológicas que incluam o meio ambiente em suas decisões.

Considerando-se que as pessoas passam em média 90% do tempo em edifícios, seja em suas respectivas casas ou trabalhando, mostram a necessidade soluções das quais se requerem pouco recursos naturais para obter conforto térmico e iluminação adequada. Concepções tradicionais da engenharia, onde o foco da construção apenas se concentra em questões de qualidade, tempo e custos mostram-se cada vez mais obsoletas com as necessidades crescentes de sustentabilidade.

Observa-se que uma importante parcela do consumo de energia elétrica em edifícios provém dos equipamentos de climatização e da iluminação artificial. A forma adequada da orientação solar na elaboração do projeto, a utilização de materiais adequados na construção, uso de ventilação natural e aproveitamento da iluminação natural, diminuem o consumo energético. A produtividade e o rendimento do ser humano são correlacionados com a temperatura do ambiente de trabalho, conforme a Figura 3.

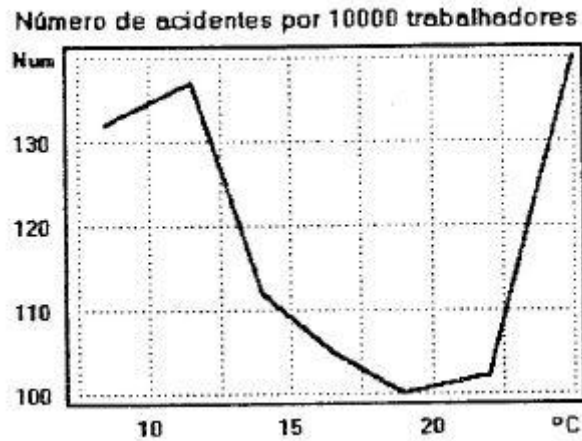


Figura 1. Interferência da temperatura no número de acidentes de trabalho

(Fonte: EDHOLM 1968 apud RORIZ, 2001, p. 3)

Clima

Para saber as melhores alternativas para o conforto térmico, é necessário conhecer o clima do local. Para Critchfield (1960) “a saúde humana, a energia e o conforto são mais afetados pelo clima do que por qualquer outro elemento do meio ambiente”. Entender a dinâmica climática é essencial para obter fatores que favorecerão o conforto térmico.

Segundo Vecchia (1989) o clima de São Carlos é tropical de altitude com o verão predominantemente quente e úmido e inverno seco, com amplitudes térmicas acentuadas durante todo o ano. Na Tabela 1 são demonstradas as temperaturas e a pluviosidade durante o ano.

Tabela 1. Características climáticas de São Carlos.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura Máxima (média) °C	28	28	28	28	25	24	24	27	28	28	28	25	27
Temperatura Mínima (média) °C	18	18	17	16	13	12,0	12	13	15	16	16	18	15,3
Chuvas mm	268,7	227,4	136,7	59,4	49,7	32,1	15,5	26,6	58,9	132,8	164,9	240,1	1422

Soluções Passivas

3.1 Orientação solar no conforto térmico

A orientação solar sempre deve ser considerada na elaboração de um projeto, caso contrário, pode comprometer o conforto térmico. No hemisfério sul, a orientação norte é a que apresenta maior vantagem. Isto se deve devido a variação da incidência que o sol forma com a superfície terrestre nas diferentes estações do ano. No verão, o sol tem a tendência de passar sobre a cobertura dos edifícios e desta forma, uma pequena cobertura de uma janela voltada ao norte é suficiente para proporcionar uma sombra. No inverno, o sol incide nas fachadas para o norte aquecendo mais o edifício. Ressalta-se que é recomendável que seja evitado direcionar as aberturas de janelas para oeste, pois no verão a intensidade solar é maior. A verificação da posição dos edifícios nos campi da USP São Carlos e suas respectivas orientações solares, são mostrados nas Figuras 2 e 3.



Figura.2. Orientação dos edifícios no Campus I da USP São Carlos.



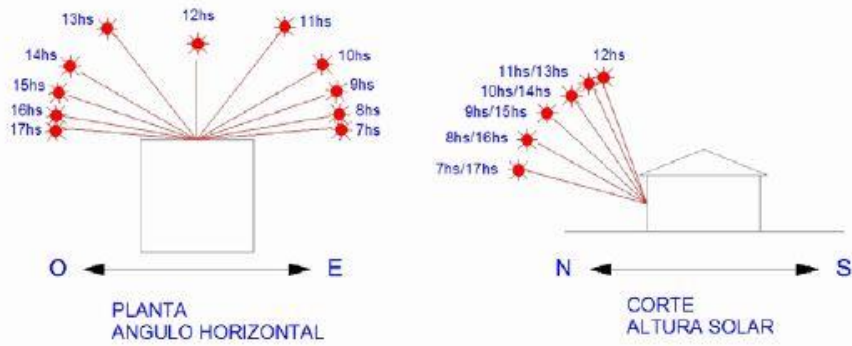
Figura.3. Orientação dos edifícios no Campus II da USP São Carlos

Observa-se pela Figura 2 e 3 que os edifícios do Campus I estão em sua maioria orientados para a face norte, enquanto que os do Campus II, com exceção da Engenharia Aeronáutica, estão orientados na maior parte, para noroeste ou nordeste, o que poderia se constituir em um fator negativo com relação ao conforto térmico.

Nas Figuras 4, 5 e 6 são apresentados a incidência solar durante o verão e inverno em Ribeirão Preto. Ressalta-se que por estar praticamente na mesma latitude, a incidência de raios solares pode ser considerada aproximada com a de São Carlos.

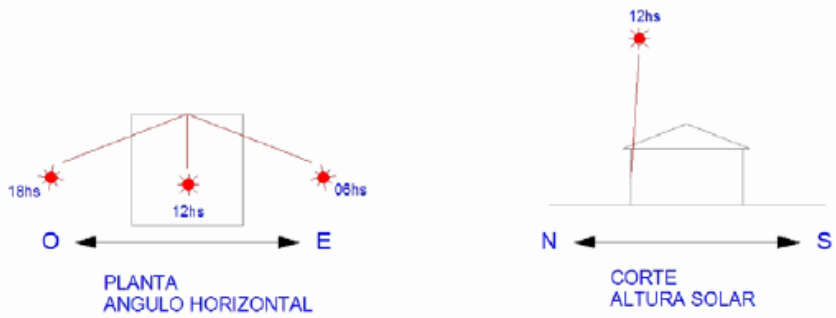
Ressalta-se que devido ao mau planejamento da orientação solar o prédio da Engenharia Ambiental passou por algumas intervenções, entre elas a troca do telhado e proteções na janela para conter a incidência solar direta na sala de projetos e na sala de computadores. Outro ponto importante é que um edifício com orientação norte não garante o conforto térmico. O planejamento para posicionar os ambientes no edifício e a boa ventilação são essenciais.

FACHADA NORTE 29 SETEMBRO



FACHADA NORTE 22 DEZEMBRO

NÃO RECEBE INSOLAÇÃO



FACHADA NORTE 19 MARÇO

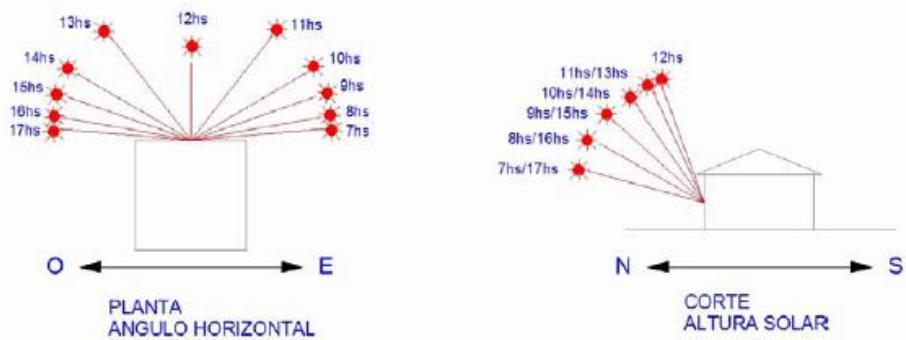


Figura 4. Ângulos de incidência solar na fachada Norte.

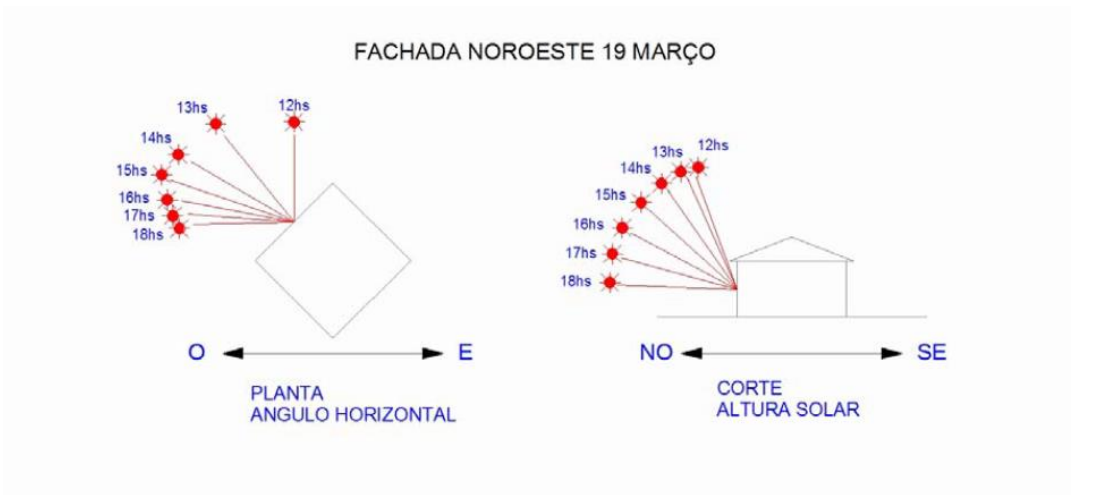
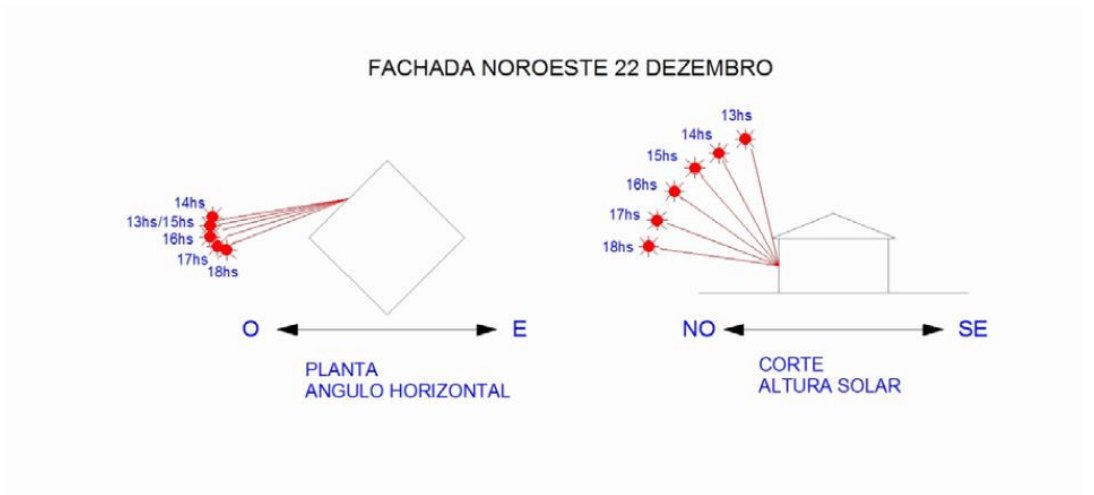
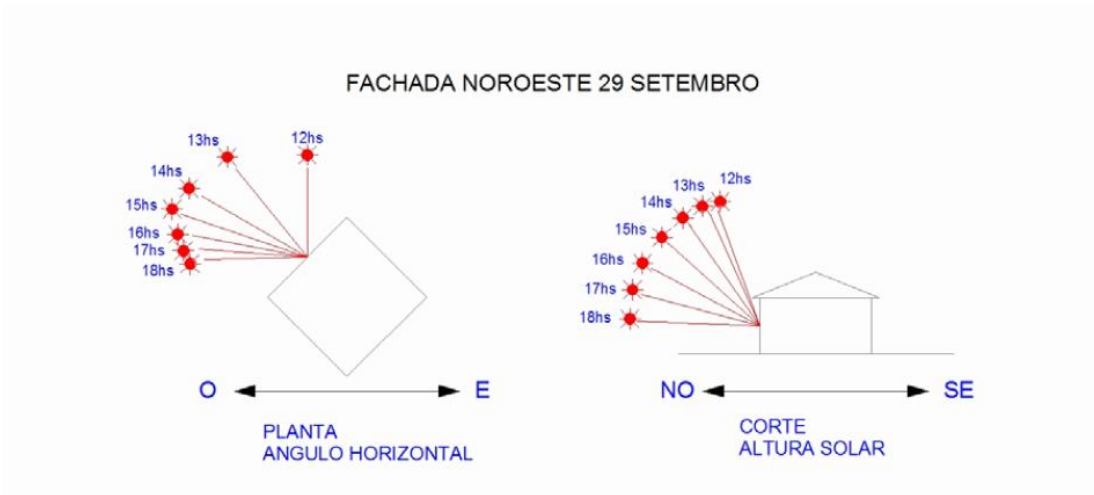


Figura.5. Ângulos de incidência solar na fachada Noroeste.

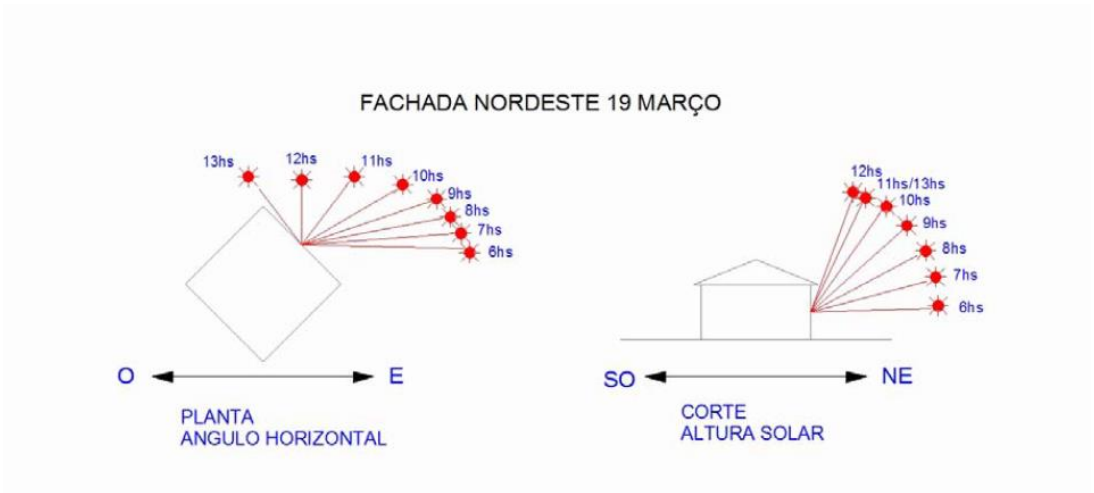
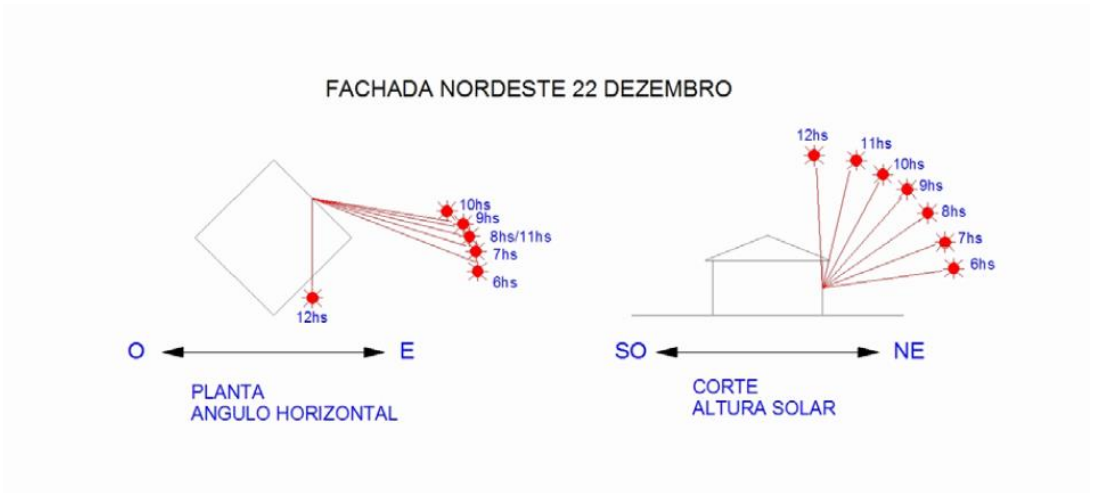
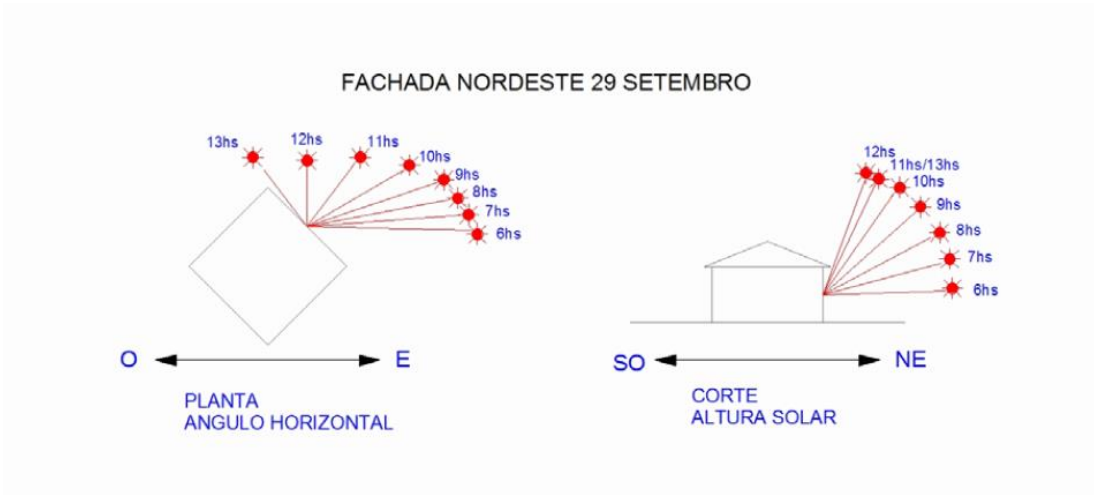


Figura 6. Ângulos de incidência solar na fachada Noroeste.

Observa-se pelas Figuras 4 a 6 que os edifícios no campus II não estão orientados de uma forma ideal voltada para o norte o que torna necessário proteções solares e sombreamento para as fachadas sujeitas a radiação solar direta excessiva.

Soluções Ativas

3.2 Resfriador Evaporativo

O resfriamento evaporativo é um processo natural que consiste na redução da temperatura do ar e aumento da umidade relativa. Este fenômeno ocorre quando o ar cede calor sensível para a água evaporar, tendo assim a sua temperatura diminuída. Este processo é conhecido há muito tempo pela humanidade e exemplos práticos desta ampliação é a utilização de fontes em pátios para melhorar o microclima.

Por ser um processo natural, os resfriadores evaporativos consomem menos energia quando comparados com o ar condicionado. Além disso, o ar condicionado resseca o ar o que torna mais propício ao aparecimento de infecções respiratórias uma vez que o ressecamento das mucosas diminui a imunidade. Na Tabela 2 são apresentados as vantagens da instalação dos evaporadores com relação ao ar condicionado

Tabela 2. Tabela comparativa entre resfriador evaporativo, ar condicionado e ventiladores e exaustores (Fonte ECOBRISA)

	Resfriador Evaporativo	Condicionadores de ar convencionais	Ventiladores e Exaustores
Custo	Baixo	Alto	Muito baixo
Consumo de energia	Baixo	Muito alto	Baixo
Requisitos do ambiente	Não pode ser fechado porque trabalha com grande renovação de ar (próxima a 100%)	Deve ser fechado porque trabalha com pouca renovação de ar.	Não há requisitos
Efeito na temperatura	Resfria o ar de acordo com a temperatura de bulbo úmido local	Esfria o ar de acordo com a temperatura selecionada no termostato	Não altera temperatura do ar, apenas movimenta o ar quente
Efeito na umidade	Aumenta a umidade relativa do ar sem atingir a saturação	Seca o ar	Não altera a umidade
Efeito na saúde	Excelente devido a grande renovação de ar. A umidificação do ar é um benefício adicional em climas muito secos.	Ar muito seco e a baixa taxa de renovação do ar são prejudiciais à saúde.	São úteis para reduzir os efeitos prejudiciais do calor excessivo. A exaustão é fundamental em ambientes com geração de calor ou de poluentes.
Impactos no Meio Ambiente	Nenhum impacto negativo	O alto consumo de energia é um pesado ônus para o meio ambiente. Quando usam gás CFC ou HCFC são prejudiciais à camada de ozônio.	Nenhum impacto negativo.
Manutenção	Baixa e simples	Alta e especializada	Muito baixa

O resfriamento evaporativo depende basicamente da umidade relativa do ar. Quanto mais seco o ar, maior é a redução da temperatura. Na Tabela 3 são apresentados os valores de redução de temperatura em função da umidade relativa do ar.

Tabela.3. Redução da temperatura em função da umidade relativa do ar (Fonte: ECOBRISA).

TEMPERATURA DE ENTRADA DO AR (°C)	25	32	37
UMIDADE RELATIVA (%)	Redução de Temperatura (°C)		
30	8,5	9,5	11
40	7	8	8,5
50	5,5	6,5	7
60	4,5	5	5,5
75	2,5	2,5	3

Existem dois tipos de resfriadores evaporativos: direto e indireto. Os evaporadores diretos são os mais comuns e seu funcionamento consiste quando o ar é resfriado e umidificado por contato direto com uma placa porosa malhada ou através de água pulverizada. Este processo pode ser considerado como adiabático, ou seja, não há transferência de calor com o ambiente. Na Figura 7 é demonstrado seu funcionamento.

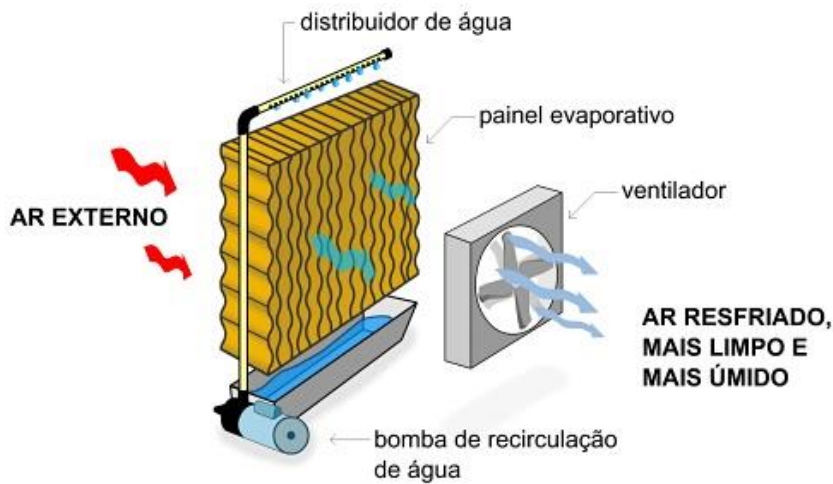


Figura.7. Esquema de um resfriador evaporativo direto (Fonte: ECOBRISA).

O resfriador evaporativo indireto funciona quando o ar relativamente seco é mantido separado de uma corrente de ar secundária molhada, onde a água está sendo evaporizada. O ar primário transfere calor para a corrente de ar secundária ou para um líquido assim, a entalpia do ar do lado seco é reduzida. Na Figura 8 é representado um esquema do resfriamento evaporativo indireto.

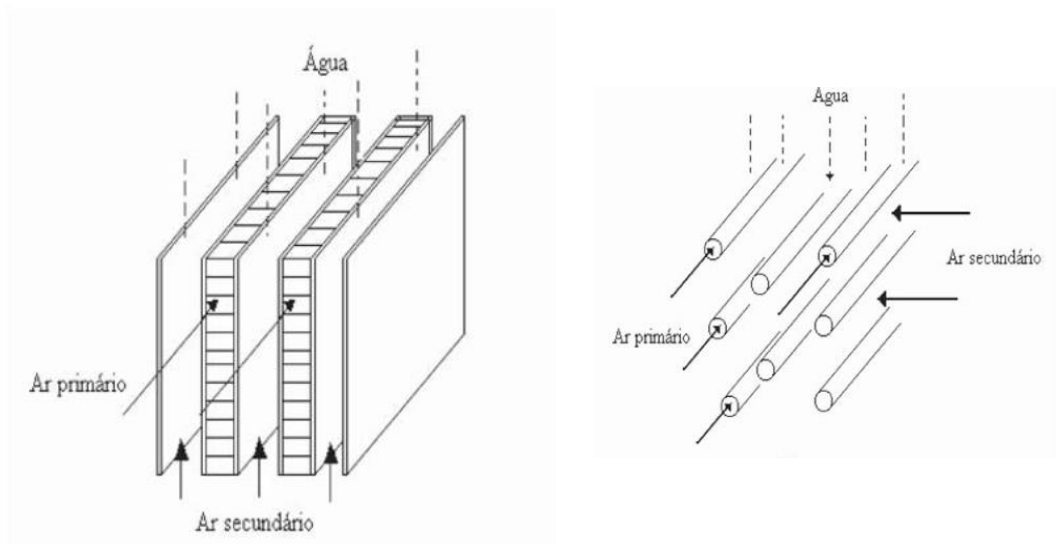


Figura.8. Resfriamento evaporativo indireto tipo placa e tipo tubular.

Cálculo da carga térmica (btu)

Para o cálculo da carga térmica na sala de computação onde existe no edifício da engenharia ambiental, onde é utilizado o ar condicionado, foi utilizado o seguinte procedimento:

- 685 btu/h por m²;
- Para cada pessoa adicional, acrescentar 600 btu/h;
- Para cada equipamento eletroeletrônico, acrescentar 600 btu/h.

O resultado obtido é apresentado na Tabela 4:

Tabela.4. Resultado do cálculo da carga btu.

<i>Área</i>	<i>Número de pessoas</i>	<i>Número de computadores</i>	<i>btu/h</i>
35	24	24	52775

Para atender a necessidade dos 52775 btu/h foi especificado dois equipamentos com as características apresentadas na Tabela 5.

Tabela.5. Características do resfriador evaporativo.

Vazão de ar	2.250 m ³ /h
Tensão elétrica	220 V
Consumo elétrico	110 watts
Dimensões	64 x 62 x 60 (cm)
Frente	66 x 63 x 16 (cm)

Abertura na parede	52x 64 (cm)
Peso	18 kg
Área máxima climatizada	18 a 35 m ²
Consumo de água médio	1,12 l/h

Viabilidade econômica

Para o estudo da viabilidade econômica foi comparado o ar condicionado convencional com o resfriador evaporativo. Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela.6. Estimativa de gastos de consumo para os resfriadores.

	Tipo de Resfriador	Número de aparelhos	Potência (W)	*Consumo (Kwh/mês)	**Custo (R\$)
Situação Atual	Ar Condicionado	1	1200	432	164,16
Situação Futura	Evaporativo	2	208	149,76	56,91

*Cálculo considerado os aparelhos ligados 12 horas por dia

**Valor da tarifa de consumo da ANEEL em 2013

Observa-se pela Tabela 6 que com o resfriador evaporativo, é possível economizar 56,91 reais por mês. Considerando-se que o custo de cada resfriador evaporativo é de R\$2100,00 o retorno do investimento será em 39 meses. Ressalta-se que se for vendido os equipamentos de ar condicionado, o retorno será ainda mais rápido.

3.3 Telhado Verde

Informações Gerais

Existe uma grande oportunidade de economizar energia com o uso do telhado verde. Esta técnica existe desde os primórdios da civilização. Trata-se de cobrir com um substrato vegetal a telha com baixa declividade(até 30°). Vários experimentos realizados na Europa (especialmente desde a década de 1970 na Alemanha, Holanda, Suíça, Escandinávia, e, recentemente na Bélgica e França.) demonstraram um grande potencial para conforto térmico em edifícios.

Oportunidades nos campi da USP

Um telhado verde é constituído pelos seguintes elementos:

- Estrutura de suporte em concreto, aço ou madeira;
- Camada de vedação (geotêxtil ou elementos de vedação não metálicos);
- Camada de drenagem;
- Substrato de crescimento;
- Camada vegetal.

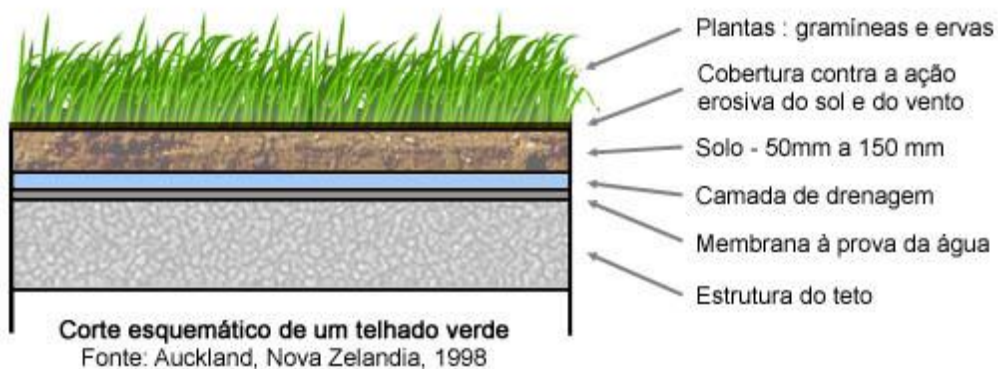


Figura.9. Esquema representativo do telhado verde.

(Fonte: Coletivo Verde)²

² Disponível em:< <http://www.coletivoverde.com.br/telhado-ecologico/>>. Acessado em 25/03/2014.

O telhado verde pode acomodar diferentes tipos de plantas que podem melhorar na estética quando estas entram em florescimento.

Ressalta-se que o desenvolvimento das plantas no telhado verde leva alguns anos. A necessidade de um substrato de cultura para planta acarreta na necessidade de uma estrutura forte, com boa vedação e inclinação relativamente baixa (plana ou inclinada em 35° no máximo) e de fácil acesso para a manutenção.

A instalação de telhado vegetado está possível sobre todo o edifício da USP de São Carlos, porque as inclinações desses telhados não exceda 35°.

Vantagens do telhado verde

Os custos de manutenção de construção são baixos em comparação com os benefícios. Esta técnica melhora o conforto térmico, acústico e umedece o ar. No verão, as plantas de um telhado verde protege o edifício contra a luz solar e através da evapotranspiração, pode reduzir ou eliminar o ganho de calor resultando em economia de energia para refrigeração do edifício. A economia de energia depende do tamanho do edifício, localização, profundidade do meio de cultura e o tipo de planta utilizado. Na Figura 10 é representado uma ilustração das vantagens da utilização do teto verde.

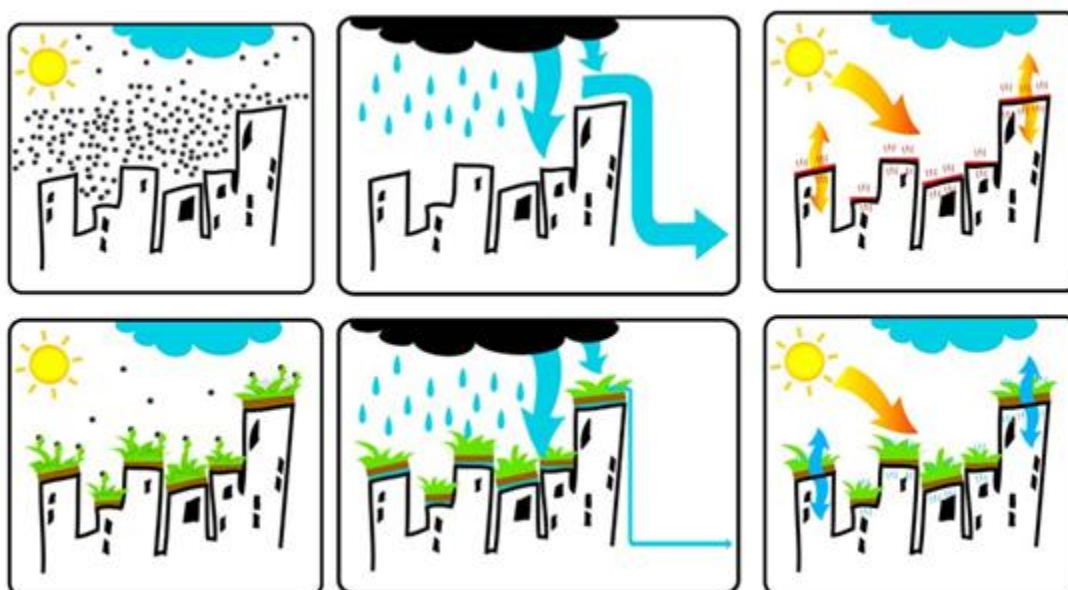


Figura 10. Representação do teto verde para as épocas de chuva e sol.

Em um prédio, 30% das perdas de calor são através do telhado.

- ✓ A instalação de um telhado verde melhora o seu isolamento térmico.
- ✓ Pode reduzir os custos de ar condicionado no verão e aquecimento no inverno.
- ✓ Você pode fazer até 20% de economia na conta de energia para o ar condicionado e aquecimento para o nível abaixo do telhado.
- ✓ Estes telhados verdes também pode ajudar a limpar o ar urbano.
- ✓ Regulamento dos fluxos de água.

Restrições

A adição de um substrato de cultura de plantas, requer uma estrutura suficientemente forte, bem como o teto do edifício de os elementos de apoio (adequado para o novo, mas não sempre, em caso de reabilitação de um telhado ou uma extensão) uma vedação perfeita, uma pequena inclinação e tem que ser fácil de acesso para a manutenção durante os primeiros anos.

O telhado verde não apresenta nenhuma barreira operacional uma vez que sua manutenção é baixa e de pouco custo. Entretanto, esta tecnologia é pouco utilizada e poucas empresas estão no mercado o que pode acarretar em problemas de licitação para a implementação da tecnologia.

Custo do telhado verde

Em média, o custo por metro quadrado é de R\$ 140,00. É possível colocar o teto verde em qualquer telhado desde que a estrutura permita. Vedação e drenagem são essenciais para um bom funcionamento.

3.4 Energia Eólica

Informações Gerais

A utilização da energia eólica consiste na conversão da energia bruta dos ventos em energia útil. A conversão em energia elétrica por meio de aerogeradores é uma forma relativamente recente de aproveitamento eólico, haja vista que o primeiro aerogerador conectado a rede elétrica para fins comerciais foi instalado em 1976 na Dinamarca. Atualmente, existem mais 30 mil turbinas eólicas no mundo em operação (ANEEL, 2014).

A implantação de um sistema eólico no Campus 2 de São Carlos da USP pode representar um passo importante a ser tomado para o estudo pragmático desse tipo de energia ainda não estabelecida plenamente no Brasil. O uso da energia eólica já é largamente propagado em diversos países, como é o caso da Dinamarca (34%) e da Espanha (21%), aos quais o aproveitamento eólico se tornou a principal fonte de energia elétrica. Além disso, Portugal (acima de 20%), Irlanda (acima de 16%) e Alemanha (acima de 9%) são exemplos de outros países que com grande aproveitamento da força dos ventos (WWEA, 2014).

A utilização da energia eólica pode auxiliar no alcance das metas propostas no presente estudo para a USP de São Carlos para o ano de 2020. Segundo a *World Wind Energy Association* (WWEA), será possível que, no ano de 2020, a capacidade de geração de eletricidade a partir da energia eólica será maior que 700 gigawatts (GW) no mundo.

O primeiro aerogerador no Brasil foi instalado no arquipélago de Fernando de Noronha, no ano de 1992. Em 2007, o país contava com 147 aerogeradores em operação em 16 usinas eólicas. Dessa forma, a energia eólica ainda é pouco utilizada no Brasil, necessitando de maiores pesquisas acadêmicas para a sua aplicação.

Dessa forma, a instalação de aerogeradores no Campus II da Universidade de São Paulo em São Carlos pode contribuir de maneira direta para o alcance das metas estabelecidas no presente estudo, além de contribuir de maneira indireta na maior inserção do uso de energia eólica no Brasil, e em futuros estudos aplicados no processo de uso dos aerogeradores no Campus.

Previsão de Custos e Benefícios

A implantação proposta do presente estudo é de dois aerogeradores localizados sob o prédio da Engenharia Ambiental no Campus 2. No Quadro abaixo, estão representados os custos de cada componente eólico e do sistema de energia eólica como um todo, com base no site da empresa HCF Portugal. Os cálculos apresentados não contam com os custos de desenvolvimento de projeto detalhado, dos custos de transporte dos componentes para montagem e a instalação do sistema.

Tabela 7. Custos da implantação de um sistema de geração por energia eólica.

Componentes básicos do sistema	Custos (R\$)
2 Aerogeradores de 3000W	$30.900 \times 2 = 61.800$
Torre espiada de 9 metros	3.210
Inversor SMA Windy Boy 3300 V	8.080
Total:	73.090

Os aerogeradores propostos neste estudo deverão ser ligados diretamente na rede elétrica por meio do contador digital bidirecional, que possibilita a injeção de energia elétrica na rede, caso a eletricidade gerada seja maior que a consumida. A injeção na rede por meio deste contador evitará que sejam instalados um sistema de armazenamento de eletricidade por baterias, evitando os custos maiores na instalação e futuros problemas de disposição das baterias ao fim de sua vida útil.



Figura 11. Proposta da localização dos dois aerogeradores de 3000W na laje dos blocos opostos do prédio da ambiental.



Figura 12. Aerogeradores de 3000W da empresa HCF Portugal.

Orientação Técnica

Utilização o Atlas do Potencial Eólico da região Sudeste, pode-se analisar que, deu uma forma geral, a região central do Estado de São Paulo, onde está o município de

São Carlos e a localização do Campus 2, possui uma faixa média de 5,5 a 7 m/s em termos de velocidade do vento.

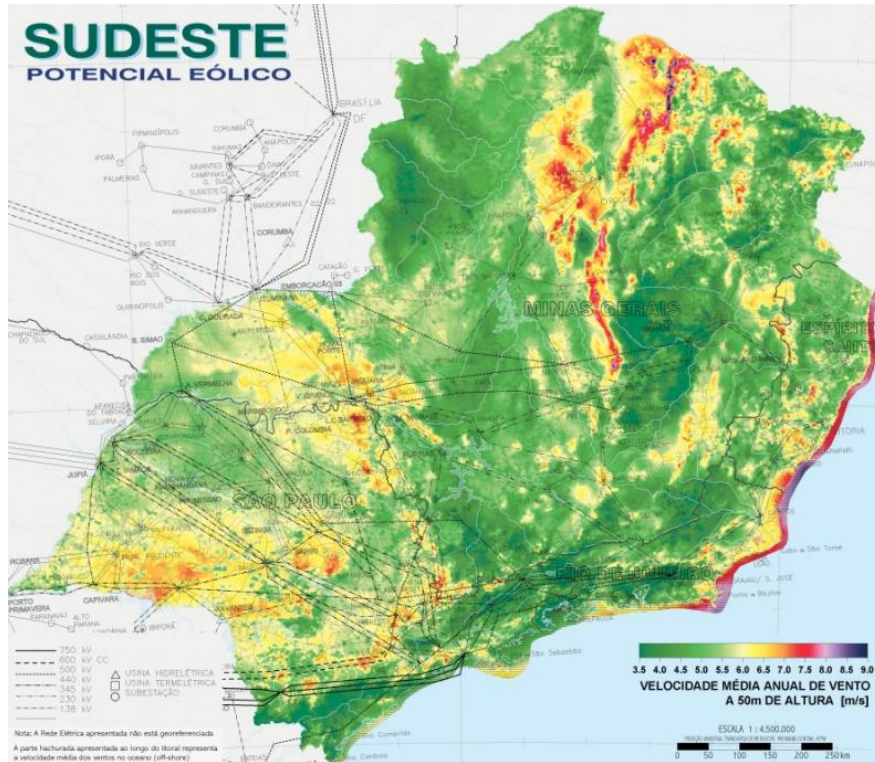


Figura 13. Atlas do Potencial Eólico da região Sudeste com velocidade média anual do vento (Cepel, 2001).

Tendo em vista a instalação de um aerogerador médio (3000W de potência nominal) com pás de fibra de vidro, capaz de gerar até 900 kWh/mês, nesta faixa estipulada de velocidade do vento seria capaz de gerar entre 50% a 80% da sua capacidade total, ou seja, de 450 a 720 kWh/mês.

Tabela 8. Especificações técnicas de um aerogerador de 3000W disponibilizado a venda na loja HCF de Portugal.

Potência	3000 W
Diâmetro	4,5 m
Área de Varrimento (m ²)	15,90 m ²
Velocidade de arranque (m/s)	2 m/s
Velocidade de entrada de produção	3 m/s
Velocidade de vento para potência nominal (m/s)	10 m/s
Vel. máx. de segurança (m/s)	60 m/s
Velocidade de saída de produção	25 m/s
Voltagem Nominal	240 V
Rotação nominal (r/m)	220 RPM
Tipo de Orientação	Electrónica
Tipo de Gerador	Magnético

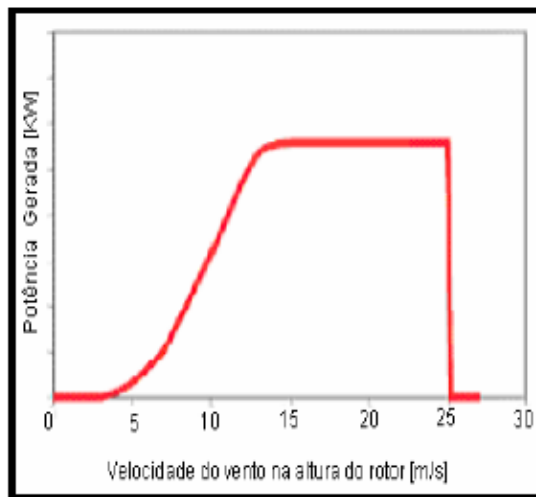


Figura 14. Curva de potência típica de um aerogerador.

Barreiras

De certa forma, todas as energias renováveis enfrentaram uma vasta gama de fatores que bloqueiam de alguma maneira sua implantação até a plena aceitação da sociedade e estabilidade do mercado. As barreiras podem ser diversos tipos, sendo problemas de motivação política, de cunho legal, financeiro, indústria e capacitação tecnológica os principais.

Os principais desafios para implementação da geração de energia elétrica a partir da energia eólica no Brasil podem ser considerados como os mesmos a serem aplicados no Campus 2, visto que a Universidade de São Paulo está sujeita às políticas e regulamentações no setor elétrico brasileiro.

Custos gerais para a implantação de geração elétrica por energia eólica

Segundo Ferreira (2007), a análise dos custos associados a um projeto de energia eólica pode ser dividida em duas categorias principais: a primeira se refere ao custo de capital inicial incorrido para instalar o projeto e a segunda se refere aos custos anuais para operar o projeto.

a) Os custos de capital inicial:

- Todas as atividades de planejamento e desenvolvimento do projeto;
- Compras de equipamentos e materiais;
- Atividades de construção e instalação;

b) Os custos recorrentes anuais:

- Taxas de gerenciamento;
- Custos operacionais e administrativos
- Taxas de transmissão e interconecção;
- Custos de manutenção, incluindo: peças, mão de obra, equipamento, material para a manutenção programada, reparos não programados e revisões gerais;

O preço do aço também influencia no custo total da energia eólica. Como os aerogeradores tem 78% da sua estrutura em aço, a variação do preço desse produto pode causar grandes significativas diferenças no preço final, dependendo da dimensão do aerogerador (FERREIRA, 2007 apud DEWI, 2004). Segundo a Sindiaço (2007), o preço do aço aumentou em 175% entre os anos 1997 e 2007.

Uma solução para tanto seria a construção de torres de concreto, que possibilitariam a redução de até 25% do valor da fabricação das torres de aço. Contudo, vale ressaltar que as torres de concreto são até 4 vezes mais pesadas e que resulta em fundações mais caras, além do transporte encarecer o preço final (FERREIRA, 2007 apud WOBEN, 2006).

O setor industrial nacional de fabricação de componentes do sistema de geração elétrica por energia eólica é ainda muito fraco comparado a quantidade de indústrias no exterior. No ano de 2007, a indústria nacional contava com apenas uma única empresa de componentes eólicos, a Wobben Windpower. Dessa forma, a grande maioria dos projetos de geração por energia eólica devem, por falta de opções nacionais, contar com componentes importados, encarecendo o projeto.

3.5 Energia Solar Térmica

Informações Gerais

Uma opção interessante para as áreas 1 e 2 da USP de São Carlos é o aquecimento de água a partir da energia solar, visto que existem pontos específicos que gastam bastante

água. São eles os restaurantes universitários (área 1 e 2 do campus) onde se utiliza água para a preparação dos alimentos e para a limpeza geral, e os alojamentos (área 1 do campus), onde o gasto de água é muito similar a uma residência comum, porém de porte muito maior.

Os pontos de interesse para tal tecnologia se encontram nos mapas a seguir:



Figura 15. Localização dos alojamentos e do restaurante universitário da área 1.



Figura 16. Localização do restaurante universitário a área 2.

O aquecimento da água gerada pela energia solar é baseado pela massa específica da água, que é caracterizada pelo fato de que quando o líquido está mais quente ele se encontra menos denso e vice versa.

Nos sistemas de aquecimento mais simples o reservatório térmico se encontra em um nível acima do coletor solar (painel) de, no mínimo, 30 cm de desnível. Durante o aquecimento solar térmico a temperatura da água encontrada no interior das tubulações do coletor solar será maior do que a água encontrada no interior do reservatório térmico, assim a água que se encontra aquecida terá menor massa específica quando comparada com a água do reservatório. Isso fará com que a água mais fria tenda a descer para os painéis, promovendo a subida da água mais aquecida para dentro do reservatório térmico. Esse processo se repete até que a temperatura da água em todo o sistema seja a mesma.

O processo de circulação natural da água gerado pela diferença de temperatura é denominado termossifão.

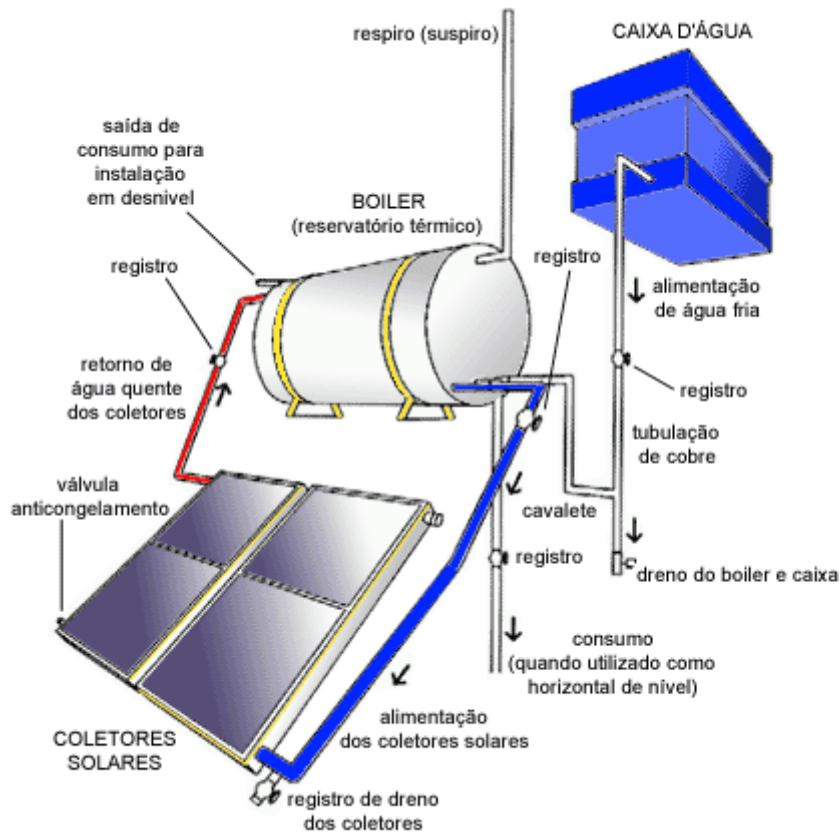


Figura 17. Sistema de um aquecimento de água por energia solar (Soletrol: <http://www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php>).

Os sistemas de aquecimento de água com energia solar estão se tornando cada vez mais acessíveis para todos e trazem uma economia de 80% a 100% no consumo de energia ou gás para este fim. Com a economia de energia proporcionada pelo aquecimento solar, tem-se o retorno do dinheiro investido no equipamento entre 24 e 36 meses.

3.5.1 Alojamentos

Pode-se dimensionar um sistema solar para aquecimento de água de forma direta ou indireta. No método direto o dimensionamento é feito em função do número de pessoas a usar o sistema, utilizando a relação de 0,7m² de água por pessoa. Um fator importante para a instalação é que a casa já deve ter a tubulação de água quente.

No caso dos dois alojamentos da universidade da USP de São Carlos é considerado um total de 200 estudantes. A partir do simples cálculo direto disposto

anteriormente seriam necessários reservatórios suficientes para armazenar 14.000 litros nos dois alojamentos.

Para cada 100 litros de volume no boiler necessitam-se 139,53 kWh/mês. Utilizando deste dado e sabendo que o coletor em questão tem potencial de 170,7 kWh/mês, podemos fazer os cálculos necessários para o dimensionamento e o orçamento do sistema, encontrados na tabela a seguir:

Tabela 9. Dimensionamento e orçamento do sistema de aquecimento solar para o caso dos alojamentos da USP - São Carlos.

Volume de água	Boiler	Coletor
Quantidade	14	116
Preço (unidade)	R\$2.980,30	R\$1.527,50
Preço (total)	R\$41.724,20	R\$119.190,00

Somando os valores totais dos boilers e dos coletores é encontrado um valor total para os alojamentos de **R\$ 160.914,20**.

3.5.2 Restaurante Universitário

Segundo o site oficial da USP – São Carlos, o Restaurante Universitário oferece diariamente mais de quatro mil refeições a alunos, funcionários e visitantes.

A partir da relação entre quantidade de refeições e consumo de água, para um restaurante, será considerada a equação a seguir (SOUZA, 2011):

$$y = 133,24x - 1603,2$$

(y = número de refeições e x= consumo de água em m³)

Considerando o número de refeições de 4.5 mil, podemos chegar com a equação ao número de consumo de água de 45.8 m³ diários.

Tabela 10. Dimensionamento e orçamento do sistema de aquecimento solar para o caso do restaurante universitário da USP - São Carlos.

Volume de água	Boiler	Coletor
Quantidade	46	192
Preço (unidade)	R\$2.980,30	R\$1.527,50
Preço (total)	R\$137.093,80	R\$197.280,00

Totalizando em um valor de R\$334.373,80 para o custo de implantação de aquecimento solar no restaurante universitário.

Barreiras

A tecnologia de aquecimento solar de água apresentam poucas, porém algumas barreiras, tais algumas dificuldades na implantação, como a falta de espaço para o sistema, a necessidade da diferença de altura entre o boiler e os coletores e até o tipo de telhado existente nos pontos em estudo.

O sistema também precisa de algum cuidado de manutenção, o que acarreta na eventual necessidade de um funcionário para esta função, porém esta manutenção é espaçada entre uma revisão e outra, e consideravelmente rápida.

Entretanto, apesar dos problemas citados, o sistema de aquecimento solar se mostra relativamente barato, com um bom retorno e em uma localização favorável, já que a incidência de Sol na região é bastante forte durante todo o ano.

3.6 Energia Solar Fotovoltaica

Informações Gerais

Outra maneira de se atingir a meta estipulada para a supressão de energia por energias renováveis é utilizando a energia solar para a geração de energia elétrica, chamada de energia fotovoltaica. A energia fotovoltaica consiste na geração de corrente elétrica através da radiação solar, sendo necessário para tal processo os módulos PV e um inversor capaz de converter a energia alternada em corrente contínua, além de todo o sistema de conexão e proteção elétrica.

A energia fotovoltaica foi posicionada como uma alternativa uma vez que a radiação solar, força motriz para o sistema PV funcionar, é intensa para a cidade de São Carlos e, conseqüentemente, para as áreas de interesse (áreas I e II do campus). São Carlos está a 856 m acima do nível do mar e suas coordenadas geográficas são: latitude igual a 22° 0'14.47"S e longitude igual a 47°53'54.30"O. Para esta localização específica a radiação solar média anual incidente em superfície horizontal é de 1900 kWh/m² (Anexo I). A nível de comparação o potencial solar máximo na Alemanha, líder mundial em capacidade fotovoltaica instalada, é de 1300 kWh/m². Ainda vale ressaltar que os módulos poderão ter uma inclinação para o aproveitamento máximo da radiação solar, aumentando ainda mais a radiação solar incidente.

Para que a radiação solar consiga ser captada pelos módulos é necessário o posicionamento estratégico dos mesmos, em localidades onde a radiação solar seja intensa, perene e sem sombreamentos. Na área I do campus, os locais que satisfazem estes requisitos são os telhados dos edifícios em geral, áreas de estacionamento e o gramado localizado na área do Centro de Educação Física, Esportes e Recreação –CEFEP. Já na área do II do campus as restrições por localidades são menores, uma vez que, a área é ainda está em processo de edificação, apresentando áreas extensas sem construções.

Assim sendo, foram levantados (tabela 10) todos os possíveis locais que parecem ser a melhor opção para a implantação de sistemas PV, de acordo com a área disponível, estrutura de suporte de cargas e ausência de obstáculos ao redor que possam causar sombra ao sistema. Como as áreas utilizadas para a implantação do sistema fotovoltaico são as mesmas áreas aptas para a implantação de sistemas solares térmicos, havendo um conflito de espaço, optou se por priorizar os espaços próximos aos matadores de consumo de energia elétrica para iluminação e resfriamento para a implantação de sistemas

fotovoltaicos e os espaços próximos aos setores que utilizam de água quente para a implantação de sistemas solares térmicos.

Tabela 11. Lista de localidades prioritárias para a instalação de sistemas solares fotovoltaicos nas áreas I e II do campus de São Carlos.

Localidades para sistemas PVs ÁREA I	Localidades para sistemas PVs ÁREA II
Telhado Bloco D	Telhado Edifício Eng. Ambiental
Telhado do Departamento de Transportes	Telhado dos Hangares Eng. Aeronáutica
Telhado do Ginásio Esportivo	Telhado do Bloco Didático
Telhado do Salão de Eventos	Telhado Biblioteca Campus II
Telhado Bloco B	

Nas imagens abaixo, estão identificadas as localidades em questão. Para o cálculo das áreas de cada localidade foi feito uma aproximação por meio do software Google Earth. A área útil corresponde à 75 % da área total, isso porque, 25 % da área total deverá estar livre para o acesso às instalações para manutenção e limpeza.



Figura 18. Possíveis localidades para a implantação de sistemas PV no campus de São Carlos – área I.

Tabela 12. Área aproximada de cada localidade da Área I do campus.

Localidades	Área Total	Área Útil
Telhado Bloco D	756 m ²	567 m ²
Telhado do Departamento de Transportes	820 m ²	615 m ²
Telhado do Ginásio Esportivo	2.463 m ²	1.847 m ²
Telhado do Salão de Eventos	1.056 m ²	792 m ²
Telhado Bloco B	2.438 m ²	1.828 m ²



Figura 19. Possíveis localidades para a implantação de sistemas PV no campus de São Carlos – área II.

Tabela 13. Área aproximada de cada localidade da Área II do campus.

Localidades	Área Total	Área Útil
Telhado Edifício Eng. Ambiental	1.440 m ²	1.080 m ²
Telhado dos Hangares Eng. Aeronáutica	4.663 m ²	3.497 m ²
Telhado do Bloco Didático	832 m ²	624 m ²
Telhado Biblioteca Campus II	1.277 m ²	958 m ²

Após a definição das possíveis áreas de implantação do sistema, com as respectivas áreas úteis, deve se estruturar o gerador PV. O gerador PV nada mais é do que a junção dos módulos PV. Como cada telhado apresenta suas particularidades no que diz respeito à área útil, ao posicionamento, à inclinação do telhado e ao suporte de cargas deve ser analisado um gerador PV para cada caso específico.

Antes de saber a quantidade de módulos PV que farão parte do gerador PV deve ser escolhida uma das tecnologias disponíveis no mercado, que se diferenciam em preço e eficiência. A maioria dos módulos são feitos de silício nas formas monocristalina, policristalina e de filme fino. Uma nova promissora tecnologia usa o telureto de cádmio (CdTe) ao invés do silício, o que demonstrou uma redução no custo de produção, e consequente venda, dos módulos PV (RUTHER, 2004). Outra alternativa dentre as tecnologias é o disseleneto de cobre e índio, bastante utilizado com objetivos arquitetônicos apresentando maior eficiência que o módulo de silício filme fino (SARDINERO, 2012). A eficiência e o preço para cada tecnologia são mostrados na tabela a seguir.

Tabela 14. Eficiência e Custo das tecnologias PV do mercado.

Tecnologia	Eficiência	Custo por WP ³
Silício – Filme Fino	6 - 10%	R\$ 3,05
Silício – Policristalino	11% - 14%	R\$ 4,01
Silício – Monocristalino	15% - 19%	R\$ 5,06
Telureto de Cádmio	6% - 10%	R\$ 2,07
Disseleneto de Cobre e Índio	10% - 12%	Não há informação disponível

(Fonte: RUTHER, 2004 ; SARDINERO, 2012; MARTIN, 2011).

Previsão da Geração de Energia e da Viabilidade Econômica

Geração de Energia

A capacidade PV total de cada área foi avaliada usando 4 diferentes cenários segundo à utilização das localidades levantadas: 20%, 50%, 70% e 100% das localidades sendo usadas para a implantação de sistemas PV. Considerando que foi utilizado nos cálculos a área útil de cada localidade, uma vez que, é a área que efetivamente estará coberta por módulos PV. Na área I do campus foi encontrado uma variação de potencial de geração de energia de 220,09 MWh/ano, com a tecnologia de silício filme fino ou telureto de cádmio e usando 20% das áreas levantadas, a 2090,81 MWh/ano com a tecnologia de silício monocristalino e usando 100% das áreas.

³Wp = Watt pico é definido como a energia obtida nas condições de teste padrão (irradiancia solar de 1000 W/m², AM de 1,5 e temperatura igual a 25C).

Tabela 15. Geração de energia por cenário de área e por tecnologia para área I.

	ÁREA I			
	20%	50%	70%	100%
	MWh/ano	MWh/ano	MWh/ano	MWh/ano
Silício - Filme Fino	220,09	550,21	770,30	1100,43
Silício - Policristalino	308,12	770,30	1078,42	1540,60
Silício - Monocristalino	418,16	1045,41	1463,57	2090,81
Telureto de Cádmio	220,09	550,21	770,30	1100,43
Disseleneto de Cobre e Índio	264,10	660,26	924,36	1320,51

Já na área II do campus foi encontrado uma variação de potencial de geração de energia de 239,96 MWh/ano, com a tecnologia de silício filme fino ou telureto de cádmio e usando 20% das áreas levantadas, a 2279,57 MWh/ano com a tecnologia de silício monocristalino e usando 100% das áreas.

Tabela 16. Geração de energia por cenário de área e por tecnologia para a área II.

	ÁREA II			
	20%	50%	70%	100%
	MWh/ano	MWh/ano	MWh/ano	MWh/ano
Silício - Filme Fino	239,96	599,89	839,84	1199,78
Silício - Policristalino	335,94	839,84	1175,78	1679,69
Silício - Monocristalino	455,91	1139,79	1595,70	2279,57
Telureto de Cádmio	239,96	599,89	839,84	1199,78
Disseleneto de Cobre e Índio	287,95	719,87	1007,81	1439,73

Pode ser observado que dentre as tecnologias a que apresenta melhor performance é a de silício monocristalino, representando 53% a mais de energia que a tecnologia de pior performance. Também é possível notar que quanto maior a área disponível para a implantação dos sistemas PVs, maior a geração de energia.

No entanto, os cálculos realizados estão embasados somente na geração elétrica pelo módulo PV o que não corresponde com a energia útil gerada, mas auxilia na escolha da tecnologia a ser utilizada. No sistema PV como um todo há uma perda de 20% da energia gerada relacionada principalmente as perdas térmicas do processo e ao rendimento do inversor (RUTHER, 2008). Assim sendo, a energia elétrica propriamente que será injetada na rede será de aproximadamente 80% das energias calculadas exibidas na Figura 18 e Figura 19.

Para maximizar ainda a geração de energia e diminuir as perdas no sistema são levantadas orientações técnicas exibidas na continuidade.

Custo de implementação e período de retorno

O custo é um dos pontos críticos para a implementação de sistemas PV e depende muito de requisitos determinantes do projeto, impossíveis de serem calculados nesta etapa do projeto.

Já o retorno econômico de um sistema pode ser compreendido comparando o investimento inicial em um preço base por watt de pico com o custo de outras fontes de energia primária. Ao quebrar ainda mais os custos para o preço por quilowatt-hora, o investimento no sistema pode ser comparado com as tarifas de eletricidade padrão fornecendo um cálculo do tempo que levará para pagar o investimento inicial.

Em geral, quanto menor o investimento inicial, maior a taxa de eletricidade, regular. Além disso, o clima mais ensolarado, mais rápido o sistema se pagará de volta, como o caso de São Carlos.

O período de retorno depende de vários fatores técnicos e institucionais e, portanto, fica difícil um levantamento desta informação para o caso específico do campus de São Carlos. No entanto, pela Figura 5 pode ser observado que o período de retorno varia de 5 a 40 anos, sendo 5 nos para um sistema bastante eficiente e 40 anos um sistema menos eficiente. Para efeito de avaliação da viabilidade da implementação de um sistema PV no campus de São Carlos, pode se estimar um período de retorno de 12 anos (BRANDIZZI, 2013).

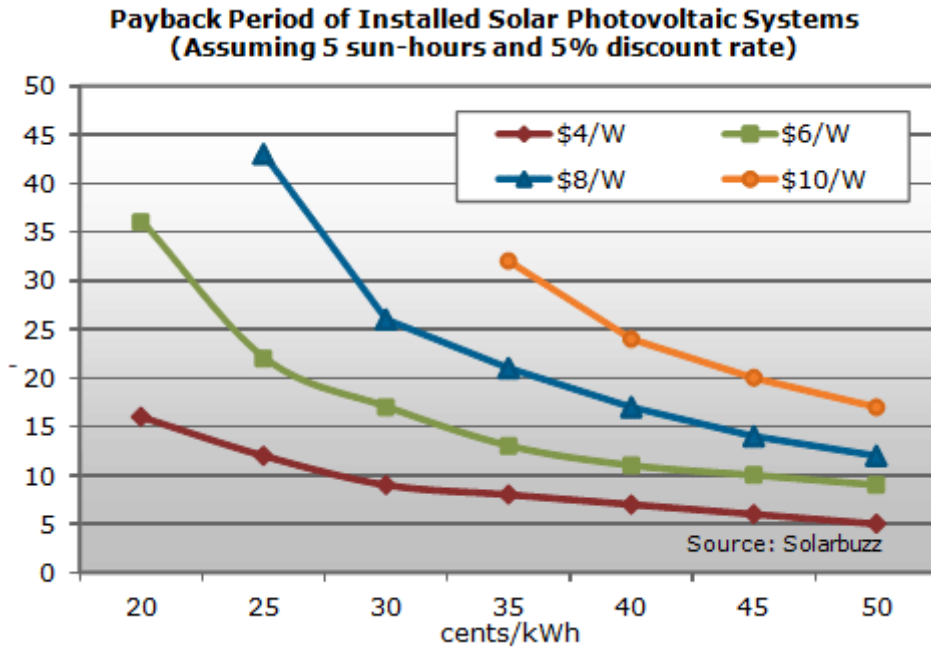


Figura 20. Período de Retorno de Sistemas PV de acordo com o custo de geração do Wp e do kWh. (Fonte: <http://www.solarbuzz.com/going-solar/using/economic-payback>)

Orientações Técnicas

Os telhados apontados como melhores localidades para a instalação dos sistemas são predominantemente planos e, portanto, necessitarão de uma estrutura para dar uma certa inclinação aos painéis PV.

Sabe-se que o melhor ângulo de inclinação dos módulos, aquele que permite a maior captação da irradiação solar, depende da latitude, do azimute e do período em que o sistema funcionará. Como os edifícios possuem diferentes orientações, fica possível determinar somente a latitude, que é a mesma latitude da cidade de São Carlos (22° 0'14.47"S), e o período de funcionamento do sistema que seria durante todo o ano. Sendo assim, pode-se dizer, por meio da Figura 4, que o melhor ângulo de inclinação dos módulos seria algo entre 20 e 25°. Ainda assim, seria importante avaliar para cada edifício específico devido à variação no azimute.

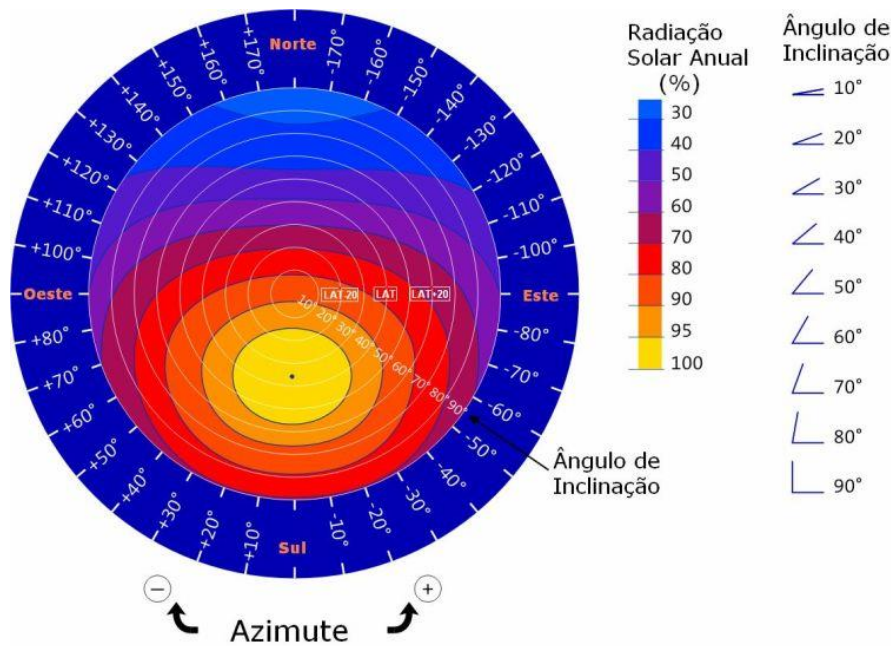


Figura 21. Mapa para a obtenção do ângulo ótimo de inclinação dos módulos.

(Fonte. Disponível em <<http://solarpraxis.com>> acessado em 03/05/2014.)

Também é preciso verificar o suporte à cargas de cada telhado, uma vez que um gerador PV pode apresentar uma sobrecarga significativa no telhado. No geral os prédios escolhidos são relativamente novos e, por isso, aparentam ser adequados para a instalação dos sistemas. No então, é aconselhável a verificação por um engenheiro de estruturas. O vento também pode causar uma carga extra, portanto, deve ser investigado cada edifício, quanto à inclinação dos módulos e à altura que estão do telhado.

Na escolha de um dos cenários que não contemple 100% das localidades escolhidas, devem ser priorizados os telhados com maiores áreas úteis afim de maximizar a geração de energia e minimizar os custos. Apesar dos edifícios levantados não serem de telhas ou de ardósia, vale ressaltar que sistemas PV não podem ser instalados em telhados destes materiais.

Os sistemas instalados sobre os telhados possuem uma vida útil de 20 a 30 anos, muito próximo a uma vida útil de um telhado, portanto, deve se aproveitar para realizar a manutenção combinada dos sistemas e do telhado de uma vez só, a fim de cortar custos.

É fundamental o uso de equipamentos certificados no sistema PV. A certificação, seja nacional ou internacional, é imprescindível para garantir o bom funcionamento de

um sistema fotovoltaico e sua durabilidade evitando a manutenção constante e precoce do sistema. Por exemplo, pode ser utilizada a certificação dada pela Comissão Eletrotécnica Internacional – IEC ou o INMETRO que é o principal organismo de certificação nessa área no Brasil. Para saber se os equipamentos são ou não certificados basta consultar o site do INMETRO.

Por último, é muito importante que quando efetuada a troca de qualquer equipamento constituinte do sistema PV, o mesmo seja descartado de forma correta. É aconselhável que os painéis sejam reciclados assim que realizada a troca, uma vez que, possuem materiais perigosos, exemplo o cádmio, que podem causar impactos negativos no meio ambiente e à saúde do homem. De nada adianta implantar uma alternativa de energia renovável se o seu gerenciamento não é sustentável.

Barreiras

As maiores barreiras para a implementação de sistemas PV no campus da universidade são a falta de espaço e o alto custo de implementação. Outras possíveis barreiras identificadas são: difícil acesso aos telhados, o que prejudica instalação e a manutenção do sistema, e falta de um programa regulatório que coloque como prioridade este tipo de obra no campus. Em linhas mais gerais a falta de incentivo do governo também pode ser considerada uma forte barreira para a implementação de tais sistemas na universidade.

O custo da energia PV é ainda elevado em comparação com as fontes tradicionais de energia. No segundo semestre de 2013, a instalação de sistema fotovoltaico na Alemanha estava em torno de 1,69 mil euros o quilowatt de potência (kWp) (Figura 22). No Brasil, o custo varia de 7 a 10 mil reais por kWp.

Este valor vem caindo consideravelmente nos últimos anos. A maior queda nos preços ocorreu entre 2008 e 2009, passando de valores altos como US\$ 3,5 por watt em 2008 para US\$ 2 por watt em dezembro de 2009.

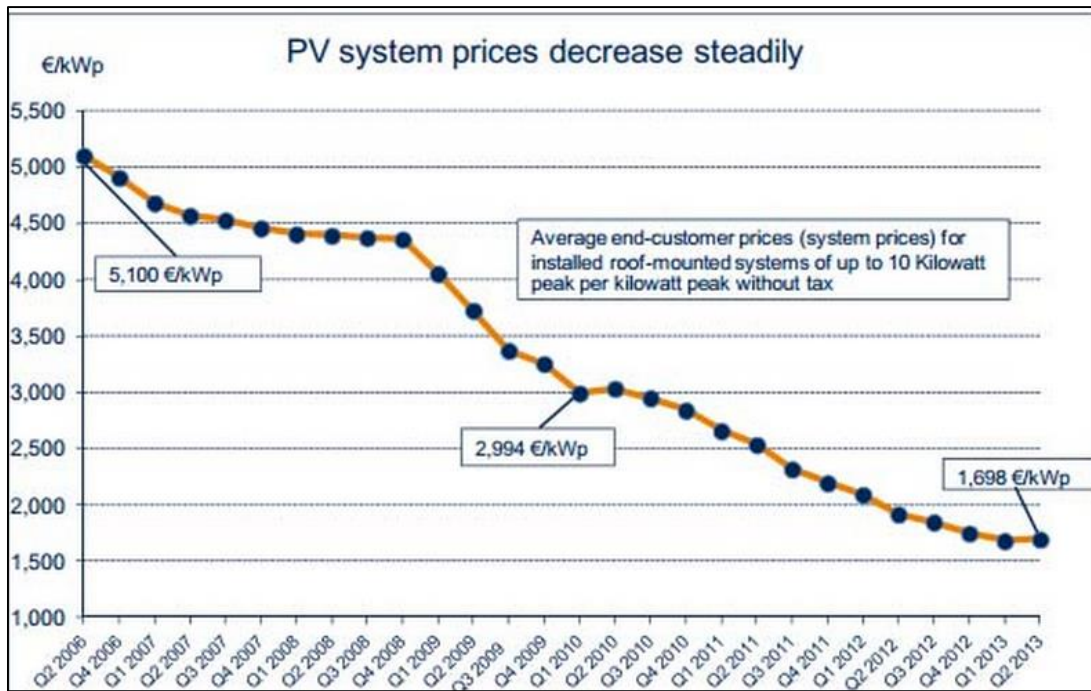
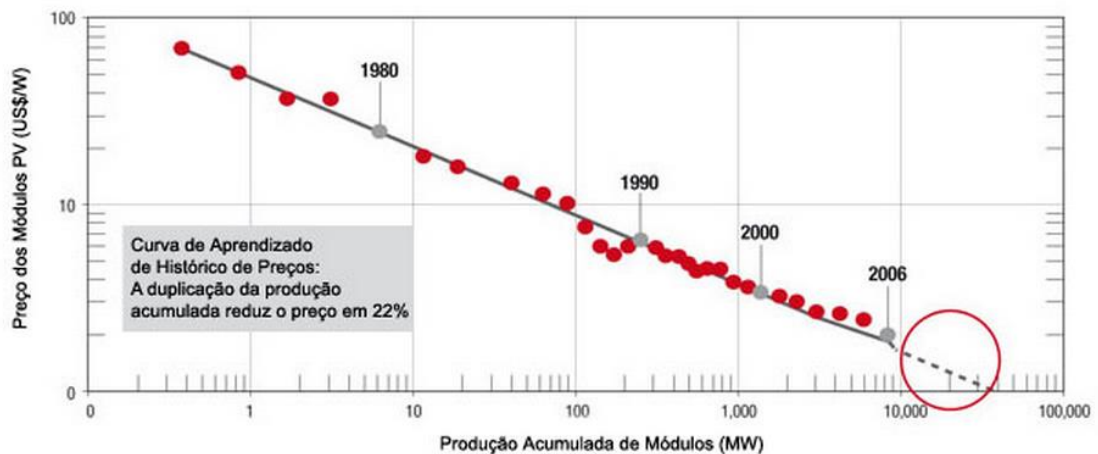


Figura 22. Variação no preço dos sistemas PV de 2006 a 2013, no mercado europeu.

(Fonte : BSW-Solar PV Price Index, 2013.)

Sabe-se que quanto mais instalações forem feitas, maior será a redução do custo dos sistemas, uma vez que a produção dos equipamentos será maior e a tecnologia mais facilmente dominada barateando os custos. A figura a seguir mostra a curva de histórico dos preços em função do crescimento de produção mundial de energia PV.



Fonte: EPIA 2009 - www.setfor2020.eu, com base em dados da EU Joint Research Centre - EIA - National Renewable Energy Laboratory - A.T. Kearney analysis.

Figura 23. Curva de aprendizado dos preços dos módulos fotovoltaicos desde 1975

(Fonte: EPIA, 2009.)

Apesar do custo de implementação e o período de retorno de um projeto de energia PV serem relativamente altos, o cenário futuro é positivo, uma vez que, pode se observar a aumento nas instalações e a consequente redução dos custos. Além de incentivos tributários e a redução de barreiras que principalmente desde 2012 aumentaram no Brasil, fomentando a implementação de novos sistemas. A exemplo, a ANEEL publicou em 19 de abril de 2012, junto a resolução sobre microusinas (micro e minigeração distribuída), a resolução 481 que reduz para até 80% o desconto das chamadas Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição e Transmissão (TUSD e TUST) nos primeiros 10 anos do projeto (para os empreendimentos que entrarem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017).

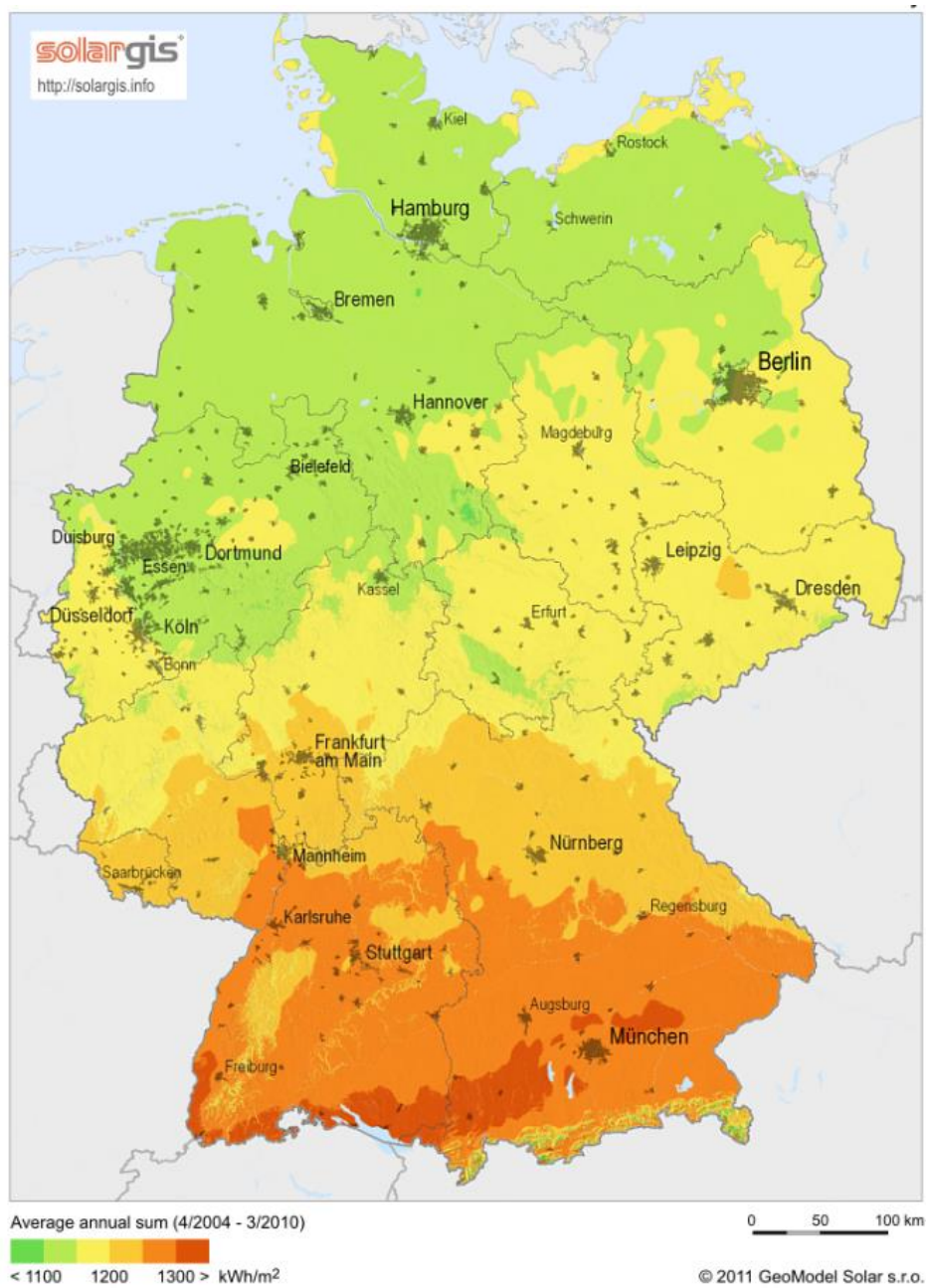
ANEXO I. Potencial Energético Solar para a cidade de São Carlos.

Mapa de irradiação solar do Brasil para o plano horizontal. Somatório anual do total das médias diárias.



Yearly sum of global horizontal irradiation, average 1999-2011
0 500 km
< 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 kWh/m² SolarGIS © 2013 GeoModel Solar

Mapa de irradiação solar da Alemanha para o plano horizontal. Somatório anual do total das médias diárias.



4. ANÁLISE DA VIABILIDADE DAS ESTRATÉGIAS

Para analisar a viabilidade de implementação das estratégias apresentadas anteriormente, foi elaborada uma matriz com diferentes critérios de análise, sendo eles: aspectos econômicos, aspectos ambientais, aspectos sociais e aspectos institucionais. Ainda, para cada aspecto foram levantados os principais itens relacionados. Para dar uma valoração a cada item foram criados 3 formas de classificação: uma delas é uma numeração que vai de 1 a 5, sendo o 1 = Mais Baixo e o 5 = Mais Alto (vale ressaltar que a pontuação 1 dependendo do item pode se positiva ou negativa, assim como as demais numerações), outra é a coloração, sendo quanto mais próximo do verde mais viável é a estratégia para aquele item avaliado e quanto mais próximo do vermelho menos viável e, por último, é um indicador final que consiste na soma da viabilidade de cada item (para os itens avaliados como viável, coloração verde, a pontuação foi de 2, para os itens considerados inviáveis, coloração vermelha, a pontuação foi de 0 e para os itens em amarelo a pontuação foi de 1).

A seguir é apresentada a tabela e a descrição dos itens levantados.

Figura 24. Matriz de Priorização para as Estratégias de Eficiência Energética.

		Aspectos economicos			Aspectos ambientais			Aspectos Sociais			Aspectos Institucionais			Indicador Final
		Custos de Implementação	Custos de Operação	Tempo de Retorno	Clima	Impactos Ambientais	Pegada Ecológica dos Materiais	Saúde Humana	Visibilidade pela Comunidade	Oportunidades de Aprendizado	Dificuldades de Implantação	Burocracia	Aceitação	
Estratégias Estudadas	Resfriador Evaporativo	3	4	3	4	2	2	5	4	2	5	4	4	14
	Teto Verde	2	2	2	5	1	1	5	5	3	3	2	3	21
	Energia Eólica	5	4	3	4	3	3	4	5	5	4	4	3	12
	Energia Fotovoltaica	5	3	4	5	3	4	5	5	5	5	4	3	11
	Energia Termo-Solar	2	1	2	5	1	1	5	5	3	2	2	4	23

- Custos de Implementação: estão associados aos custos para a instalação da estratégia no local, desde estudos, documentos, compra de equipamentos, transporte de equipamentos, serviço instalação, dentre outros.
- Custos de Operação: estão associados aos custos para a operação e manutenção da estratégia.
- Tempo de Retorno: é o período necessário para que o investimento gasto no projeto retorne na forma de lucro líquido, ou seja, quando as receitas recuperam o capital.
- Clima: está relacionado com os benefícios que a estratégia trará ao clima local.
- Impactos Ambientais: está associado aos impactos que a estratégia trará ao ambiente, considerando todo o ciclo de vida para a implantação da mesma.
- Pegada Ecológica dos Materiais: está associado à pegada de carbono que os materiais utilizados na implantação do projeto possuem.
- Saúde Humana: está associado a quanto a estratégia fará bem a saúde daqueles que estão próximas a ela.
- Visibilidade pela Comunidade: está associado a como a sociedade enxerga a tecnologia e os benefícios que ela trará.
- Oportunidades de Aprendizado: está associado a como a tecnologia proposta ajudará na disseminação e implantação da mesma em outros locais.
- Dificuldades de Implantação: está associada as dificuldades técnicas, econômicas para implementar a tecnologia.

- Burocracia: está associado à documentação e procedimentos burocráticos necessários para a aceitação, implantação e operação da tecnologia no local escolhido.
- Aceitação: está associado de como a comunidade da USP, de forma geral, aceitará e apoiará a implantação da tecnologia no local escolhido.

Por meio de uma análise da matriz de priorização é possível observar que dentre as alternativas estudadas a que se apresenta mais viável para a implementação é a Energia Termo-Solar devido ter tido pontuação final maior. Sendo assim será projetado um sistema termo solar para o campus da USP –São Carlos tendo em vista as principais áreas de consumo de tal energia.

5. DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA PRIORIZADA: Projeto de Energia Solar Térmica para a USP São Carlos

5.1 Demanda Diária de Água Quente

O tamanho do aquecedor, dado pela área da placa coletora e pelo volume do reservatório térmico é uma função da insolação média local, da temperatura requerida para a água, da quantidade de água quente consumida por dia.

A Norma Técnica Brasileira, ABNT NBR 7198:1968, que rege a instalação de água quente no Brasil, fornece as seguintes especificações para o aquecimento de água residencial: temperaturas usuais para uso pessoal em banhos ou higiene: 35° a 50°C; cozinhas (dissolução de gorduras) 60° a 70°C. Consumo diário de água a uma temperatura média de 60°C: casa popular ou rural, 36 litros por pessoa; residencial, 45 litros por pessoa; apartamento 60 litros por pessoa. Confirmando essa Norma, diversos autores adotam o consumo médio diário entre 30 e 50 litros por pessoa, a uma temperatura entre 50° e 60°C.

Os valores adotados num projeto podem variar, a depender de exigências e costumes dos usuários. Por exemplo, é pouco provável que em São Carlos se use no chuveiro, água a uma temperatura superior a 40°C. Por outro lado existem usuários que têm o hábito de banhar-se por mais de 10 minutos, com a água quente aberta, o que pode significar um consumo superior a 50 litros, por dia.

Considerando a vazão de 7 litros/minuto para cada chuveiro e um tempo médio de 10 minutos para cada banho, teremos uma vazão total de 70 litros por banho. Considerando ainda que em média uma pessoa tome 1 banhos por dia, são 70 litros por pessoa por dia.

Atualmente a USP São Carlos conta com o total de 312 estudantes morando no alojamento que está dividido em blocos, como mostra a Figura 25.

Figura 25. Identificação dos blocos de alojamento.



Devido à distância entre os blocos, cada bloco terá que apresentar o seu sistema termo solar. Assim foi feita uma contagem da quantidade de chuveiros por bloco do alojamento e estimada a quantidade de alunos por alojamento de acordo com a quantidade de chuveiros para determinar a demanda de água quente por bloco.

Tabela 17. Demanda de água quente diária para cada bloco do alojamento.

	Chuveiros	Pessoas	Volume de água quente (L/dia)
Bloco A	20	92	6440
Bloco B	8	37	2590
Bloco C	8	37	2590
Bloco D	18	83	5810
Bloco E	14	64	4480
TOTAL	68	312	21910

5.2 Escolha dos Reservatórios

Os reservatórios são fabricados com volumes padronizados, e portanto, deve ser escolhido aquele com volume mais próximo do volume diário calculado.

Tabela 18. Volume dos reservatórios de água quente (boilers) para cada bloco do alojamento.

Blocos	Pessoas	Volume de água quente mínimo mín (L)	Volume do reservatório (L)	Nº de reservatórios	Volume total armazenado (L)
Bloco A	92	6440	4000	2	8000
Bloco B	37	2590	3000	1	3000
Bloco C	37	2590	3000	1	3000
Bloco D	83	5810	3000	2	6000
Bloco E	64	4480	2500	1	2500

Tabela 19: Especificações técnicas dos boilers de baixa pressão

Volume (L)	Tamanho		Espaço necessário		Quantidade de pés
	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Comprimento	
2500	1120	3530	1320	4030	3
3000	1120	4120	1320	4620	4
4000	1480	3330	1680	3830	4

5.3 Área de Coletores Solares Necessária

Para a determinação da área de coletores necessária, utilizaremos a seguinte fórmula (CARVALHO, 2010):

$$S = \frac{Q}{I \times n}$$

Onde:

S = Área dos coletores solares;

Q = Quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de uma determinada quantidade de água em x °C (kcal/dia);

I = Intensidade da radiação solar (kcal/m².dia);

n = Rendimento do coletor, fornecido pelo fabricante.

Vamos considerar o rendimento dos coletores solares de 60%. A temperatura ambiente da água na região é $T_1=21^\circ\text{C}$. Portanto, para elevar a uma temperatura $T_2 = 50^\circ\text{C}$, a temperatura da água terá que ser aquecida em 29°C .

Considerando o tempo médio de funcionamento dos coletores de 6 horas, período médio de insolação no dia na cidade de São Carlos, e uma insolação média de $5,44 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{dia}$, de acordo com o Levantamento do Potencial Solar Paulista (ANEXO I).

O volume total de água demandada deve ser dividido pelo período de horas de insolação para se obter a quantidade demandada por hora.

Após as seguintes conversões:

- 1 L de água a temperatura ambiente = 1 kg de água
- 1 kWh = 859845, 24 cal

E sabendo que:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

Onde:

m = Massa de água que deverá ser aquecida por hora por bloca (kg);

c = Calor específico da água (kcal/Kg. $^\circ\text{C}$);

ΔT = Variação de temperatura entre a que chega nos coletores e a que deverá ser disponibilizada para banho ($^\circ\text{C}$).

A área dos coletores solares para cada sistema (bloco) é apresentada na tabela abaixo:

Tabela 20. Variáveis utilizadas no cálculo da área de coletores solares para cada bloco do alojamento.

	Volume (L/dia)	Volume (L/h)	Massa (kg)	Q (kcal)	I (kcal/m ² .h)	n	S (m ²)
Bloco A	8000	1333	1333	38667	195	0,6	330
Bloco B	3000	500	500	14500	195	0,6	124
Bloco C	3000	500	500	14500	195	0,6	124
Bloco D	6000	1000	1000	29000	195	0,6	248
Bloco E	2500	417	417	12083	195	0,6	103

Em dias de menor insolação, pode-se utilizar um resistor, instalado dentro do Boiler. Geralmente este método é utilizado quando o sistema é manual, ou seja, quando o resistor é ligado manualmente. Segundo o fabricante Soletrol, utiliza-se um resistor de 5 a 8W para cada litro do reservatório. Portanto, para cada Boiler instalado o resistor deverá ter uma potência conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 21 Características dos resistores

	Volume do reservatório (L)	Número de resistores	Potência do resistor (W)
Bloco A	4000	2	32000
Bloco B	3000	1	24000
Bloco C	3000	1	24000
Bloco D	3000	2	24000
Bloco E	2500	1	20000

5.4 Condições Técnicas

Para que o sistema cumpra com o objetivo e funcione corretamente algumas condições técnicas obrigatoriamente devem ser seguidas, são elas:

1. O reservatório de água fria (caixa d'água), o que abastecerá, deverá estar num nível superior ao sistema;
2. As placas coletoras devem estar sem sombreamento durante o período de insolação do dia;
3. Para os boilers de baixa pressão o desnível entre parte superior do reservatório de água fria (caixa d'água) e a parte inferior do boiler deve ser no máximo de 10 metros;
4. As tubulações que levarão água aquecida para o consumo devem ser de cobre ou PVC especial e devem ser termicamente isoladas;
5. Deve haver um desnível de 30 a 50 cm entre a parte inferior do boiler e as placas solares coletoras.

A situação do campus em relação às condições exigidas são:

1. Todos os reservatório de água fria (caixa d'água) que abastecem atualmente os alojamentos estão num desnível de 3 metros;
2. De uma forma geral a maior parte do telhado dos blocos é livre de sombreamentos e pega o sol durante o período de insolação do dia, como é possível observar na Figura 26;



Figura 26. Foto de detalhe do bloco B do alojamento. (tirada por Julia Savietto em junho de 2014).

3. O desnível máximo que pode haver entre as caixas d'água e os boilers, considerando que a instalação utilizará da gravidade, é de 3 metros;

4. Condição simples de ser resolvida, basta colocar uma limitação na hora da compra das tubulações;
5. Colocando os boilers na parte mais alta do telhado e as placas na parte mais baixa, já é possível ter esta condição cumprida.

Como verificado todos os telhados dos blocos que formam o alojamento possuem condições técnicas para a instalação dos sistema térmicos. No entanto, vale ressaltar que para a efetivação da implementação deverá ser chamado um engenheiro que possa avaliar melhor as condições específicas de cada telhado e estrutura dos edifícios.

5.5 Custos do projeto

Custo dos reservatórios (boilers)

Foi levantado o custo dos reservatórios e está apresentado na tabela a seguir:

Tabela 22 Custo dos reservatórios

	Volume do reservatório (L)	Nº de reservatórios	Preço por unidade (R\$)	Preço por bloco (R\$)
Bloco A	4000	2	19.075,00	38.150,00
Bloco B	3000	1	15.050,00	15.050,00
Bloco C	3000	1	15.050,00	15.050,00
Bloco D	3000	2	15.050,00	30.100,00
Bloco E	2500	1	12.890,00	12.890,00
			Total	111.240,00

Obs: Os resistores já estão inclusos no preço do reservatórios

Custo dos coletores solares

Foi verificado que o preço médio dos coletores solares é de aproximadamente R\$ 175,00 por m². A Tabela a seguir mostra os preços por blocos e o custo total das placas solares.

Tabela 23 Custo dos coletores solares

	Área necessária de placas solares (m ²)	Preço (R\$)
Bloco A	330	57.834,76
Bloco B	124	21.688,03
Bloco C	124	21.688,03
Bloco D	248	43.376,07
Bloco E	103	18.073,36
	Total	162.660,26

Custo de mão de obra, reformas e outros materiais

Para a estimativa do custo de tubulações e acessórios foi levantado o preço e chegou-se no valor de R\$ 12 por metro. Outra consideração importante foi no comprimento da tubulação de água quente que foi estimada em 10 metros por chuveiro. Na tabela a seguir são mostrados os custos das tubulações e acessórios.

Tabela 24 Custo de tubulações e acessórios

Número de chuveiros	Comprimento médio de tubulação por chuveiro	Preço (R\$)
68	10	8.160,00

Na tabela abaixo são apresentados os custos com a mão de obra para a instalação dos equipamentos e reformas necessárias. Ressalta-se que estes valores foram estimados com relação ao preço do produto.

Tabela 25 Custo de mão de obra

Custo de Instalação dos reservatórios (R\$)	Custo de instalação dos coletores solares (R\$)	Total (R\$)
11.124,00	16.266,03	27.390,03

Sendo assim, o custo total do projeto é:

$$CP = CR + CC + CM$$

$$CP = 111.240,00 + 162.660,22 + 35.550,03$$

$$CP = 309.450,28 \text{ reais}$$

onde:

CP= Custo do projeto

CR= Custo dos reservatórios

CC= Custo dos coletores solares

CM=Custo da mão de obra, tubulações e acessórios

5.6 Análise da Viabilidade do Projeto

Para analisar a viabilidade econômica das instalações, será comparado o gasto atual com energia elétrica para aquecimento da água.

Para o nosso cálculo, vamos considerar que cada chuveiro instalado no alojamento seja de 3.500 W de potência, alimentado em 127V, utilizado na posição inverno (pior situação).

O consumo elétrico diário será calculado considerando que cada morador do alojamento tome 1 banhos por dia, com duração média de 10 minutos cada banho (mesmos dados utilizados para calcular o consumo de água e da área dos coletores).

Portanto, o consumo elétrico diário será de:

Consumo diário = Potência de cada chuveiro x Quantidade de pessoas que tomam banho x Quantidade de horas de cada banho x Quantidade de banhos

Para calcular o consumo elétrico mensal, basta multiplicar o consumo diário pela quantidade de dias do mês que os chuveiros funcionaram, suposto 30 dias no mês.

O consumo elétrico diário e mensal são mostrados na tabela abaixo:

Tabela 26. Consumo médio mensal de energia elétrica necessário para aquecer água para banho.

Estudantes no alojamento	Tempo de banho (min)	Quantidade média de banhos no dia	Potência Média do Chuveiro (Watts)	Consumo Médio Diário (kWh)	Dias estimados de uso no mês	Consumo Médio Mensal (kWh)
312	10	1	3500	364	30	5460

Em valores de hoje, considerando os dados da conta de energia da Universidade, que está localizada em área urbana e o preço do kWh está na faixa de R\$ 0,35 (ANEEL, 2013) centavos de real, o valor gasto com energia elétrica somente para aquecimento de água para banho durante 1 mês é de:

$$Gasto\ mensal = Energia\ Elétrica\ necessária \times Custo\ da\ energia$$

$$Gasto\ mensal = 5460 \times 0,49 = R\$ 2675,40$$

Durante 1 ano é de:

$$Gasto\ anual = Gasto\ mensal \times meses\ do\ ano$$

$$Gasto\ anual = R\$ 3.822,00 \times 12 = R\$ 32.104,80$$

Período de retorno do investimento

Sabendo-se os gastos de implantação do aquecimento solar e os custos anuais de energia elétrica da USP com os chuveiros no alojamento, é possível estimar o período de retorno.

$$PR = \frac{CP}{GA} = \frac{309.450,28}{32.104,80} = \mathbf{9,63\ anos}$$

Onde:

Pr= Período de retorno;

CP = Custo do projeto;

GA = Gasto anual com energia elétrica devido aos chuveiros no alojamento

6. COMENTÁRIOS FINAIS

Com os resultados obtidos foi possível observar que o período de retorno do investimento será de aproximadamente 9,6 anos. Ressalta-se que esta análise não considera a inflação e os possíveis aumentos da tarifa de energia elétrica. Com estas variáveis é possível que o tempo de retorno seja menor do que o estimado. Devido a baixa manutenção do sistema de aquecimento solar, esta opção mostrou-se economicamente viável.

O disjuntor responsável pelo resistor dentro do boiler deve de preferência estar em uma área comum a todos os moradores de cada bloco do alojamento da USP para que seja de fácil acesso a todos. Para evitar que seja esquecido ligado o resistor, deve-se colocar um sinal luminoso indicando o funcionamento.

Ressalta-se que o gasto de água nos primeiros banhos do dia podem ser maiores devido a água quente da tubulação demorar até chegar ao chuveiro. Existe no mercado a possibilidade do chuveiro híbrido, do qual funciona por eletricidade quando a água está fria e desliga o funcionamento com a chegada de água quente. Entretanto, existem 68 chuveiros e o custo é alto tornando inviável economicamente a instalação para a economia e não desperdício de água.

7. PROGRAMA DE SENSIBILIZAÇÃO E EDUCAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE

Paralelamente à implementação de um sistema solar térmico, a equipe responsável decidiu por criar um programa de conscientização dentro da comunidade da Universidade. Não sendo considerada uma tecnologia, mas sim um processo essencial para a consolidação do projeto aqui proposto, assim como, para a implementação de outras tecnologias.

7.1 Objetivos Gerais

- ✓ Educar e conscientizar a comunidade universitária para a sustentabilidade
- ✓ Repensar o uso da energia elétrica no âmbito do campus São Carlos
- ✓ Informar sobre projetos de eficiência energética instalados no campus São Carlos
- ✓ Estimular o engajamento de toda a comunidade universitária e acompanhar seu comportamento
- ✓ Reportar a economia proveniente do programa e o progresso ao longo do tempo

7.2 Sensibilização da Comunidade

O programa visa ao engajamento da comunidade universitária, encorajando estudantes, docentes e funcionários a envolverem-se na tarefa de tornar o campus mais sustentável, sobretudo na questão da eficiência energética. Um time seria designado para empoderar a comunidade universitária, tornando-a uma peça chave na transformação do uso da energia no campus São Carlos.

Tendo em vista que grande parte da população universitária é transitória, a tarefa de conscientização para a eficiência energética não há de ser fácil. No entanto, com palestras anuais para os estudantes e periódicas para os funcionários ingressantes e mensagens espalhadas pelo campus, acreditamos ser possível atingir os objetivos do programa. Dessa forma, um público maior e mais diversificado será abrangido no programa de eficiência energética, levando essa mensagem para além dos limites da universidade.

A sensibilização, engajamento e participação da comunidade universitária é essencial para atingir os objetivos pretendidos.

7.3 Ferramentas de Sensibilização

Propomos a criação de um grupo de embaixadores da sustentabilidade no âmbito universitário, composto por docentes, estudantes e funcionários, que seria encarregado de promover a conscientização da comunidade universitária para a eficiência energética. Tal grupo seria tutorado por um docente da universidade e seria responsável pela criação e exposição de apresentações sobre o tema para a comunidade do campus. A participação seria definida a partir de um processo seletivo e, ao final do período, (sugestão de um semestre) o participante receberia um certificado.

As apresentações esclarecerão sobre o programa e darão informações e instruções de boas práticas de sustentabilidade, de forma a contribuir com a eficiência energética. Além disso, as apresentações mostrarão as possíveis consequências de não agir de maneira sustentável.

O grupo também promoveria uma ferramenta de avaliação do comportamento e comprometimento da comunidade universitária para com o tema da eficiência energética, desenvolvendo indicadores de progresso e conscientização individual e geral. Tal ferramenta também identificaria oportunidades de melhoria de desempenho e colocaria a USP em um patamar ainda mais elevado, no que tange à questão da sustentabilidade e da eficiência energética.

Alguns indicadores da ferramenta de avaliação de consciência ambiental com foco em energias renováveis poderiam ser:

- Conhecimento acerca das mudanças climáticas e esgotamento de recursos não-renováveis;
- Discussão de temas ambientais em sala de aula/ambiente de trabalho;
- Importância de economizar energia;
- Desligamento de aparelhos/luz ao deixar aposentos;

- Número de edifícios adaptados com dispositivos de economia energética;
- Eficiência dos avisos (adesivos, placas, pôsteres, etc.) no desligamento de aparelhos e lâmpadas.

Newsletter/Informe eletrônico

Visando divulgar amplamente as atividades voltadas ao consumo consciente de energia elétrica e às ações em prol da eficiência energética, o grupo propõe o envio periódico (de preferência semanal ou quinzenal) de um informe eletrônico a todo o corpo docente e discente da USP São Carlos. Tal informe seria enviado para os endereços de e-mail e seu conteúdo seria, também, disponibilizado no sítio eletrônico da USP São Carlos e da Prefeitura do Campus (<http://www.saocarlos.usp.br/> e <http://www.pcasc.usp.br/>), podendo, também, ser divulgado pelos institutos e departamentos interessados em difundir a cultura de eficiência energética e consumo consciente.

O informe deve divulgar de maneira clara e concisa os resultados obtidos a partir da campanha de consumo consciente de energia elétrica e eficiência energética. Deve, por meio de gráficos de fácil visualização, informar o consumo de energia elétrica de forma comparativa em relação aos meses anteriores e mostrar a distância que estamos do cumprimento das metas estipuladas. A propósito, as metas de economia de energia devem ser do conhecimento de todos e necessitam de ampla divulgação, tanto no início da aplicação do programa quanto no decorrer do mesmo.

Além disso, deve estimular ações de economia de energia elétrica e exibir casos de sucesso dentro e fora da USP. A informação não deve ser repetitiva e maçante, mas dinâmica e leve, de maneira a instigar a curiosidade e o interesse dos leitores e a pretensão de colaborar com o programa.

Treinamentos focados para funcionários

Sugerimos, também, que sejam realizados treinamentos focados para os diversos funcionários da USP São Carlos, sejam eles terceirizados ou não. Os funcionários são peça chave na implementação do programa de eficiência energética e, muitas vezes,

permanecem mais tempo dentro da universidade do que os estudantes e professores. É de suma importância que eles adquiram treinamento e conhecimento para se tornarem agentes de mudança dentro da universidade, revertendo a situação de desperdício e agindo ativamente em prol da eficiência energética.

Tais treinamentos seriam modulares e apresentariam ideias e soluções simples voltadas para a economia de energia elétrica, tais como apagar as luzes e desligar aparelhos ao sair de um aposento, utilizar ao máximo a luz externa, abrindo persianas e cortinas quando estiverem trabalhando em um ambiente, tomar banhos mais curtos, colaborando com a economia de água e energia, dentre outros. Nos treinamentos também seriam exibidos os resultados alcançados com os módulos anteriores no que tange à economia de energia e à consciência ambiental, bem como a distância da realização das metas estipuladas. A função principal dos treinamentos seria a capacitação e o empoderamento dos funcionários no processo de transformação da USP São Carlos em um Campus sustentável.

Palestras para estudantes

É fundamental que os estudantes que entram na USP São Carlos tenham, já nos primeiros dias, uma palestra introdutória ao tema da eficiência energética, que os coloque a par das medidas realizadas para transformar a matriz energética do campus. As palestras devem instruir e conscientizar os ingressantes na universidade, exibindo fatos sobre a cultura do desperdício de energia e boas maneiras para reverter esse quadro, fazendo parte do amplo programa de educação para o uso consciente da energia elétrica. A apresentação de tais palestras não deve se restringir ao ano dos calouros; pelo contrário, elas podem ser reutilizadas a cada ano, pois abrangerão novas informações a respeito de desenvolvimento dos projetos no que tange ao tema da eficiência energética e poderão recapitular o assunto para os estudantes.

Treinamentos online para corpo discente e docente

O engajamento de estudantes e professores é decisivo na conversão da USP São Carlos em um campus sustentável e com uso eficiente da energia. Para tanto, sugerimos

a criação de uma plataforma online, a qual disponibilizaria cursos modulares de cumprimento obrigatório sobre o tema. O curso funcionaria nos moldes de uma universidade online, e instruiria sobre economia e uso consciente da energia elétrica, devendo ser dinâmico, de forma a instigar a participação e continuação do usuário aprendiz. Pode apresentar diversos níveis e fases, tal qual um jogo e pode ou não ter uma prova ao final de cada ciclo de aprendizagem. Tal curso poderia ser instalado em uma nova plataforma online ou mesmo ser disponibilizado em uma plataforma da USP já existente.

7.4 Mecanismos e Estratégias para a Publicidade das Ações de Educação Ambiental

A necessidade de incentivar a atuação conjunta da comunidade universitária com os gestores da Universidade de São Paulo para a otimização no uso da energia elétrica nos Campi de São Carlos, bem como a consideração da eficiência energética na construção de estabelecimentos públicos, é reconhecida como um desafio determinante para a obtenção de economia em gasto energético e na utilização racional dos recursos naturais.

Tal necessidade requer uma orientação educacional, dentro da qual devem ser utilizados mecanismos para a elaboração de estratégias de publicidade com a finalidade de sensibilizar a comunidade universitária desses Campi, incluindo professores, estudantes e funcionários para o uso mais sustentável da energia. Para tanto, este item do presente projeto indica os mecanismos e estratégias passíveis de serem adotados visando a educação ambiental em relação à eficiência energética na Universidade.

A importância da orientação educacional na temática ambiental, incentivada pela ampla divulgação e publicidade, é reconhecida em nível federal na Lei 9795 de 1999, que dispõe sobre a Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental, regulamentada pelo Decreto 4281 de 2002.

No seu artigo 3º, a Lei discorre sobre o processo educativo, ressaltando a participação responsável dos “meios de comunicação de massa, em colaborar de maneira ativa e permanente na disseminação de informações e práticas educativas sobre meio ambiente e incorporar a dimensão ambiental em sua programação”.

Indicação e descrição dos mecanismos de publicidade e mobilização social

Os mecanismos de publicidade são os meios específicos pelos quais as informações necessárias serão veiculadas, principalmente, para a divulgação de eventos sobre educação ambiental, e para a orientação educacional da comunidade universitária quanto às medidas de eficiência energética, entre outras informações pertinentes a divulgação, comunicação e educação ambiental em geral.

Os mecanismos de publicidade podem ser tratados basicamente em três categorias:

- como materiais de divulgação, os quais consistem em material físico (Faixas, Folhetos, Cartazes e Cartilhas) e digital (*Website* e *CD-ROM*);
- como serviços de divulgação, que se baseia na contratação de serviços como de *Design* gráfico, Gravação de Vídeos e *Jingles*;
- como material tratado por meios de comunicação em massa, que representam os principais veículos de publicidade, ou seja, os jornais impressos e digitais, revistas, emissoras de rádio e televisão.

Já a mobilização social pode ser obtida através da organização e condução das reuniões públicas.

Para a elaboração dos materiais de divulgação, deverá ser previamente contratado um serviço de *design* gráfico e propaganda para a criação de ilustrações temáticas e disposição do conteúdo de forma didática, visando coagir aos leitores a serem influenciados pela transmissão de informações. O conteúdo deverá ser elaborado de uma forma elucidativa em linguagem coloquial e atraente.

Para a contratação de serviços de divulgação deverão ser elaborados os textos das gravações a serem transmitidas pelos carros de som, seguindo o mesmo sistema didático no uso da linguagem. Além disso, a transmissão das gravações poderá ser acompanhada de *jingle* ou vinheta (mensagem publicitária musicada), aprofundando a influência do conteúdo das gravações.

A utilização dos meios de comunicação em massa como mecanismo de publicidade para a conscientização do manejo dos resíduos sólidos pode ocorrer através da realização de curtas (vídeos de curta duração) didáticos. A realização de curtas divulgados em TV, por exemplo, é utilizada como estratégia pela Prefeitura de Curitiba.

A seguir estão apresentadas as descrições, em geral, dos mecanismos de publicidade, bem como indicações quanto ao conteúdo, especificações técnicas, sugestões de locais para a utilização, entre outras informações que podem ser utilizadas como referências iniciais em cada mecanismo na elaboração de estratégias de publicidade para a Universidade de São Paulo.

Materiais de divulgação

a. Faixas

A faixa é um material utilizado principalmente na divulgação de eventos poucos dias antes da realização dos mesmos, devendo ser retirada logo após a data de realização. As faixas, no entanto, também podem ser utilizadas de forma a conscientizar as pessoas que por elas transitam quanto às questões energéticas do campus, trazendo frases sobre economia/desperdício e eficiência energética.

- Locais sugeridos: deverá ser colocada em locais de intensa circulação de pessoas, como por exemplo, as portarias de entrada e saída dos Campi.
- Informações mínimas: nome do evento, data, horário e local; ou frase a decidir.
- Especificações sugeridas: faixas em recorte eletrônico e de material resistente às intempéries climáticas.
- Tamanho sugerido: 5,0 X 1,0 m
- Número sugerido de unidades: 3 (três) faixas para as principais portarias do Campus 1 e 1 (uma) localizada próximo à portaria do Campus 2, totalizando 4 (quatro) faixas.

b. Folhetos - Folders e Flyers

Folders e flyers são impressos publicitários que contem grandes quantidades de informações. O folder se diferencia do flyer por possuir dobras. Sua utilização baseia-se principalmente na divulgação mais detalhada de eventos e na educação ambiental contínua sobre o uso eficiente da energia elétrica. Para maior eficiência e amplitude na divulgação, sugere-se divulgar cartazes relacionados aos impressos em locais próximos aos mesmos.

Em geral, para a elaboração de folhetos, deve se levar em conta as seguintes informações:

- Temática;
- Tiragem;
- Formato: tipo de papel, tamanho, número de obras, ilustrações, quantidade de cores;
- Público alvo;
- Período de elaboração, impressão e distribuição;
- Estratégias de divulgação e distribuição do material a ser produzido;
- Avaliação/indicadores de desempenho

Sugestões para a elaboração de folhetos.

- Locais sugeridos: envio do material para todos os departamentos de ensino, bibliotecas, alojamentos, refeitórios universitários, incluindo as lanchonetes.
- Informações mínimas:
 - para divulgação de eventos: conteúdo do evento, descrição, programação para cada dia do evento, palestrantes, oficinas, mini cursos, *worshops*, etc
 - para educação ambiental: informações sobre procedimentos e boas práticas para consumir racionalmente a energia elétrica, evitando o desperdício.
- Especificações sugeridas: papel couché 90g; Cores: 4X4
- Tamanho sugerido: A5
- Número sugerido de unidades:

- para divulgação de eventos: 3000 (três mil), com fabricação e divulgação pontual, dias ou semanas anteriores ao evento.
- para educação ambiental: 1000 (mil), com fabricação a cada semestre e divulgação contínua.

No anexo I, no final do trabalho, é apresentado um modelo de folder criado com o objetivo de divulgar informações relevantes e iniciar uma mudança de comportamento na comunidade da USP em prol da eficiência energética. O modelo criado pode ser tanto utilizado em vias impressa como digital o que permite abranger maior parte da comunidade da universidade.

c. Cartazes

O cartaz ou pôster é um suporte fixado em espaços públicos, de maneira a possibilitar sua visualização pelas pessoas que transitam nestes locais. Sua utilização baseia-se principalmente na divulgação de eventos e como atrativo estético para a educação ambiental contínua sobre o uso eficiente da energia elétrica.

Em geral, para a elaboração dos cartazes, deve se levar em conta as seguintes informações:

- Características: assunto, formato, tamanho, cores, quantidade e linguagem;
- Público alvo;
- Período de elaboração, impressão e distribuição;
- Estratégias de divulgação e distribuição do material a ser produzido;
- Locais de divulgação;

Sugestões para a elaboração de cartazes:

- Locais sugeridos: envio do material para todos os departamentos de ensino, bibliotecas, alojamentos, refeitórios universitários, incluindo as lanchonetes.
- Informações mínimas:

- para divulgação de eventos: conteúdo do evento e principais atrações (palestrantes, oficinas, mini cursos, *workshops*, etc.) dispostos de maneira resumida e atrativa.
- para educação ambiental: informações sobre procedimentos e boas práticas para consumir racionalmente a energia elétrica, evitando o desperdício.
- Especificações sugeridas: papel couché 115g; Cores: 4X0, com fita dupla face;
- Tamanho sugerido: A2
- Número sugerido de unidades:
 - para divulgação de eventos: grande quantidade com fabricação e divulgação pontual, semanas ou meses anteriores ao evento.
 - para educação ambiental: quantidade suficiente com fabricação e divulgação contínua.

d. Cartilha

A cartilha (ou livro, livrete, manual, atlas, almanaques, apostilas e similares) é um material pedagógico no formato ilustrativo com informações básicas e resumidas. Sua principal função dentro no presente trabalho é a educação ambiental para o consumo racional de energia elétrica. Pode ser divulgada continuamente em bibliotecas e locais com intensa circulação de pessoas, bem como pode ser distribuída durante as boas-vindas aos calouros nos campi de São Carlos e em formato digital.

Em geral, para a elaboração da cartilha, deve se levar em conta as seguintes informações:

- Plano da Obra/ Roteiro/Sumário;
- Tiragem;
- Formato: nº de páginas, tamanho, tipo de papel do miolo, da capa, se contém ilustrações;
- Quantidade de cores, se é colado ou grampeado;
- Público alvo;

- Cronograma: período de elaboração, impressão e distribuição;
- Estratégias de divulgação e distribuição do material a ser produzido;
- Periodicidade e previsão de edições;

e. *Website* e produção de *CD-ROM* ou *pen-drive*

O *website* ou *site* é um conjunto de páginas virtualmente localizadas em um endereço da internet. Sua função como mecanismo de publicidade está na divulgação eficiente de informações fundamentais para conscientização do público em geral, além da divulgação de eventos. Sugere-se que o *site* seja elaborado prioritariamente, pois, além da divulgação e comunicação ambiental, servirá como base de informações para os outros materiais de divulgação, que deverão possuir um *link* com o endereço virtual para o acesso do *site*.

De forma geral, o *site* deverá conter as informações mínimas sobre o manejo correto em relação a todos os resíduos sólidos, dispostos em uma plataforma atraente e ilustrativa com cores bem definidas para cada tipo de resíduo, além do calendário contendo todos os eventos sobre resíduos que serão realizados.

O PURE USP – Programa Permanente para o Uso Eficiente de Energia na USP criado em 1997, possui uma página na internet. O Programa atua na conscientização da comunidade universitária sobre a importância da eficiência energética e a necessidade de ser consciente sobre o uso sustentável dos recursos naturais.

No entanto, em termos de comunicação visual e educação ambiental, o *site* do PURE USP está defasado, pois não apresenta informações de conscientização ambiental de forma elucidativa, e além disso, atualmente o programa é pouco divulgado na comunidade universitária.

Para a construção do *site* ou renovação de *sites* já existentes como o PURE USP, deve se levar em consideração os seguintes fatores:

- Produção do site;
- Edição e arte;
- Forma de hospedagem;
- Sistema de manutenção;
- Público alvo;

Quanto ao *CD-ROM* ou *pen-drive*, sugere-se sua distribuição para todos os estudantes ingressantes na universidade, com informações sobre boas práticas e eficiência energética. Para sua concepção, deve se levar em consideração os seguintes fatores:

- Conteúdo: texto, imagens, banco de dados, fotos, mapas, etc.;
- Edição e arte;
- Público alvo;
- Capas e nº cópias;
- Forma de distribuição;

Contratação de serviços de divulgação

a. *Design gráfico, jingles e vídeos*

O *design* gráfico é uma espécie de comunicação visual, que consiste na transmissão de ideias e conceitos através de imagens, com o objetivo de facilitar a assimilação do conteúdo transmitido. O *jingle* ou vinheta é uma forma de comunicação auditiva, na qual o conteúdo a ser transmitido é associado a ritmos e melodias. Por fim, a produção de vídeos, filmes e curtas consiste na comunicação audiovisual que pode ser realizada através de animações gráficas ou gravações de imagens em movimento.

Quanto maior a diversificação dos mecanismos pelos quais o conteúdo da educação ambiental é transmitido, maior a amplitude e profundidade no processo de aprendizado educativo. A partir desse princípio, sugere-se a utilização das três frentes

(visual, auditiva e audiovisual) de assimilação das informações para maior eficiência e abrangência no emprego publicitário na divulgação de eventos e na educação ambiental sobre a eficiência energética.

Os serviços de *design* gráfico, *jingles* e vídeos terão efeito direto na qualidade dos outros mecanismos de publicidade. O *design* de ilustrações temáticas será fundamental disposição didática do conteúdo educativo em folders, *flyers*, cartazes e cartilhas, por exemplo. Os filmes do tipo curta-metragem poderão ser transmitidos no site institucional da USP de São Carlos e nos telões dos restaurantes universitários nos horários de almoço.

Para a produção de vídeos, filmes e curtas deve se levar em consideração os seguintes fatores:

- Sinopse ou pré-roteiro;
- Tipo de produção: utilização de cenários, atores, som, locução, efeitos especiais, filmagens aéreas, aquisição de fotos, ou simples gravação institucional, etc.;
- Recursos técnicos: ilha de edição, câmeras, direção, pessoal técnico especializado, etc.;
- Tipo de mídia: U-Matic, padrão digital, filme 16 ou 35 mm, etc.;
- Tempo de duração;
- Público alvo;
- Forma de distribuição e disponibilização do material ao público alvo;

Pode-se buscar uma parceria com a Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, afim de lograr mão de obra universitária para a realização dos serviços citados, tais como estudantes dos cursos de Imagem e Som, Música, dentre outros, os quais participariam por meio de editais e/ou concursos.

Meios de comunicação

- a. Jornais, Revistas e Periódicos em geral

O jornal é um meio de comunicação que, por suas características de periodicidade, pode ser utilizado para uma eficiente conscientização de uma parcela comunidade universitária, por exemplo o Jornal USP. A revista é uma publicação periódica de cunho informativo ou de entretenimento, diferenciando o público, por exemplo, a Revista USP e a Revista Eletrônica de Ciências do CDCC. Além disso, há outros periódicos na comunidade da USP São Carlos, eletrônicos ou impressos, tais como o Informe CAASO, o jornal do CAASO e jornais de cursos e departamentos.

A publicidade para a gestão visando eficiência energética por meio de periódicos pode ser realizada para fins de:

- Divulgação: propaganda de eventos, notícias, reportagens, cartas e opiniões relacionadas a eficiência energética na USP ou temas de conscientização ambiental em geral.
- Educação ambiental: artigos, curiosidades, charges, quadrinhos ou até mesmo palavras cruzadas relacionadas a responsabilidade dos consumidores quanto ao consumo racional de energia nos campi universitários.

Para a divulgação e educação ambiental permanente da comunidade universitária, sugere-se que seja criado pela EESC – USP, um jornal ou revista com a temática “Eficiência Energética na USP”.

b. Televisão

A publicidade veiculada por meio da televisão pode ser realizada através da apresentação de vídeos do tipo curta-metragem ou de cartazes e folhetos digitais. As transmissões podem ser realizadas nos locais universitários de intensa circulação onde já se encontram instaladas as TVs, como é o caso dos restaurantes universitários nas áreas 1 e 2 e na entrada do prédio E1 no Campus 1.

Reuniões públicas

As reuniões públicas são espaços nos quais todos os integrantes da comunidade universitária são convidados a comparecer e estabelecer contato pessoal com os docentes, funcionários, gestores, especialistas entre outras pessoas da área de gestão de energia nos campi da USP São Carlos. Dessa forma, essa mobilização social pode esclarecer dúvidas, estabelecer acordos, direcionar as ações dos gestores da universidade, e assim, fomentar melhorias no processo de eficiência energética.

a. Sugestões para a condução das reuniões públicas relacionadas à gestão de energia na USP São Carlos

As reuniões públicas deverão ser presididas e conduzidas pelos gestores e funcionários da universidade que serão responsáveis pela elaboração de uma ata, que pode ser efetuada através da gravação audiovisual do evento.

Para todas as reuniões públicas deve ser providenciado um livro de presenças a ser disponibilizado no local do evento, à vista de todos, para receber os nomes, cargos, departamentos, etc., dos participantes que desejarem registrar sua presença. Sugere-se que neste livro constem as seguintes notações:

- ❖ Coluna 1: Nome e RG.
- ❖ Coluna 2: Departamento/instituto/curso que representa ou ao qual é afiliado.

O livro de presenças pode ser utilizado para ordenar as manifestações orais por critério de chegada. Além disso, o livro de presenças é um importante documento de confirmação da presença do participante no evento, principalmente para docentes e discentes no caso do evento ser conduzido em horário de aula.

7.5 Principais Barreiras

Pode haver certa resistência por parte da comunidade universitária no que tange à mudança de hábitos e comportamentos. Como exemplo, podem-se citar: docentes que deixam os aparelhos de ar condicionado e computadores ligados e luzes acesas, mesmo

quando não estão em suas salas; estudantes que deixam luzes e computadores acesos ao sair das salas de aula; moradores do alojamento que tomam banhos demasiadamente longos, luzes de prédios, corredores e até mesmo de iluminação pública, que ficam acesas por período maior que o necessário, etc. Trata-se de costumes e de atividades rotineiras, cuja transformação pode, muitas vezes, ser difícil e demandar certo tempo. No entanto, o Programa de Conscientização trabalhará fortemente sobre essas questões, estimulando o uso consciente da energia elétrica dentro do campus e esforçando-se para que os usuários levem para casa suas lições aprendidas.

Devem-se também citar as barreiras no âmbito institucional, pois tal Programa é viável apenas se aplicado concomitantemente com o devido controle do uso da energia elétrica nos *campi* da USP São Carlos, o qual já é elaborado pela prefeitura do campus. Além disso, um Programa de tal porte e com tamanha ambição deverá ser muito bem estruturado para que obtenha sucesso e que consiga atingir e engajar o maior número possível de pessoas, utilizando os recursos disponíveis da maneira mais eficiente possível. Será necessário buscar financiamento proveniente de agências dentro e fora da USP para o desenvolvimento do programa, no entanto, deve-se também levar em consideração a hipótese de não se lograr apoio institucional e/ou financeiro, devendo-se buscar alternativas para a efetivação do Programa de maneira independente.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a avaliação da tecnologia de aquecimento solar nas residências universitárias do Campus, este que apresentou um custo de implantação de R\$ 309.450,28; gasto anual de R\$ 32.104,80 e período de retorno de 9,63 anos, pode-se concluir que o custo encontrado aparenta-se viável pela proporção do projeto e que o período de retorno apresenta-se relativamente elevado. Porém, analisando não somente o âmbito econômico, este projeto ainda aparenta ser interessante devido á baixa manutenção do sistema e das características favoráveis da região ao sistema de aquecimento solar.

Já em relação ao estudo do programa de conscientização, concluiu-se que pode haver certa resistência por parte da comunidade universitária no que tange à mudança de hábitos e comportamentos. Estas transformações podem, muitas vezes, ser difíceis e demandar tempo. Conclui-se que, para o sucesso do programa, seria necessária uma boa estruturação e um financiamento proveniente de agências dentro e fora da USP. Deve-se também levar em consideração a hipótese de não se lograr apoio institucional e/ou financeiro, devendo-se buscar alternativas para a efetivação do Programa de maneira independente.

Apesar das barreiras encontradas para os dois projetos, a implantação concomitante de ambos pode ser uma ótima medida a favor das esferas econômica e ambiental da USP de São Carlos e seu entorno, além de ser um passo importante para originar o desenvolvimento de um campus sustentável que pode vir a ser um exemplo a ser seguido em outras universidades brasileiras.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 7198:1993 - **Associação Brasileira de Normas Técnicas: Projeto e execução de instalações prediais de água quente.** Disponível em: <<http://www.philomenojr.com.br/downloads/Informacoes/Eluma%20Conexoes/NBR%207198%20%20C1gua%20quente.pdf>> Acesso em: 09/06/14.

ANEEL **Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Energia Solar.** Brasília: ANEEL, 2002. 153p.

ANEEL **Agência Nacional de Energia Elétrica – Energia Eólica.** Disponível em: <[www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acessado em 05/05/2014.

ANEEL **Agência Nacional de Energia Elétrica - Tarifas.** Disponível em: <www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/12_4_11_ANEXO_I.pdf> Acessado em 04/05/2014.

Aquecedores Solares de água Soletrol. Disponível em: <www.soletrol.com.br/doc/Catalogos_GrandesObras/Catalogos_GrandesObras.pdf>. Acessado em 15/06/2014

BRANDIZZI, B. V. **Instalación Solar Fotovoltaica Conectada a red sobre el tejado de um edifício de la Universidad de São Paulo – Campus I São Carlos.** Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Técnica Industrial de Eibar. Universidade do País Basco. Eibar, Espanha, 2013.

CARVALHO, Carlos Henrique Fiche De. **Projeto De Um Sistema De Aquecimento Solar De Água Para Pousadas Lavras Minas Gerais – Brasil**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Pós Graduação.

Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: <www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_549.html> Acessado em 05/05/2014.

Climatizadores evaporativos Ecobrisa, Disponível em: <www.ecobrisa.com.br>. Acessado em 06/05/2014.

Community owned solar PV. Disponível em: <<http://ramblingsdc.net/Australia/ComOwnedSolar.html>>. Acessado em 03/05/2014.

CRITCHFIELD, A.T. **General Climatology**. New York: Prentice Hall 1960 (Ribeiro, 2008).

EDHOLM, P.G (1968). **A Biologia do Trabalho**. Porto: Editorial Nova Limitada p.3

Energia Solar Paulista, levantamento do Potencial – Secretaria de Energia, Governo do estado de são Paulo. Disponível em: <www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/455.pdf>. Acessado em 16/06/2014.

EPIA. Annual Market Report 2011. European Photovoltaic Industry Association, 2012. Disponível em: EPIA ANNUAL REPORT 2011

<http://www.epia.org/uploads/tx_epiapublications/Annual_Report_2011.pdf> Acessado em: 11/04/2014.

FERREIRA, H. T. Energia eólica: barreiras a sua participação no setor elétrico brasileiro. 2007. 117p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo.

GEOMODEL SOLAR. Maps of Global horizontal irradiation (GHI). 2011. Disponível em: <<http://solargis.info/doc/71>>. Acessado em: 26/04/2014.

IRENA - International Renewable Energy Agency. Disponível em: <<http://costing.irena.org/charts/solar-photovoltaic.aspx>>. Acessado em 04/05/2014.

Key Statistics of World Wind Energy Report 2013. Disponível em: <www.wwindea.org/webimages/WWEA_WorldWindReportKeyFigures_2013.pdf> Acessado em 05/05/2014.

MARTÍN, E.,C.; AGUILERA, M., A., E. Edificios Fotovoltaicos Conectados e la Red Eléctrica: Características y Posibilidades Energéticas. Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2011.

Ministério do Meio Ambiente – Energia Eólica. Disponível em: <www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-eolica> Acessado em 05/05/2014.

Página Oficial USP São Carlos - Moradia. Disponível em: <www.saocarlos.usp.br/index.php?option=com_content&task=view&id=70&Itemid=103> Acessado em 07/05/2014.

Página Oficial USP São Carlos – Restaurante Universitário. Disponível em: <www.saocarlos.usp.br/index.php?option=com_content&task=view&id=73&Itemid=106>. Acessado em 07/05/2014.

Ribeiro, L. P.. **Conforto Térmico e a prática do projeto de edificações: Recomendações para Ribeirão Preto.** Ribeirão Preto. 2008.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração de energia fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** 1. ed. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004.

RÜTHER, R. et al.. Programa de Telhados Solares Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica Pública no Brasil. In: **XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.** Geração de Valor no Ambiente Construído: Inovação e Sustentabilidade. 7 a 10 outubro de 2008. Fortaleza/CE. 2008.

SARDINERO, I., B. **Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial.** Proyecto de Fin de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid. Madrid. 2012.

Sistema Alternativo de Aquecimento Solar. Disponível em: <www.abcm.org.br/pt/wp-content/anais/conem/2000/DC8528.pdf>. Acessado em 03/05/2014.

Solar Forte – Tudo em aquecedores. Disponível em: <www.solarforte.com.br>
Acessado em 07/05/2014.

SOUZA, D.P., SANTOS, R.K., SANTOS, R.F. **Estimativa do consumo de água em restaurantes na cidade de Cascavel** – PR, 2011

VECCHIA, F.A.S (1989). **As Condicionantes termo-energéticas das edificações: São Carlos como estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos 1989.

10.ANEXOS

ANEXO I. Proposta de um Mini Manual de Eficiência Energética para ser entregue de forma física e digital a toda comunidade da USP São Carlos. (Inspirado e adaptado de Manual de Etiqueta 2012 – Planeta Sustentável).

Este manual foi criado com o objetivo de divulgar informações e sensibilizar a comunidade da USP quanto ao gasto energético da mesma, as novas metas e ações que cada deve tomar para ajudar a USP atingir a sustentabilidade energética.

Proposta de Melhoria da Eficiência Energética no campus da USP São Carlos

Equipe responsável pelo projeto:

Ana Terra Amorim Maia
Cristiano Steinkirch de Oliveira
Júlia Panzarin Savietto
Bianca Ventura Brandizzi
Gabriel Angelo Sgarbi Cocenza
Falcon Thibault

Redação e edição:

Bianca Ventura Brandizzi

Apoio:

Prof. Tadeu Malheiros

Escola de Engenharia de São Carlos – USP

São Carlos, 2014

FRENTE FOLHA A4 (PARTE EXTERNA FOLDER)



MANUAL DE EFICIÊNCIA ENÉRGÉTICA

PSEE/USP SC – Programa de Sensibilização de Eficiência Energética/Universidade de São Paulo campus São Carlos

ENERGIA

Todos têm direito a uma boa energia

O acesso à energia é tão **fundamental** quanto à água potável. Mas uma em cada cinco pessoas no mundo ainda vive sem ela e, portanto, sem **qualidade de vida**, sem comunicação. É preciso levar energia a todos. Mas tem mais: a geração de energia é o maior emissor de gases de **efeito estufa**. Por isso, ela precisa ser **limpa** e, de preferência, **renovável** e usada **racionalmente**.

É um grande desafio do qual **você faz parte. Colabore!**



COMO AJUDAR:

Dê preferência às lâmpadas eficientes, como as compactas fluorescentes e as LEDs, são mais caras, mas duram bem mais e pagam o investimento em três meses e cinco anos, respectivamente

Compre eletrodomésticos mais eficientes. O selo Procel ajuda nessa hora. Para os aparelhos a gás, o selo Conpet indica os melhores.

Não deixe os aparelhos em stand-by. Tire-os da tomada quando não estiverem em uso ou adote tomadas com interruptor.

Ao sair de salas, desligue a luz, ventiladores e equipamentos de ar condicionado. Deixá-los ligados até que alguém ocupe a sala novamente é um grande desperdício.



FAÇA ESTE LIVRINHO CIRCULAR!

A energia na USP SÃO CARLOS

A **energia** utilizada no campus hoje é em totalidade **comprada** das companhias de geração e distribuição de energia: CPFL e ELEKTRO. E de 2012 para 2013 foi evidenciado um **aumento de 500.000 kWh** (aprox. 4%) sendo falhando com a **meta de redução** estipulada em 5%.

11.216 MWh



2012

11.622 MWh



2013

METAS PARA 2020:

- **redução no consumo energético em 20%** até o ano de 2020 em comparação ao consumo registrado em 2013 e;
- **supressão da demanda energética em 10%** até 2020 por energias alternativas à fonte energética atual utilizada pelo campus.

Sozinha, nenhuma fonte de energia renovável garante 100% de fornecimento; nenhuma tem impacto zero. A USP São Carlos já iniciou suas ações para atingir as metas estipuladas agora falta você fazer a sua parte.