

2

SHIGEHARU NAKABA

**SISTEMA SOLAR PARA PRÉ-AQUECIMENTO DA
ÁGUA DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO
'BANDEJÃO CENTRAL' – CAMPUS SÃO PAULO**

*fin
maio/2003*

Trabalho de conclusão do curso de graduação do
Departamento de Engenharia Mecânica da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo.

**SÃO PAULO
2004**

SHIGEHARU NAKABA

**SISTEMA SOLAR PARA PRÉ-AQUECIMENTO DA
ÁGUA DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO
'BANDEJÃO CENTRAL' – CAMPUS SÃO PAULO**

**Trabalho de conclusão do curso de graduação do
Departamento de Engenharia Mecânica da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo.**

Área de concentração: Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

**SÃO PAULO
2004**

AGRADECIMENTOS

Realização do trabalho:

Agradeço meu orientador Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira, os colegas do projeto PUREFA (Programa de Uso Racional de Energia e Fontes Alternativas), Prof. Dra. Eliane Fadigas, Eng. Ricardo Brás e Eng. Juvenal Dias, que trabalhando juntos permitiu que eu realizasse este trabalho de formatura aproveitando um projeto tão importante para o uso de energias alternativas como o PUREFA (financiado pelo FINEP).

Familiares:

Agradeço todos os meus familiares que durante estes longos anos de estudos foram o meu ponto de apoio, principalmente a minha mãe, Masako Nakaba, e meus avós, Kichiharu e Yaeko Nishikuni, que me criaram na ausência de meu pai, Isamu Nakaba – em memória. Aos meus irmãos Kazuya, Naomi e especialmente Masaru que compartilhou os meus anos de cursinho e de faculdade. A todos os tios, notadamente Koshiro e Yasuko Nishikuni, que além de permitir que eu sonhasse em estudar em uma boa universidade possibilitaram me realizar este grande sonho, ajudando financeiramente e dando muitos conselhos e apoio moral. E finalmente a todos os primos.

Amigos:

Agradeço a todos os amigos, os distantes e aos que estavam sempre próximos, àqueles que sofreram juntos nas longas noites de estudos, outros que divertiram nas grandes noites de festas, e em especial a Mariana que me aturou ouvindo os desabafos, dando conselhos e até discutindo.

Em fim, a todos, MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as etapas do desenvolvimento do projeto de sistema solar de aquecimento de água a ser instalada na casa das caldeiras do COSEAS – USP e avaliar a economia de gás liquefeito de petróleo – GLP e energia elétrica que este sistema irá proporcionar.

As principais atividades desenvolvidas foram: estudo de sistema solar de aquecimento de água, busca de informações necessárias para desenvolver o projeto conceitual, estimativa de economia de GLP e de energia elétrica, convite às empresas para realizar propostas de orçamento, análise dos orçamentos, estimativa do tempo de retorno do investimento e contratação da empresa para executar a obra.

O objetivo do trabalho de formatura não foi atingido por completo, pois não foi possível apresentar a etapa de execução da obra (instalação do sistema solar) e a avaliação da economia gerada, mas o objetivo do projeto PUREFA será cumprido, pois a empresa a executar a obra já foi contratada e no final de março de 2005 as instalações darão início e para o início de maio de 2005 há a previsão do sistema solar entrar em operação.

ABSTRACT

This work has the objective to present the stages of the development of the project of a water heating solar system to be installed in the “casa das caldeiras” of COSEAS - USP and to evaluate the economy of liquefied petroleum gas – LPG and electric energy that this new system will provide over the one presently working there.

The main developed activities had been: study of water heating solar systems, searching necessary information to develop the conceptual project, estimative of economy of LPG and electric energy, invitation to potential suppliers to make budget proposals, analysis of the budgets, estimate the return time of the investment and act of contract of the company to execute the work.

The objective of the graduation project was not reached by complete, therefore it was not possible to present the stage of execution of the work (installation of the solar system) and the evaluation of the generated economy, but the objective of the project PUREFA will be fulfilled, soon, as the company to execute the work already has been contracted and by the end of March of 2005 the installation work will start off and by the beginning of May of 2005 the system will be fully operating.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
2	AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA.....	5
2.1	SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DA ÁGUA	6
2.1.1	<i>Sistema de circulação termossifão</i>	<i>6</i>
2.1.2	<i>Sistema de circulação forçada</i>	<i>7</i>
2.2	EQUIPAMENTOS.....	7
2.2.1	<i>Reservatório térmico.....</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Coletor solar</i>	<i>9</i>
3	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA QUENTE ATUAL.....	10
3.1	CASA DAS CALDEIRAS.....	10
3.2	CALDEIRAS	13
3.3	RESERVATÓRIO TÉRMICO/TROCADOR DE CALOR.....	14
3.4	MISTURADOR.....	16
3.5	VAPORIZADOR	17
3.6	RESTAURANTE	18
4	LEVANTAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA QUENTE	19
5	ESTIMATIVA DE ECONOMIA DE CONSUMO DE GLP E DE ENERGIA ELÉTRICA	21
5.1	MEMORIAL DE CÁLCULO.....	22
6	ACOMPANHAMENTO DO PROJETO	33
7	DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	38
7.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	39
7.2	ESPECIFICAÇÕES PARA O PROJETO.....	41
7.2.1	<i>Coletores solares</i>	<i>41</i>
7.2.2	<i>Reservatório térmico.....</i>	<i>42</i>
7.2.3	<i>Painel de controle.....</i>	<i>43</i>

7.3	MANUAL DE OPERAÇÃO.....	43
7.4	ENTREGA DO PROJETO	43
7.5	RESPONSABILIDADE DA EMPRESA INSTALADORA.....	43
8	ANÁLISE DAS PROPOSTAS DE ORÇAMENTOS	44
9	ESTIMATIVA DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO	45
10	CONTRATAÇÃO DA EMPRESA.....	48
11	CONTRATEMPOS NO PROJETO	49
12	CONCLUSÃO	50
13	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
13.1	REFERÊNCIAS ADICIONAIS	51
14	ANEXOS.....	53
14.1	ANEXO A CARTA CONVITE AS EMPRESAS.....	54
14.2	ANEXO B DESCRIÇÃO DO PROJETO CASA DAS CALDEIRAS.	57
14.3	ANEXO C ESPECIFICAÇÕES COESF	65
14.3.1	<i>Anexo C-1 Especificações para estruturas em aço.</i>	<i>65</i>
14.3.2	<i>Anexo C-2 Especificações para estruturas em concreto armado</i>	<i>66</i>
14.4	ANEXO D ORÇAMENTOS.....	67
14.4.1	<i>Anexo D-1 Orçamento Enalter.....</i>	<i>68</i>
14.4.2	<i>Anexo D-2 Orçamento Heliotek.....</i>	<i>71</i>
14.4.3	<i>Anexo D-3 Orçamento Tuma.....</i>	<i>80</i>
14.5	ANEXO E JUSTIFICATIVA DE CONTRATAÇÃO	87
14.6	ANEXO F CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO PJ	88

Lista de figuras

Figura 2.1: Esquema de um sistema termossifão de circulação de água.	6
Figura 2.2: Esquema simplificado do sistema de circulação forçado.....	7
Figura 2.3: Esquema de um reservatório térmico usual.....	8
Figura 2.4: Elementos que compõe um coletor solar.....	9
Figura 3.1: Foto ilustrativo da fachada externa da Casa das caldeiras do COSEAS..	11
Figura 3.2: Esquema simplificado dos processos na Casa das caldeiras.	12
Figura 3.3: Foto da disposição das duas caldeiras dentro da Casa das caldeiras.	14
Figura 3.4: Foto em detalhe de uma caldeira.	14
Figura 3.5: Foto ilustrativo do reservatório térmico/trocador de calor da Casa das caldeiras da COSEAS.....	15
Figura 3.6: Foto ilustrativo do pressostato que controla a entrada de vapor no trocador de calor.	15
Figura 3.7: Indicação de temperatura do reservatório térmico, em horário sem consumo de água quente.....	16
Figura 3.8: Foto misturador. Acima está o reservatório de água fria e abaixo o misturador.....	16
Figura 3.9: Foto vaporizador elétrico de GLP.....	17
Figura 3.10: Foto ilustrativa do tanque de GLP e a esquerda o vaporizador elétrico.	18
Figura 4.1: Perfil de consumo médio de água quente (nov./2003).....	19
Figura 5.1: Gráfico de radiação solar médio anual por metro quadrado para a cidade de São Paulo.	29
Figura 5.2: Estimativa de economia de GLP em [kg] e energia elétrica em [kWh]...	30
Figura 5.3: Estimativa de economia de GLP e energia elétrica em valores monetário - Reais (R\$).	31
Figura 6.1: Esquema da casa das caldeiras com o esquema simplificado do sistema solar de aquecimento de água.	34
Figura 6.2: Foto ilustrativo do local de instalação dos coletores solar e do reservatório térmico.	35

Figura 6.3: Esquema do sistema solar de aquecimento de água com o sistema de válvulas para uso de água somente o período de maior consumo de água quente.	36
Figura 7.1: Colunas para descarregar a carga do suporte.	41
Figura 7.2: Colunas para descarregar a carga do suporte.	42
Figura 9.1: Exemplo de fluxo de caixa para determinar o tempo de retorno do investimento.....	45
Figura 14.1: Esquema da casa das caldeiras.	57
Figura 14.2: Esquema da casa das caldeiras com o esquema simplificado do sistema solar de aquecimento de água.....	58
Figura 14.3: Esquema do sistema solar de aquecimento de água.....	58

Lista de tabelas

Tabela 1-1: Produção de energia primária no Brasil (unidade: 10^3 tep) [2]	3
Tabela 1-2: Produção de energia primária no Brasil (unidade: %) [2].....	4
Tabela 3-1: Consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) em 2004 (Fonte: manutenção/COSEAS).....	13
Tabela 5-1: Incidência solar horária em Wh/m^2 para a cidade de São Paulo, obtido do Radiasol.	27
Tabela 5-2: Estimativa de economia de GLP e energia elétrica.....	28
Tabela 9-1: Resultado da diferença da expressão $E - I - D =$, em valor presente. Os valores em vermelho são valores negativos, o preto valor nulo e o azul são valores positivos.....	46

1 Introdução e objetivos

Em meio à crise de energia elétrica brasileira no início da década de 2000, à Universidade de São Paulo (USP), como autarquia, estabeleceu a meta de redução de 20% (vinte por cento) do consumo de energia elétrica em todas as campi da USP. Para isso foi criada o Programa de Economia de Energia da USP, obtendo diferentes porcentagem de economia de energia elétrica em cada unidade, variando de 18% a 54% obtendo em média economia de 29,8% [1].

Pelo sucesso do Programa de Economia de Energia da USP e para atender as preocupações de consumo de energia e emissão de substâncias tóxicas do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPPC – ONU), a USP lançou o Programa de Uso Racional de Energia e Fontes Alternativas (PUREFA) o qual irá implantar sistema solar de aquecimento de água, sistema de aquecimento a gás, sistema fotovoltaico, biodigestores e mudança na arquitetura para o melhor aproveitamento da iluminação e ventilação interna [1], consolidando assim o uso de fontes alternativas, nas campi da USP, como a biomassa, energia solar, gás natural, etc.

Com base no PUREFA este trabalho visa apresentar passo a passo um projeto de sistema solar de aquecimento de água desde os estudos dos consumos de gás liquefeito de petróleo (GLP) e da água quente, na Casa das caldeiras do COSEAS, projetar um sistema solar para pré-aquecer a água que entra no reservatório térmico/trocador de calor, e estudar a economia gerada de GLP e energia elétrica, minimizando dessa forma o custo de operação e manutenção do sistema atual de aquecimento de água.

Para exemplificar como este trabalho está inserido no contexto do problema energético nacional brasileiro, as Tabela 1-1 e Tabela 1-2 mostram as variações da produção de energia primária no Brasil, sendo relevante verificar o pouco uso das fontes alternativas (indicados nas Tabela 1-1 e Tabela 1-2 como “gás natural” e

“outras fontes primárias renováveis”) e a diminuição da produção de energia hidráulica em 2001 e 2002 que deve-se à crise de energia hidráulica que o Brasil vêm enfrentando. O crescente consumo de gás natural deve se em especial ao incentivo governamental, ao gasoduto Brasil-Bolívia e mais recentemente as novas minas de gás natural que estão sendo exploradas no Brasil e aos intensos investimentos das empresas em gasodutos para gás natural, tornando o num produto em excesso, barateando o seu uso.

Tabela 1-1: Produção de energia primária no Brasil (unidade: 10³ tep) [2]

Identificação	1990	1993	1996	1999	2000	2001	2002
Energia primária não renovável	40748	42291	51487	70552	79653	83490	95910
Petróleo	32550	33169	40521	56612	63723	66742	75124
Gás Natural	6233	7301	9088	11810	13185	13895	15453
Carvão Vapor	1595	1784	1792	2110	2603	2175	1935
Carvão metalúrgico	320	37	85	19	10	10	63
Urânio (U308)	51	0	0	0	132	669	3335
Energia primária renovável	66884	67373	71302	75859	73556	72896	78263
Energia hidráulica	17770	20208	22847	25188	26168	23028	24495
Lenha	28537	24803	21969	22126	23054	22437	23542
Produtos da cana-de-açúcar	18451	19378	23397	24575	19895	22800	25272
Outras fontes primárias renováveis	2126	2985	3088	3970	4439	4631	4955
Total	107632	109664	122789	146410	153208	156387	174173

2 Aquecimento solar de água

O aquecimento solar é uma forma alternativa da utilização de energia natural e não poluente, e em especial abundante no Brasil devido à nossa posição geográfica, intertropical. Além disso, ter baixo nível de nebulosidade em períodos de inverno favorece o uso de energia solar nesse período do ano, quando a necessidade de água quente é maior [3].

A instalação correta dos coletores solares permite que mesmo no inverno, quando a radiação solar é menos intensa, seja possível aquecer a água utilizando-se da energia solar. A regra geral utilizada para o hemisfério sul é que os coletores solares fiquem direcionados para a face norte, com inclinação conforme a preferência de favorecimento de uso, o ideal seria uma inclinação variável durante todo o ano, mas fazer um suporte que permite fazer este ajuste aumenta demasiadamente o custo de instalação do sistema solar de aquecimento de água, com coletores planos, inviabilizando este tipo de projeto. Para favorecer o aquecimento no inverno a inclinação dos coletores deve ser igual a sua latitude mais dez graus ($\text{latitude} + 10^\circ$), para o verão, latitude local menos dez graus ($\text{latitude} - 10^\circ$) e para o aquecimento sem nenhum tipo de favorecimento utiliza-se o valor de sua latitude ($\text{latitude} + 0^\circ$) para a inclinação dos coletores. Para os países do hemisfério norte pode utilizar-se da mesma regra, apenas direcionando os coletores para a face sul.

No caso específico em São Paulo localizado a latitude $23^\circ 30'$ sul e longitude $46^\circ 37'$ oeste é usual utilizar a inclinação de 35° em relação a horizontal direcionada para a face norte.

A instalação de sistema solar de aquecimento de água permite que economize outras formas de energia (à base de petróleo, carvão, hidroeletricidade, etc.) minimizando o custo de operação.

2.1 Sistema de circulação da água

Existem basicamente dois tipos de sistema de circulação de água para o sistema solar que são termossifão e o de circulação forçada.

2.1.1 Sistema de circulação termossifão

Este tipo de circulação é recomendado para residências e sistemas de pequeno porte (até dez coletores solares) e consiste na movimentação da água devido a alteração da temperatura da água e, conseqüentemente, da diferença de densidade de em uma ou mais regiões de um circuito hidráulico fechado. Para o bom funcionamento desse processo a parte inferior (fundo) do reservatório térmico deve ficar em nível igual ou superior à lateral mais alta do coletor solar. A Figura 2.1 apresenta, esquematicamente, este tipo de sistema de circulação.

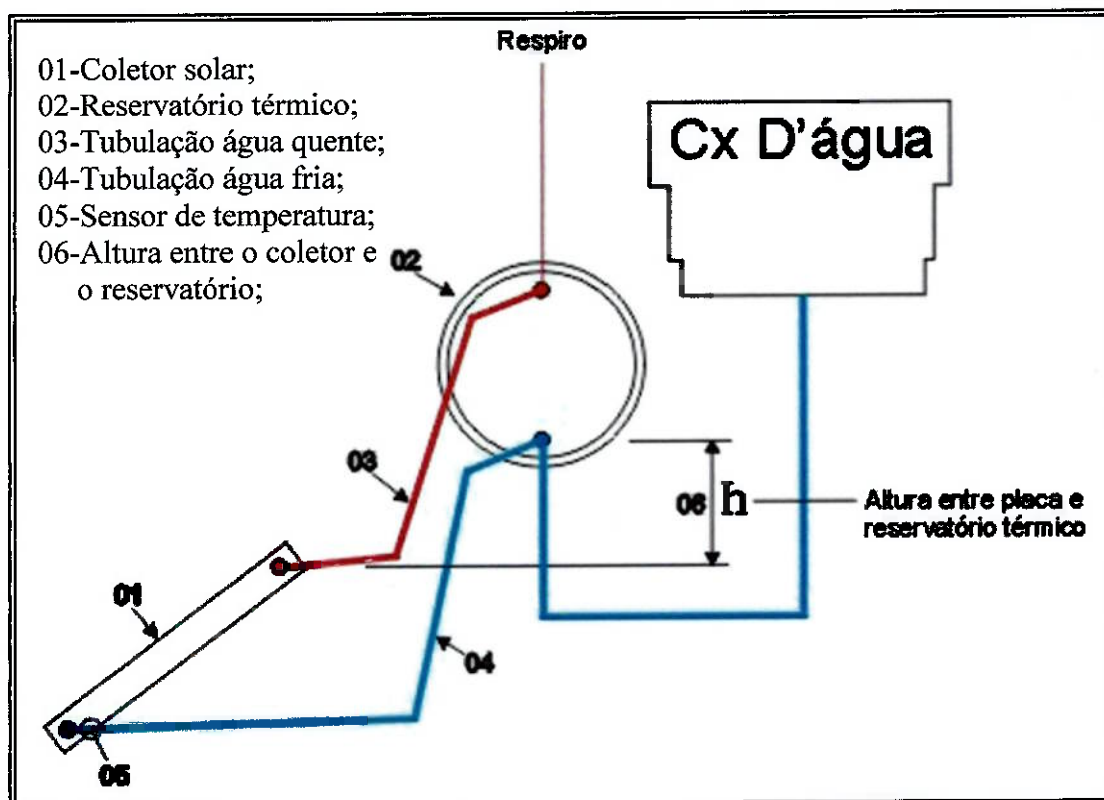


Figura 2.1: Esquema de um sistema termossifão de circulação de água.

2.1.2 Sistema de circulação forçada

O sistema de circulação forçada, conforme a Figura 2.2, é indicado para sistemas de médio e grande porte no qual a movimentação da água através dos coletores solares é feita por bombeamento e comandada por um controlador diferencial de temperatura (CDT) que aciona a bomba sempre que o nível de insolação for suficiente para elevar a temperatura da água nos coletores.

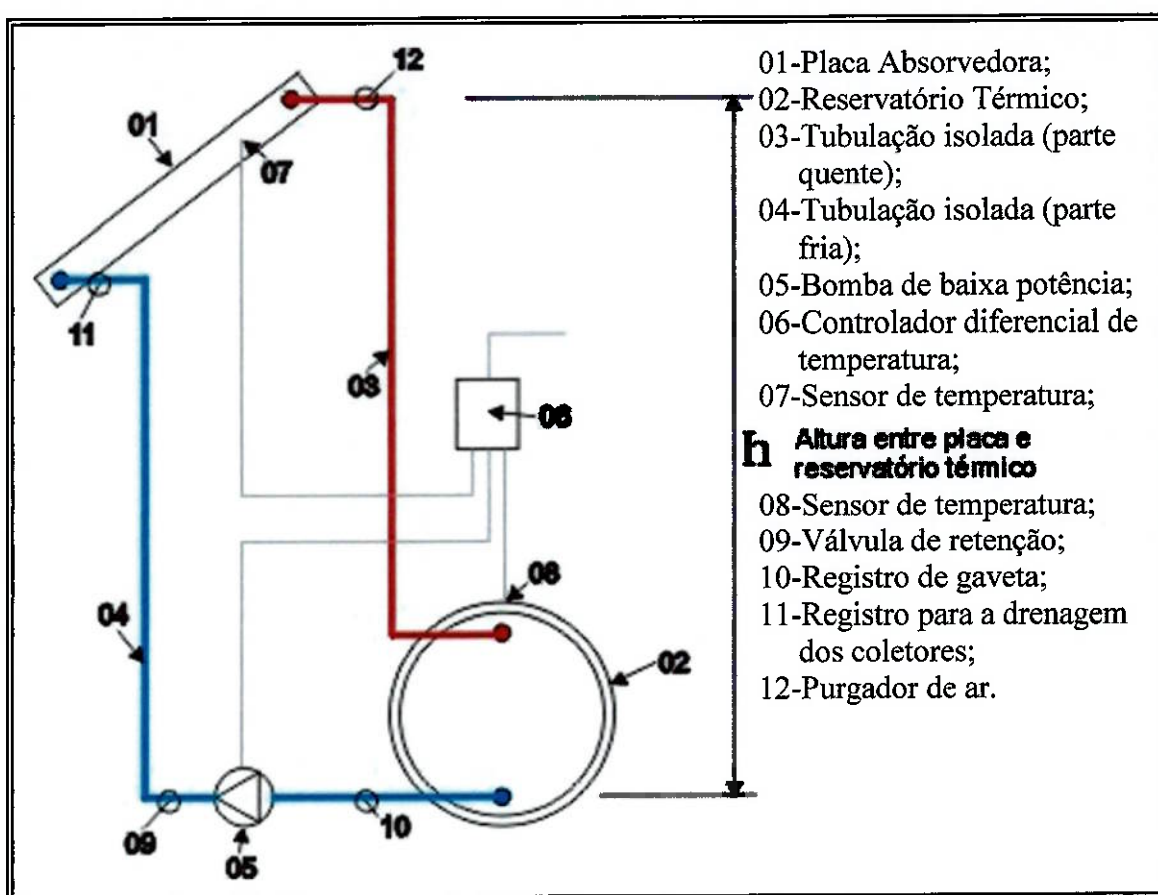


Figura 2.2: Esquema simplificado do sistema de circulação forçado.

2.2 Equipamentos

O aquecedor solar é um aquecedor central de acumulação. A água é aquecida, gradativamente, nos coletores solares durante o dia e acumulado no reservatório

térmico. Dessa forma os equipamentos principais são os coletores solares e o reservatório térmico.

2.2.1 Reservatório térmico

O reservatório térmico (conhecido no mercado de sistema solar de aquecimento de água como “boiler”) é constituído basicamente por um tanque cilíndrico (normalmente de aço inoxidável), isolamento térmico (usualmente é de poliuretano), termostato, tampa lateral e uma proteção externa. Além disso, normalmente o reservatório térmico vem equipado com um sistema auxiliar de aquecimento de água, sendo o mais usual uma resistência elétrica, como pode ser observado na Figura 2.3. Para este projeto em especial não será utilizado o sistema auxiliar, pois o próprio sistema solar é o sistema auxiliar que irá pré-aquecer a água que entra no reservatório térmico/trocador de calor do sistema atual.

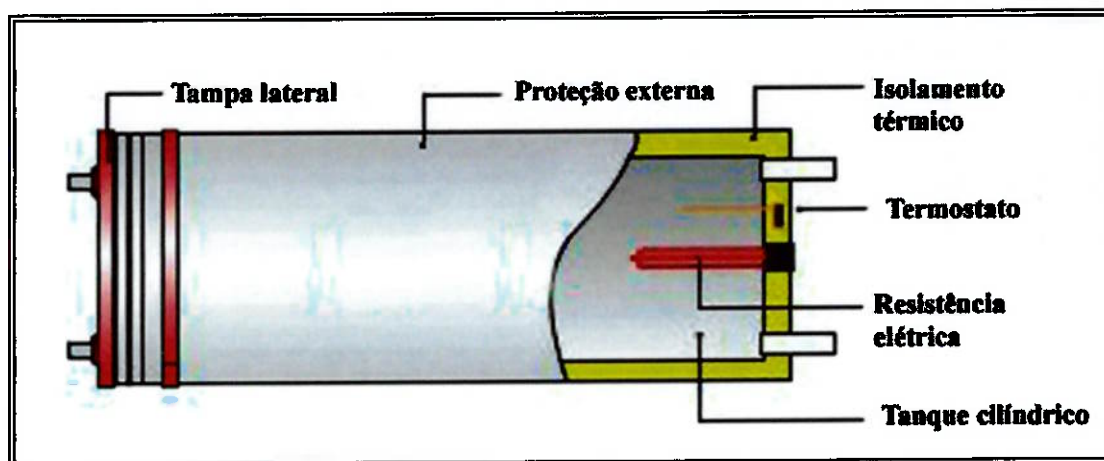


Figura 2.3: Esquema de um reservatório térmico usual.

Este reservatório térmico pode ser classificado com relação à pressão de trabalho como de alta pressão (normalmente até 40 mca – metros de coluna de água) ou de baixa pressão (até 5 mca), e são fabricados em diversos tamanhos (volume).

2.2.2 Coletor solar

O coletor solar é o elemento principal do sistema solar, pois, é nele que ocorre a transferência de calor que vem do sol, em forma de radiação solar, para a água.

Os elementos que constituem um coletor solar são vidro, serpentina de tubos de alumínio ou cobre, aleta de alumínio ou cobre revestido com uma pintura especial negro, isolamento térmico e por fim uma caixa externa de proteção (normalmente de alumínio), estes elementos e a posição relativa entre eles podem ser visualizados na Figura 2.4.

Os coletores solares são classificados conforme a sua eficiência energética, que são etiquetados pelo INMETRO.

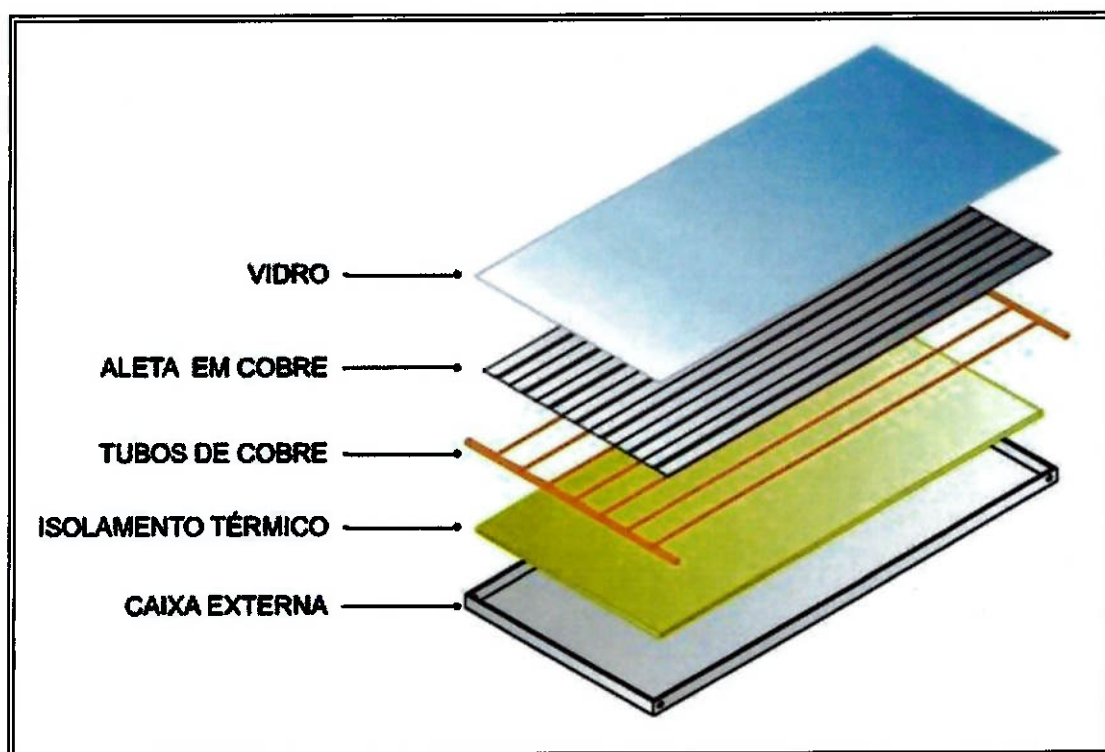


Figura 2.4: Elementos que compõe um coletor solar.

3 Descrição do sistema de aquecimento de água quente atual

O Restaurante Central da Universidade de São Paulo – Campus São Paulo - serve diariamente em média 4500 refeições no almoço e 1300 refeições no jantar aos alunos e funcionários.

No preparo dos alimentos é utilizado vapor de água para cocção, bem como água quente para lavar e secar os pratos, talheres e bandejas de alimentação. Tanto o vapor, como a água quente são fornecidos pela casa das caldeiras. Na casa das caldeiras, duas caldeiras geram vapor de água pela queima de GLP (gás liquefeito de petróleo), as quais são alimentadas com água tomada diretamente da rede e também da água de retorno de condensado. A água quente é produzida pelo desvio de parte do vapor gerado para um trocador de calor/reservatório térmico que toma água fria diretamente da rede.

O sistema de aquecimento de água é deficitário no período de pico de consumo (11:30 hs ~15:00 hs). Nesse período o sistema não consegue atender a demanda de água quente e a temperatura cai abaixo do valor permitido que é de 82° C.

3.1 Casa das Caldeiras

Uma fotografia da fachada externa da Casa das caldeiras do COSEAS pode ser encontrada na Figura 3.1

Na casa das caldeiras temos os seguintes equipamentos principais:

- Caldeira
Marca: Ecal
Modelo: VMI – 800 GLP
Ano de fabricação: 2001
Quantidade: 2



Figura 3.1: Foto ilustrativo da fachada externa da Casa das caldeiras do COSEAS

- Reservatório térmico/trocador de calor

Marca: Fabricação própria

Capacidade: 2,3 m³

Quantidade: 1

Operação: utiliza o vapor para aquecimento da água quente.

- Misturador

Ligado à casa das caldeiras temos reservatório de GLP e o Vaporizador elétrico de GLP.

- Vaporizador

Marca: Manfab

Modelo: VEM – 150

Ano de fabricação: 2001

Quantidade: 1

A Figura 3.2 a seguir mostra uma planta esquemática dos processos e equipamentos na casa das caldeiras. A água de alimentação é captada da rede de distribuição a

cerca de 20 °C e 6 Kgf/cm². No misturador, parte dessa água é misturada com o condensado que retorna do restaurante e do aquecedor, e segue para as caldeiras. Nas caldeiras, vapor saturado a 8 Kgf/cm² é gerado através da queima do GLP. O vapor segue ao restaurante para ser utilizado nos processos de preparo dos alimentos, e ao reservatório térmico/trocador de calor com o objetivo de aquecer água até a temperatura de 90°C. O vapor condensado neste aquecedor volta para as caldeiras assim como o vapor condensado nos processos do restaurante. O ciclo do vapor não é fechado, pois uma pequena parte dele é consumido no restaurante e não retorna às caldeiras, o que justifica a contínua utilização de água da rede. O GLP proveniente do reservatório está no estado líquido e precisa passar por um evaporador elétrico onde é transformado em vapor a 60 °C e 9 kgf/cm².

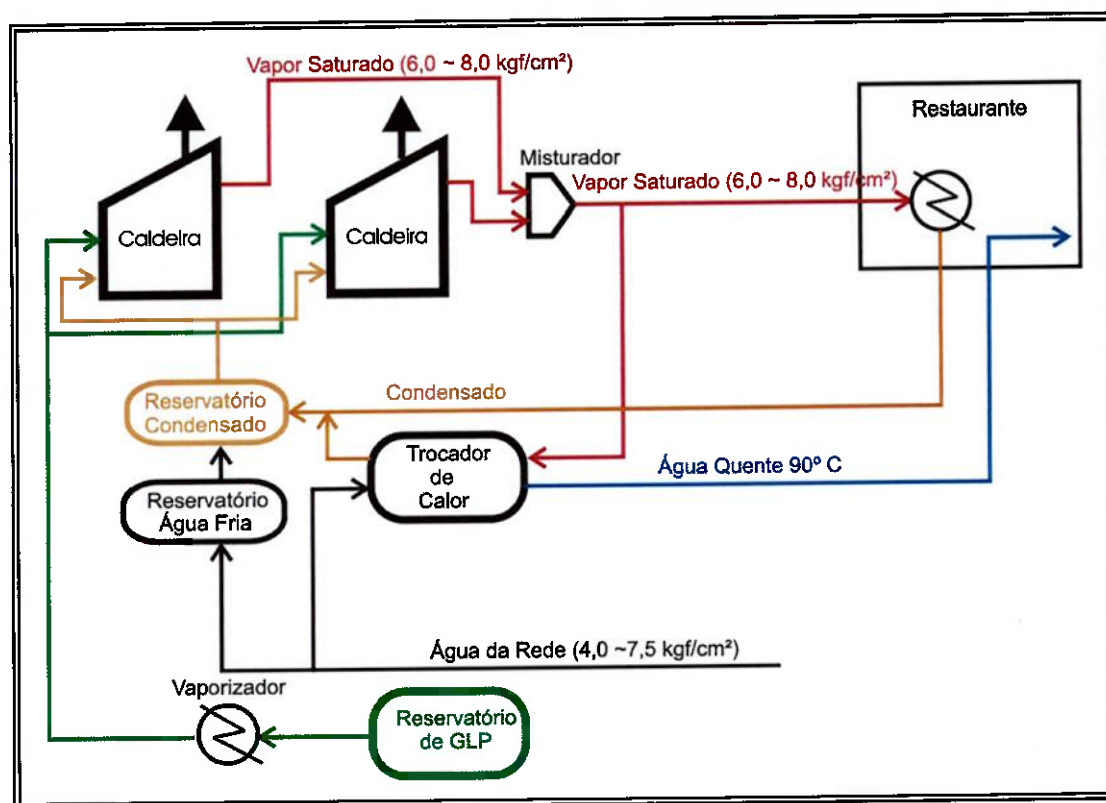


Figura 3.2: Esquema simplificado dos processos na Casa das caldeiras.

3.2 Caldeiras

As duas caldeiras da ECAL, modelo VMI-800 GLP estão ligadas em paralelo, e operam em uma faixa de pressão de 6,2 kgf/cm² a 8,0 kgf/cm², e é controlado por um pressostato da marca DANFOSS, modelo RT 116. A disposição das suas caldeiras na Casa das caldeiras encontra-se na Figura 3.3. A Figura 3.4 mostra detalhes de uma dessas caldeiras.

Durante os dias úteis as caldeiras são ligadas às 6:15 hs e são desligadas às 19:45 hs, totalizando 13,5 horas de funcionamento por dia. Já aos sábados estas são ligadas às 6:30 hs e desligadas às 13:30 hs, totalizando 7 horas de funcionamento por dia. Aos domingos e feriados, como o restaurante não serve refeições as caldeiras não são ligadas. Foram obtidos junto à manutenção/COSEAS os dados de consumo do ano de 2004 de GLP para acionamento das caldeiras. Esses dados encontram-se sumarizados na Tabela 3-1.

Tabela 3-1: Consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) em 2004 (Fonte: manutenção/COSEAS)

Mês	Volume (m ³)	Massa (kg)
Janeiro *	-----	-----
Fevereiro **	3,408	1888
Março	19,202	10631
Abril	16,729	9209
Maio	12,528	6971
Junho ***	-----	-----
Julho ***	-----	-----
Agosto	18,939	10214
Setembro	17,931	9878
Outubro	16,333	8981
Novembro	14,607	8091
Dezembro	14,296	7856

* Dados indisponíveis.

** Dados incompletos.

*** Não houve consumo devido à greve.

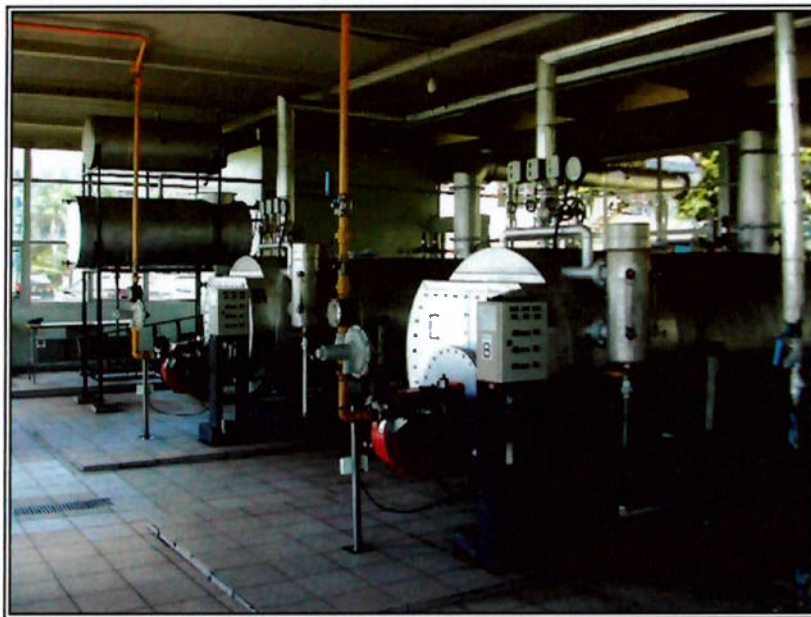


Figura 3.3: Foto da disposição das duas caldeiras dentro da Casa das caldeiras.

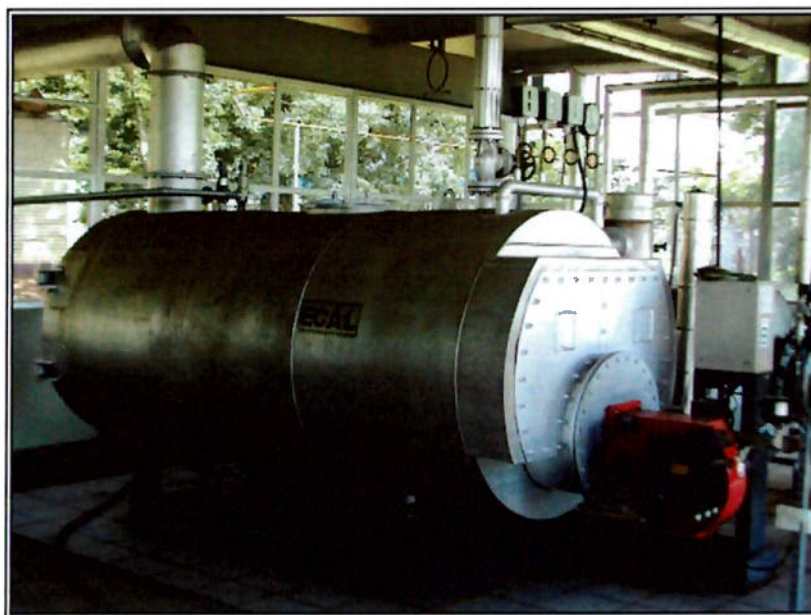


Figura 3.4: Foto em detalhe de uma caldeira.

3.3 Reservatório térmico/trocador de calor

O reservatório térmico/trocador de calor visto na Figura 3.5, de fabricação própria, tem capacidade de $2,3 \text{ m}^3$, sendo que o vapor saturado passa no interior dos tubos, e a água passa no casco.

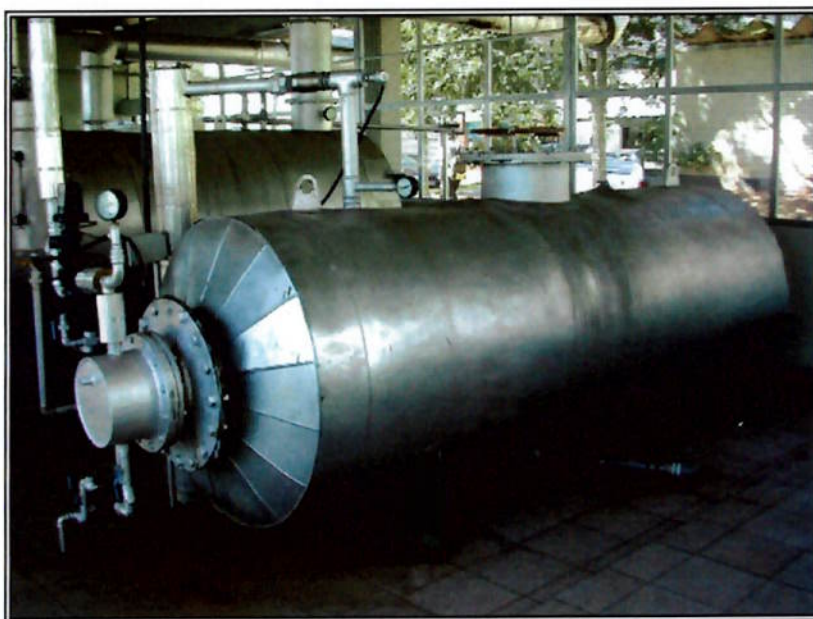


Figura 3.5: Foto ilustrativo do reservatório térmico/trocador de calor da Casa das caldeiras da COSEAS.

A entrada do vapor de água é controlada por um termostato que está programado para permitir a abertura da válvula e dar vazão ao vapor, quando a temperatura de saída da água aquecida estiver abaixo de 90 °C, e quando a temperatura atingir 90 °C a vazão é interrompida. Fotografias em detalhe da válvula e do termostato encontram-se nas Figura 3.6 e Figura 3.7 respectivamente.

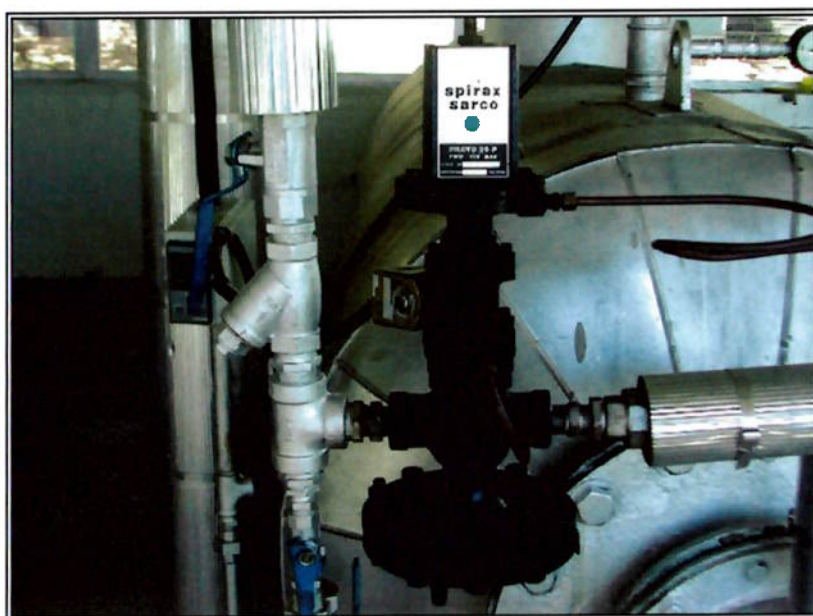


Figura 3.6: Foto ilustrativo do pressostato que controla a entrada de vapor no trocador de calor.



Figura 3.7: Indicação de temperatura do reservatório térmico, em horário sem consumo de água quente.

Vapor saturado a $1,1 \text{ kgf/cm}^2$ entra no aquecedor, interior dos tubos, e sai a temperatura de $90 \text{ }^\circ\text{C}$. Já a água entra a temperatura e pressão da rede aproximadamente $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e $4,5 \sim 7,0 \text{ kgf/cm}^2$, e sai a $73 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.4 Misturador



Figura 3.8: Foto misturador. Acima está o reservatório de água fria e abaixo o misturador.

O misturador recebe os condensados que retornam do restaurante e do reservatório térmico/trocador de calor, mistura com a água fria (temperatura da rede) e alimenta as caldeiras. A Figura 3.8 apresenta uma fotografia desse equipamento.

3.5 Vaporizador

Como o consumo de gás nas caldeiras é elevado, não é possível alimentá-las com GLP gasoso, sendo necessário utilizar um vaporizador elétrico de GLP, para vaporizar o GLP retirado no estado líquido, do fundo do reservatório. Uma fotografia do vaporizador elétrico e dos tanques de GLP encontram-se nas Figura 3.9 e Figura 3.10 respectivamente

O vaporizador tem capacidade de vaporizar 150 kg de GLP por hora, e trabalha à pressão de 9 kgf/cm² à 60 °C, consumindo 22,5 kW por hora.



Figura 3.9: Foto vaporizador elétrico de GLP.

O vaporizador tem um regime trabalho semelhante ao da caldeira com uma pequena diferença sendo que o vaporizador é ligado 15 minutos antes da caldeira para poder

aquecer, e desligado 15 minutos antes da caldeira, pois nesse horário temos água quente acumulada no aquecedor, e vapor disponível nas caldeiras.



Figura 3.10: Foto ilustrativa do tanque de GLP e a esquerda o vaporizador elétrico.

3.6 Restaurante

No restaurante, onde são consumidos a água quente e o vapor de água produzido na casa das caldeiras, temos os “panelões” que utilizam o vapor de água a $0,5 \text{ kgf/cm}^2$ para o preparo dos alimentos, as duas máquinas de lavar louça e as seis torneiras que utilizam água quente. Nos horários de maior consumo há deficiência de água quente, mas a quantidade de vapor de água é suficiente.

A máquina de lavar louça de marca Brasinox, modelo BR 50P, consome aproximadamente 1m^3 de água quente por hora, e tem quatro resistências elétricas de 5 kW sendo duas no tanque de pré-enxague para manter a temperatura entre 70°C e 75°C , e as outras duas encontram-se no tanque de lavagem, para manter a temperatura entre 55°C e 65°C .

4 Levantamento de consumo de água quente

Os dados referentes ao consumo de água quente não eram disponíveis no início deste trabalho, pois não havia uma medição desta grandeza separadamente. Portanto para que fosse possível avaliar o consumo médio diário foi instalado um hidrômetro na entrada do trocador de calor.

O hidrômetro foi uma doação da LAO Indústria com capacidade de medir vazão de água quente de até 10 m³/hora.

Com o hidrômetro instalado, foi anotado o consumo de água de hora em hora, para possibilitar também a análise da variação de consumo ao longo do dia. O consumo médio diário ficou em torno de 16 m³ de água quente e a distribuição média deste consumo pode ser analisada conforme o gráfico da Figura 4.1.

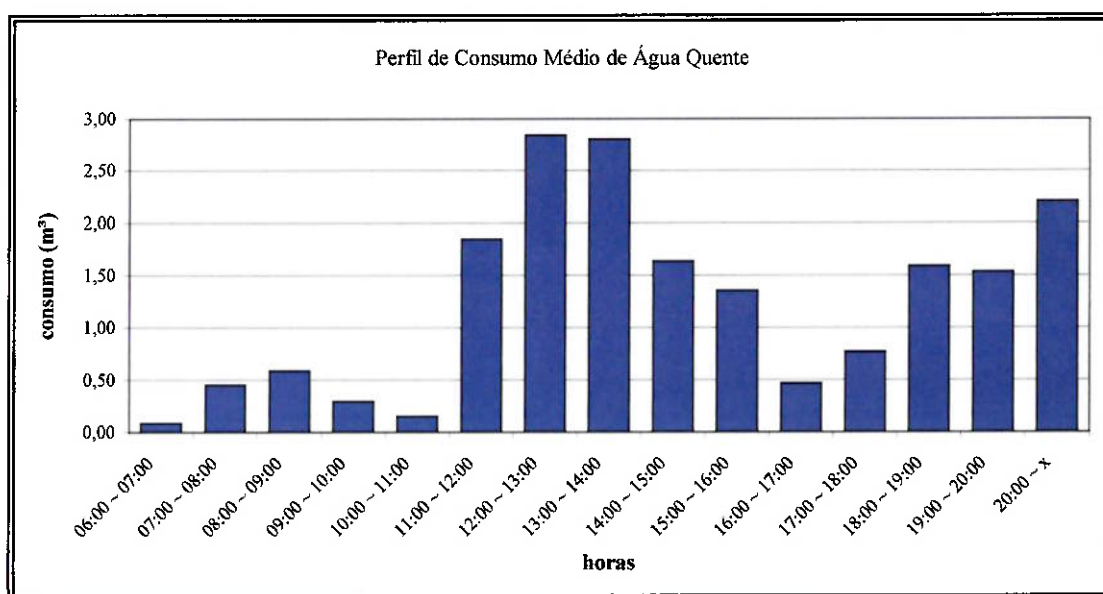


Figura 4.1: Perfil de consumo médio de água quente (nov./2003).

Como podemos verificar na Figura 4.1 o consumo de manhã (6:00 hs às 11:00 hs) é reduzido, pois, a água quente é utilizada apenas para lavar alguns utensílios de cozinha, e no período das 11:00 hs às 15:00 hs o consumo é elevado, já que, é o

horário em que é servido o almoço e com isso começam utilizar a máquina de lavar para lavar as bandejas e pratos utilizados no restaurante, e ao mesmo tempo começam a utilizar mais as torneiras de água quente para lavar as panelas e utensílios utilizados na cozinha e no restaurante respectivamente. E finalmente no último período o consumo é crescente devido ao jantar e por fim a limpeza final da cozinha.

5 Estimativa de economia de consumo de GLP e de energia elétrica

Utilizando o sistema solar de aquecimento de água, vamos ter, diretamente, a redução de consumo de GLP, uma vez que a água a ser aquecida entrará no trocador de calor com temperatura mais elevada que atualmente diminuindo a demanda de vapor de água e, por conseguinte o consumo de GLP nas caldeiras. E indiretamente terá a redução de energia elétrica, pois com a redução de consumo de GLP o vaporizador elétrico de GLP irá funcionar por tempo menor e dessa forma teremos a redução de consumo de energia elétrica.

Para estimar a redução de consumo de GLP foram utilizados os seguintes parâmetros para o programa Radasol [4]:

Local de instalação do sistema solar: São Paulo

Latitude: 23°50' Sul;

Longitude: 46°62' Oeste;

Desvio azimutal do norte: 0°;

Ângulo de inclinação da placa solar em relação ao plano horizontal: 35°

Modelo: Klucher

Albedo: 0,2

A partir do Radasol foram obtidos os valores de incidência solar horária em watt hora por metro quadrado (Wh/m²), como indicado na Tabela 5-1, e a partir dessa obtivemos a Tabela 5-2 (o memorial de cálculo encontra-se na seção 5.1 Memorial de cálculo) que mostra a estimativa de economia de GLP e energia elétrica que podemos gerar utilizando o sistema solar de aquecimento de água.

As Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3 mostram respectivamente os gráficos de radiação solar anual médio para a cidade de São Paulo, a estimativa de economia de

GLP em [kg/mês] e energia elétrica em [kWh/mês] e por último a estimativa de economia de GLP e energia elétrica em valor monetário – Real (R\$).

5.1 Memorial de cálculo

Este tópico será destinado ao memorial de cálculo da Tabela 5-2 assim com as explicações de cada item.

- Área de coletor solar ($A_{coletor}$)

As dimensões da Casa das caldeiras são (9 m x 16 m) tendo, portanto 144 m² de área disponível para a instalação dos coletores, mas como os coletores solares são inclinados em relação a horizontal é preciso deixar espaço para que um coletor não faça sombra em outra. Dessa forma a área que podemos ter de coletor instalado é o que é denominado de “área de coletor solar” na Tabela 5-2. O valor desta área estimada é de 110 m².

- PCI do GLP (PCI)

PCI – Poder Calorífico Inferior utilizado para a estimativa é de 45.967,46 kJ/kg de GLP.

- Valor unitário do GLP

É o valor pago por quilograma de GLP. O valor utilizado na Tabela 5-2 é de R\$ 2,34 (dois reais e trinta e quatro centavos), este é o valor de contrato para o ano de 2005. O fornecimento de GLP no COSEAS é feito por contrato anual, e durante um ano o valor a ser pago é fixo.

- Potência do vaporizador ($P_{vaporizador}$)

É a potência nominal do vaporizador elétrico. Esta potência é de 22,5 kWh, e para estimar o consumo de energia elétrica foi considerado que o vaporizador

utiliza 22,5 kWh a cada 150 kg (capacidade do vaporizador) de GLP vaporizado em uma hora.

- Valor da energia elétrica

O valor da energia elétrica é referente a fevereiro de 2005 e para esta data o valor cobrado é de R\$ 229,68 (duzentos e vinte nove reais e sessenta e oito centavos) a cada 1 MWh (mega watt hora).

- Eficiência do coletor ($\eta_{coletor}$)

O valor utilizado para a eficiência do coletor foi de 58,4% que é o valor de eficiência dos coletores de classificação A da etiquetagem do INMETRO.

- Eficiência do gerador ($\eta_{gerador}$)

É a eficiência estimada para o gerador de vapor da Casa das caldeiras, e a estima e o valor adotado para esta estimativa é de 85%.

- Eficiência do trocador de calor ($\eta_{trocador}$)

Como o reservatório térmico/trocador de calor da Casa das caldeiras é de fabricação própria e não foi possível buscar a eficiência deste equipamento foi adotado o valor de 85%.

- Incidência solar diário ($I_{solar_diário}$)

É a quantidade de energia incidente por dia, este valor foi obtido do programa Radasol [4].

- Energia útil diário ($E_{util_diário}$)

É a quantidade de energia que é possível aproveitar para aquecer a água com a área de coletor solar em um dia com coletor de classificação A.

$$E_{util_diário} = I_{solar_diário} \cdot A_{coletor} \cdot \eta_{coletor}$$

- Energia útil mensal ($E_{\text{útil_mensal}}$)

Como o restaurante universitário não funciona aos domingos e feriados foram considerados que os meses têm 25 dias úteis. Desta forma a energia útil mensal é a energia que pode ser utilizado para aquecer a água em um mês.

$$E_{\text{útil_mensal}} = E_{\text{útil_diário}} \cdot 25$$

- Incidência solar diário 4:30 hs às 10:30 hs ($I_{\text{solar_4:30~10:30}}$)

É a quantidade de energia incidente para o período entre 4:30 hs e 10:30 hs. Idem para os dois períodos seguintes (10:31 hs às 14:30 hs e 14:31 hs às 20:30 hs).

- Energia útil diário 4:30 hs às 10:30 hs ($E_{\text{útil_4:30~10:30}}$)

É a quantidade de energia que é possível aproveitar para aquecer a água com a área de coletor solar no período entre 4:30 hs e 10:30 hs. com coletor de classificação A. Idem para os dois períodos seguintes (10:31 hs às 14:30 hs e 14:31 hs às 20:30 hs).

$$E_{\text{útil_4:30~10:30}} = I_{\text{4:30~10:30}} \cdot A_{\text{coletor}} \cdot \eta_{\text{coletor}}$$

- Energia útil mensal 4:30~10:30 ($E_{\text{útil_mensal_4:30~10:30}}$)

Como o restaurante universitário não funciona aos domingos e feriados foram considerados que os meses têm 25 dias úteis. Desta forma a energia útil para o período indicado é a energia que pode ser utilizado para aquecer a água em um mês. Idem para os dois períodos seguintes (10:31 hs às 14:30 hs e 14:31 hs às 20:30 hs).

$$E_{\text{útil_mensal_4:30~10:30}} = E_{\text{útil_4:30~10:30}} \cdot 25$$

- Variação de temperatura 4:30 às 10:30 (ΔT)

É a diferença de temperatura que é possível atingir com o sistema solar para este período. Idem para os dois períodos seguintes (10:31 hs às 14:30 hs e 14:31 hs às 20:30 hs). Sendo esta variação de temperatura calculada da seguinte forma

$$\Delta T = \frac{E_{\text{útil}} - 4:30-10:30 \cdot 3600}{c_p \cdot V \cdot \rho}, \text{ sendo } c_p \text{ calor específico da água (4,18 kJ/kg } ^\circ\text{C), } V$$

o volume de água a ser aquecido (5 m³) e ρ a massa específica da água (1000 kg/m³), o valor numérico 3600 é o valor de uma hora em segundos.

- Massa de GLP/mês/período 4:30 às 10:30 (m_{GLP})

É a massa de GLP que seria necessário para aquecer os 5 m³ de água utilizando o sistema de aquecimento atual e essa massa pode ser calculada da seguinte forma

$$m_{GLP} = \frac{E_{\text{útil}} - \text{mensal} - 4:30-10:30 \cdot 3600}{PCI \cdot \eta_{\text{gerador}} \cdot \eta_{\text{trocador}}}, \text{ novamente o valor numérico 3600 é o valor de}$$

uma hora em segundos. Para calcular a massa para os dois períodos seguintes é da mesma forma.

- Economia de GLP por mês [kg] ($Economia_{GLP}$)

É a massa de GLP que pode ser economizado por mês, este é a soma das massas de GLP/mês/período dos três períodos.

- Economia de GLP por mês (R\$)

É a economia de GLP em valor monetário (R\$), e este é o produto da economia de GLP em massa pela sua tarifa.

- Economia de energia elétrica por mês [kWh] ($Economia_{E.Elétrica}$)

Calcula-se este valor da seguinte forma $Economia_{E.Elétrica} = \frac{Economia_{GLP}}{150}$, onde o

valor numérico 150 é a capacidade em massa de GLP que o vaporizador é capaz de vaporizar em uma hora.

- Economia de energia elétrica por mês (R\$)

É a economia de energia elétrica em valor monetário (R\$), e este é o produto da economia de energia elétrica em kWh pela sua tarifa.

Tabela 5-1: Incidência solar horária em Wh/m² para a cidade de São Paulo, obtido do Radiasol.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
04:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15
06:30	95	86	51	22	0	0	0	7	36	63	97	99
07:30	200	212	163	132	107	92	108	136	144	168	217	203
08:30	314	354	292	268	247	232	262	294	273	286	349	315
09:30	416	484	416	404	395	384	427	455	397	396	468	416
10:30	490	574	504	506	511	506	556	576	488	475	551	488
11:30	530	621	549	557	571	571	624	637	534	516	596	527
12:30	530	621	549	557	571	571	624	637	534	516	596	527
13:30	490	574	504	506	511	506	556	576	488	475	551	488
14:30	416	484	416	404	395	384	427	455	397	396	468	416
15:30	314	354	292	268	247	232	262	294	273	286	349	315
16:30	200	212	163	132	107	92	108	136	144	168	217	203
17:30	95	86	51	22	0	0	0	7	36	63	97	99
18:30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	4110	4662	3950	3778	3662	3570	3954	4210	3744	3808	4564	4126

Estimativa de economia com o uso de coletor solar para pré-aquecimento de água												
Economia Anual de Energia Elétrica (R\$)												288,71
Economia Anual de GLP (R\$)												19.609,37
Economia Anual Total Estimada (R\$)												19.898,08
Área de coletor solar (m²)	110,00											
PCI do GLP (kJ/kg)	45.987,46											
Valor unitário do GLP (R\$)	2,34											
Potência do vaporizador (kW/h)	22,50											
Valor da energia elétrica (R\$/kWh)	0,23											
Eficiência do coletor	0,58											
Eficiência do gerador de vapor	0,85											
Eficiência do trocador de calor	0,85											
Economia Anual de Energia Elétrica (R\$)												
Economia Anual de GLP (R\$)												
Economia Anual Total Estimada (R\$)												
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Incidência solar diário (kW/dia/m²)	4,11	4,66	3,95	3,78	3,66	3,57	3,95	4,21	3,74	3,81	4,56	4,13
Energia útil diário (kWh/m²)	264,03	299,49	253,75	242,70	235,25	229,34	254,00	270,45	240,51	244,63	293,19	265,05
Energia útil mensal (kWh/m²)	6.600,66	7.487,17	6.343,70	6.067,47	5.881,17	5.733,42	6.350,12	6.761,26	6.012,86	6.115,65	7.329,78	6.626,36
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Incidência solar diário (kWh/m²) 4:30 às 10:30	1,53	1,71	1,43	1,33	1,26	1,21	1,35	1,47	1,34	1,39	1,69	1,54
Incidência solar diário (kWh/m²) 10:31 ~ 14:30	1,97	2,30	2,02	2,02	2,05	2,03	2,23	2,31	1,95	1,90	2,21	1,96
Incidência solar diário (kWh/m²) 14:31 ~ 20:30	0,62	0,65	0,51	0,42	0,35	0,32	0,37	0,44	0,45	0,52	0,67	0,63
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Energia útil diário (kWh) 4:30 ~ 10:30	97,97	109,85	91,61	85,57	80,94	77,99	86,92	94,30	85,95	89,17	108,31	98,67
Energia útil diário (kWh) 10:31 ~ 14:30	126,30	147,75	129,64	130,02	131,56	130,54	143,32	148,07	125,46	122,25	142,03	125,78
Energia útil diário (kWh) 14:31 ~ 20:30	39,76	41,98	32,51	27,11	22,74	20,81	23,77	28,07	29,10	33,21	42,85	40,60
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Energia útil mensal (kWh) 4:30 ~ 10:30	2.449,15	2.746,26	2.290,16	2.139,19	2.023,56	1.949,68	2.172,92	2.357,61	2.148,83	2.229,13	2.707,72	2.466,82
Energia útil mensal (kWh) 10:31 ~ 14:30	3.157,40	3.693,80	3.240,91	3.250,54	3.289,09	3.263,39	3.582,99	3.701,83	3.136,52	3.056,22	3.550,87	3.144,55
Energia útil mensal (kWh) 14:31 ~ 20:30	994,11	1.047,11	812,64	677,73	568,52	520,34	594,22	701,82	727,52	830,30	1.071,20	1.014,99
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Variação de temperatura (°C) 4:30 ~ 10:30	16,87	18,92	15,78	14,74	13,94	13,43	14,97	16,24	14,81	15,36	18,66	17,00
Variação de temperatura (°C) 10:31 ~ 14:30	12,09	14,14	12,41	12,44	12,59	12,49	13,71	14,17	12,01	11,70	13,59	12,04
Variação de temperatura (°C) 14:31 ~ 20:30	6,85	7,21	5,60	4,67	3,92	3,59	4,09	4,84	5,01	5,72	7,38	6,99
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Massa de GLP/mês/periódodo (kg/mês) 4:30 ~ 10:30	265,48	297,68	248,24	231,88	219,35	211,34	235,54	255,56	232,92	241,63	293,51	267,39
Massa de GLP/mês/periódodo (kg/mês) 10:31 ~ 14:30	342,25	400,39	351,30	352,35	356,52	353,74	388,38	401,26	339,99	331,28	384,90	340,86
Massa de GLP/mês/periódodo (kg/mês) 14:31 ~ 20:30	107,76	113,50	88,09	73,46	61,63	56,40	64,41	76,07	78,86	90,00	116,11	110,02
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Economia de GLP por mês (kg)	715,49	811,58	687,63	657,69	637,50	621,48	688,33	732,90	651,77	662,91	794,52	718,27
Economia de GLP por mês (R\$)	1.674,24	1.899,10	1.609,06	1.539,00	1.491,74	1.454,27	1.610,69	1.714,97	1.525,15	1.551,22	1.859,18	1.680,76
Economia de energia elétrica por mês (kWh)	107,32	121,74	103,14	98,65	95,62	93,22	103,25	109,93	97,77	99,44	119,18	107,74
Economia de energia elétrica por mês (R\$)	24,65	27,96	23,69	22,66	21,96	21,41	23,71	25,25	22,45	22,84	27,37	24,75

Tabela 5-2: Estimativa de economia de GLP e energia elétrica.

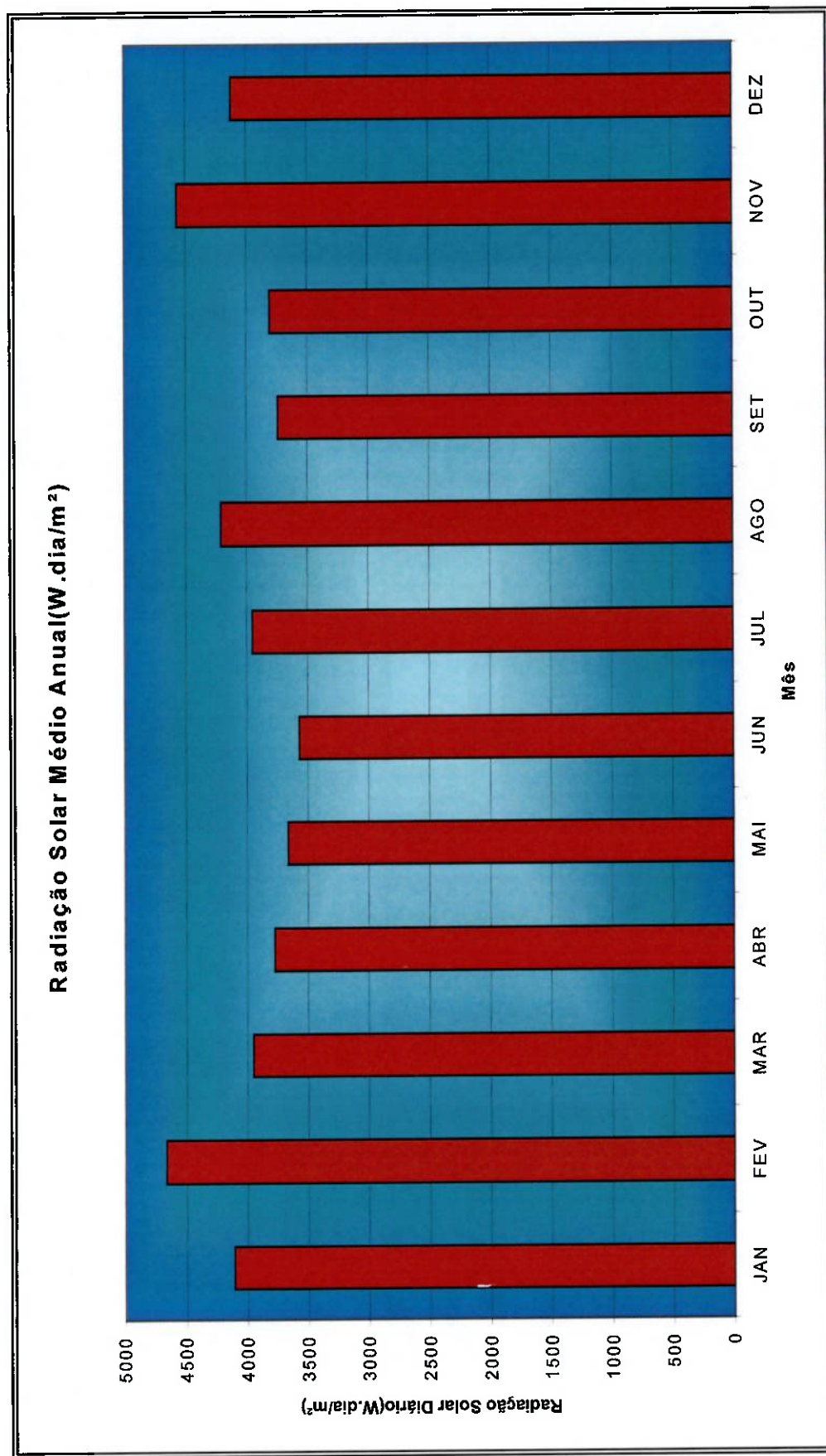


Figura 5.1: Gráfico de radiação solar médio anual por metro quadrado para a cidade de São Paulo.

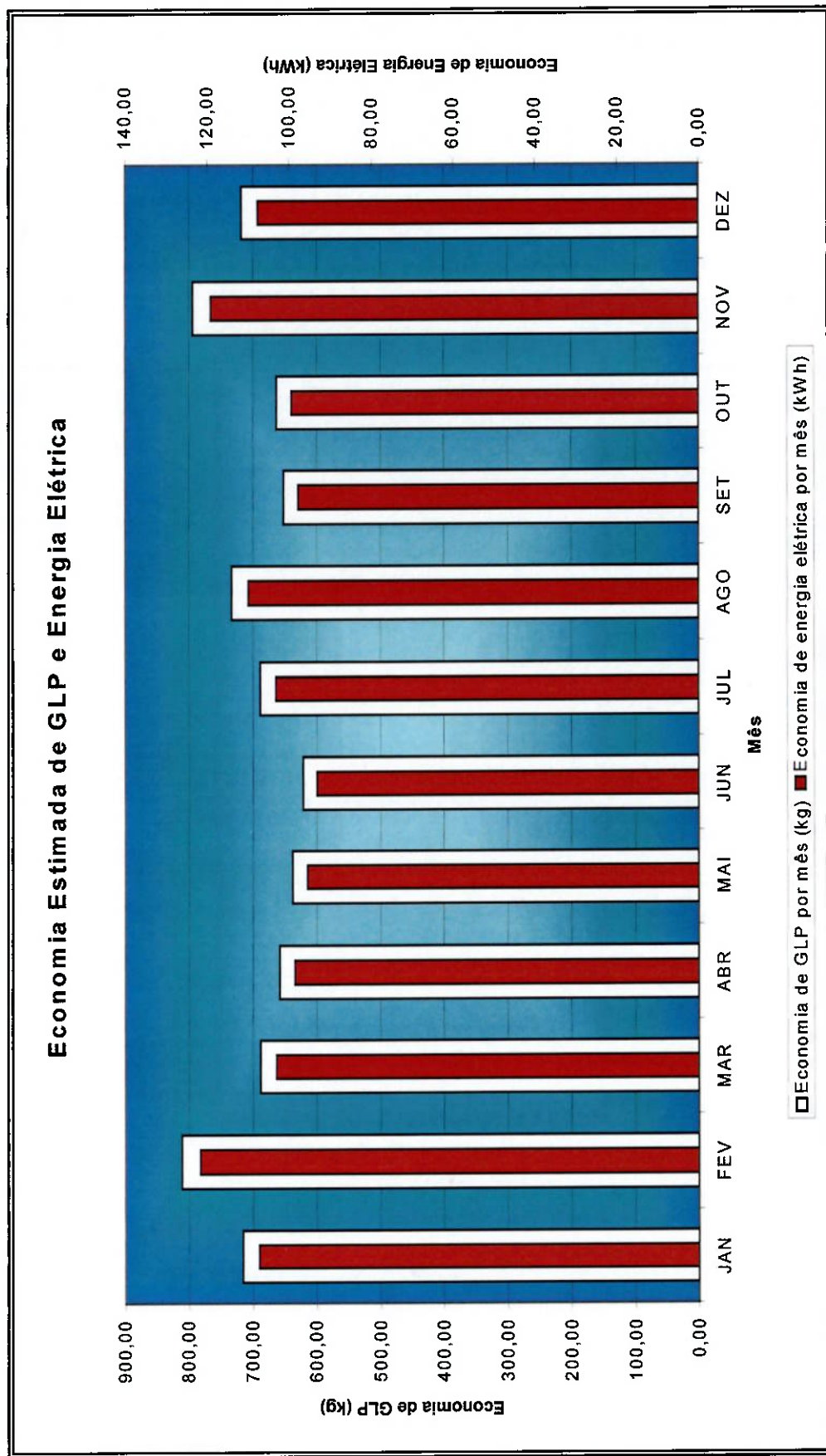


Figura 5.2: Estimativa de economia de GLP em [kg] e energia elétrica em [kWh].

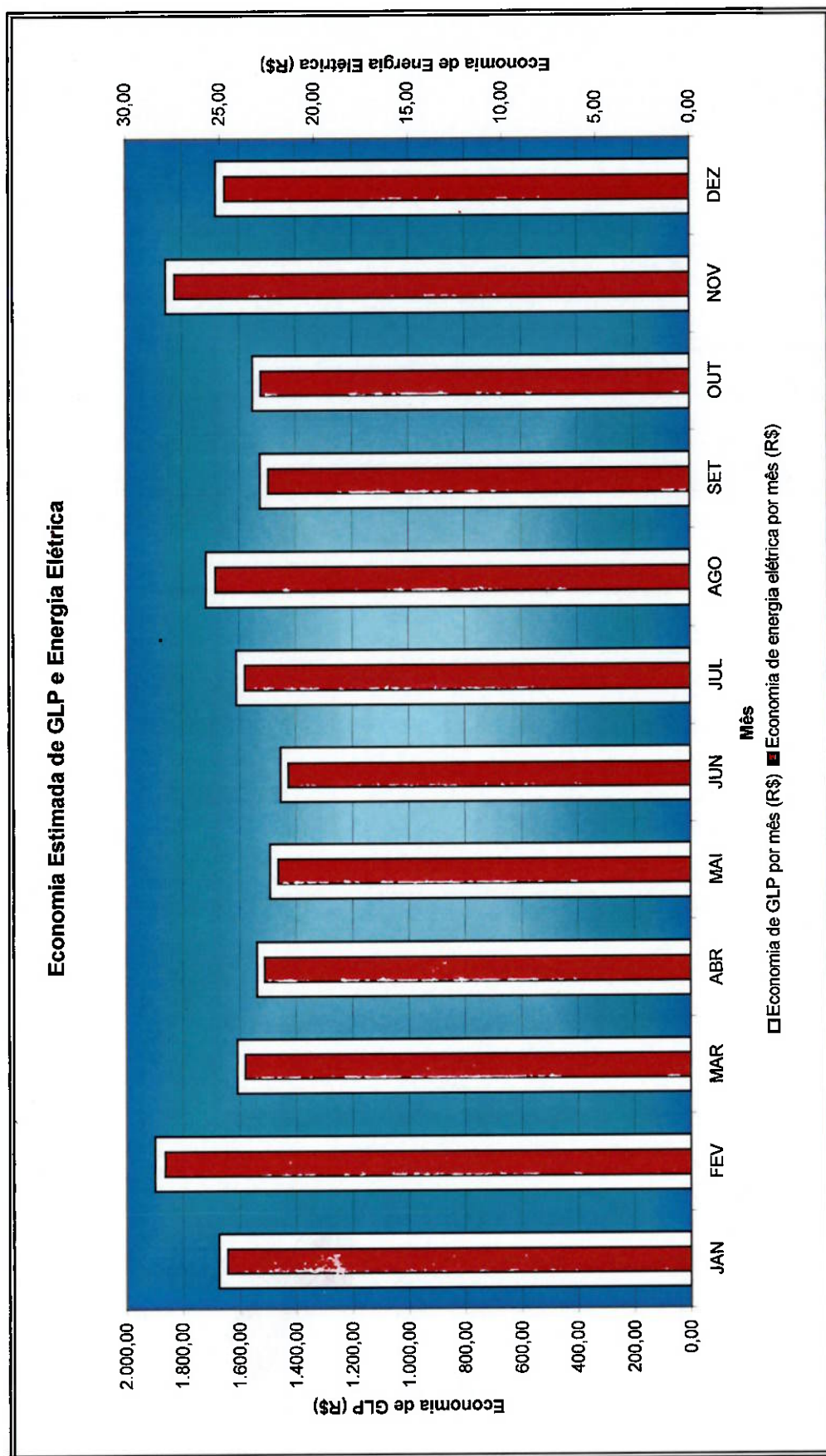


Figura 5.3: Estimativa de economia de GLP e energia elétrica em valores monetário - Reais (R\$).

Como pode-se verificar na Tabela 5-2 a economia anual estimada de GLP é de 8.380,07 kg (oito mil trezentos e oitenta quilos e sete gramas) ou seja R\$ 19.609,37 (dezenove mil seiscentos e nove reais e trinta e sete centavos) e de energia elétrica é de 1.257,01 kWh (um mil duzentos e cinquenta e sete quilos e um grama) e isto em valores monetários equivalem a R\$ 288,71 (duzentos e oitenta e oito reais e setenta e um centavos). Totalizando a economia anual de ambos chegamos a uma cifra de R\$ 19.898,08 (dezenove mil oitocentos e noventa e oito reais e oito centavos).

6 Acompanhamento do projeto

Neste capítulo será explicado como foi o caminhar do projeto até atingir a especificação do projeto conceitual que foi repassado às empresas que foram convidados a fazer as propostas de orçamentos dos equipamentos e serviços de instalação.

Com base no relatório “Conservação de Energia e Fontes Alternativas” [5] foi iniciado os estudos sobre a utilização da água, gás liquefeito de petróleo (GLP), vapor de água e dos horários de consumo dos mesmos. Mas para obter mais detalhes como o volume de água quente utilizado a temperatura de uso do mesmo nos diferentes pontos de utilização foram realizadas reuniões com os representantes do COSEAS.

Após estudos e reuniões com os representantes de empresas atuantes no mercado de sistema solar de aquecimento de água, começamos a pesquisa de dados fundamentais para o dimensionamento de um sistema solar de aquecimento de água. Os dados primordiais são: o volume de água quente utilizado em um dia, o local e a área disponível de instalação dos coletores solares, o local de instalação do reservatório térmico (conhecido no mercado de sistema solar de aquecimento de água como “boiler”) e finalmente o tipo de sistema solar a ser utilizado.

A Figura 6.1 mostra, simplificada, a alteração que será feito no esquema do ‘layout’ do funcionamento do sistema da Casa das caldeiras (compare com a Figura 3.2).

O valor de consumo de água quente diário iniciou-se com uma estimativa, mas como o consumo diário de água quente é elevado foi decidido a instalação de um hidrômetro como especificado no Capítulo 4 Levantamento de consumo de água quente, para possibilitar uma especificação do projeto com melhor aproveitamento. Já o local de instalação dos equipamentos do sistema solar foi feito um

encaminhamento, com toda as especificações, a COESF, pois este é o órgão que regulamenta toda as obras da Cidade Universitária, como indicado na Figura 6.2, e após reuniões de acertos foi aprovado que os coletores solares fossem instalados sobre a Casa das caldeiras, mas com uma ressalva que deveríamos seguir as normas de estruturas da COESF como indicado no Anexo C Especificações COESF e o reservatório térmico do lado externo da Casa das caldeiras. E finalmente foi decidido que o tipo de sistema de circulação de água a ser usada é de circulação forçada, pois o número de coletores solares a ser utilizado é superior a 10 (dez).

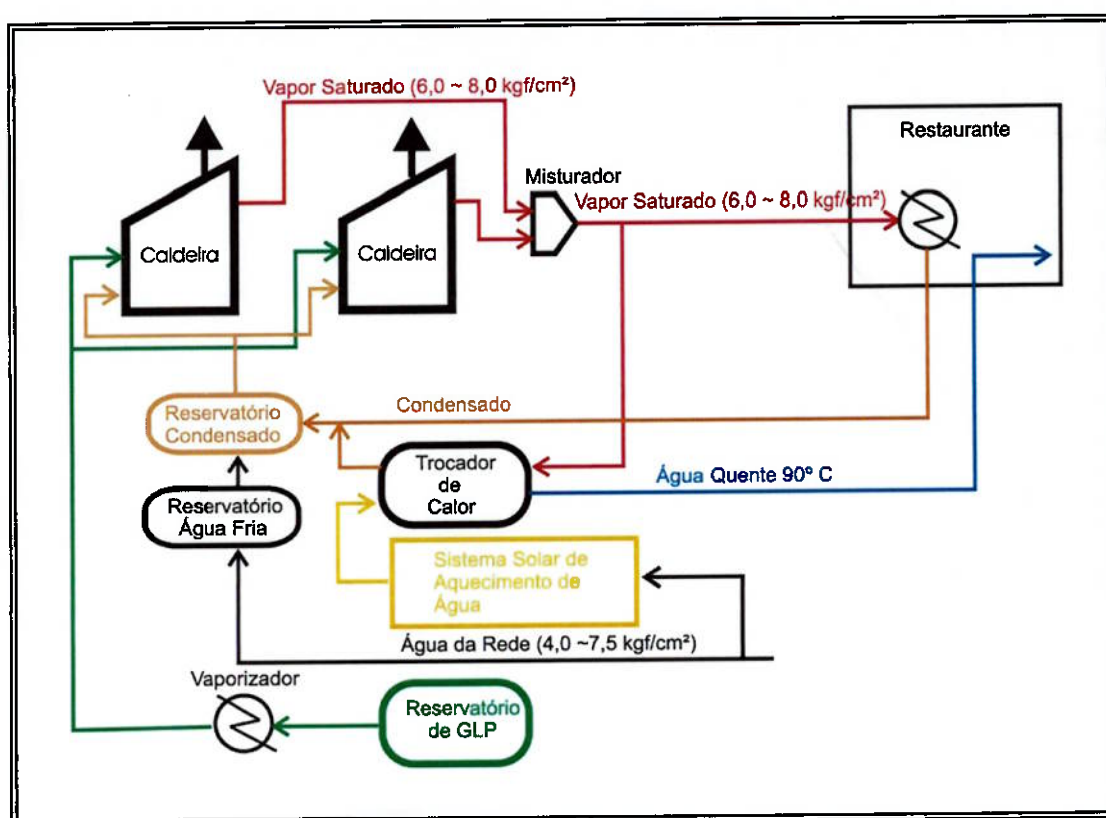


Figura 6.1: Esquema da casa das caldeiras com o esquema simplificado do sistema solar de aquecimento de água.

Posteriormente às aprovações da COESF, deu-se o início ao processo de cálculos do número e quantidade de coletores solares que seriam necessários para possibilitar o aquecimento de toda a água utilizada em um dia. E nesta ocasião foi constatada que a área disponível para a instalação de coletores solares (144 m^2) era insuficiente, e por motivo de prazo de duração do projeto decidimos utilizar apenas a área o que a

COESF havia aprovado, mas dessa forma não seria possível aquecer toda a água utilizada em um dia. Mas como já havíamos realizado a análise do consumo de água e sabendo que no período de maior consumo (11:00 às 15:00) a temperatura de consumo não atendia à temperatura desejada, decidimos utilizar a água quente do sistema solar apenas durante este período.

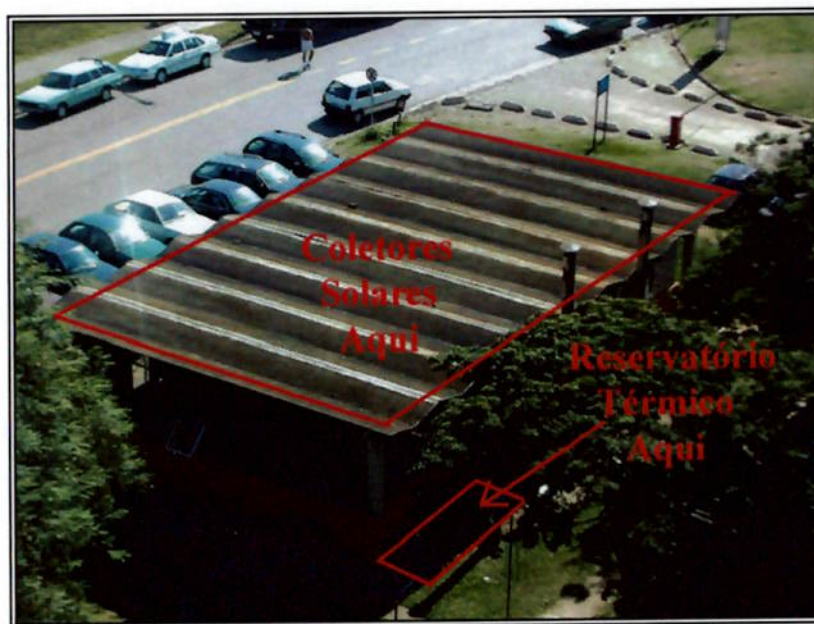


Figura 6.2: Foto ilustrativo do local de instalação dos coletores solar e do reservatório térmico.

O consumo médio analisado para este período é de $9,12 \text{ m}^3$ de água quente. Mas pesquisando os preços de reservatórios térmicos para esta capacidade e que suporte até 40 mca (metros de coluna de água) constatamos que a verba disponível para o projeto seria insuficiente, e por este motivo decidimos utilizar um reservatório térmico de 5 m^3 de capacidade pela melhor razão custo-benefício. Os valores de reservatórios térmicos para esta pressão não são lineares, exemplificando, um reservatório de 6 m^3 o valor chega a ser quase o dobro do valor de um reservatório de 5 m^3 .

Neste momento encontramos um novo problema em nosso projeto, como fazer para que a água aquecida pelo sistema solar fosse utilizada somente nos horário entre 11:00 hs e 15:00 hs. Para isso foi feito o estudo de sistema de válvulas, servo válvula

elétrica com controlador temporizado para abertura e fechamento e válvula reguladora de pressão. O projeto conceitual final encontra-se na Figura 6.3.

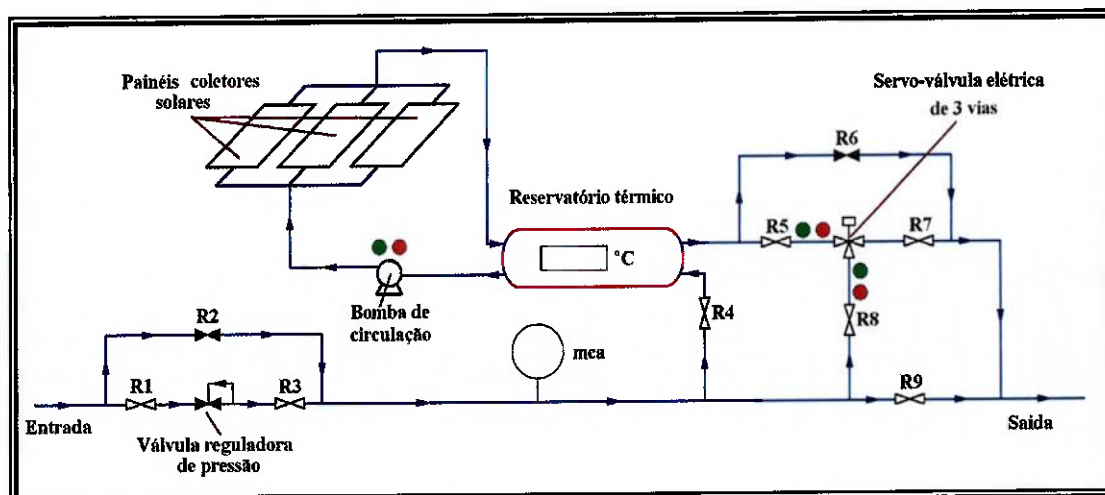


Figura 6.3: Esquema do sistema solar de aquecimento de água com o sistema de válvulas para uso de água somente o período de maior consumo de água quente.

As válvulas indicadas na Figura 6.3 de R1 a R9 são todas manuais e servem para manutenção do sistema, já a servo-válvula é elétrica e temporizada para atender o objetivo do sistema de válvulas e a válvula reguladora de pressão serve para manter a pressão após esta no máximo de 40 mca, pois a pressão da água da rede, no local, tem uma grande variação (30 mca ~ 75mca).

As indicações “Entrada” e “Saída” na Figura 6.3 são respectivamente entrada da água de alimentação proveniente da rede e a saída de água que passou pelo sistema solar que vai para a entrada do trocador de calor.

Ao passo que a especificação do projeto foi progredindo constatamos que, se mantivesse a forma como a verba do projeto estava dividida, não iríamos conseguir executar o projeto. Pois tínhamos disponíveis verbas para aquisição dos coletores solares e reservatório térmico, separadamente, verba para obras civis, obras hidráulicas, etc. E dessa forma não seria possível adquirir sistema de controle do

sistema solar válvulas, etc, uma vez que não tínhamos dinheiro especificado para esses fins.

Portanto pedimos autorização à FINEP para aprovação de novo orçamento juntando verbas dispersas para utiliza-las da forma mais adequada para o nosso projeto.

E desta forma conseguimos elaborar a especificação do projeto de forma que apenas uma empresa iria fornecer e executar toda a instalação do sistema solar de aquecimento de água.

7 Descrição do projeto

Nesta parte será apresentada a especificação do projeto que enviamos às empresas que foram convidadas a propor os orçamentos para fornecer os equipamentos e executar a obra.

Este projeto consiste em instalar um sistema solar de aquecimento de água para pré-aquecer a água que é utilizada em um trocador de calor. Este trocador de calor faz parte de um sistema de aquecimento de água instalada na casa das caldeiras conforme indica a Figura 3.2:

Onde as duas caldeiras geram vapor de água, parte deste vapor é utilizado nos processos de cocção na cozinha do restaurante universitário e a grande maioria é utilizado no trocador de calor para o aquecimento de água, que depois de aquecido é utilizado nos processos de lavagem dos utensílios de cozinha.

O sistema solar será instalado antes da entrada de água do trocador de calor como indica a Figura 6.1.

Mostrando com um pouco de detalhe o sistema solar de aquecimento de água, ficará como segue a Figura 6.3.

As indicações “Entrada” e “Saída” na Figura 6.3 são respectivamente entrada da água de alimentação proveniente da rede e a saída de água que passou pelo sistema solar que vai para a entrada do trocador de calor.

Pelo estudo realizado, como a área disponível para a instalação dos coletores solares é insuficiente, somente uma parte da água consumida será aquecida, e utilizada em horário crítico de uso de água quente (11:00 hs ~ 15:00 hs). É com este intuito foram previstos todo este esquema de válvulas, servo-válvula indicados na Figura 6.3.

7.1 Princípio de funcionamento do sistema

O sistema de circulação de água nos coletores será a circulação forçada por ser um sistema com grande quantidade de coletores solares, além do reservatório de água quente ficar instalado abaixo do nível dos coletores. A bomba e o sistema deverão possuir todos os acessórios necessários (incluindo sensores) para:

- Preservar a integridade dos equipamentos. (Sistema anticongelamento, válvula de segurança no reservatório térmico, etc).

- Evitar perdas de energia desnecessárias. (A bomba não deve ser acionada quando não existe suficiente captação de energia solar)

O reservatório térmico será com capacidade mínimo de armazenamento de 5 m³ e pressão de trabalho de 40 mca, podendo ser em um ou mais equipamentos.

O consumo de água aquecida pelo sistema solar será consumida somente no intervalo das 11:00 às 15:00, para isso a servo-válvula de 3 vias deverá ser comandada por um controlador programável e temporizado.

A descrição do funcionamento das válvulas, servo-válvula e válvula reguladora de pressão será apresentada a seguir.

Servo válvula de três vias (normalmente aberta para o sistema solar)

✓ Períodos:

Programável	11:00 ~ 15:00	Solar ● Aberto
		Rede ● Fechado
	5:30 ~ 11:00	Solar ● Fechado
	15:00 ~ 22:00	Rede ● Aberto

Demais válvulas (manuais)

Situação operacional.

- ✓ Válvula reguladora de pressão – 40 mca
- ✓ R1 – aberto
- ✓ R2 – fechado
- ✓ R3 – aberto
- ✓ R4 – aberto
- ✓ R5 – aberto
- ✓ R6 – fechado
- ✓ R7 – aberto
- ✓ R8 – aberto
- ✓ R9 – fechado

Operação normal.

- ✓ Válvula reguladora de pressão – 40 mca
- ✓ R1 – aberto
- ✓ R2 – fechado
- ✓ R3 – aberto
- ✓ R4 – fechado
- ✓ R5 – fechado
- ✓ R6 – fechado
- ✓ R7 – aberto
- ✓ R8 – aberto
- ✓ R9 – aberto

Sistema solar com defeito.

- ✓ Válvula reguladora de pressão – 40 mca
- ✓ R1 – aberto
- ✓ R2 – fechado
- ✓ R3 – aberto
- ✓ R4 – aberto
- ✓ R5 – fechado
- ✓ R6 – aberto
- ✓ R7 – fechado
- ✓ R8 – fechado
- ✓ R9 – fechado

Válvula solenóide de 3
vias com defeito.

- ✓ Válvula reguladora de pressão – 40 mca
- ✓ R1 – fechado
- ✓ R2 – aberto
- ✓ R3 – fechado
- ✓ R4 – fechado
- ✓ R5 – fechado
- ✓ R6 – fechado
- ✓ R7 – fechado
- ✓ R8 – fechado
- ✓ R9 – aberto

Válvula reguladora de
pressão com defeito.

Observação: em nenhum caso o sistema solar deve ser operado se a indicação de pressão for superior a 40 mca (válvula reguladora de pressão com defeito).

7.2 Especificações para o projeto

7.2.1 Coletores solares¹

A bateria de coletores será instalada sobre o telhado da casa de caldeiras, conforme indicado na Figura 6.2, atendendo às seguintes exigências:

- Construção e instalação de estrutura metálica seguindo as recomendações do Anexo C-1 Especificações para estruturas em aço.
- A estrutura metálica deverá ser auto-suportante, tendo seus apoios sobre a cabeça das colunas de sustentação do telhado, como indicado nas Figura 7.1 e Figura 7.2, em hipótese alguma deverá ser apoiada diretamente no telhado. Para isso, será preciso perfurar o telhado existente para alcançar a cabeça das atuais colunas.

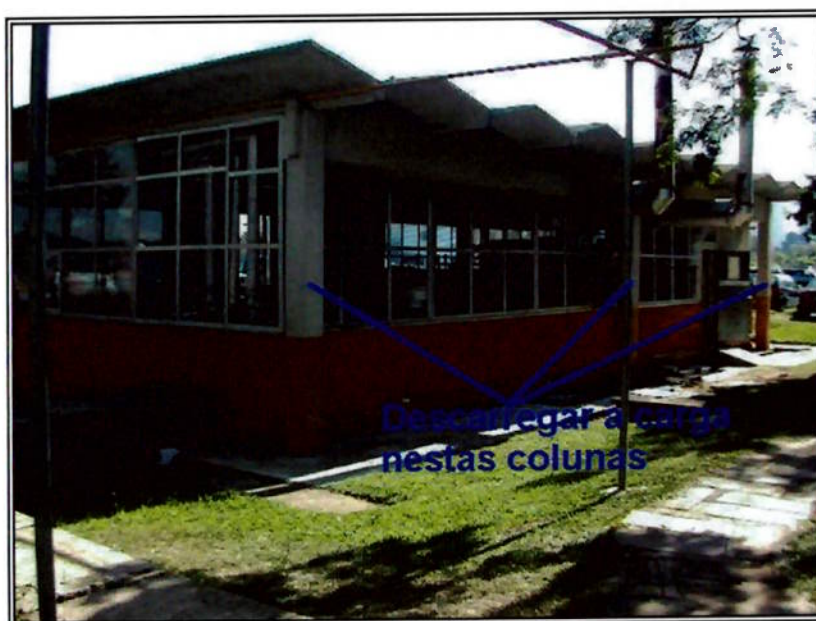


Figura 7.1: Colunas para descarregar a carga do suporte.



Figura 7.2: Colunas para descarregar a carga do suporte.

– Deverá ser providenciada a vedação contra chuva e infiltrações nas perfurações feitas no telhado, além de possibilitar acesso aos coletores para limpeza e ou manutenção.

A área projetada disponível para a instalação dos coletores é de 180 m^2 e os vãos entre as colunas são de 8 m (4 vãos) e 9 m (2 vãos).

7.2.2 Reservatório térmico

O reservatório térmico será instalado na posição indicada na Figura 6.2 tendo volume total de 5 m^3 , com pressão de trabalho de 40 mca, podendo ter um ou mais equipamentos. Sendo necessário construir base de apoio de concreto, grade com portão de acesso e cadeado de isolamento, cobertura para toda a área onde o reservatório térmico será instalado, pintar toda a área necessária (portão, grade, etc) e permitir colocar/retirar o reservatório térmico sem danificar a construção.

Na entrada do reservatório térmico deverá ser instalada uma válvula reguladora de pressão para abaixar a pressão da rede de 75 mca para 40 mca, assim como todas as

válvulas de segurança, manutenção e controle (servo-válvula de 3 vias), indicados na Figura 6.3.

7.2.3 Painel de controle

O sistema solar deverá possuir um painel de controle, o qual irá controlar todas as ações do sistema. E neste painel deverá ser providenciado um diagrama do sistema solar, semelhante à Figura 6.3. Colocar uma breve descrição de funcionamento do sistema integrado (sistema solar com todos os controles de uso da água aquecida pelo sistema solar).

7.3 Manual de operação

Preparar um manual de operações e manutenções do sistema solar (junto com as válvulas de controle) e providenciar cópias das especificações técnicas de todos os componentes nele utilizados.

7.4 Entrega do projeto

O sistema deve ser entregue completo e em perfeito funcionamento. A aceitação será feita com um teste de dois dias (no mínimo) com presença de um representante da USP.

7.5 Responsabilidade da empresa instaladora

O projeto é um projeto “turn-key”, ou seja, a empresa instaladora deverá fornecer todos os materiais e serviços necessários.

8 Análise das propostas de orçamentos

Com as propostas das três empresas (Enalter, Heliotek, e Tuma) que foram convidadas a propor orçamentos para o fornecimento dos equipamentos, materiais e executar a obra, começamos a análise de qual a empresa que seria contratada para executar a obra.

Para esta análise foram considerados o valor da proposta, o detalhamento do orçamento e a fidelidade na especificação do projeto (se a empresa propunha executar todo o que foi pedido na especificação do projeto).

Os valores das propostas ficaram nos seguintes valores;

Enalter:	R\$ 121.500,00 (Cento e vinte e um mil e quinhentos reais)
Heliotek:	R\$ 92.500,00 (Noventa e dois mil e quinhentos reais)
Tuma:	R\$ 99.292,92 (Noventa e nove mil duzentos e noventa e dois reais e noventa e dois centavos)

Como podemos verificar o preço do orçamento da Heliotek é o mais econômico.

Com relação ao detalhamento dos orçamentos, as propostas de todas as empresas estavam bem detalhadas.

E finalmente, com relação a fidelidade na especificação todas as empresas satisfizeram ao que estava sendo pedido.

Dessa forma a empresa escolhida a executar a obra foi a Heliotek.

9 Estimativa do tempo de retorno do investimento

O tempo de retorno do investimento para este projeto é o tempo necessário para que a economia (E) gerada com a instalação do sistema solar de aquecimento de água subtraído de seu investimento inicial (I) e das despesas de manutenção (D) seja nulo, a expressão a seguir indica esta situação $E - I - D = 0$.

Como o tempo de retorno do investimento não é imediato foi considerada uma taxa de atratividade do investimento de 12% (doze por cento) ao ano. Além disso, como os valores das tarifas de GLP e de energia elétrica sofrem alterações foi considerado que o GLP tem um reajuste de 3% (três por cento) ao ano, sempre no mês de janeiro, pois o abastecimento de GLP é por contrato anual e neste intervalo de tempo a tarifa cobrada é constante, e para a energia elétrica foi considerado um reajuste de 5% (cinco por cento) ao ano, sendo que este reajuste também ocorre no mês de janeiro.

E finalmente para o cálculo do tempo de retorno do investimento foi utilizado o método do prazo de retorno a juros reais. A representação gráfica da Figura 9.1 mostra um exemplo de fluxo de caixa simplificado.

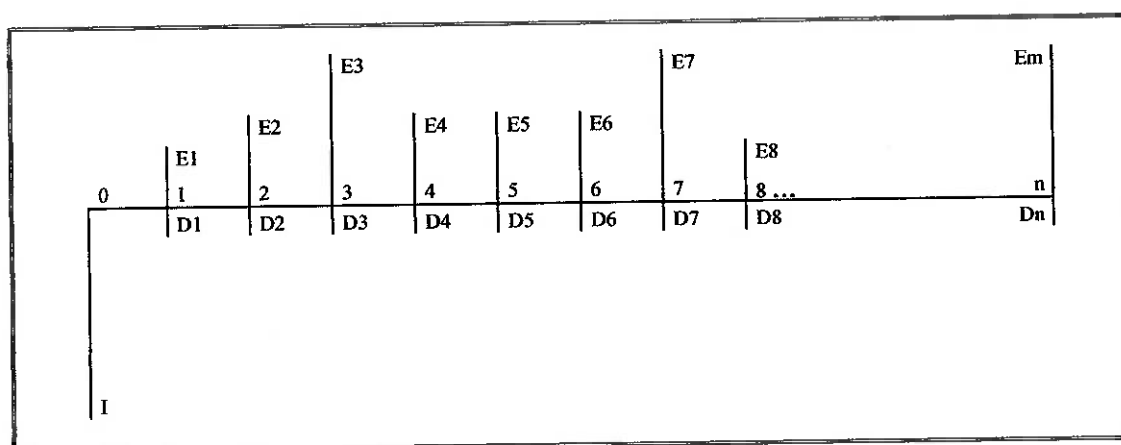


Figura 9.1: Exemplo de fluxo de caixa para determinar o tempo de retorno do investimento.

Neste fluxo de caixa I é o investimento inicial, $E1, E2, E3, \dots, Em$ são as economias geradas ao longo do mês, e $D1, D2, D3, \dots, Dn$ são os valores das despesas de

manutenção constante durante toda a vida útil, sendo este valor constante de R\$ 2.000,00 (dois mil reais) anuais.

A partir do fluxo de caixa todos os valores de economia e de despesas foram transformados em valor presente para, em fim, poder avaliar quando a igualdade $E - I - D = 0$ é verdadeira. A Tabela 9-1 mostra os resultados da diferença $E - I - D =$ até o final do ano de 2.012, após ter atingido o tempo de retorno do investimento, no mês de junho de 2.012, portanto depois de 7 anos após o início de operação do sistema solar de aquecimento de água obteremos lucros. Os valores em vermelho são valores negativos, o preto é o valor nulo e os de cor azul são os valores positivos.

Tabela 9-1: Resultado da diferença da expressão $E - I - D =$, em valor presente. Os valores em vermelho são valores negativos, o preto valor nulo e o azul são valores positivos.

	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012
JAN	0,00	79.784,55	64.424,25	50.258,45	37.195,43	25.150,38	14.044,91	3.806,54
FEV	46.250,00	78.201,12	62.964,56	48.912,94	35.955,26	24.007,38	12.991,53	2.835,83
MAR	46.250,00	76.891,84	61.757,04	47.799,36	34.928,41	23.060,58	12.118,62	2.031,10
ABR	46.250,00	75.656,93	60.617,93	46.748,73	33.959,47	22.167,06	11.294,72	1.271,46
MAI	90.988,91	74.475,07	59.527,65	45.743,03	33.031,87	21.311,59	10.505,84	544,04
JUN	89.271,37	73.336,89	58.477,56	44.774,32	32.138,33	20.487,46	9.745,79	156,84
JUL	87.851,91	72.074,75	57.313,52	43.700,84	31.148,45	19.574,76	8.904,31	932,59
AGO	86.513,26	70.735,55	56.078,63	42.562,24	30.098,72	18.607,03	8.012,25	1.754,84
SET	85.232,26	69.569,29	55.002,82	41.569,96	29.183,57	17.763,09	7.234,05	2.472,36
OUT	83.998,72	68.392,18	53.917,06	40.568,55	28.260,05	16.911,48	6.448,82	3.196,33
NOV	82.630,36	66.970,86	52.606,74	39.360,67	27.146,67	15.885,28	5.503,04	4.067,92
DEZ	81.178,16	65.709,40	51.443,48	38.288,04	26.157,71	14.973,52	4.662,53	4.842,70

Os valores dos meses de fevereiro a abril de 2.005 são constantes, pois são valores referente ao pagamento da primeira metade do investimento inicial, a segunda metade do investimento inicial será pago assim que a obra estiver finalizada (previsão para meados ao final do mês de abril de 2005) a partir desta data foi contabilizada a economia gerada e a despesa do sistema solar de aquecimento de água.

Apesar da demora no retorno do investimento este projeto é viável, pois a vida útil médio deste tipo de equipamento está em torno de 20 (vinte) anos, que é bem superior ao tempo de retorno do investimento, além de ser um sistema não poluente.

10 Contratação da empresa

Posteriormente a escolha da empresa, chegou a hora de firmar o contrato de execução e prestação de serviço. Para isso a empresa Heliotek teve que apresentar as seguintes documentações à FUSP:

- ✓ Cadastro de pessoa física;
- ✓ Certidões dos distribuidores cíveis do fórum da comarca da sede da empresa, inclusive as das execuções fiscais;
- ✓ Certidões da justiça federal e dos cartórios de protestos;
- ✓ Certidões de objeto e pé, no caso de algumas certidões acima ser positivas;
- ✓ Certidões da regularidade do FGTS – CRF e do INSS- CND;
- ✓ Certidões negativas de tributos federais, estaduais e municipais.
- ✓ Contrato social ou estatuto com a última alteração registrado na junta comercial ou no cartório de registro de pessoa jurídica;
- ✓ Cartão do CNPJ e cartão (ficha) de inscrição na prefeitura;
- ✓ Comprovação de designação do representante legal da empresa

Fora isto foi necessário também assinar o Contrato de Prestação de Serviço PJ, que pode ser observado no Anexo F Contrato de prestação de serviço PJ

11 Contratempos no projeto

Este capítulo do trabalho destina-se a apresentar os problemas que obtive durante o caminhar do projeto. Foram inúmeros os problemas, mas irei citar apenas 4 (quatro) desses contratempos que são os mais marcantes, os demais foram de pequeno impacto, mas que nos trouxe alguns aborrecimentos.

O primeiro dos problemas foi obter a aprovação junto a COESF para instalar o sistema solar na casa das caldeiras. Este processo durou em torno de 2 (dois) meses, durante este período foram realizados algumas reuniões com os representantes da COESF na casa das caldeiras (para indicar o local e mostrar a possibilidade da instalação do sistema), no Laboratório de Sistemas Energéticos Alternativos – SISEA e também na sede da COESF. O aval da aprovação só saiu depois que entregamos 3 (três) propostas de possíveis forma de instalação do sistema solar, bem detalhadas

O segundo e o mais demorado contratempo foi obter autorização da FINEP de um novo orçamento juntando as verbas dispersas disponíveis. Nesta etapa aprendemos a ter paciência como a de uma gestante, pois o processo demorou 9 (nove) meses para ser autorizado.

O próximo pode-se dizer que foi por nossa culpa, pois antes da autorização da FINEP sair já havíamos pedido às empresas propostas de orçamentos, e com a demora duas empresas acabaram desistindo de apresentar novamente a proposta, dessa forma perdemos tempo para encontrar duas outras empresas que teriam capacidade de realizar essa obra.

E finalmente o último contratempo que irei citar ocorreu no decorrer da contratação da Heliotek, pois no momento em que a empresa iria obter os documentos exigidos pela FUSP para firmar o contrato o INSS entrou em greve impossibilitando a Heliotek adquirir documentos junto ao INSS.

12 Conclusão

Tendo em vista os diversos contratempos que tivemos que enfrentar lamento por não poder atingir 100% (cem por cento) do objetivo deste trabalho de formatura, ficaram faltando a documentação da execução das obras de instalação e a verificação da real economia de GLP e energia elétrica que a instalação do sistema solar pode nos proporcionar, mas o objetivo do projeto PUREFA será atingido, pois no final de março de 2005 as obras de instalação do sistema solar darão início e no início de maio de 2005 há a previsão de término da instalação e início de operação do sistema solar.

Para nós, graduandos em engenharia, vivenciar pelo menos uma execução de um projeto desde o início até o término do mesmo é de grande valia, pois é nesse momento que percebemos que a maior dificuldade para especificar um projeto conceitual não é como achar a solução do problema, mas sim saber como e qual é o problema a enfrentar, e como e onde buscar os dados relevantes, para finalmente sentarmos e resolvermos o problema (durante a graduação aprendemos a parte que eu digo ser fácil). Além de tudo há os contratempos que enfrentamos que não depende de nosso empenho ou capacidade, e sim de outras pessoas, é nessa hora que a habilidade interpessoal é importante para tentar resolver o seu problema o mais breve possível.

13 Referências bibliográficas

- [1] Programa para uso eficiente de energia na USP (PURE_{USP}). São Paulo. Pure_{fa}_{USP}. Disponível em: <<http://www.pure.usp.br>>. Acesso em: 01/05/2004.
- [2] Brasil, Ministério de Minas e Energia; Balanço Energético Nacional; Brasília, 2003.
- [3] Transen, SENAI; Manual de Aquecimento Solar; São Paulo; 2002.
- [4] Radiasol, versão 2.1 Laboratório de Energia Solar do GESTE - Grupo de Estudos Térmicos e Energéticos da UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, abril de 2001.
- [5] Celso Y. Nakashima, Eliane A. F. A. Fadigas, José R. Simões Moreira; Conservação de energia e fontes alternativa; São Paulo, Proposta FUSP-USP-PUREFA; Janeiro/2002.

13.1 Referências adicionais

- [6] Luiz, Adir M.; Como Aproveitar a Energia Solar; São Paulo; Editora Edgard Blücher Ltda; 1985.
- [7] Lima, Juliana Benoni Arruda; Otimização de sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS; São Paulo; 2003; Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [8] Van Wylen; Sonntag; Borgnakke; Fundamentos da Termodinâmica. 5 ed São Paulo; Edgard Blücher; 2001

- [9] Frank P. Incropera, David P. DeWitt; Fundamentos de transferência de calor e massa; 4 ed Rio de Janeiro; LTC 1998.
- [10] Henrique Hirschfeld; Engenharia econômica e análise de custos; 6 ed São Paulo; ATLAS; 1998.
- [11] Agência Energia; Manual técnico de aquecimento solar; São Paulo maio 1999.

14 Anexos

14.1 Anexo A Carta convite as empresas

São Paulo, XX de XXXXXXXX de 2004.

FUSP/Projeto 907

Para:

Nome da Empresa.

Endereço: Endereço da empresa

Telefone: (xx) xxxx-xxxx

CARTA CONVITE FUSP/907/003-2004
--

Prezado Senhor,

Vimos, por meio desta carta convite, solicitar sua proposta comercial para a execução dos serviços de consultoria descritos no Anexo B Descrição do Projeto Casa das Caldeiras..

Sua proposta deverá confirmar o entendimento e a concordância com os termos deste convite, apresentar o valor da tarifa a ser paga por hora de trabalho, contemplando todos os impostos e taxas incidentes segundo a legislação em vigor, e indicar a sua disponibilidade mensal, limitada aos valores de homens horas constantes do Anexo 1.

Os pagamentos serão efetuados quatro dias úteis após o recebimento de Notas Fiscais / Faturas, que poderão ser emitidas a partir do primeiro dia do mês subsequente ao da realização dos trabalhos, acompanhadas de Relatórios Mensais de Atividades, a serem aprovados pelo Coordenador de Projeto designado pela FUSP.

O valor faturado será o resultado do produto da tarifa horária pelo número de horas efetivamente trabalhadas, conforme o Relatório de Atividades. Embora o número de horas trabalhadas em determinado mês possa ultrapassar o valor previsto, o número total de horas faturadas ao final do período não poderá exceder ao valor total estimado.

Os serviços serão executados nas dependências da contratada, na Escola Politécnica da USP ou nas dependências da Universidade de São Paulo.

A empresa contratada deve manter e exigir que seja mantido, por parte de seus colaboradores, sigilo sobre os trabalhos objeto desta carta convite.

Sua proposta deverá ser encaminhada em até cinco (5) dias úteis após o recebimento desta para o endereço ou fax abaixo. Solicitamos que, caso não seja de seu interesse a execução desse serviço, nos envie correspondência, no mesmo prazo, acusando o recebimento e declinando do convite.

Sendo o que se apresenta para o momento, subscrevemo-nos,

Atenciosamente,

Prof. Dr. Marco Antonio Saidel

Coordenador do Projeto

Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo

Correspondência para:

Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo

At. de Prof. Dr. Marco Antonio Saidel ou

Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

Av. Prof. Luciano Gualberto, trav. 3, nº 158, sala A2-43

Cidade Universitária – Butantã – São Paulo – SP

CEP 05508-900

Fone/Fax (0xx11) 3091-5349

Dúvidas ou mais informações:

Eng. Ricardo Brás	(11) 3091-9671	ricardo.bras@poli.usp.br
Shigeharu Nakaba	(11) 30919671	shigeharunakaba@yahoo.com.br

14.2 Anexo B Descrição do Projeto Casa das Caldeiras.

Este projeto consiste em instalar um sistema solar de aquecimento de água para pré-aquecer a água que é utilizada em um trocador de calor.

Este trocador de calor faz parte de um sistema de aquecimento de água instalada na casa das caldeiras conforme indica a Figura 14.1:

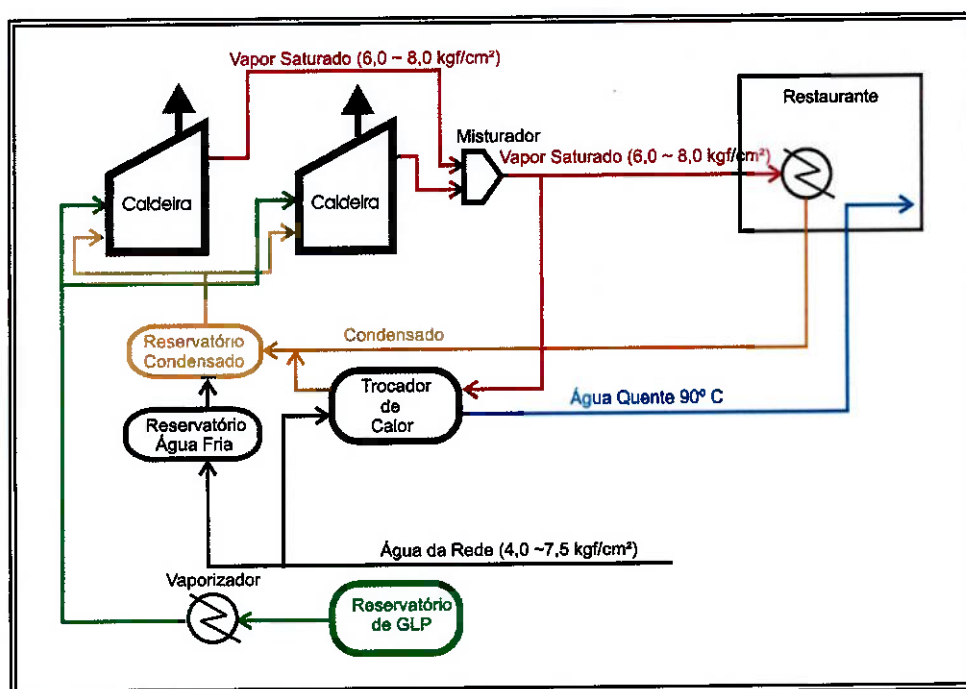


Figura 14.1: Esquema da casa das caldeiras.

Onde as duas caldeiras geram vapor de água, parte deste vapor é utilizado nos processos de cocção na cozinha do restaurante universitário e a grande maioria é utilizado no trocador de calor para o aquecimento de água, que depois de aquecido é utilizado nos processos de lavagem dos utensílios de cozinha.

O sistema solar será instalado antes da entrada de água do trocador de calor como indica a Figura 14.2.

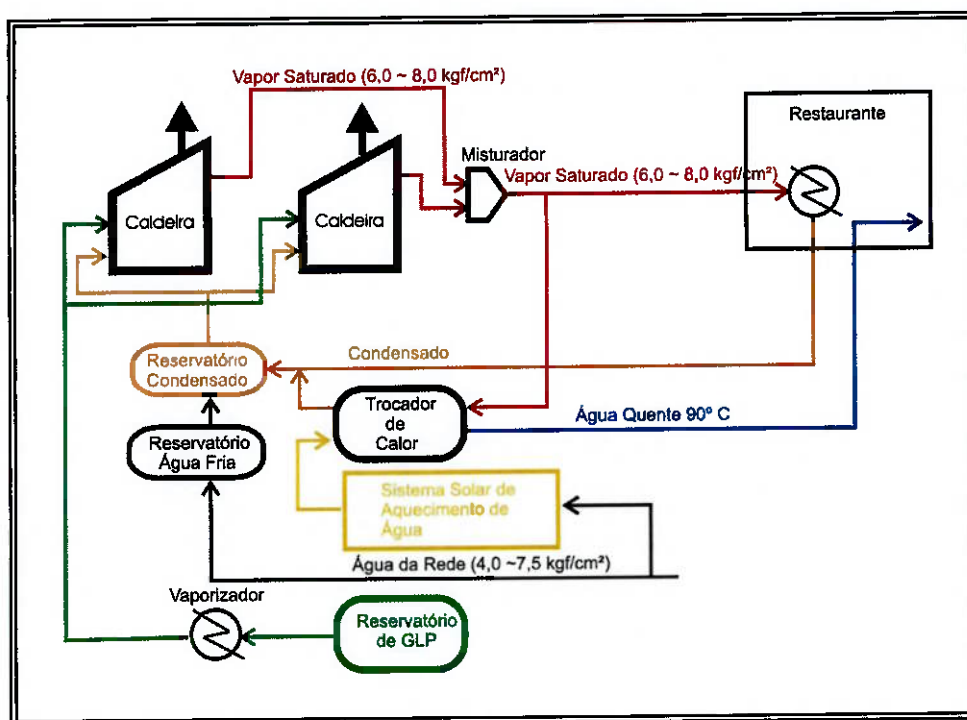


Figura 14.2: Esquema da casa das caldeiras com o esquema simplificado do sistema solar de aquecimento de água

Mostrando com um pouco de detalhe o sistema solar de aquecimento de água, ficará como segue a Figura 14.3.

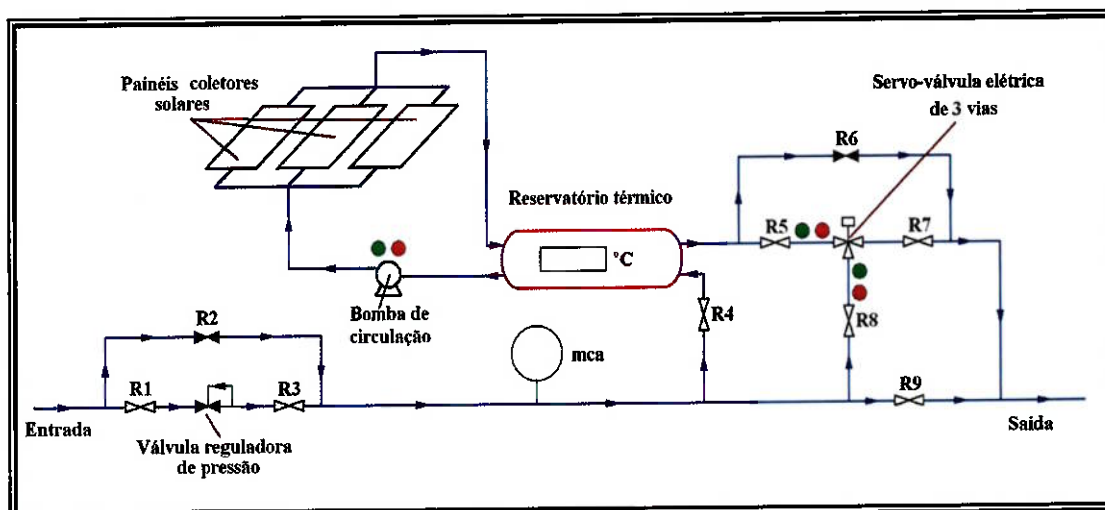


Figura 14.3: Esquema do sistema solar de aquecimento de água

As indicações “Entrada” e “Saída” na Figura 14.3 são respectivamente entrada da água de alimentação proveniente da rede e a saída de água que passou pelo sistema solar que vai para a entrada do trocador de calor.

Pelo estudo realizado, como a área disponível para a instalação dos coletores solares é insuficiente, somente uma parte da água consumida será aquecida, e utilizada em horário crítico de uso de água quente (11:00 ~ 15:00). É com este intuito foram previstos todo este esquema de válvulas, servo-válvula indicados na Figura 14.3.

Funcionamento do sistema.

O sistema de circulação de água nos coletores será a circulação forçada por ser um sistema com grande quantidade de coletores solares, além do reservatório de água quente ficar instalado abaixo do nível dos coletores. A bomba e o sistema deverão possuir todos os acessórios necessários (incluindo sensores) para:

- Preservar a integridade dos equipamentos. (Sistema anticongelamento, válvula de segurança no reservatório térmico, etc).
- Evitar perdas de energia desnecessárias. (A bomba não deve ser acionada quando não existe suficiente captação de energia solar)

O reservatório térmico será com capacidade mínimo de armazenamento de 5 m³ e pressão de trabalho de 40 mca, podendo ser em um ou mais equipamentos.

O consumo de água aquecida pelo sistema solar será consumida somente no intervalo das 11:00 às 15:00, para isso a servo-válvula de 3 vias deverá ser comandada por um controlador programável e temporizado.

A descrição do funcionamento das válvulas, servo-válvula e válvula reguladora de pressão será apresentada a seguir.

Servo válvula de três vias (normalmente aberta para o sistema solar)

✓ Períodos:		
Programável	11:00 ~ 15:00	Solar ● Aberto
		Rede ● Fechado
	5:30 ~ 11:00 15:00 ~ 22:00	Solar ● Fechado Rede ● Aberto

Demais válvulas (manuais)

Situação operacional.

✓ Válvula reguladora de pressão – 40 mca	}	Operação normal.
✓ R1 – aberto		
✓ R2 – fechado		
✓ R3 – aberto		
✓ R4 – aberto		
✓ R5 – aberto		
✓ R6 – fechado		
✓ R7 – aberto		
✓ R8 – aberto		
✓ R9 – fechado		

✓ Válvula reguladora de pressão – 40 mca	}	Sistema solar com defeito.
✓ R1 – aberto		
✓ R2 – fechado		
✓ R3 – aberto		
✓ R4 – fechado		
✓ R5 – fechado		
✓ R6 – fechado		
✓ R7 – aberto		
✓ R8 – aberto		
✓ R9 – aberto		

✓ Válvula reguladora de pressão – 40 mca	}	Válvula solenóide de 3 vias com defeito.
✓ R1 – aberto		
✓ R2 – fechado		
✓ R3 – aberto		
✓ R4 – aberto		
✓ R5 – fechado		
✓ R6 – aberto		
✓ R7 – fechado		
✓ R8 – fechado		
✓ R9 – fechado		
✓ Válvula reguladora de pressão – 40 mca	}	Válvula reguladora de pressão com defeito.
✓ R1 – fechado		
✓ R2 – aberto		
✓ R3 – fechado		
✓ R4 – fechado		
✓ R5 – fechado		
✓ R6 – fechado		
✓ R7 – fechado		
✓ R8 – fechado		
✓ R9 – aberto		

Observação: em nenhum caso o sistema solar deve ser operado se a indicação de pressão for superior a 40 mca (válvula reguladora de pressão com defeito).

Especificações para o projeto.

Coletores solares:

A bateria de coletores será instalada sobre o telhado da casa de caldeiras, conforme indicado na Figura 14.4, atendendo às seguintes exigências:

- Construção e instalação de estrutura metálica seguindo as recomendações do Anexo C-1 Especificações para estruturas em aço.
- A estrutura metálica deverá ser auto-suportante, tendo seus apoios sobre a cabeça das colunas de sustentação do telhado, como indicado nas Figura 14.6 e Figura 14.5, em hipótese alguma deverá ser apoiada diretamente no telhado. Para isso, será preciso perfurar o telhado existente para alcançar a cabeça das atuais colunas.

- Deverá ser providenciada a vedação contra chuva e infiltrações nas perfurações feitas no telhado, além de possibilitar acesso aos coletores para limpeza e ou manutenção.

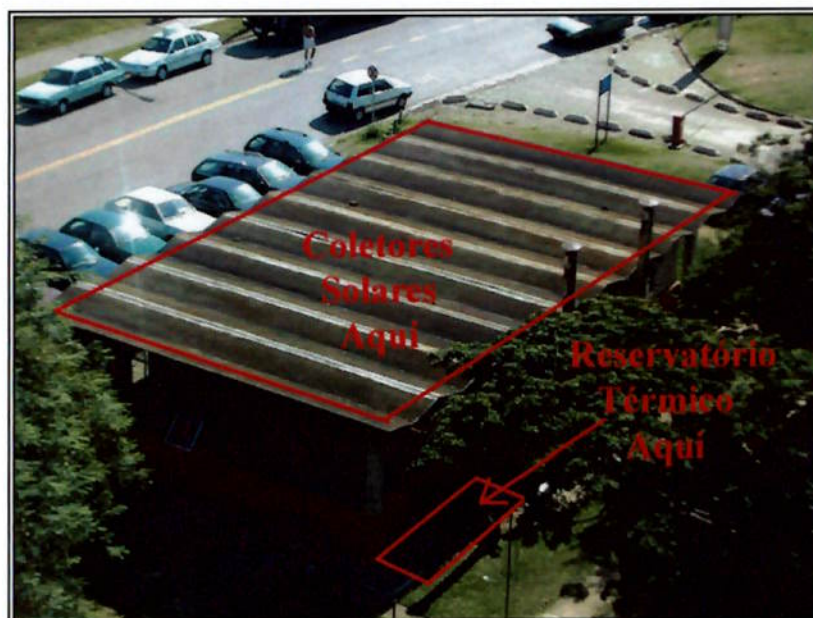


Figura 14.4: Posição de instalação dos coletores e do reservatório térmico.



Figura 14.6: Colunas para descarregar a carga do suporte.



Figura 14.5: Colunas para descarregar a carga do suporte.

A área projetada disponível para a instalação dos coletores é de 180 m² e os vãos entre as colunas são de 8 m (4 vãos) e 9 m (2 vãos).

Reservatório térmico:

O reservatório térmico será colocado na posição indicada na Figura 14.4 tendo volume total de 5 m³, com pressão de trabalho de 40 mca, podendo ter um ou mais equipamentos. Sendo necessário construir base de apoio de concreto, grade com portão de acesso e cadeado de isolamento, cobertura para toda a área onde o reservatório térmico será instalado, pintar toda a área necessária (portão, grade, etc) e permitir colocar/retirar o reservatório térmico sem danificar a construção.

Na entrada do reservatório térmico deverá ser instalada uma válvula reguladora de pressão para abaixar a pressão da rede de 75 mca para 40 mca, assim como todas as válvulas de segurança, manutenção e controle (servo-válvula de 3 vias), indicados na Figura 14.3.

Painel de controle:

O sistema solar deverá possuir um painel de controle, o qual irá controlar todas as ações do sistema. E neste painel deverá ser providenciado um diagrama do sistema solar, semelhante à Figura 14.3. Colocar uma breve descrição de funcionamento do sistema integrado (sistema solar com todos os controles de uso da água aquecida pelo sistema solar).

Manual de operação:

Preparar um manual de operações e manutenções do sistema solar (junto com as válvulas de controle) e providenciar cópias das especificações técnicas de todos os componentes nele utilizados.

Entrega do projeto:

O sistema deve ser entregue completo e em perfeito funcionamento. A aceitação será feita com um teste de dois dias (no mínimo) com presença de um representante da USP.

Responsabilidade da empresa instaladora

O projeto é um projeto “turn-key”, ou seja, a empresa instaladora deverá fornecer todos os materiais e serviços necessários.

14.3 Anexo C Especificações COESF

14.3.1 Anexo C-1 Especificações para estruturas em aço.

No projeto e execução de estruturas metálicas, em aço, deverão ser atendidas as seguintes especificações da COESF (além das Normas pertinentes).

Materiais

Os aços serão de alta resistência à corrosão.

Estruturas inteiramente protegidas, a critério da COESF, poderão ser executadas em aço carbono desde que zincadas por imersão a quente.

Os eletrodos serão compatíveis com aços de alta resistência à corrosão.

Os parafusos serão zincadas por imersão a quente.

Espessuras mínimas

A espessura mínima das peças principais será de 3,0 mm.

A espessura mínima das chapas de ligação será de 6,0 mm.

A espessura mínima das peças secundárias será de 2,0 mm.

O diâmetro mínimo dos tirantes será de 12,0 mm.

Chumbadores

A fixação de estruturas metálicas no concreto será feita por meio de chumbadores metálicos fixados com resina epóxi.

Em nenhum caso será permitida a fixação de estruturas por meio de chumbadores de expansão.

Todas as medidas serão expressas no sistema métrico.

Projeto

O projeto, a ser submetido à aprovação da COESF, deverá conter os seguintes elementos:

Memorial de cálculo (não é planilha de computador).

Desenhos executivos (de fabricação).

Especificação dos materiais.

Planilha de quantificação dos materiais.

14.3.2 Anexo C-2 Especificações para estruturas em concreto armado

Além das normas pertinentes deverão ser atendidas as seguintes especificações do FUNDUSP:

O concreto terá resistência característica $f_{ck} = 20$ MPa.

Os aços serão das categorias CA50A e CA60B.

A largura mínima das vigas será de 14 cm.

A largura mínima dos pilares será de 20 cm.

As armaduras principais de tração das vigas terão diâmetro mínimo de 10 mm.

Os cobrimentos mínimos das armaduras serão de:

blocos e vigas das fundações	4 cm
pilares	3 cm
vigas	2 cm
lajes	1 cm

O dimensionamento das vigas será feito considerando-se abertura de fissuras de 0,2 mm.

Não será permitido o projeto de estruturas em concreto armado aparente.

Não será permitida a utilização de chumbadores de expansão como elemento estrutural.

14.4 Anexo D Orçamentos

14.4.1 Anexo D-1 Orçamento Enalter

À
FUSP – Fundação de Apoio a Universidade de São Paulo
Av. Afranio Peixoto, 14
Butantã – São Paulo – SP

CNPJ: 68.314.330/0001-27
Insc.: ISENTA

Att.: Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

Ref.: Sistema de Aquecimento Solar para Cozinha Industria

D - MEMORIAL DE CALCULO

Dados Fornecidos:

Cozinha Industrial:

Uso de água quente em maquinas industriais para lavagem de utensílios.

- Horário de Uso: das 11:00 as 15:00 horas: 15,3 m³;
 das 17:00 as 21:00 horas: 06,0 m³.
- Área para instalação de coletores de 130 m².

D.1 - Calculo de Volume:

Devido ao horário de uso da água quente, será utilizado um reservatório de 5.000 lts. para acumulação de água

D.2 - Calculo de Coletores:

Devido a área de instalação dos coletores, usaremos 55 coletores para o aquecimento da água.

E - PREÇOS

Apresentamos escopo de fornecimento e preço dos equipamentos e mão de obra de instalação:



Enalter

70

E.1 - Reservatório e Coletor Solar:

Item	Descrição	Qde.	Valor Unitário	Valor Total
01	Reservatório de Alta Pressão de 5.000 lts.	01		
02	Coletor Solar Advanced Cobre (2,0 x 1,0 mts.)	55		
Sub-Total				R\$
Desconto Promocional até 30/09/04				R\$
Total				R\$

E.2 - Equipamentos:

Item	Descrição	Qde.	Valor Unitário	Valor Total
01	Controlador Termodinâmico Microprocessado	01		
02	Controlador Eletrônico para Circulação Forçada	01		
03	Motobomba de 1,5 cv para Circulação Forçada	01		
04	Válvula de duas vias (servo válvula)	01		
05	Válv. reguladora de Pressão e Registro de Inspeção	01		
06	Painel de Comando mais timer	01		
07	Isolamento Térmico	01		
08	Contatora Auxiliar para Motobomba	01		
Sub-Total				R\$
Desconto Promocional até 30/09/04				R\$
Total				R\$

E.3 - Suporte para Coletores:

Item	Descrição	Qde.	Valor Unitário	Valor Total
01	Mat. de Alvenaria e frete p/Abrigo do Reservatório	01		
02	Estrutura de Sustentação c/66 Suportes p/Coletores	01		
Sub-Total				R\$
Desconto Promocional até 30/09/04				R\$
Total				R\$

E.4 - Kit de Instalação e Mão de Obra Especializada de Fábrica:

Item	Descrição	Qde.	Valor Unitário	Valor Total
01	M. Obra p/instalação do Sist. Solar e Estrutura	01		
02	Mão de Obra de Construção da Alvenaria	01		
03	Projeto ART – CREA	01		
04	Material de Instalação para Solar	01		
Total				R\$

F - CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

No valor total de R\$ 121.500,00 para pagamento em 02 parcelas de R\$ 60.750,00 sendo Sinal / 30 dias da confirmação do pedido.

14.4.2 Anexo D-2 Orçamento Heliotek



"Orgulhosamente
produzido no Brasil,
com a qualidade
mundial Heliotek".

Aquecimento Solar
Aquecimento de Piscina
Aquecimento de



72

Proposta HKCRF03-0322D/2003

Barueri, 7 de janeiro de 2005

À

FUSP – Fundação de Apoio a Universidade de São Paulo
Av. Afranio Peixoto, 14
Butantã – São Paulo – SP

CNPJ: 68.314.330/0001-27
Insc.: ISENTA

Att.: Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

Ref.: Sistema de Aquecimento Solar para Cozinha Industria

Conforme vossa solicitação estamos apresentando nossa proposta para o fornecimento de um Sistema de Aquecimento para água através de energia solar, considerando a elevada economia proporcionada pôr este sistema de aquecimento em relação aos sistemas convencionais.

Sempre com o espírito de oferecer aos nossos consumidores a melhor qualidade, num processo contínuo de aprimoramento de nossos produtos e serviços assegurados por padrões internacionais conforme a **ISO (INTERNATIONAL STANDART FOR ORGANIZATION)**, a mais de sete anos com Certificado **ISO 9001** e dois anos com Certificado **ISO 14001**.

Certos de podermos atender vossas expectativas, através de nossa comprovada experiência em sistemas de aquecimento de água, esperamos através desta podermos ser contemplados com vosso parecer favorável para este fornecimento.

Atenciosamente

Carlos Rodrigues Filho
Consultor Técnico



Rua São Paulo, 144 - Alphaville Empresarial – CEP: 06465-130 – Barueri – SP – Brasil
Tel.: (55 11) 4166-4614 – Fax: (55 11) 4166-4644
site: www.heliotek.com.br
e-mail: rodrigues@heliotek.com.br



"Orgulhosamente
produzido no Brasil,
com a qualidade
mundial Heliotek".

Aquecimento Solar
Aquecimento de Piscina
Aquecimento de



A - PROPOSTA TÉCNICA

Este sistema de aquecimento de água é baseado na utilização de coletores solar para o aquecimento. Garantindo uma economia substancial no custo operacional de aquecimento de água, uma vez que este custo para o sistema solar é praticamente desprezível quando comparado com equipamentos convencionais alternativos.

A utilização do sistema solar como apoio à caldeira a gás ou elétrica, irá reduzir o custo operacional entre 25 e 100%, em função dos índices solarimétricos do local de instalação do sistema.

B - PRINCÍPIOS DA ENERGIA SOLAR

B.1 - A RADIAÇÃO - MATÉRIA PRIMA DA ENERGIA SOLAR

A temperatura na superfície do sol é de 5.500°C , e é resultado de reações termo nucleares da transformação do Hidrogênio em Hélio.

No espaço interestrelar, a uma distância da terra afixada em $149.67.10^9\text{m}$, a radiação solar é definida pela chamada **constante solar**, e têm valor de 1400 W/m^2 .

Ao entrar na atmosfera parte desta potência são absorvidas pelas impurezas, poeiras, vapor d'água, etc., que varia com a altura do sol sobre o horizonte, bem como com a latitude sobre o nível do mar do local da medida. Com valor aproximado, mas suficiente para os cálculos técnicos, considera-se que uma superfície normal à direção dos raios solares, com céu claro e ao dia, seja atingida por uma potência radiante de 1000 W/m^2 .

B.2 - PRINCÍPIOS FÍSICOS DA CONVERSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR EM CALOR

Na condição ideal, toda energia incidente sobre a superfície do coletor, seria absorvida integralmente, entretanto, parte desta radiação é reemitida pelos seguintes fatores:

- Reflexão na cobertura transparente e superfície absorvedora;
- Condução e convecção, pela própria cobertura transparente;
- Perda de energia através de isolamento térmico;
- Remissão pela superfície absorvedora.

Quando a remissão pela superfície absorvedora, deve observar o seguinte aspecto. O sol emite radiação, num comprimento de onda de $0,5\mu\text{m}$. Um corpo negro a





temperatura ambiente, emite radiação com um comprimento de onda de $10\mu\text{m}$, e que está dentro do espectro da luz infravermelha invisível. A placa de vidro fixada acima da superfície absorvedora é relativamente transparente a luz visível, entretanto é absorvente para os raios infravermelhos emitidos pela superfície absorvedora, quando reemite sua energia térmica.

A luz infravermelha absorvida pelo vidro é reemitida em todas as direções; metade emitida para o exterior, e perdida; a outra metade é remetida para a superfície absorvedora, que absorve novamente. Este é o chamado **Efeito Estufa**.

C - ORIENTAÇÃO DO COLETOR

A intensidade da radiação solar esta sujeita também a variações anuais em consequência da forma elíptica da orbita terrestre em torno do sol. A cada dia o sol descreve um arco de circulo que não está centrado no observador, exceto nos equinócios. Todos os círculos são paralelos uns aos outros.

Seus centros estão numa linha de plano zênite norte-sul, que cruza o local do observador, e orientado para a estrela polar. Observa-se que nos dias de solstício de verão, o sol nasce na posição à sudeste e se põe a sudoeste. Nos dias de equinócio o sol nasce no posição Leste e se põe no oeste, e no solstício de inverno, o sol nasce à nordeste e se põe a noroeste.

Na prática a execução de painéis de orientação variável que seguem o sol em seu movimento aparente é muito complexa e dispendiosa, na franca maioria das aplicações os painéis tem orientação e inclinação fixas que devem ser escolhidas com base nas seguintes condições:

- Para coletar mais energia durante o inverno, o coletor deverá estar inclinado, a um ângulo 10 graus maior que a latitude local;
- Para coletar mais energia durante o verão, o coletor deverá estar inclinado a um ângulo 10 graus menor que a latitude local;
- Para coletar energia equivalente durante o ano todo, o coletor deverá estar inclinado a um ângulo igual à latitude local.

C.1 - CARACTERISTICA DO COLETOR HELIOTEK MK5VS DE ALTA EFICIENCIA

- **Dimensões:**
 - Largura: 0.880 mm
 - Comprimento: 1.575 mm
 - Altura: 0.055 mm
- **Produção Mensal de Energia:**
 - Por m² de Coletor (Kwh/mês.m²): 80,80
 - Por Coletor (Kwh/mês): 112,30





"Orgulhosamente
produzido no Brasil,
com a qualidade
mundial Heliotek".

Aquecimento Solar
Aquecimento de Piscina
Aquecimento de



75

- Eficiência Energética Média (%): 58,4%
- Classificação pelo INMETRO: **A**
- Superfície absorvedora em chapa de cobre com pintura especial, deixando a superfície das aletas com característica seletiva;
- Tubulação toda em cobre soldada através de ultrassom, **HELIOSONIC**, para obter-se o melhor rendimento possível;
- Cobertura transparente em vidro de 3 mm de espessura e baixo teor de ferro;
- Caixa monobloco em alumínio e isolamento em lã de vidro resinada com 40 mm de espessura.

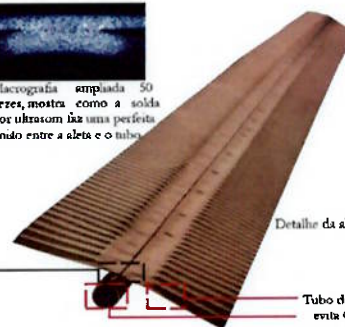
Energia (Solar)	
Fabricante	HELIOTEK
Modelo	HELIOTEK
Pressão de Funcionamento (kPa)	392,27
Pressão de Trabalho (m.c.a)	40
Aplicação	BANHO
Mais eficiente	
Menos eficiente	
Eficiência Energética Média (%)	58,4
Produção Mensal de Energia:	
- Por m ² de coletor (kWh/mês.m ²)	80,8
- Por coletor (kWh/mês)	112,3
Área externa do Coletor (m ²)	1,39
Regulamento Específico para Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água - RESOLUÇÃO 552, Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.	
PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA	
IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR	



*Heliotek - pioneira
em inovações tecnológicas
mais uma vez saiu na frente,
lançando o Heliosonic, um novo conceito
em eficiência e durabilidade
de coletores solares
de última geração*



Macrografia ampliada 50 vezes, mostra como a solda por ultrassom faz uma perfeita união entre a aleta e o tubo.



Detalhe da aleta

Tubo de cobre e aleta de cobre evita Corrosão eletrolítica

COMPARE AS VÁRIAS TECNOLOGIAS DE APLICADOS EM COLETORES SOLARES E SAIBA PORQUE HELIOSONIC É O MELHOR



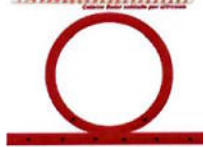
A- UNÃO POR ENGATE

O contato entre a aleta e o tubo não é uniforme e, com o passar do tempo a diferença aumenta prejudicando a transferência de calor entre tubo e aleta.



A- UNÃO POR SOLDA

A condutividade térmica da solda não é a mesma do cobre, além disso, o controle da espessura da solda é muito difícil, fazendo com que atue até como um isolante térmico, prejudicando a transferência de calor.



A- junta soldada tem a mesma condutividade do material

A junta é soldada por ultrassom, garantindo a mesma condutividade térmica do tubo e aleta. A transferência de calor entre a aleta e o tubo é perfeita, contendo maior aproveitamento da energia solar e maior eficiência.



Rua São Paulo, 144 - Alphaville Empresarial - CEP: 06465-130 - Barueri - SP - Brasil
Tel.: (55 11) 4166-4614 - Fax: (55 11) 4166-4644
site: www.heliotek.com.br
e-mail: rodrigues@heliotek.com.br



"Orgulhosamente
produzido no Brasil,
com a qualidade
mundial Heliotek".

Aquecimento Solar
Aquecimento de Piscina
Aquecimento de



76

C.2 - CARACTERISTICA DOS RESERVATÓRIOS EM AÇO CARBONO

Hoje, a Heliotek pode dizer com orgulho que está lhe oferecendo o que há de mais moderno, eficiente e seguro em aquecimento solar.

Os reservatórios solar Heliotek contam com um dos melhores rendimentos do mercado, com perdas térmicas inferiores a 22 Kwh/mês/litro e pressão de trabalho de 5 MCA para a linha BP (Baixa Pressão) e 40 MCA para linha AP (Alta Pressão).

Compare os reservatórios Heliotek com os concorrentes e veja porque ele é o melhor:



Modelo	Perda de energia Kwh/mês	Pressão de Func. MCA	Corpo Interno	Isolamento Térmico
MK200	0,20	5 MCA	Aço Inox	Poliuretano
MK300	0,18	5 MCA	Aço Inox	Poliuretano
MK400	0,15	5 MCA	Aço Inox	Poliuretano
MK500	0,21	5 MCA	Aço Inox	Poliuretano
MK600	0,20	5 MCA	Aço Inox	Poliuretano

Fonte: www.inmetro.gov.br

- Dimensões do Reservatório de 5.000 lts.: Diâmetro aprox. : 1.590 mm
Comprimento aprox. : 3.900 mm
- Reservatório de Alta Pressão em Aço Carbono, para trabalhos de até 40 mca e pressão de teste com 60 mca.
- Isolamento térmico em poliuretano expandido de 50 mm e revestimento externo em chapa de alumínio;



ABRVA
Associação Brasileira de
Arquitetos, Urbanistas e Decoradores



Rua São Paulo, 144 - Alphaville Empresarial - CEP: 06465-130 - Barueri - SP - Brasil
Tel.: (55 11) 4166-4614 - Fax: (55 11) 4166-4644
site: www.heliotek.com.br
e-mail: rodrigues@heliotek.com.br



"Orgulhosamente
produzido no Brasil,
com a qualidade
mundial Heliotek".

Aquecimento Solar
Aquecimento de Piscina
Aquecimento de



C.3 - CARACTERISTICA DO CONTROLADOR TERMODINAMICO.

- Controlador Digital Microprocessado, de controle de temperatura e funcionamento do sistema solar;

Controlador Termodinâmico Microprocessado - CTM



- ☒ Um verdadeiro computador de bordo do seu aquecedor solar
- ☒ Monitora, controla e programa a temperatura da água no reservatório
- ☒ O mais completo controlador de sistemas de aquecimento solar
- ☒ Display de Cristal Líquido
- ☒ 6 tipos de programações
- ☒ Alimentação por bateria de lítio
- ☒ Acionamento direto de até 30A/ 250 VCA
- ☒ Leitura e programação da temperatura da água remotamente
- ☒ Sistema de Auto-Diagnóstico
- ☒ Agora você vê sua economia de perto

D - MEMORIAL DE CALCULO

Dados Fornecidos:

Cozinha Industrial:

Uso de água quente em maquinas industriais para lavagem de utensílios.

- Horário de Uso: das 11:00 as 15:00 horas: 15,3 m³;
 das 17:00 as 21:00 horas: 06,0 m³.
- Área para instalação de coletores de 130 m².

D.1 - Calculo de Volume:

Devido ao horário de uso da água quente, será utilizado um reservatório de 5.000 lts. para acumulação de água

D.2 - Calculo de Coletores:

Devido à área de instalação dos coletores, usaremos 80 coletores para o aquecimento da água.





"Orgulhosamente
produzido no Brasil,
com a qualidade
mundial Heliotek".

Aquecimento Solar
Aquecimento de Piscina
Aquecimento de



78

E - PREÇOS

Apresentamos escopo de fornecimento e preço dos equipamentos e mão de obra de instalação:

E.1 - Reservatório e Coletor Solar HELIOSONIC:

Item	Descrição	Qde.	Valor Unitário	Valor Total
01	Reservatório de Alta Pressão de 5.000 lts.	01	21.737,86	21.737,86
02	Coletor Solar Heliosonic MK5VS (1,57 x 0,88 mts.)	80	481,14	38.491,20
Sub-Total				R\$ 60.229,06
Desconto Promocional até 28/02/05				R\$ 14.454,06
Total				R\$ 45.775,00

E.2 - Equipamentos:

Item	Descrição	Qde.	Valor Unitário	Valor Total
01	Controlador Termodinâmico Microprocessado	01	539,13	539,13
02	Controlador Eletrônico para Circulação Forçada	01	184,69	184,69
03	Motobomba de 1,5 cv para Circulação Forçada	01	1.259,72	1.259,72
04	Válvula de duas vias (servo válvula)	01	3.543,55	3.543,55
05	Válv. reguladora de Pressão e Registro de Inspeção	01	1.548,34	1.548,34
06	Painel de Comando mais timer	01	2.000,62	2.000,62
07	Isolamento Térmico	01	1.082,00	1.082,00
08	Contatora Auxiliar para Motobomba	01	200,77	200,77
Sub-Total				R\$ 10.358,82
Desconto Promocional até 28/02/05				R\$ 413,82
Total				R\$ 9.945,00

E.3 - Suporte para Coletores:

Item	Descrição	Qde.	Valor Unitário	Valor Total
01	Mat. de Alvenaria e frete p/Abrigo do Reservatório	01	905,42	905,42
02	Estrutura de Sustentação c/96 Suportes p/Coletores	01	20.712,71	20.712,71
Sub-Total				R\$ 21.618,13
Desconto Promocional até 28/02/05				R\$ 1.080,13
Total				R\$ 20.538,00

E.4 - Kit de Instalação e Mão de Obra Especializada de Fábrica:

Item	Descrição	Qde.	Valor Unitário	Valor Total
01	M. Obra p/instalação do Sist. Solar e Estrutura	01	6.011,00	6.011,00
02	Mão de Obra de Construção da Alvenaria	01	3.030,00	3.030,00
03	Projeto ART – CREA	01	3.138,00	3.138,00
04	Material de Instalação para Solar Heliotek	01	4.063,00	4.063,00
Total				R\$ 16.242,00

F - CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

No valor total de R\$ 92.500,00 para pagamento em 02 parcelas de R\$ 46.250,00 sendo Sinal na confirmação do pedido e o restante no termino dos serviços e instalações.



Rua São Paulo, 144 - Alphaville Empresarial – CEP: 06465-130 – Barueri – SP – Brasil
Tel.: (55 11) 4166-4614 – Fax: (55 11) 4166-4644
site: www.heliotek.com.br
e-mail: rodrigues@heliotek.com.br



"Orgulhosamente
produzido no Brasil,
com a qualidade
mundial Heliotek".

Aquecimento Solar
Aquecimento de Piscina
Aquecimento de



G - PRAZO DE ENTREGA

Os equipamentos serão entregues com 45 dias úteis a partir da data da confirmação do pedido.

A instalação deverá ser agendada pelo cliente com 15 dias de antecedência da data combinada para entrega e instalação dos equipamentos.

H - RESPONSABILIDADE DO CLIENTE

Itens de preparação do local de instalação que o cliente deve providenciar antes da chegada da nossa equipe:

1. Ponto de força 110 e 220V para acessórios e painéis elétricos;

I - GARANTIA

Os equipamentos fabricados pela Heliotek, Coletores e Reservatório, são garantidos, excepcionalmente, contra defeitos de fabricação por 05 anos da data de fabricação, os demais itens/acessórios de acordo com os prazos estipulados pelos fabricantes.

J - VALIDADE DA PROPOSTA

A presente proposta é válida até 15/03/05.

Certos de termos atendido suas expectativas, permanecemos a disposição para prestar esclarecimentos caso houver necessidade.

Atenciosamente

Jayme Sillos
Gerente de Vendas

Carlos Rodrigues Filho
Consultor Técnico



14.4.3 Anexo D-3 Orçamento Tuma

Belo Horizonte, 07 de janeiro de 2.005.

Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
A/C Prof. Dr. Marco Antonio Saidel

REF.: PROPOSTA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS EM RESPOSTA À
CARTA CONVITE FUSP/ FINEP 907/003-2004

Prezado Senhor:

Em resposta a carta convite acima, temos a informar:

- a) Estamos interessados na prestação de serviços, cujo objeto encontra-se descrito no Anexo 1 da referida carta convite. Nossas condições comerciais para a execução de tal serviço, encontram-se totalmente descritas na presente proposta;
- b) Manifestamos, de forma expressa, nossa integral concordância e pleno entendimento dos termos constantes na carta convite;

O valor dos serviços objeto desta proposta é de R\$99.292,92, (Noventa e nove mil, duzentos e noventa e dois reais e noventa e dois centavos). Já se encontram contemplados neste valor todos os impostos e taxas incidentes segundo a legislação em vigor.

Sem mais no momento, permanecemos à disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas e subscrevemo-nos,

Atenciosamente,

Eng. Frederico Dantas
Gerente do Departamento de Energia Solar
TUMA INDUSTRIAL LTDA



T.I.A.S. 001-2005

Belo Horizonte, 07 de janeiro de 2005

Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, trav. 3, nº 158 – Sala A2-43
Cidade Universitária - Butantã
São Paulo - SP
A/C: Prof. Dr. Marco Antônio Saidel
Prof Dr. José Roberto Simões Moreira
Fax: 11-3091-5349

Ref.: Carta Convite FUSP/907/003-2004

Prezados Senhores:

Em atendimento ao solicitado por V. Sas. , vimos apresentar nossa proposta para fornecimento do sistema de aquecimento solar para a obra supra referida.

1.0 – ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**1.1 – Coletores Solares****Especificação:**

Marca	Solarem
Modelo	CMT-2-11E/HP
Dimensões	(1,05 x 1,00) m
Área líquida	1,05 m ²
Classificação do Inmetro	Classe "A"
Produção média de energia	83,1 kWh/mês (*)
Quantidade	110
Área coletora total	115,5 m ²
Produção média total	9141 kWh/mês (*)

(*) Valores obtidos em condições de teste estabelecidas pelo Inmetro.

Características construtivas:

Caixa	Monobloco em alumínio liso
Cobertura	Vidro plano liso cristal
Superfície Absorvedora	Aletas em cobre
Tinta	Preta fosca especial a base de epóxi
Serpentina	Em tubos de cobre classe solar
Fixação serpentina-aletas	Prensadas e soldadas
Isolamento	Lã de vidro
Vedação	Silicone industrial



1.2 – Armazenadores Térmicos

Especificação :

Marca	Solarem
Modelo	RI-5000 AP
Dimensões	φ1650 x 3220 mm
Volume	5000 litros
Tipo	Hermético, horizontal, pressurizado
Pressão de trabalho	4,0 kgf/cm²
Pressão de teste	6,0 kgf/cm ²
Localização	A definir
Quantidade	01

Características construtivas:

Tipo	Cilíndrico
Corpo interno	Aço inox AISI 304
Isolamento	Poliuretano expandido 45mm
Sobrecapa	Alumínio estuco
Conexões	Aço inox AISI 304
Pés	Auto portantes, em aço

2.0 – SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE ÁGUA

A circulação de água entre os coletores solares e o(s) armazenador(es) térmico(s) será forçada por uma motobomba centrífuga controlada automaticamente. Um termostato diferencial medirá as temperaturas dos coletores solares e da água mais fria no armazenador térmico conectado à caixa de água fria. O termostato terá regulação do diferencial de liga-desliga. Assim, quando a temperatura nos coletores for superior à do armazenador o termostato acionará a motobomba proporcionando ganho de temperatura no(s) armazenador(es). Quando este diferencial de temperatura diminuir a ponto de não haver mais ganho sensível, o termostato desabilitará o funcionamento da motobomba. Desta forma, fica caracterizado que este termostato diferencial e a motobomba são o “coração” do sistema de aquecimento solar. Portanto recomendamos que o sistema disponha de uma motobomba reserva e que posteriormente seja adquirido um controlador diferencial de temperatura (CDT) para eventuais necessidades.

Motobomba:

Marca	Schneider ou similar
Modelo	BC-92 GA
Potência	1 1/2 CV
Tensão	220 V / 2 ϕ
Rotação	3450 rpm
Rotor	Construído em bronze
Selo mecânico	Viton
Carcaça	Monobloco, em FoFo
Quantidade	01

Controlador Diferencial de Temperatura (CDT):

Marca	Full Gauge ou similar
Modelo	FG 18
Tensão	220 V / 60 Hz
Quantidade	01

3.0 – QUADRO ELÉTRICO DE COMANDO

Será fornecido um quadro elétrico de comando do sistema. Este quadro, de concepção industrial e fabricado com os melhores componentes elétricos disponíveis no mercado, irá controlar todo o funcionamento do sistema. Bastará ao cliente interligar o ponto de força solicitado a este quadro elétrico. A interligação do quadro aos componentes será feita pela Tuma Industrial em cabeamento apropriado e eletrodutos de PVC. Veja algumas características deste quadro elétrico:

Marca	Tuma
Caixa	Elsol ou similar
Disjuntores	Siemens ou similar
Contatores	Siemens ou similar
Bornes	Conexel ou similar
Conectores	Sindal ou similar
Chaves seletoras	Blindex ou similar
Sinaleiros	Tipo led
Dimensões	(600 x 500 x 200) mm
Grau de proteção	IP54
Tensão nominal	220 V / 3 ϕ / 60 Hz
Quantidade	1

4.0 – SUPORTES

Serão fornecidos suportes metálicos especiais para fixação dos coletores solares. Estes suportes serão construídos em aço galvanizado e protegidos com uma pintura especial para suportar as intempéries. Caso seja necessário executar alguma estrutura para receber estes suportes, esta deverá ser executada pela Tuma.

5.0 – INSTALAÇÃO E FORNECIMENTO

A instalação e fornecimento da Tuma Industrial seguirá todas as disposições da carta convite anteriormente referida.

6.0 – DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

Serão fornecidos os seguintes documentos técnicos referentes à obra:

- 01 via do projeto de montagem do equipamento de aquecimento solar para a obra em plotagem em papel sulfite;
- 02 vias do Manual de Operação e Manutenção específico para a obra onde constará o detalhamento de todos os componentes da mesma e orientações básicas para utilização do produto. Anexo a este manual seguirá cópia do projeto solar e do projeto elétrico do quadro de comando.

7.0 – GARANTIA

- Todo o sistema de fornecimento TUMA INDUSTRIAL terá 05 (cinco) anos de garantia sobre a concepção do projeto tanto no que se refere à qualidade do produto adquirido quanto ao seu desempenho particular e global, ressalvadas as condições do termo de garantia que segue anexo a esta proposta.
- Caso a água a ser utilizada seja de poço artesiano, far-se-á necessária uma prévia análise da mesma para a definição da garantia. Ainda que o certificado anexo não ressalte o problema do meio ácido para os armazenadores, águas com pH inferior a 6,5 não darão cobertura de garantia aos equipamentos.
- O restante dos equipamentos terá o prazo de garantia de seus respectivos fabricantes, sendo de responsabilidade da Tuma Industrial a análise e solução do problema na obra e junto ao respectivo fornecedor.

8.0 – MODIFICAÇÕES

A Tuma Industrial se reserva o direito de proceder eventuais modificações na concepção técnica do projeto, caso necessário, para melhor desempenho do equipamento, desde que aprovado por V.Sas.

9.0 – PRAZO DE ENTREGA

75/90 (setenta e cinco / noventa) dias a contar da assinatura do contrato.

10.0 – PREÇOS

O preço para fornecimento do sistema conforme solicitado é de:

R\$99.292,92 (Noventa e nove mil, duzentos e noventa e dois reais e noventa e dois centavos).

11.0 – CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

50% de sinal, 50% trinta dias do pedido.

12.0 – VALIDADE DA PROPOSTA

10 (dez) dias.

Sendo o que se apresenta para o momento, agradeço,

Atenciosamente

Eng. Frederico Dantas
Gerente do Departamento de Energia Solar
TUMA INDUSTRIAL LTDA
31-3385-2233
frederico@tuma.ind.br



14.5 Anexo E Justificativa de contratação

São Paulo, 04 de fevereiro de 2005.

Para:

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FUSP.

Prezados Senhores:

JUSTIFICATIVA DE CONTRATAÇÃO
CARTA CONVITE FUSP/FINEP Nº 907/003-2004

Tendo em vista as respostas apresentadas para a Carta FUSP/FINEP nº 907/003-2004, estamos adjudicando o presente objetivo à empresa **Heliotek Comércio, Importação, Exportação e Serviços LTDA**, tendo em vista a menor tarifa, como segue:

Empresa	Valor Horário
Heliotek	R\$ 92.500,00
Tuma	R\$ 99.292,92
Enalter	R\$ 121.500,00

Conforme consta da Carta Convite, as atividades previstas resultam que esta contratação tem valor máximo de R\$ 92.500,00 (Noventa e dois mil e quinhentos reais).

Sendo o que se apresenta para o momento, subscrevo-me.

Atenciosamente,

Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

Sub-Coordenador

14.6 Anexo F Contrato de prestação de serviço PJ

CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO PJ

Por este contrato particular, a **FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FUSP**, pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, inscrita no **CGC nº 68.314.830/0001-27** com sede na **Av. Afrânio Peixoto, 14 – Butantã – São Paulo – SP – CEP 05507-000**, neste ato representada por seu Diretor Executivo **Prof. Dr. Antônio Marcos de Aguirra Massola**, brasileiro, casado, professor universitário, portador de Cédula de Identidade **RG nº 3.000.991** e do **CPF nº 025.984.858-15**, com endereço especial no local acima indicado, aqui denominada **CONTRATANTE**, e, por outro lado a **HELIOTEK COMÉRCIO, IMPORTAÇÃO, EXPOTAÇÃO E SERVIÇOS LTDA.**, pessoa jurídica de direito privado, inscrita n **CNPJ nº 00.478.646/0001-89**, com sede à **Av. Gupê, 10.767 Galpão 20, CEP: 06422-120**, neste ato representada por **José Ronaldo Kulb**, Engenheiro, Brasileiro, Casado, portador da Cédula de Identidade **RG nº 4.994.382** e do **CPF nº 056.266.258-07**, com endereço especial no local acima indicado, aqui denominada **CONTRATADA**, têm entre si ajustada a presente prestação de serviço, que se regerá pelos artigos 593 e seguintes da Lei 10.406 de 10/01/2002 do Código Civil e, em especial, pelas cláusulas seguintes:

CLÁUSULA 1ª - A **CONTRATADA** prestará à **CONTRATANTE** os serviços descritos no Anexo B Descrição do Projeto Casa das Caldeiras., junto à Finep conforme proposta anexa sob a denominação de Descrição das Atividades, a qual fica fazendo parte integrante deste contrato.

CLÁUSULA 2ª - a prestação de serviço a que se refere a cláusula anterior será feita exclusivamente nas dependências do Campus da Universidade de São Paulo.

CLÁUSULA 3ª - a **CONTRATADA** obriga-se a cuidar e zelar pelos instrumentos, materiais e instalações sob sua guarda e responsabilidade, mantendo-os em perfeito

estado de conservação e a responder por qualquer prejuízo que venha causar à **CONTRATANTE**.

CLÁUSULA 4ª - A **CONTRATADA** obriga-se a tratar e manter em caráter de absoluto sigilo as informações confidenciais relacionadas com os serviços do presente contrato.

§ 1º - A quebra do sigilo de qualquer das informações confidenciais por parte da **CONTRATADA** e de seus representantes ou prepostos, sujeitará a **CONTRATADA** ao pagamento de perdas e danos, sem prejuízo de rescisão do presente contrato.

§ 2º - Não será permitida a reprodução de informações, salvo se expressamente autorizada por escrito pela **CONTRATANTE**.

CLÁUSULA 5ª - A **CONTRATANTE** pagará à **CONTRATADA**, pelos serviços prestados, a quantia máxima de R\$ 92.500,00 (Noventa e Dois Mil e Quinhentos Reais), conforme item E e F (item E e F) da proposta referida na Cláusula 2ª deste Contrato, mediante apresentação de nota fiscal correspondente.

CLÁUSULA 6ª - O presente contrato terá a vigência de 03 (Três) meses, tendo início em 01/02/2005 e término em 01/05/2005, podendo ser renovado de comum acordo entre as partes, por prazo igual, maior ou menor.

CLÁUSULA 7ª - Este contrato será rescindido por comum acordo entre as partes ou por descumprimento de qualquer uma de suas cláusulas, respondendo a parte que der causa ao descumprimento por perdas e danos a favor da parte inocente.

§ 1º - Qualquer das hipóteses de rescisão previstas nesta cláusula poderá ocorrer independentemente de interpelação judicial, sendo certo que a **CONTRATADA** terá direito ao recebimento do valor correspondente aos serviços prestados e aceitos pela **CONTRATANTE** até a data da ocorrência de eventual rescisão.

§ 2º - A CONTRATADA declara abdicar de seu direito ao recebimento de eventual multa por rescisão antecipada deste contrato, se motivada por encerramento antecipado, redução da prestação dos serviços contratados ou se, a juízo da **CONTATANTE**, for decidido que tais serviços tornaram-se economicamente inviáveis.

CLÁUSULA 8ª - Fica eleito o Foro de São Paulo para nele serem dirimidas eventuais dúvidas decorrentes do presente contrato com renúncia expressa a qualquer outro por mais privilegiado que seja, arcando a parte vencida com as custas processuais e com honorários advocatícios, desde já fixados em 20 % do valor da causa.

E, por estarem justas e contratadas, as partes firmam o presente contrato, em duas vias de igual teor e para o mesmo efeito, na presença de duas testemunhas abaixo identificadas.

São Paulo, 26 de janeiro de 2005.

CONTRATANTE: FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FUSP

CONTRATADA: HELIOTEK COM., IMPOTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E SERVIÇO LTDA.

Testemunhas:

1º

Nome:

Endereço:

RG:

2º

Nome:

Endereço:

RG: