

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA PARA ENGENHEIROS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aloysio Boava Junior

ENERGIA SOLAR EM CENTRO ESPORTIVO NO MUNICÍPIO DE ITATIBA-SP

Estudo de viabilidade técnica e econômica para instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar em centro esportivo na cidade de Itatiba SP."

Dezembro

2015

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA PARA ENGENHEIROS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aloysio Boava Junior

ENERGIA SOLAR EM CENTRO ESPORTIVO NO MUNICÍPIO DE ITATIBA-SP

Estudo de viabilidade técnica e econômica para instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar em centro esportivo na cidade de Itatiba-SP.

Monografia apresentada como etapa para obtenção do Título de especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética, orientador Professor Dr. Cláudio Roberto Freitas Pacheco.

Dezembro

2015

FICHA DE APROVAÇÃO

Nome: Boava, Aloysio Junior

Título: Energia solar em centro esportivo no município de Itatiba-SP

Subtítulo: Estudo de viabilidade técnica e econômica para instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar em centro esportivo na cidade de Itatiba SP.

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Aprovado em: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. José Roberto Simões Morteira Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. Daniel Setrak Sowmy Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. Claudio Roberto F. Pacheco Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTO

À Deus, graças a ele tudo é possível.

A todos que contribuíram para o desenvolvimento desta monografia.

A minha família, minha esposa Solange e meus filhos, Alessandra, André e Raphael que sempre apoiaram, incentivaram e compreenderam os momentos de minha ausência.

Ao meu Professor orientador Dr. Claudio Roberto de Freitas Pacheco que foi essencial para a conclusão desta monografia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa de localização do Itatiba Esporte Clube.....	15
Figura 1.2 – Fotografia do vestiário do clube.....	16
Figura 1.3 – Fotografia da piscina do clube.....	16
Figura 2.1 – Chuveiro em corte.....	17
Figura 2.2 – Chuveiro com duas temperaturas.....	18
Figura 2.3 – Sistema de aquecimento por energia solar.....	18
Figura 2.4 – SAS com circuito primário por termossifão.....	19
Figura 2.5 – SAS com circuito primário por termossifão, medidas Recomendada	19
Figura 2.6 – SAS com circuito primário com circulação forçada.....	20
Figura 2.7 – Reservatório térmico.....	20
Figura 2.8 – SAS com circuito secundário em alta pressão.....	21
Figura 2.9 – SAS com circuito secundário em alta pressão com pressurizador.....	21
Figura 2.10 – Coletor solar.....	22
Figura 2.11 – Válvula de retenção.....	22
Figura 2.12 – Sensor de temperatura	23
Figura 2.13 – Bomba de circulação.....	23
Figura 2.14 – Controlador digital MMZ - Tholz.....	24
Figura 2.15 – Vaso de expansão.....	24
Figura 2.16 – Válvula eliminadora de ar.....	25
Figura 2.17 – Válvula quebra vácuo.....	25
Figura 2.18 – Manômetro.....	26
Figura 3.1 – Esquema de chuveiro elétrico com misturador externo.....	26
Figura 3.2 – Disjuntor medidor de energia.....	27
Figura 3.3 – Irradiação solar no plano inclinado.....	31
Figura 3.4 – Fotografia do local onde serão colocadas as placas.....	32
Figura 3.5 – Fotografia da vista aérea do local onde serão colocadas as placas.....	32
Figura 3.6 – Esquema para calculo de sombreamento.....	33
Figura 3.7 – L = distância entre as placas.....	34
Figura 3.8 – Posição da placa com medidas das projeções.....	34
Figura 3.9 – X = distância entre as placas projeções.....	35
Figura 3.10 – Procedimento para obtenção do norte geográfica.....	40
Figura 3.11 – Posição do norte geográfico e norte magnético.....	41
Figura 3.12 – Sentido do raios solares na passagem meridiana.....	41
Figura 3.13 – Isolamento térmico.....	42
Figura 3.14 – Dimensionamento do isolante térmico.....	42
Figura 3.15 – Fórmula perda de temperatura.....	43
Figura 3.16 – SAS com circuito com circulação forçada.....	43
Figura 3.17 – Curvas características das famílias das bombas.....	44
Figura 3.18 – SAS com circuito secundário com recirculação prumada.....	46
Figura 3.19 – Volume de água retido na tubulação por diâmetro nominal.....	45

Figura 3.20 – Equilíbrio hidráulico.....;;.....	46
Figura 3.21 – Visto isométrica do vestiário.....	47
Figura 3.22 – Planta isométrica do pavimento térreo.....	48
Figura 3.23 – Planta isométrica do pavimento cobertura, posição placas e reservatório.....	49
Figura 3.24 – Disposição dos componentes na configuração AS-ASHP.....	53
Figura 3.25 – Taxas de transferência de calor na piscina coberta.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Tabelas de consumo/Eficiência energética.....;;	30
Tabela 3.2 – Dados de Irradiação horária medidos no dia 05/04/2012.....	39
Tabela 3.3 – Pressões, velocidade e vazões.....	50
Tabela 3.4 – Pressões estática inicial, perda de carga e pressão dinâmica..	50
Tabela 3.5 – Análise de custo.....	51
Tabela 3.6 – Valores do fluxo do caixa.....	52
Tabela 3.7 – Faixas de temperatura recomendada conforme utilização pela ASHRAE.....	54
Tabela 3.8 – Balanço energético da piscina com e sem capa térmica , em termos dos ganhos e perdas térmicas.....	55
Tabela 3.9 – Condições climáticas verificadas no ambiente.....	57
Tabela 3.10 – Análise de custo solar piscina.....	58
Tabela 3.11 – Indicadores de energia útil e de consumo por unidade de Área e de volume por °C.....	58
Tabela 3.12 – Valores do fluxo do caixa.....	59

LISTA DE SIGLAS

1	SAS	Sistema de Aquecimento Solar
2	EPDM	Borracha de Etileno-Propileno
3	PVC	Policloreto de vinila
4	MMS	Código do Fabricante Tholz
5	NBR	Normal Brasileira
6	INMETRO	Instituto nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
7	CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito
8	ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
9	CPVC	Policloreto de Vinila Clorado
10	UP	Código do Fabricante Grundfos
11	AQ	Alimentação Água Quente
12	AF	Alimentação Água Fria
13	mca	Metros de Coluna D'água
14	FLC	Fluxo de Caixa
15	FLCD	Fluxo de Caixa Descontado
16	FLCA	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
17	VPL	Valor Presente Líquido
18	TIR	Taxa Interna de retorno
19	SA-ASHP	Solar Assisted – Air Source Heat Pump
20	ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and air Conditioning Engineers
21	EEFEUSP	Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo
22	ASHP	Air Source Heat Pump

LISTA DE SIMBOLOS

1	V	volt
2	ΔT	variação de temperatura
3	%	porcentagem
4	cm	centímetro
5	m	metros
6	mm	milímetro
7	Kgf/cm ²	kilograma-força por centímetro quadrado
8	V _{consumo}	volume total de água quente consumido diariamente em m ³
9	Σ	somatória
10	Q _{pu}	vazão da peça de utilização em m ³ /s
11	m ³ /s	metros cúbico por segundo
12	T _u	tempo médio de uso diário da peça de utilização em segundos
13	m ³ /dia	metros cúbico por dia
14	V _{armaz.}	volume do sistema de armazenamento do SAS em m ³
15	T _{consumo}	a temperatura de consumo de utilização em °C
16	°C	graus Celsius
17	T _{armaz.}	temperatura de armazenamento da água em °C
18	L	litros
19	E _{útil}	energia útil em kWh _t /dia
20	kWh _t /dia	kilowatts hora térmico
21	γ	peso específico da água igual 1000 Kg/m ³
22	Kg/m ³	kilogramas por metro cúbico
23	C _p	calor específico da água 11,63 x 10 ⁻⁴ kWh(Kg.°C)
24	T _{ambiente}	temperatura média anual do local da instalação
25	A _{coletora}	área coletora em m ²
26	m ²	metros quadrado
27	I _g	irradiação Global média anual kWh/m ² .dia
28	E _{perdas}	perdas térmicas
29	Fr _{ra}	coeficiente de ganho do coletor solar
30	Fr _{UL}	coeficiente de perdas do coletor solar
31	β	ângulo de inclinação do coletor em relação ao plano horizontal em graus
32	α	ângulo de orientação dos coletores em relação ao norte geométrico em graus
33	LO	longitude hora legal
34	L	longitude local
35	Φ	latitude
36	n	dia do ano
37	Cor	coeficiente de correção
38	δ	declinação solar
39	ω_s	ângulo horário do pro do sol

41	HL	hora legal
42	L_1	distância entre as placas
43	H_{placa}	altura que a placa vai ficar com plano horizontal
44	X	distância entre placas no plano horizontal
45	Y_s	ângulo do azimute solar
46	Perda_T	perda total
47	Irradiação_T	irradiação total
48	W	watt
49	T	temperatura no ponto de consumo
50	Q	vazão
51	T_i	temperatura do aquecedor
52	F	fator do diâmetro
53	T_{amb}	temperatura ambiente
54	L	comprimento da tubulação
55	V	vazão
56	H_1	detalhe isométrico H1
57	Wh	watt-hora
58	MWh	megawatt-hora
59	Q_{fr}	taxa de transferência de calor causada pela água de reposição
60	Q_{aq}	taxa de transferência de calor fornecida pelo sistema de aquecimento
61	Q_{cd}	taxa de transferência de calor por condução para o solo
62	$Q_{\text{cd,cov}}$	taxa de transferência de calor por condução pela cobertura da piscina
63	q_e	perdas térmicas por evaporação
64	P_a	pressão do ar ambiente em kilopascal
65	V	velocidade do vento m/s
66	w_p	relação de umidade de saturação
67	w_a	relação de umidade do ar ambiente por cima da piscina
68	T_p	temperatura da água da piscina
69	q_c	perdas por convecção

SUMÁRIO

FICHA DE APROVAÇÃO.....	3
AGREDECIMENTO.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE SIGLAS.....	8
LISTA DE SIMBOLOS.....	9
SUMÁRIO.....	11
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1.Vestiários.....	15
1.2.Piscina.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1.Chuveiro elétrico.....	17
2.2. Misturador Externo.....	18
2.3. Circulação por termossifão ou circulação forçada.....	19
2.4. Reservatório térmico	20
2.5. Coletor solar.....	21
2.6. Válvula de retenção.....	22
2.7. Sensor de temperatura.....	23
2.8. Bomba de circulação.....	23
2.9. Controlador digital.....	24
2.10. Vaso de expansão.;.....	24
2.11. Válvula eliminadora de ar.....	25
2.12. Válvula quebra vácuo.....	25
2.13. Manômetro.....	26
3. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR NO CENTRO ESPOSTIVO NA CIDADE DE ITATIBA SP.....	26
3.1. Vestiário.....	26
3.1.1. Dimensionamento do sistema para os chuveiros elétricos.....	27
3.1.2. Sombreamento e posição das placas.....	31
3.1.2.1.Solstício de inverno mês de junho.....	33
3.1.2.2.Equinócio de primavera setembro.....	35
3.1.2.3.Solstício de verão.....	37
3.1.3 Fator de correção.....	39
3.1.4. Posição do norte geométrico.....	40
3.1.5. Isolamento térmico.....	41

3.1.6. Sistemas de Aquecimento Solar adotado.....	43
3.1.6.1. Circuito primário forçado.....	43
3.1.6.2. Circuito secundário pressurizado e recirculação de prumada... ..	44
3.1.6.3. Vista planta isométrica e planta baixa.....	46
3.1.7. Payback.....	51
3.2. Piscina.....	53
3.2.1. Esquema Adotado.....	53
3.2.2. Temperatura da água da piscina.....	53
3.2.3. Capa térmica.....	55
3.2.4. Calculo da área coletora dos coletores solar	56
3.2.5. Payback.....	58
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	61

RESUMO

Boava, Aloysio Junior. Energia solar em centro esportivo no município de Itatiba-SP. Monografia – Programa de Educação Continuada para Engenheiros da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015

A energia solar é uma fonte de energia renovável e inesgotável, e sua utilização vem crescendo no mundo inteiro e no Brasil, nos últimos anos a demanda instantânea vem aumentando, quebrando recordes, no Brasil. Por causa das altas temperaturas estes recordes vem ocorrendo no período da tarde e não mais no horário de ponta ou pico das 18h a 21h, neste horário pode-se utilizar a energia solar diminuindo estes picos de demanda instantâneos. Foi realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica para instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar em centro esportivo na cidade de Itatiba-SP, com resultados favoráveis. O presente trabalho, resultante do estudo de viabilidade técnica e econômica para instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar em centro esportivo na cidade de Itatiba-SP, foi favorável como demonstrado nos itens 3.1.6 para o sistema de aquecimento solar para banho e 3.2.5 para o sistema de aquecimento solar para piscina. O payback simples de 2 anos e 10 meses para o sistema de aquecimento solar para banho e de 3 anos e 1 mês para o aquecimento solar para piscina. Nos dois casos foi analisado um período de 4 anos e em ambos os casos tem-se um valor positivo para VPL, ou seja o investimento inicial retorna e tem um ganho de R\$ 14.439,00 uma TIR de 1,5% ao mês, para o sistema de aquecimento solar para banho, uma econômica de R\$ 3.478,00 ao mês. Para o sistema de aquecimento solar para piscina tem um VPL de R\$ 3.156,00 e uma TIR de 1,2% ao mês, uma economia de R\$ 1.920,00 ao mês.. A colocação imediata de medidores de energia e de água possibilita dar continuidade ao trabalho fazendo uma análise mais detalhada do consumo de energia e de água e conseqüentemente a análise de novas configurações para o aquecimento da piscina, possibilitando a verificação do COP do sistema de aquecimento da piscina. O sistema de aquecimento solar para banho é de fácil implantação com poucas reformas na estrutura do prédio. A tubulação de água quente pode ser aparente com a utilização do chuveiro com misturador externo. É necessária a recirculação forçada para evitar desperdício de água e energia. O sistema de aquecimento solar para piscina foi utilizado na configuração SA-ASHP, o sistema de aquecimento solar é instalado em paralelo com a bomba de calor, quando houver radiação suficiente para atender as perdas térmica, a bomba de calor é desligada.

Palavra-chave: Aquecimento solar para banho e piscina, Energia solar térmica

ABSTRACT

The solar energy is a source of renewable energy and endless, their use has been growing in the whole world and in Brazil in the last few years the instant demands has been growing, breaking records in Brazil. Because of it high temperatures these records has been occurring in the afternoon period and not at peak times, in this time can use the solar energy decreasing these instant peak demands. It was performed a technical feasibility and economic study for water heating system installation by solar energy in sports centers of Itatiba city, the results were favorable. The simple payback of 2 years and 10 months for the solar heating system for bath and 3 years and 1 month for pool. Both cases were analyzed a period of 4 years and have a positive value for NPV net present value, so the initial investment comes back and I has a gain of R\$ 14.439,00, IRR of 1,5% per month for the heating system for bath, and R\$ 3.156,00 IRR of 1,2% per month for solar heating system for pool. The immediate placement of energy measures and water allows continuing the work, making a detailed analysis of energy and water consumption and consequently to analyze new settings to the pool heating, verifications of COP of pool heating system. The bath heating system is easy to deploy, with few reforms in the building structure. The pipe of hot water may be apparent with the use of the shower with external beater. It is necessary the forced recirculation to avoid water and energy waste. The solar heating system is installed in parallel with the heat pump. When there is enough radiation to attend the thermal losses, the heat pump is turned off.

Key word: Solar heating for bath and pool, Thermic solar energy

1.INTRODUÇÃO

Este estudo foi realizado no Itatiba Esporte Clube na cidade de Itatiba/SP.

“Oficialmente, no dia 05 de março de 1937 nasce o ITATIBA ESPORTE CLUBE, o que antes era apenas um time de futebol, hoje é uma associação recreativa, esportiva e cultural que objetiva proporcionar a seus associados a prática de esportes e suas múltiplas e variadas modalidades, com caráter amadorista, além de atividades recreativas e sociais”.

Possui no momento mais de 3.200 sócios e 10.000 dependentes.

A figura 1.1 mostra o mapa de localização do clube.

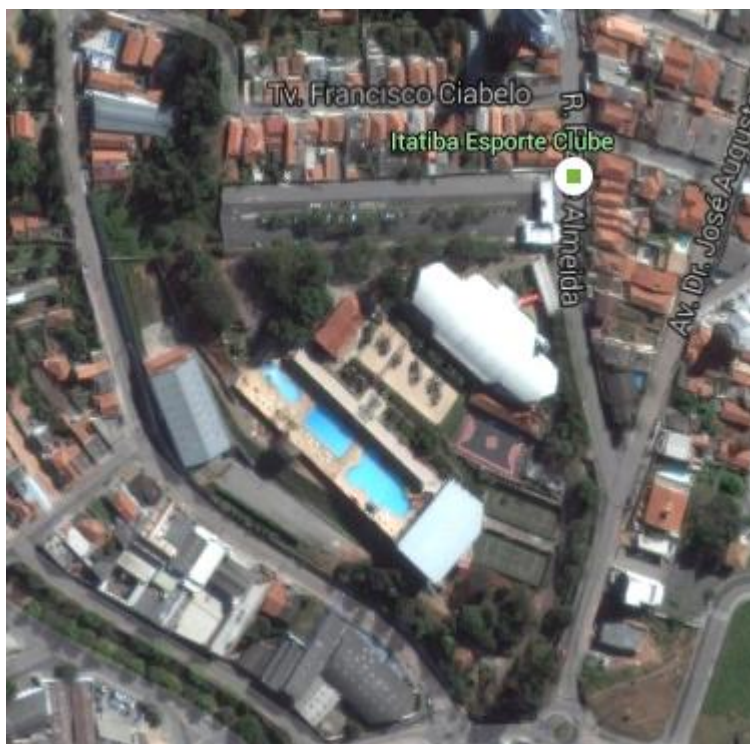


Figura 1.1 – Mapa de localização do Itatiba Esporte Clube

Fonte: Google - www.google.com.br/maps/

O estudo foi realizado nas dependências da piscina aquecida e na parte dos chuveiros dos vestiários do clube.

1.1.Vestiários.

A academia de ginástica tem 1200 sócios cadastrados com uma frequência diária de 300 à 400 sócios.

A frequência diária na piscina é cerca de 190 usuários.

Energia solar em centro esportivo no município de Itatiba-SP

O vestiário com 36 chuveiros elétricos sendo 18 chuveiros no vestiário masculino e 18 chuveiros no vestiário feminino.

O clube não faz registros diários de seu consumo de água, energia elétrica e gás. O clube é alimentado por duas entradas de energia que são tarifadas independente. A figura 1.2 mostra a foto do vestiário do clube



Figura 1.2 – Fotografia do vestiário do Clube

1.2.Piscina.

A figura 1.3 mostra uma visão geral da piscinas do clube.



Figura 1.3 – Fotografia da piscina do clube

A piscina tem 335m² e 469m³ de água. O sistema é composto com 2 bombas de calor e uma caldeira. A caldeira fornece água na faixa de 60°C á 80°C complementando a energia as bombas de calor. A temperatura de operação é de 31.5°C.

O objetivo deste estudo foi o pré-dimensionamento do aquecimento da água da piscina e da água do chuveiro. Esta monografia se justifica pela necessidade no Brasil de usarem-se fontes alternativas de energia para substituir a energia elétrica nos chuveiros e a bomba de calor como também o uso de gás combustível.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Chuveiro elétrico

A figura 2.1 mostra um chuveiro elétrico em corte.

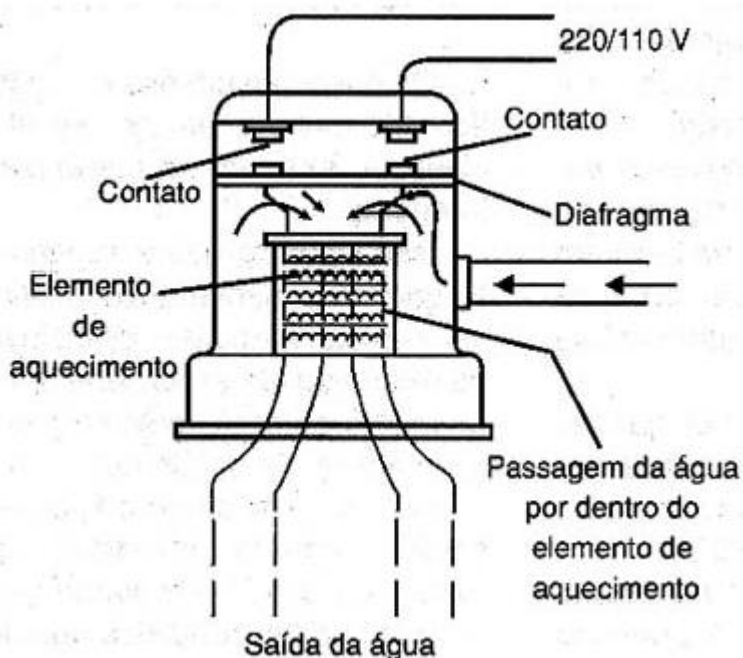


Figura 2.1 – Chuveiro em corte

Fonte: Newton Braga - <http://www.newtoncbraga.com.br/>

A figura 2.1 descreve o funcionamento do chuveiro, a água entra no chuveiro vai para câmara entra em contato com a resistência elétrica que aciona os contatos que estão abertos, o contato é fechado e ligando a resistência a rede de energia.

Quanto menor for a resistência ôhmica maior a corrente que circula, maior o ganho de temperatura. A figura 2.2 demonstra a posição da chave no verão resistência ôhmica maior , a posição inverso com resistência menor.

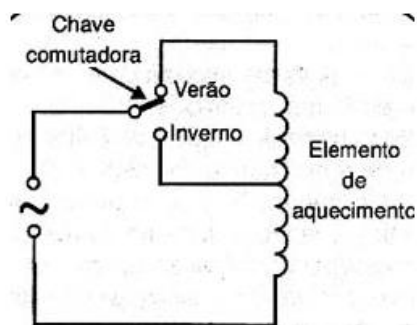


Figura 2.2 – Chuveiro com duas temperaturas

Fonte: Newton Braga - <http://www.newtonbraga.com.br/>

2.2. Misturador Externo

A figura 2.3 mostra uma sistema de aquecimento por energia solar .



Figura 2.3 – Sistema de aquecimento por energia solar

Fonte: Heliotek - <http://www.heliotek.com.br>

A figura 2.3 mostra o funcionamento de um sistema de aquecimento de água por energia solar para aplicação doméstica nela se observa o coletor solar o reservatório térmico alimentando o misturador do chuveiro que ajusta a temperatura de banho através da mistura da água quente com a água fria .

2.3 Circulação por termossifão ou circulação forçada

A circulação da água pode ser por termossifão ou forçada por uma bomba de circulação.

A figura 2.4 mostra um esquema de sistema de aquecimento de água por energia solar por termossifão.

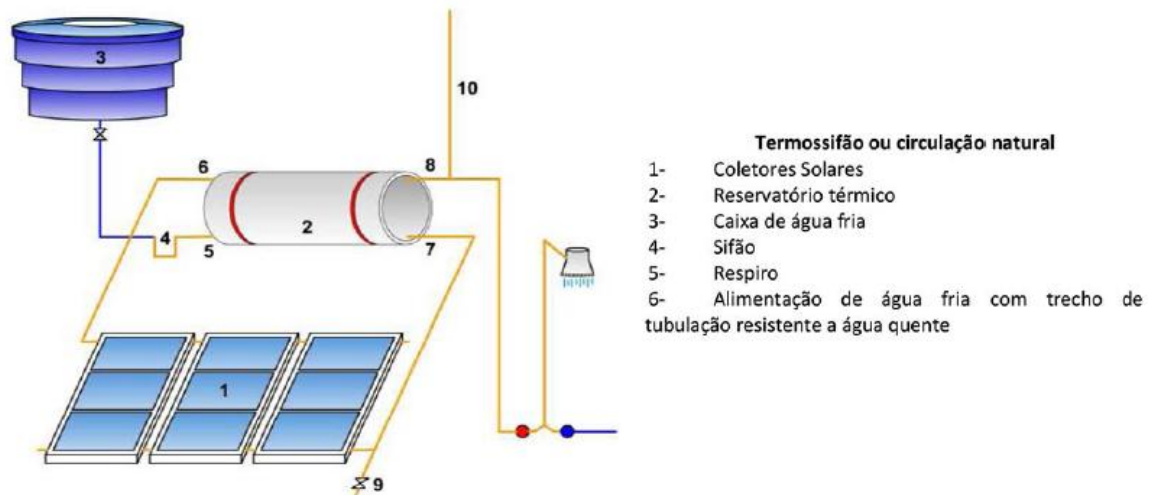


Figura 2.4 – SAS com circuito primário por termossifão

Fonte: Apostila Energia Solar II - USP

A figura 2.5 mostra as medidas recomendadas para que o sistema de aquecimento solar com circuito primário por termossifão funcione.

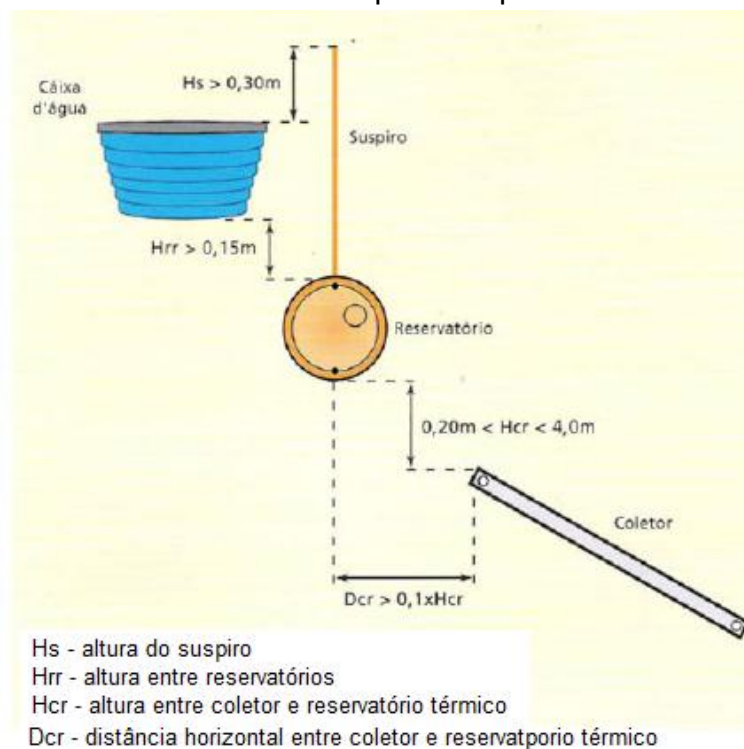


Figura 2.5 – SAS com circuito primário por termossifão, medidas recomendada

Fonte: Apostila Energia Solar II - USP

O circuito primário com circulação forçada entre os coletores e o reservatório térmico é feita por uma bomba de circulação comandada por um controlador eletrônico. A eficiência deste sistema é melhor porque com um determinado ΔT pré-ajustado é feita a circulação aumentando a temperatura da água no reservatório.

A figura 2.6 mostra o esquema do sistema de aquecimento solar com circuito primário com circulação forçada.

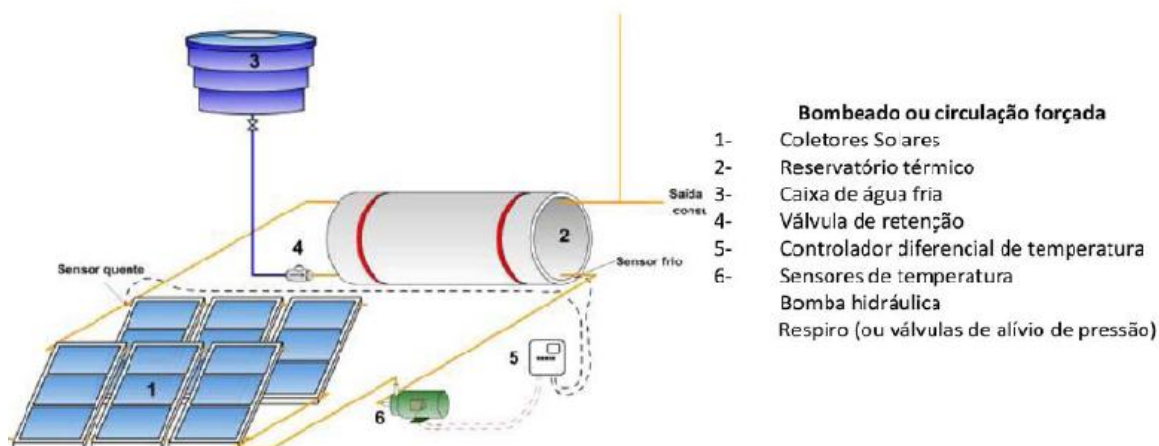


Figura 2.6 – SAS com circuito primário com circulação forçada

Fonte: Apostila Energia Solar II - USP

2.4. Reservatório térmico.

O reservatório térmico é local onde se armazena a água aquecida que vem dos coletores solares.

Os reservatórios têm uma camada isolante térmica para reduzir as perdas de energia para o meio. Os reservatórios térmicos podem ser de baixa e alta pressão.

O reservatório térmico de baixa pressão suporta de 4mca à 5mca dependendo do fabricante, a figura 2.7 mostra o reservatório térmico.



metal

plástico

Figura 2.7 – Reservatório térmico

Fonte: Apostila Energia Solar II - USP

Um reservatório de alta pressão suporta até 40mca. A figura 2.7 mostra o esquema do sistema de aquecimento solar de um circuito secundário de alta pressão

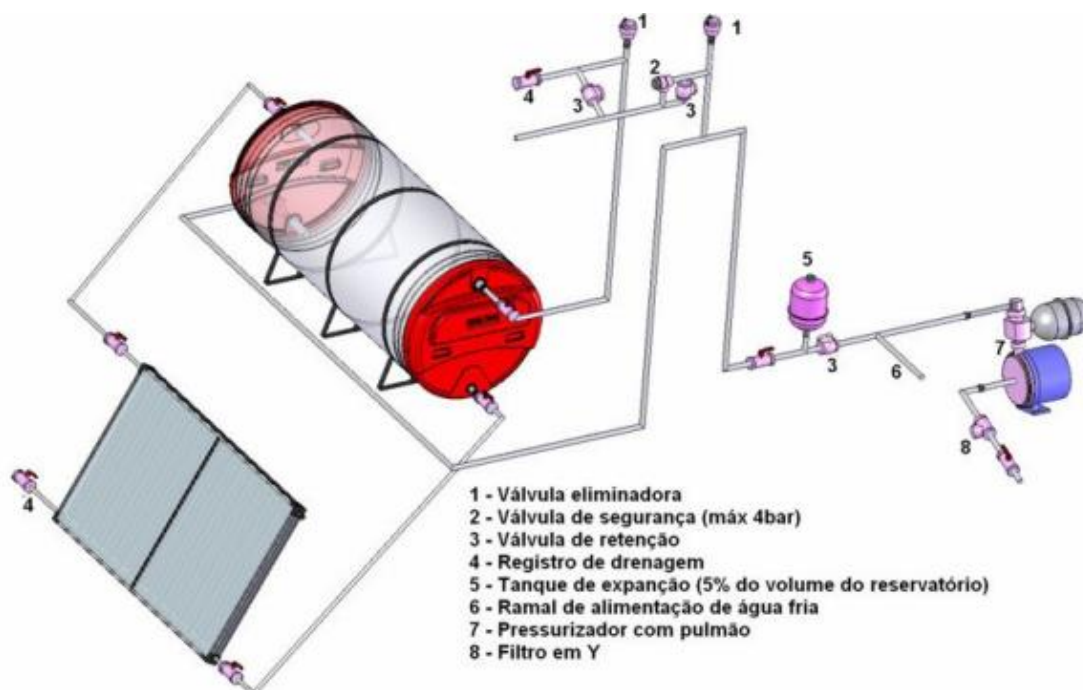


Figura 2.8 – SAS com circuito secundário em alta pressão

Fonte: Ouro Fino - <http://www.ourofino.com.br>

A figura 2.8 mostra o reservatório térmico de alta pressão com seus equipamentos.

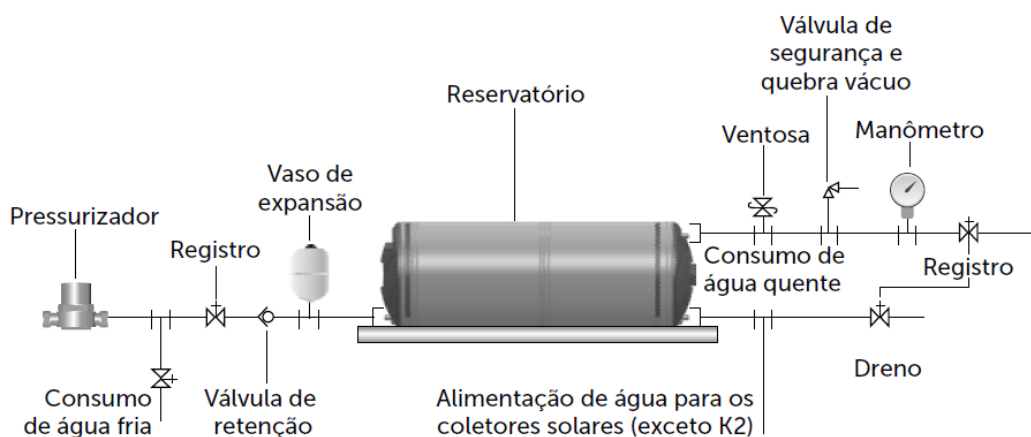


Figura 2.9 – SAS com circuito secundário em alta pressão com pressurizador

Fonte: Heliotek - <http://www.heliotek.com.br>

2.5. Coletor solar

O coletor solar pode ser aberto, fechado e de tubo à vácuo. O coletor solar é um dispositivo onde ocorre a transmissão do calor através dos três processos : irradiação, condução e convecção. A irradiação incidente é dividida em três

componentes: irradiação incidente direta, irradiação incidente difusa do céu e irradiação incidente de outras superfícies.

A irradiação incidente passa pelo vidro e é absorvida para a chapa absorvedora. A energia térmica absorvida é transferida para a água vai para o reservatório térmico. A figura 2.13 mostra o corte de um coletor solar.

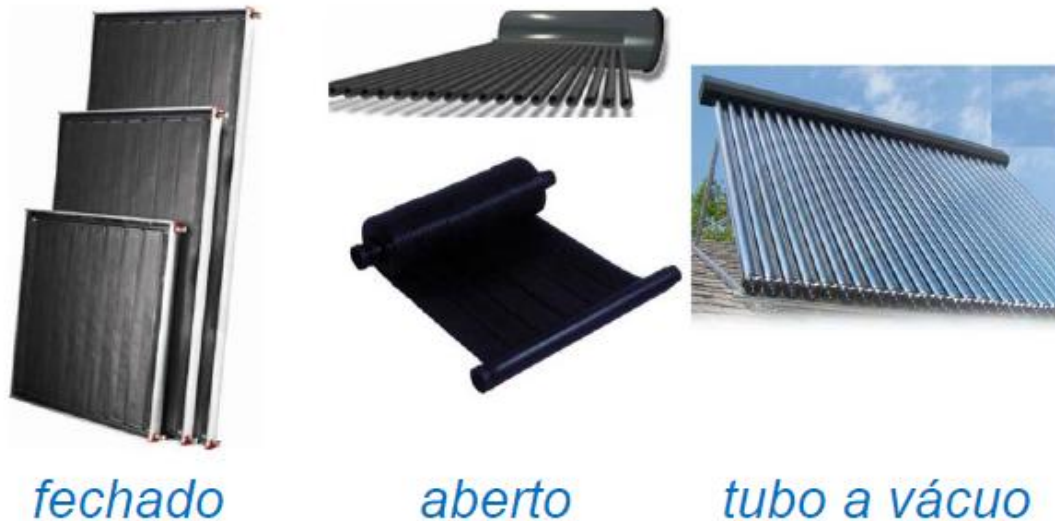


Figura 2.10 – Coletor solar

Fonte: Apostila Energia Solar II - USP

O formato construtivo do coletor solar aberto é diferente são tubos de EPDM ou polipropileno flexível onde passa a água.

2.6. Válvula de Retenção

A Válvula de retenção é instalada na saída de água do reservatório para o coletor. Sua função é direcionar o fluxo impedindo que a água do reservatório vá para as placas, com a colocação da válvula se possibilita a instalação dos coletores no mesmo nível do reservatório, mantendo a circulação natural da água entre os coletores. A figura 2.10 mostra uma válvula de retenção.



Figura 2.11 – Válvula de retenção.

Fonte: DG Ferramentas - [http:// www.dgferramentas.com.br](http://www.dgferramentas.com.br)

2.7. Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura destina-se a medir a temperatura da água e faz parte do sistema de controle do sistema de aquecimento solar, sem ele não a controle do sistema. A figura 2.11 fornece um esquema do sensor.

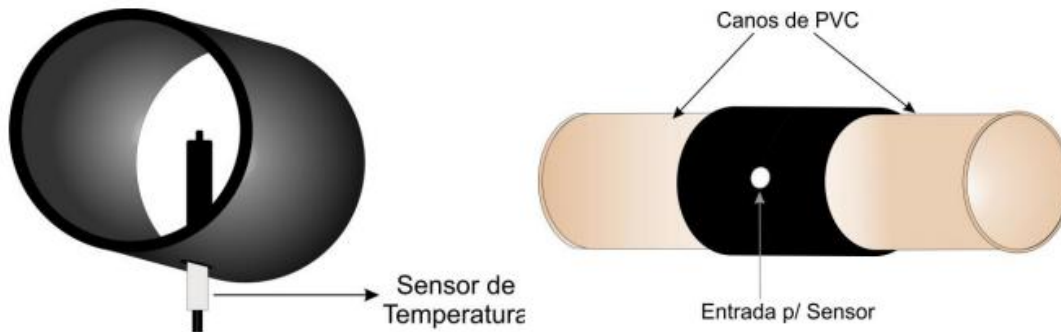


Figura 2.12 – Sensor de temperatura
Fonte: Tholz - <http://www.tholz.com.br/>

2.8. Bomba de circulação

A bomba de circulação é utilizada no circuito primário com circulação forçada, quando os coletores estão acima ou até 10 cm abaixo da saída d'água. A figura 2.12 mostra uma bomba de circulação



Figura 2.13 – Bomba de circulação
Fonte: Grundfos - <http://br.grundfos.com>

2.9. Controlador digital.

O controlador digital atua no controle de circulação da água através do diferencial de temperatura entre os coletores e o reservatório térmico ou a

piscina. Os controladores são programáveis, podem ser ativados em horários pré-programados, e atuam como proteção contra congelamento e sombreamento. A figura 2.13 ilustra um controlador digital



Figura 2.14 – Controlador digital MMZ - Tholz
Fonte: Tholz - Site da Tholz

2.10. Vaso de expansão

Num circuito solar fechado quando a água é aquecida, o volume aumenta, o vaso de expansão permite compensar essa dilatação. A figura 2.14 ilustra um vaso de expansão



Figura 2.15 – Vaso de expansão
Fonte: Dicas & Esquemas - <http://dicasesquemas.blogspot.com.br/>

O vaso de expansão deve possuir no mínimo 4% do volume total do reservatório térmico. O vaso de expansão deve pressurizar o lado do ar com

2Kgf/cm² para absorver a expansão térmica da água e eventuais golpes de aríete.

2.11 Válvula eliminadora de ar.

A válvula eliminadora de ar ou ventosa ou purgador, permite que o ar ou vapor saia da tubulação livremente. A figura 2.15 ilustra a válvula eliminadora de ar.



Figura 2.16 – Válvula eliminadora de ar
Fonte: SOLARPLUS - <http://www.solarplus.com.br/>

2.12. Válvula quebra vácuo.

A válvula quebra vácuo funciona como um dispositivo de proteção quando o fluido esfria muito e tem seu volume reduzido, havendo vácuo no sistema, o elemento móvel da válvula quebrava vácuo é elevado liberando a entrada de ar protegendo o sistema. A figura 2.16 ilustra uma válvula quebra vácuo.



Figura 2.17 – Válvula quebra vácuo
Fonte: Hidraushop - <http://www.hidraushop.com/>

A válvula quebra vácuo é utilizada em sistema de aquecimento de circuito fechado.

2.13. Manômetro.

Para o sistema de aquecimento solar o manômetro utilizado é com ponta de arraste e deve ter escala de 0 à 6 kgf/cm². Deve ser próprio para utilização com água quente, seu o objetivo é registrar a máxima pressão. A figura 2.17 ilustra um manômetro.



Figura 2.18 – Manômetro

Fonte: Asta - <http://www.asta.com.br/>

3. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR NO CENTRO ESPOSTIVO NA CIDADE DE ITATIBA-SP.

3.1. Vestiário

Foi dimensionado um sistema de aquecimento solar em conjunto com o chuveiros elétricos existente. Será utilizado um misturador externo conforme item 2.2. O esquema da figura 3.1 esquematiza esta instalação.

Instalando um Misturador Solar para usar o chuveiro elétrico como aquecimento complementar

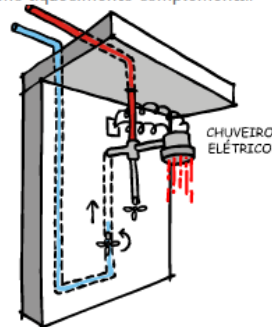


Figura 3.1 – Esquema de chuveiro elétrico com misturador externo

Fonte: Soletrol - <http://www.soletrol.com.br/>

O funcionamento do sistema é de fácil utilização. Nos dias quente e ensolarado deve-se colocar a chave de regulação de temperatura do chuveiro em desligado. O sistema vai funcionar com dois misturadores, um de água quente e outro com água fria de maneira a se fazer a regulação. Nos Dias mais frio ou nublados se utilizara um aquecimento complementar, nesta situação deve-se colocar a chave na posição de temperatura de verão e utilizar a água do sistema de aquecimento solar que vai estar numa temperatura maior do que da a da água fria. Caso necessário mudar a posição da chave para inverno, estas regulagens poderão ser feitas pelos funcionários do clube que trabalha no setor.

É recomendável quando desta instalação se registrar o consumo de energia elétrica. Uma forma conveniente seria utilizar um disjuntor medidor que poderia ser colocado na saída do alimentado na saída dos circuitos dos chuveiros. A figura 3.3 mostra um disjuntor medidor de energia.



Figura 3.2– Disjuntor medidor de energia
Fonte: Finder - <http://www.findernet.com/>

3.1.1. Dimensionamento do sistema para os chuveiros elétricos

Como foi levantada, a academia tem 1200 sócios cadastrados, com uma frequentadores diários entre 300 à 400 pessoas.

Os frequentadores das atividades na piscina tem uma frequência diária de 190 pessoas.

Foram considerado 300 banhos diários de 10 minutos de duração com uma vazão de 4,2 litros por minuto.

Para este dimensionamento será utilizada a norma NBR 15569:2008 referente a sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - projeto de instalação.

Calculo do volume de consumo:

$$V_{\text{consumo}} = \sum (Q_{pu} \times T_u \times \text{frequência de uso}) \quad [3.1]$$

V_{consumo} é o volume total de água quente consumido diariamente em m^3 ;

Q_{pu} é a vazão da peça de utilização em m^3/s ;

T_u é o tempo médio de uso diário da peça de utilização em segundos;

frequência de uso é o número de utilizações da peça.

$$Q_{\text{pu}} = 4,2\text{l/min} = (4,2/1000)/60 = 7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s};$$

$$T_u = 10 \text{ minutos} = 10 \times 60 = 600 \text{ segundos};$$

frequência = 300 banhos

$$V_{\text{consumo}} = (7 \times 10^{-5} \times 600 \times 300) = 12,6 \text{ m}^3/\text{dia}.$$

Calculo do volume do sistema de armazenamento:

$$V_{\text{armaz.}} = \frac{V_{\text{consumo}} \times (T_{\text{consumo}} - T_{\text{ambiente}})}{(T_{\text{armaz}} - T_{\text{ambiente}})} \quad [3.2]$$

$V_{\text{armaz.}}$ é o volume do sistema de armazenamento do SAS em m^3 ($V_{\text{armaz.}} \geq 75\% V_{\text{consumo}}$);

V_{consumo} é o volume total de água quente consumido diariamente em m^3 ;

T_{consumo} é a temperatura de consumo de utilização em $^{\circ}\text{C}$ (sugere-se que seja adotado 40°C);

$T_{\text{armaz.}}$ é a temperatura de armazenamento da água em $^{\circ}\text{C}$ (sugere-se que $T_{\text{armaz}} \geq T_{\text{consumo}}$);

T_{ambiente} é a temperatura média anual do local da instalação (ver anexo D).

$$V_{\text{consumo}} = 12,6 \text{ m}^3/\text{dia};$$

$$T_{\text{consumo}} = 40^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{armaz.}} = 60^{\circ}\text{C};$$

$T_{\text{ambiente}} = 20,6^{\circ}\text{C}$ (site oficial da cidade de Itatiba/SP “- Clima tropical de altitude, com temperaturas oscilando entre 18°C e 25°C ; a média anual é de $20,6^{\circ}\text{C}$. Ventos - Sul e Leste”)

$$V_{\text{armaz.}} = \frac{12,6 \times (40 - 20,6)}{(60 - 20,6)} = 6,204 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

Considerar V_{armaz} de 5000L ($V_{\text{armaz.}} = 80,6\% V_{\text{consumo}}$).

Calculo da energia útil:

$$E_{\text{útil}} = V_{\text{armaz}} \times \gamma \times C_p \times (T_{\text{armaz.}} - T_{\text{ambiente}}) \quad [3.3]$$

$E_{\text{útil}}$ é energia útil em kWh/dia;

V_{armaz} é o volume do sistema de armazenamento do SAS em m^3 ($V_{\text{armaz}} \geq 75\% V_{\text{consumo}}$);

γ é o peso específico da água igual $1000 \text{ Kg}/m^3$;

C_p é o calor específico da água igual a $11,63 \times 10^{-4} \text{ kWh}(\text{Kg}.\text{°C})$

$T_{\text{armaz.}}$ é a temperatura de armazenamento da água em $^{\circ}\text{C}$ (sugere-se que $T_{\text{armaz}} \geq T_{\text{consumo}}$);

T_{ambiente} é a temperatura média anual do local da instalação (ver anexo D).

$V_{\text{armaz}} = 5000\text{L}$;

$\gamma = 1000 \text{ Kg}/m^3$;

$C_p = 11,63 \times 10^{-4} \text{ kWh}(\text{Kg}.\text{°C})$;

$T_{\text{armaz.}} = 60^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{ambiente}} = 20,6^{\circ}\text{C}$

$E_{\text{útil}} = 5000 \times 1000 \times 11,63 \times 10^{-4} \times (60 - 20,6) = 229,11 \text{ kWh}/\text{dia}$.

Calculo da área coletora:

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) \times FC_{\text{instl.}} \times 4.901}{PMDEE \times I_g} \quad [3.4]$$

A_{coletora} é a área coletora em m^2 ;

I_g é o valor da irradiação Global média anual para o local de instalação ($\text{kWh}/m^2.\text{dia}$);

$E_{\text{útil}}$ é energia útil em kWh/dia;

E_{perdas} é a somatória das perdas térmicas dos circuitos primário e secundário, em kWh/dia. calculada através da equação.

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \times E_{\text{útil}} \quad [3.5]$$

$$PMDEE = 4,901 \times (Fr_{\alpha} - 0,0249 \times Fr_{UL}) \quad [3.6]$$

Fr_{α} é o coeficiente de ganho do coletor solar (adimensional);

Fr_{UL} é o coeficiente de perdas do coletor solar (Adimensional).

$Fr_{\alpha} = 0,76$;

$Fr_{UL} = 5,97$.

A tabela 3.1 mostra os dados do Inmetro para coletores solares

Tabela 3.1 – Tabelas de consumo/Eficiência energética

08/09/2015 APLICAÇÃO: BANHO												
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10	11
FABRICANTE	MARCA	MODELO	PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO		ÁREA EXTERNA DO COLETOR (m²)	PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL DE ENERGIA		EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIA (%)	CLASSIFICAÇÃO	MATERIAL SUPERFÍCIE ABSORVEDORA	Fr(10)h	FrUL
			(kPa)	(mca)		Por Coletor (kWh/mês)	Por m² (Específica) (kWh/mês.m²)					
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	BOSCH	FCB-1S	600,0	61,2	2,08	172,9	83,1	59,4	A	COBRE	0,719	4,118
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	BOSCH	FCC-1S	600,0	61,2	2,08	182,8	87,9	62,6	A	COBRE	0,740	3,868
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	BOSCH	FC224-2V	600,0	61,2	2,37	213,2	90,0	64,2	A	ALUMINIO	0,750	4,030
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	BOSCH	FCC220-2V	600,0	61,2	2,08	177,1	85,1	61,0	A	ALUMINIO	0,75	4,59
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC 10 EVOLUTION	400,0	40,8	1,00	78,9	78,9	57,1	A	ALUMINIO	0,71	5,92
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC 10 EVOLUTION PRO	400,0	40,8	1,00	84,2	84,2	60,8	A	ALUMINIO	0,76	5,97
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC 20 EVOLUTION PRO	400,0	40,8	2,00	168,5	84,2	60,8	A	ALUMINIO	0,76	5,97
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC 15 EVOLUTION	400,0	40,8	1,50	118,4	78,9	57,1	A	ALUMINIO	0,71	5,92
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC 15 EVOLUTION PRO	400,0	40,8	1,50	126,4	84,2	60,8	A	ALUMINIO	0,76	5,97
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC 20 EVOLUTION	400,0	40,8	2,00	157,8	78,9	57,1	A	ALUMINIO	0,71	5,92
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC10C	400,0	40,8	1,00	84,1	84,1	60,0	A	COBRE	0,744	5,825
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC15C	400,0	40,8	1,50	126,2	84,1	60,0	A	COBRE	0,744	5,825
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC18HIS	400,0	40,8	1,80	151,6	84,2	60,8	A	ALUMINIO	0,760	5,470
BOSCH TERMOTECNOLOGIA	HELIOTEK	MC20C	400,0	40,8	2,00	168,2	84,1	60,0	A	COBRE	0,744	5,825

Fonte: Inmetro - <http://www.inmetro.gov.br>

$$PMDEE = 4,901 \times (0,76 - 0,0249 \times 5,97) = 2,996$$

$F_{CInstal}$ é o fator de correção para inclinação e orientação do coletor solar dado pela equação:

(para $15^\circ < \beta < 90^\circ$)

$$FC_{Instal} = \frac{1}{1 - [1,2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{otimo})^2 + 3,5 \times 10^{-3} \times \alpha^2]} \quad [3.7]$$

(para $\beta \leq 15^\circ$)

$$FC_{Instal} = \frac{1}{1 - [1,2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{otimo})^2]} \quad [3.8]$$

β é o ângulo de inclinação do coletor em relação ao plano horizontal em graus;

β_{otimo} é a inclinação ótima do coletor para o local de instalação em graus;(sugere-se que seja adotado o valor de módulo da latitude local $+10^\circ$);

α é o ângulo de orientação dos coletores solares em relação ao norte geográfico em graus;

As placa serão colocadas com suportes o que facilita o posicionamento e a inclinação:

$$\alpha = 0$$

$$\beta = 33^\circ, \text{ favorece o período de inverno.}$$

(para $15^\circ < \beta < 90^\circ$)

$$FC_{instal} = \frac{1}{1 - [1,2 \times 10^{-4} - 4 \times (33 - 33)^2 + 3,5 \times 10^{-8} \times 0^2]} = 1 \quad [3.9]$$

$I_g = 4,61 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia};$

A figura 3.3 mostra os dados de insolação obtidos no CRESESB

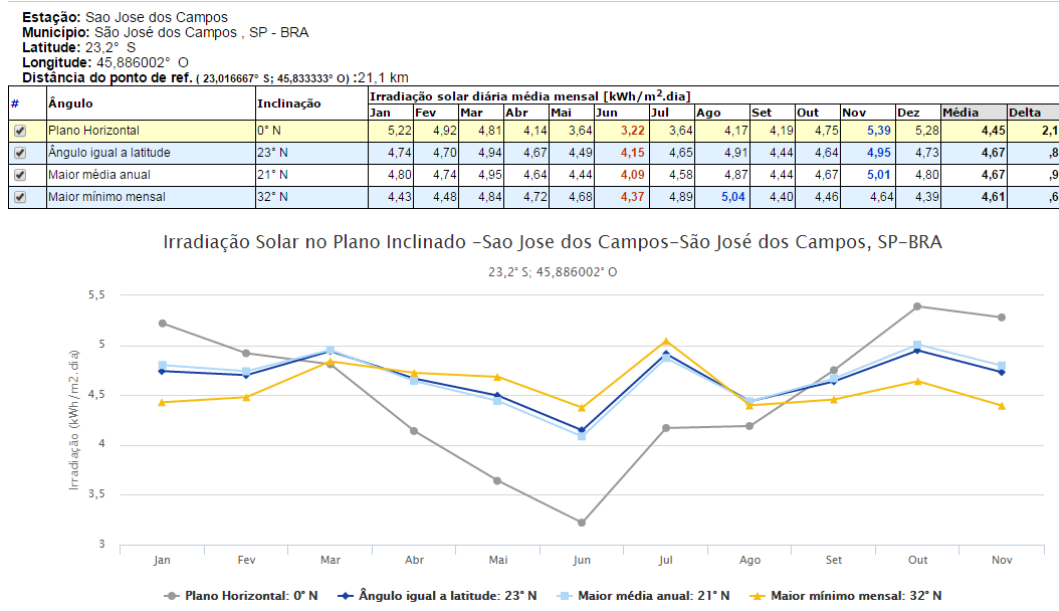


Figura 3.3 – Irradiação solar no plano inclinado

Fonte: CRESESB Site: <http://www.cresesb.cepel.br>

$E_{\text{útil}} = 229,11 \text{ kWh/dia};$

$E_{\text{perdas}} = 34,37 \text{ kWh/dia};$

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(229,11 + 34,37) \times 1 \times 4.901}{2,996 \times 4,67} = 92,29 \text{ m}^2. \quad [3.4]$$

Como a placa tem 2 m^2 , serão necessárias 47 placas.

3.1.2. Sombreamento e posição das placas

No estudo de sombreamento foram analisados os períodos de solstícios de verão e inverno e equinócio de primavera e verão que são iguais em termos absolutos para nossa análise de sombreamento. Foi analisada uma distância entre placas para maior eficiência do sistema de aquecimento solar em função do custo, sendo desejável

A figura 3.4 mostra o local onde serão colocadas as placas.



Figura 3.4 – Fotografia do local onde serão colocadas as placas

OBS: Estas piscinas não serão aquecidas.

A figura 3.5 mostra uma vista aérea onde serão colocadas as placas



Figura 3.5 – Fotografia vista aera do local onde serão colocadas as placas

A figura 3.6 mostra o esquema utilizado para o calculo de sombreamento.

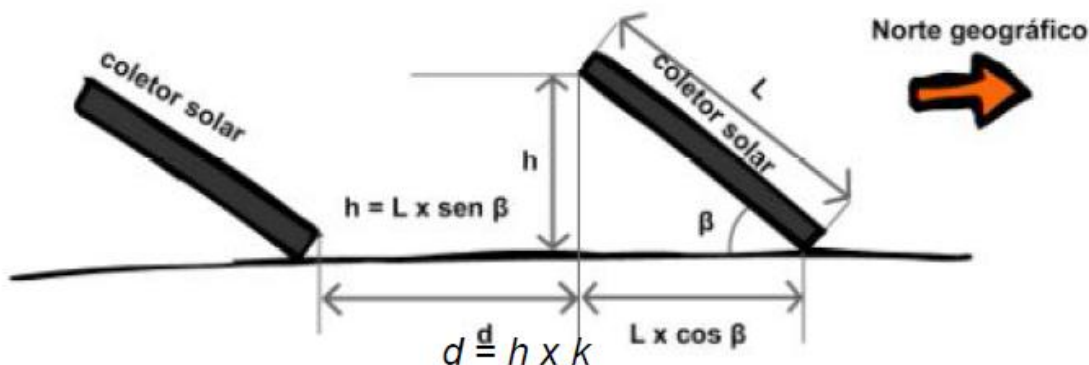


Figura 3.6 – Esquema para calculo de sombreamento

Fonte: ABRAVA – Curso ministrado pela Abrava

3.1.2.1.Solstício de inverno mês de junho.

Nascer e por do Sol

Dia = 21 , Mês =06 , LO = 45° , L = 46,83° O e $\Phi = 23,01^\circ$ S

$$n = \text{Dia} + ((\text{Mês} - 1) \times 30) + \text{Cor} = 172 \quad [3.10]$$

$$\text{Cor} (\text{Se } 2 < \text{mês} \leq 8) = (\text{Int}(\text{Mês}/2) - 2) = 1 \quad [3.11]$$

$$B = ((360/364) \times (n - 81)) = 90 \quad [3.12]$$

$$E = 9,87 \times \sin(2B) - 7,53 \times \cos(B) - 1,5 \times \sin(B) = -1,5 \quad [3.13]$$

$$\text{CorHora} = (4 \times (LO - L) + E)/60 = -0,147 \quad [3.14]$$

$$\delta = 23,45 \times \sin A, A = (360/365) \times (284 + n) = 23,45^\circ \quad [3.15]$$

$$\cos(\omega_s) = -\tan(\Phi) \times \tan(\delta) = 0,1843 \quad [3.16]$$

$$N (\text{Duração da insolação}) = (2/15) \times \omega_s = 10,584 \quad [3.17]$$

$$\omega_s (\text{Nascer e por do Sol}) = (HS_s - 12) \times 15 \quad [3.18]$$

$$HS_{\text{nasc.}} = |(\omega_s/15) - 12| = 6,7079$$

$$HL_s = HS_s - \text{Cor} = 6,855 \quad [3.19]$$

Nascer do Sol 6° 51' 18"

$$HS_{\text{por}} = (\omega_s/15) + 12 = 17,292 \quad [3.18]$$

$$HL_{\text{por}} = HS_s - \text{Cor} = 17,4391 \quad [3.19]$$

Por do Sol 17° 26' 21"

Calculo do sombreamento matutino indicado na figura 3.7

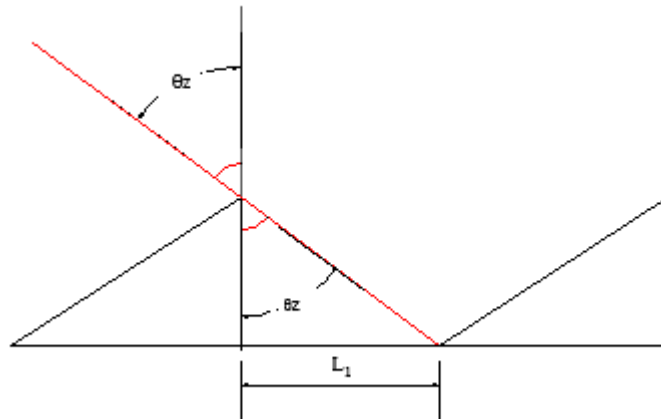


Figura 3.7 – L_1 = distância entre as placas

Para o horário de 7:53 h, foi calculada a distância entre as placas

$$HS = HL - COR \text{ Hora} = 7,733 \quad [3.19]$$

$$W = (HS - 12) \cdot 15 = -64,01^\circ \quad [3.18]$$

$$\cos \theta_z = \sin \delta \times \sin \Phi + \cos \delta \times \cos \Phi \times \cos W = 0,2149 \quad [3.20]$$

$$\theta_z = 77,61^\circ$$

$$L_1 = \text{Tg } \theta_z \cdot H_{\text{Placa}} = \text{Tg } \theta_z \cdot 1,1 = 5,0 \text{ m} \quad [3.21]$$

Conforme figuras 3.8

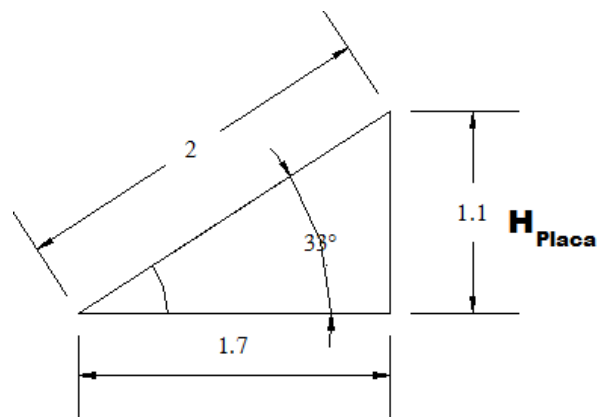
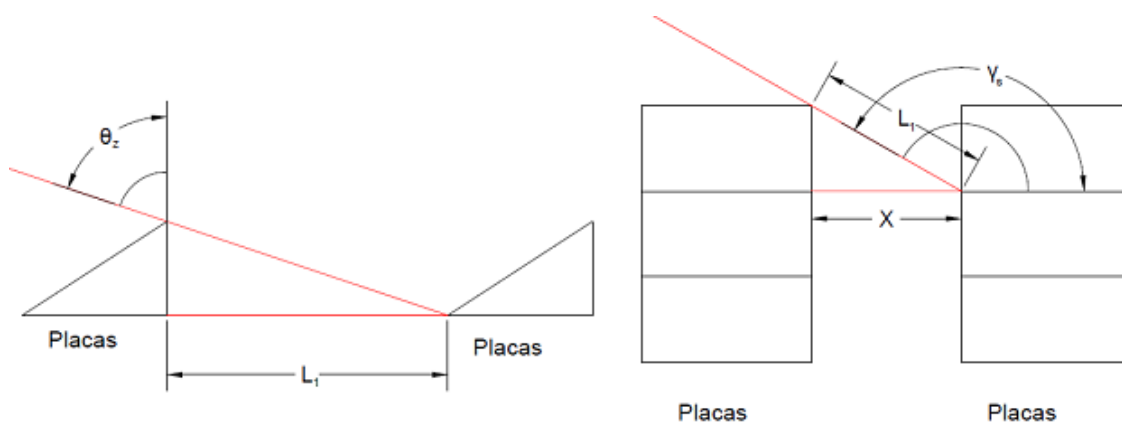


Figura 3.8 – Posição da placa com medidas de projeções

A figura 3.9 mostra o esquema para o calculo da distância X



CORTE

PLANTA BAIXA

Figura 3.9 – X= distância entre placas

$$Y_s = \arccos \left(\frac{\cos \Theta_z \times \sin \Phi - \sin \delta}{\sin \Theta_z \times \cos \Phi} \right) = 122,41^\circ \quad [3.22]$$

$$x = \cos(180 - Y_s) \times L_1 = 2,68 \text{ m} \quad [3.23]$$

Calculo do sombreamento vespertino

Para o horário de 16:24h, foi calcular a distância entre as placas

$$HS = HL - \text{COR Hora} = 16,263 \quad [3.19]$$

$$W = (HS - 12) \times 15 = 63,945^\circ \quad [3.18]$$

$$\cos \Theta_z = \sin \delta \times \sin \Phi + \cos \delta \times \cos \Phi \times \cos W = 0,2152 \quad [3.20]$$

$$\Theta_z = 77,57^\circ$$

$$L_1 = \text{Tg } \Theta_z \times H_{\text{Placa}} = \text{Tg } \Theta_z \times 1,1 = 5,0 \text{ m} \quad [3.21]$$

$$Y_s = \arccos \left(\frac{\cos \Theta_z \times \sin \Phi - \sin \delta}{\sin \Theta_z \times \cos \Phi} \right) = 122,44^\circ \quad [3.22]$$

$$x = \cos(180 - Y_s) \times L = 2,68 \text{ m} \quad [3.23]$$

3.1.2.2. Equinócio de primavera setembro

Nascer e por do Sol

$$\text{Dia} = 21, \text{ Mês} = 09, \text{ LO} = 45^\circ, \text{ L} = 46,83^\circ \text{ O e } \Phi = 23,01^\circ \text{ S}$$

$$n = \text{Dia} + ((\text{Mês} - 1) \times 30) + \text{Cor} = 264 \quad [3.10]$$

$$\text{Cor} (\text{Se mês} > 8) = (\text{Int}(\text{Mês}/2 + 1/2) - 2) = 3 \quad [3.11]$$

$$B = ((360/364) \times (n - 81)) = 180,99 \quad [3.12]$$

$$E = 9,87 \times \sin(2B) - 7,53 \times \cos(B) - 1,5 \times \sin(B) = 7,8954 \quad [3.13]$$

$$\text{CorHora} = (4 \times (LO - L) + E)/60 = 0,0096 \quad [3.14]$$

$$\delta = 23,45 \times \sin A, A = (360/365) \times (284 + n), \delta = -0,202 \quad [3.15]$$

$$\cos(\omega_s) = -\tan(\Phi) \times \tan(\delta) = -0,001 \quad [3.16]$$

$$N \text{ (Duração da insolação)} = (2/15) \times \omega_s = 12,011 \quad [3.17]$$

$$\omega_s \text{ (Nascer e por do Sol)} = (HS_s - 12) \times 15 \quad [3.18]$$

$$HS_{\text{nasc.}} = |(\omega_s/15) - 12| = 5,9943$$

$$HL_s = HS_s - \text{Cor} = 5,9943 \quad [3.19]$$

Nascer do Sol 5° 59' 05"

$$HS_{\text{por}} = (\omega_s/15) + 12 = 18,006 \quad [3.18]$$

$$HL_{\text{por}} = HS_s - \text{Cor} = 17,996 \quad [3.19]$$

Por do Sol 17° 59' 45"

Calculo do sombreamento matutino

Para o horário de 6:53 h, vamos calcular a distância entre as placas

$$HS = HL - \text{COR Hora} = 6,89 \quad [3.19]$$

$$W = (HS - 12) \times 15 = -76,66^\circ \quad [3.18]$$

$$\cos \Theta_z = \sin \delta \times \sin \Phi + \cos \delta \times \cos \Phi \times \cos W = 0,2138 \quad [3.20]$$

$$\Theta_z = 77,655$$

$$L_1 = \text{Tg } \Theta_z \times H_{\text{Placa}} = \text{Tg } \Theta_z \times 1,1 = 5,03 \text{ m} \quad [3.21]$$

$$Y_s = \arccos \left(\frac{\cos \Theta_z \times \sin \Phi - \sin \delta}{\sin \Theta_z \times \cos \Phi} \right) = 95,109^\circ \quad [3.22]$$

$$x = \cos(180 - Y_s) \times L = 0,45 \text{ m} \quad [3.23]$$

Calculo do sombreamento vespertino

Para o horário de 17:06 h, vamos calcular a distância entre as placas

$$HS = HL - \text{COR Hora} = 17,11 \quad [3.19]$$

$$W = (HS - 12) \times 15 = 76,644^\circ \quad [3.18]$$

$$\cos \Theta_z = \sin \delta \times \sin \Phi + \cos \delta \times \cos \Phi \times \cos W = 0,214 \quad [3.19]$$

$$\Theta_z = 77,644^\circ$$

$$L_1 = \operatorname{Tg} \Theta_z * H_{\text{Placa}} = \operatorname{Tg} \Theta_z * 1,1 = 5,02 \text{ m} \quad [3.21]$$

$$Y_s = \arccos \left(\frac{\cos \Theta_z \times \sin \Phi - \sin \delta}{\sin \Theta_z \times \cos \Phi} \right) = 95,114^\circ \quad [3.22]$$

$$x = \cos(180 - Y_s) \times L = 0,45 \text{ m} \quad [3.23]$$

3.1.2.3. Solstício de verão

Nascer e por do Sol

Dia = 21 , Mês = 12 , LO = 45° , L = 46,83° O e $\Phi = 23,01^\circ$ S

$$n = \text{Dia} + ((\text{Mês} - 1) \times 30) + \text{Cor} = 355 \quad [3.10]$$

$$\text{Cor} (\text{Se mês} > 8) = (\text{Int}(\text{Mês}/2 + 1/2) - 2) = 4 \quad [3.11]$$

$$B = ((360/364) \times (n - 81)) = 270,99 \quad [3.12]$$

$$E = 9,87 \times \sin(2B) - 7,53 \times \cos(B) - 1,5 \times \sin(B) = 1,0291 \quad [3.13]$$

$$\text{CorHora} = (4 \times (\text{LO} - \text{L}) + E)/60 = -0,105 \quad [3.14]$$

$$\delta = 23,45 \times \sin A , A = (360/365) \times (284 + n) = -23,45^\circ \quad [3.15]$$

$$\cos(\omega_s) = -\tan(\Phi) \times \tan(\delta) = -0,184 \quad [3.16]$$

$$N (\text{Duração da insolação}) = (2/15) \times \omega_s = 13,416 \quad [3.17]$$

$$\omega_s (\text{Nascer e por do Sol}) = (\text{HS}_s - 12) \times 15 \quad [3.18]$$

$$\text{HS}_{\text{nasc.}} = |(\omega_s/15) - 12| = 5,2921$$

$$\text{HL}_s = \text{HS}_s - \text{Cor} = 5,3969 \quad [3.19]$$

Nascer do Sol 5° 23' 49"

$$\text{HS}_{\text{por}} = (\omega_s/15) + 12 = 18,708 \quad [3.18]$$

$$\text{HL}_{\text{por}} = \text{HS}_s - \text{Cor} = 18,813 \quad [3.19]$$

Por do Sol 18° 48' 47"

Calculo do sombreamento matutino

Para o horário de 6:22h, vamos calcular a distância entre as placas

$$HS = HL - \text{COR Hora} = 6,265 \quad [3.19]$$

$$W = (HS - 12) \cdot 15 = -86,02^\circ \quad [3.18]$$

$$\cos \Theta_z = \sin \delta \times \sin \Phi + \cos \delta \times \cos \Phi \times \cos W = 0,2142 \quad [3.20]$$

$$\Theta_z = 77,633^\circ$$

$$L_1 = \text{Tg } \Theta_z \cdot H_{\text{Placa}} = \text{Tg } \Theta_z \cdot 1,1 = 5,02 \text{ m} \quad [3.21]$$

$$Y_s = \arccos \left(\frac{\cos \Theta_z \times \sin \Phi - \sin \delta}{\sin \Theta_z \times \cos \Phi} \right) = 69,543^\circ \quad [3.22]$$

$$x = \cos(180 - Y_s) \times L = 1,75 \text{ m} \quad [3.23]$$

Calculo do sombreamento vespertino

Para o horário de 17:50h, vamos calcular a distância entre as placas

$$HS = HL - \text{COR Hora} = 17,735 \quad [3.19]$$

$$W = (HS - 12) \cdot 15 = 86,027^\circ \quad [3.18]$$

$$\cos \Theta_z = \sin \delta \times \sin \Phi + \cos \delta \times \cos \Phi \times \cos W = 0,2141 \quad [3.20]$$

$$\Theta_z = 77,637^\circ$$

$$L_1 = \text{Tg } \Theta_z \cdot H_{\text{Placa}} = \text{Tg } \Theta_z \cdot 1,1 = 5,02 \text{ m} \quad [3.21]$$

$$Y_s = \arccos \left(\frac{\cos \Theta_z \times \sin \Phi - \sin \delta}{\sin \Theta_z \times \cos \Phi} \right) = 69,54^\circ \quad [3.22]$$

$$x = \cos(180 - Y_s) \times L = 1,75 \text{ m} \quad [3.23]$$

A duração da insolação no solstício de inverno é de 10 horas e 58 minutos o nascer do sol é as 6 horas e 51 minutos, por causa do sombreamento a insolação nas placas começa as 7 horas e 53 minutos, uma perda de 62 minutos no período matutino. O por do sol é 17 horas e 26 minutos, o sombreamento nas placas começa 16 horas e 24 minutos, uma perda de 62 minutos no período vespertino.

A duração da insolação no solstício de verão é de 13 horas e 42 minutos o nascer do sol é as 5 horas e 23 minutos, por causa do sombreamento a insolação nas placas começa as 6 horas e 22 minutos, uma perda de 59 minutos no período matutino. O por do sol é 18 horas e 49 minutos e o sombreamento nas placas começa 17 horas e 50 minutos, uma perda de 59 minutos no período vespertino.

A duração da insolação no equinócio de primavera e outono são iguais é de 12 horas o nascer do sol é as 5 horas e 59 minutos, por causa do sombreamento a inso

lação nas placas começa as 6 horas e 53 minutos, uma perda de 54 minutos no período matutino. O por do sol é 17 horas e 59 minutos e o sombreamento nas placas começa 17 horas e 6 quatro, uma perda de 53 minutos no período vespertino.

O pior caso é no solstício de inverno com uma perda de 2 horas e 4 minutos diárias de insolação.

3.1.3 Fator de correção

Para compensação das perdas diária por causa do sombreamento, foi adotado um fator de correção.

O fator de correção foi calculado considerando o pior caso que é a perda de duas horas de insolação diárias por placa, está-se utilizando neste trabalho a distribuição horária dada por Emerson Gonçalves de Melo feita para cidade de São Paulo, que para efeito de porcentual está se admitindo válida para a cidade de Itatiba/SP, a tabela 3.2 dados de irradiação diária medidos no dia 05/04/2012 no laboratório fotovoltaico da Universidade de São Paulo, -23,556936° de latitude e -46,730765° de longitude, dados coletados através de um piranômetro .Foi utilizado os dados da coluna I_T irradiação global horária em plano inclinado, inclinação de 23°.

Tabela 3.2 – Dados de irradiação horária medidos no dia 05/04/2012

Hora	I (kWh/m ²)	I _b (kWh/m ²)	I _T (kWh/m ²)	I _{TC} (kWh/m ²)	F _{sh} Célula
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,031	0,023	0,025	0,011	0,548
7	0,136	0,098	0,122	0,059	0,514
8	0,342	0,121	0,341	0,123	0,639
9	0,604	0,074	0,646	0,540	0,164
10	0,759	0,074	0,837	0,829	0,010
11	0,818	0,119	0,922	0,848	0,080
12	0,827	0,117	0,965	0,865	0,103
13	0,696	0,156	0,833	0,768	0,078
14	0,647	0,116	0,804	0,703	0,126
15	0,352	0,147	0,420	0,245	0,417
16	0,277	0,094	0,367	0,080	0,782
17	0,029	0,017	0,036	0,017	0,525
18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	5,518	1,156	6,318	5,089	0,195

Fonte : Dissertação de Emerson Gonçalves de Melo.

A insolação na placa começa as 7 horas e 51 minutos, da tabela 6h perda total $0,0025 \text{ kWh/m}^2$ e 7h perda parcial (51/60) de $0,122 \text{ kWh/m}^2$. O sombreamento começa as 16 horas e 23 minutos, da tabela 17h perda total $0,036 \text{ kWh/m}^2$ e 16h perda parcial (27/60) de $0,367 \text{ kWh/m}^2$.

$$\text{Perda}_T = 0,025 + 0,036 + 0,122 \cdot (51/60) + 0,367 \cdot (27/60) = 0,330 \text{ kWh/m}^2$$

$$\text{Irradiação}_T = 6,318 \text{ kWh/m}^2$$

$$\text{Perda} = 0,330/6,318 = 5,22\%$$

será adotar um fator de correção de 5% $\Rightarrow 1,05$ para o sombreamento.

$$A_{\text{coletora}} = 92,29 \cdot 1,05 = 96,90 \text{ m}^2$$

$$\text{Numero de placas} = 96,9 / 2 = 48,45 = 49 \text{ Placas.}$$

3.1.4. Posição do norte geográfico

A figura 3.10 mostra procedimento utilizado para posicionamento para o norte geométrico no local onde serão instalados os coletores.

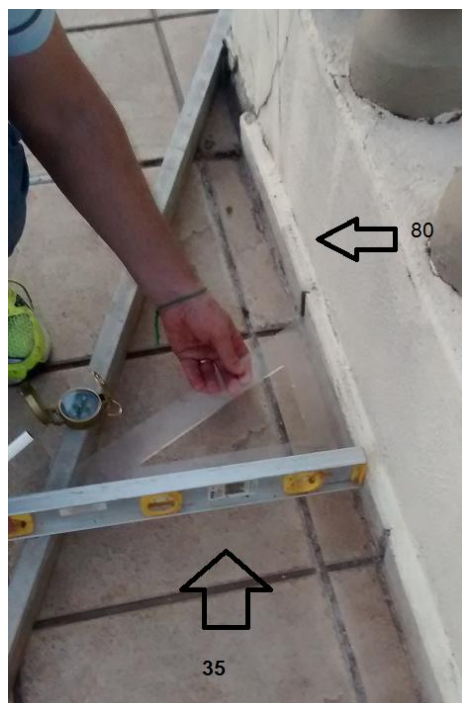


Figura 3.10 – Procedimento para obtenção do norte geográfico

O cateto oposto com 80 cm, cateto adjacente com 35 cm aplicando o teorema de Pitágoras obtem-se o ângulo de $66,4^\circ$ que é o norte magnético, fazendo a correção para o norte geométrico obtem-se $47,4^\circ$, demonstrado na figura 3.11



Figura 3.11 – Posição do Norte Geográfico e Norte Magnético

Com os dados levantados pode posicionar os raios solares com a posição das placas com a distância de 5 metros entre suas baterias. Verificou que a zona de sombreamento será em uma placa em cada bateria que tem seis placas, ou seja 1/6. O fator de correção que foi calculada em 5% passa para 0,83 e arredondar para 1% .

$$A_{\text{coletora}} = 92,29 * 1,01 = 93,21\text{m}^2$$

Numero de placas = $93,2 / 2 = 46,6 = 47$ Placas, vamos adotar 48 Placas

A figura 3.12 mostra o sentido dos raios solares na passagem meridiana.

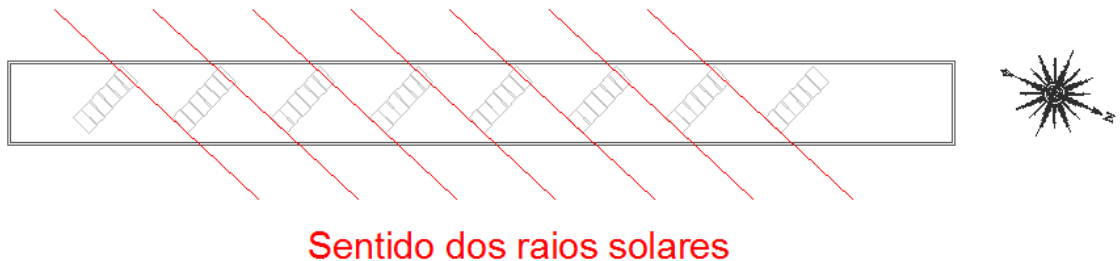


Figura 3.12 – Sentido do raios solares na passagem meridiana

3.1.5. Isolamento térmico

Possuirá um isolamento térmico para minimizar as perdas térmicas. A figura 3.13 mostra as espessuras de isolamento recomendados.

Isolamento térmico

Isolamento Térmico - Polietileno Expandido	
Diâmetro da tubulação (mm)	Espessura do Isolamento (mm)
$D \leq 22$	5
$22 < D \leq 66$	10
$D > 66$	20

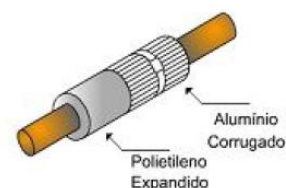
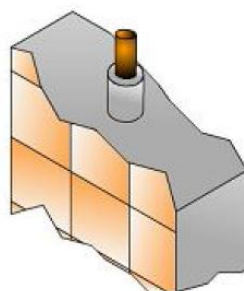


Figura 3.13 – Isolamento térmico

Fonte : ABRAVA - <http://www.abrava.com.br>

Foi utilizado no dia 10/10/2015 um simulador para dimensionamento das perdas térmicas da empresa Polipex conforme mostrado na figura 3.14.

O simulador Polipex apresenta uma interface com uma barra lateral de navegação contendo ícones para: Perda de Calor, Tubo de Cobre, Parâmetros, Idioma (língua) e Informação. O menu principal está configurado para 'Tubo de polietileno expandido Polipex'. Os parâmetros de entrada são: Temperatura do Fluido Interno (60 °C / 140 °F), Temperatura Ambiente (24 °C / 75,2 °F), Diâmetro externo do tubo (42 mm / 1 5/8 polegada) e Espessura do Material (10 mm). A distância é definida como 30 metros. Os resultados calculados são: Condutividade Térmica (0,038 W/mK), Coeficiente de Transferência de Calor Superficial (10,0 W/m²K), Temperatura Superficial (32,7 °C), Perda de Calor sem isolamento (47,5 W/m), Perda de Calor com isolamento (16,9 W/m), Economia (64% / 30,61 W/m), Economia (Horas: 24, Dias: 30, Metros: 30) com Gás Natural (68,25 m³) ou Óleo Combustível (54,27 litros) ou Eletricidade (661,24 kWh). A interface também inclui uma barra de zoom e o texto 'Português 4.0.0'.

Figura 3.14 – Dimensionamento do isolante térmico

Fonte : Polipex - <http://www.polipex.com>

Com base nos dados anteriores tem-se uma perda térmica de 16,9W/m. A tubulação possui 31m que portanto uma perda de 523,9W, perda de 0,02% da potência do sistema.

No trecho que sai do reservatório térmico e vai para os vestiários Foi utilizada tubulações com isolamento térmico.

Um estudo realizado com um material CPVC (policloreto de vinila clorado) revelou que a temperatura da água para o chuveiro mais distante chegaria a

39,87°C conforme a expressão de calculo fornecida pela empresa Tigre mostrada na figura 3.15.

$$T = \frac{(69,67 \times Q \times Ti) - [F/2 \times L \times (Ti - 2 \times Tamb)]}{F/2 \times L + 69,67 \times Q}$$

SÍMBOLO	GRANDEZA
T	Temperatura ponto de consumo
Ti	Temperatura do aquecedor
Tamb	Temperatura Ambiente
Q	Vazão
F	Fator do Diâmetro
L	Comprimento da Tubulação

[3.24]

Figura 3.15 – Fórmula perda de temperatura

Fonte : Tigre - <http://www.tigre.com.br>

$$T = \frac{(69,67 \times 1,09 \times 60) - ((1,04/2) \times 31 \times (60 - 2 \times 24))}{(1,04/2) \times 31 + 69,67 \times 1,09}$$

T = 39,87°C, pior caso chuveiro mais distante.

Assim optou-se pela utilização de isolamento térmica na tubulação até a entrada dos vestiários . A partir da entrada dos vestiários a tubulação será de CPVC tem-se no chuveiro mais distante o valor dado pela expressão equação

$$T = \frac{(69,67 \times 0,76 \times 60) - ((0,89/2) \times 13 \times (60 - 2 \times 24))}{(0,89/2) \times 13 + 69,67 \times 0,76}$$

T = 53,25°C, pior caso chuveiro mais distante.

3.1.6. Sistemas de Aquecimento Solar adotado.

3.1.6.1. Circuito primário forçado

A figura 3.16 mostra o circuito primário forçado adotado

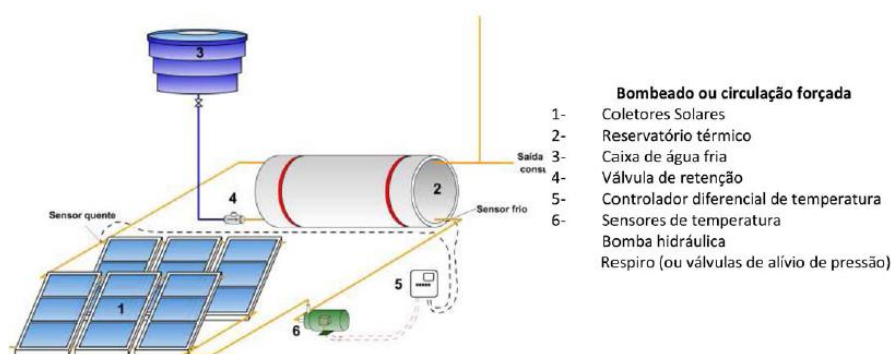


Figura 3.16 – SAS com circuito primário com circulação forçada

Fonte: Apostila Energia Solar II - USP

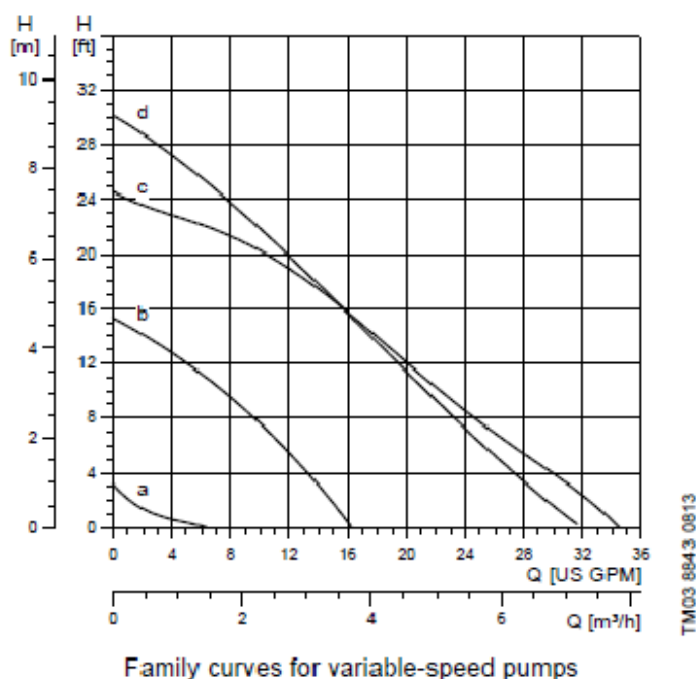
Calculo da bomba de circulação.

Vazão por placa 70L/h

$$V = \text{Vazão} \times \text{n}^\circ \text{ placas} = 70 \times 48 = 3.360\text{L/h.} \quad [3.25]$$

Bomba circuladora Grundfos. A figura 3.17 tem-se a família das curvas.

As placas e o reservatório estão no mesmo nível, desta forma as curvas b, c e d atende a vazão necessária de 3.360L/h ou 3,36 m³ /h. Foi adotado a curva b UP 15-42F/VS



Pos.	Description
a	Min. curve for all models
b	Max. UP 15-42 F/VS
c	Max. UP 26-64 F/VS
d	Max. UP 26-96 F/VS

Figura 3.17 – Curvas características das famílias das bombas

Fonte: Grundfos - <http://br.grundfos.com>

3.1.6.2. Circuito secundário pressurizado e recirculação de prumada.

O sistema de aquecimento solar vai ser pressurizado com recirculação de prumada. Conforme figura 3.18

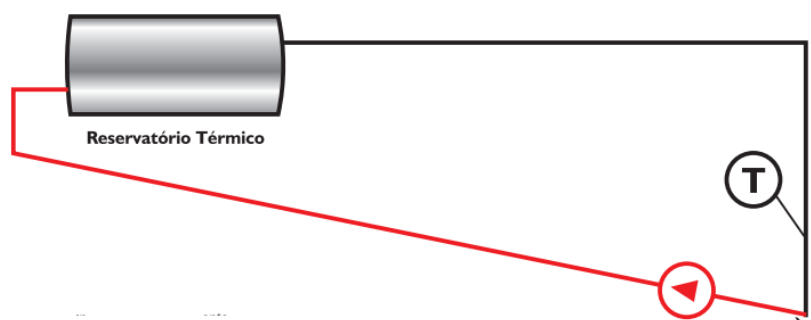


Figura 3.18 – SAS com circuito secundário com recirculação de prumada
Fonte: Energia Solar na TV - www.esntv.com.br

O sistema pressurizado mantém a vazão constante para o usuário.

A recirculação da prumada é necessária devido ao desperdício de água fria e ao tempo de demora em chegar a água quente ao chuveiro. Se considerarmos o pior caso, o chuveiro mais distante teremos 31m de tubulação de 34mm e 13m de tubulação de 23mm, tem-se :Comp. Tubulação x Vol. Retido [3.26]

$$31 \times 0,89 + 13 \times 0,34 = 32 \text{ litros na tubulação}$$

A vazão do chuveiro é de 4,2L/minuto

$$32/4,2 = 7,6 \text{ minutos para escoar a água fria}$$

A figura 3.19 mostra o volume de água retido na tubulação

Volume de água dos tubos de cobre classe E	
Diâmetro Nominal (mm)	Volume retido em litros por metro de tubo
15	0,15
22	0,34
28	0,56
35	0,89
42	1,28

Figura 3.19 – volume de água retido na tubulação por diâmetro nominal
Fonte: Energia Solar na TV - www.esntv.com.br

3.1.6.3. Vista planta isométrica e planta baixa.

Na alimentação da água fria foi feito o equilíbrio hidráulico, a última bateria foi alimentada primeiro para compensar a saída da água quente que ficou a última a alimentar o sistema conforme figura 3.20

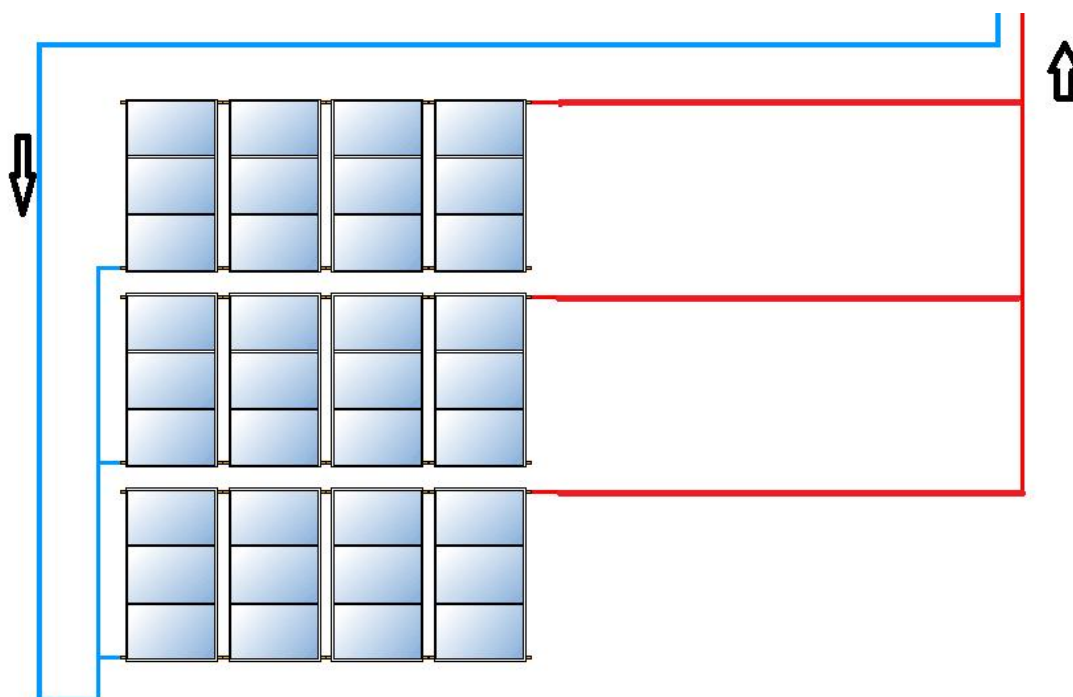


Figura 3.20 – Equilíbrio hidráulico

A figura 3.21 mostra vista isométrica do vestiário

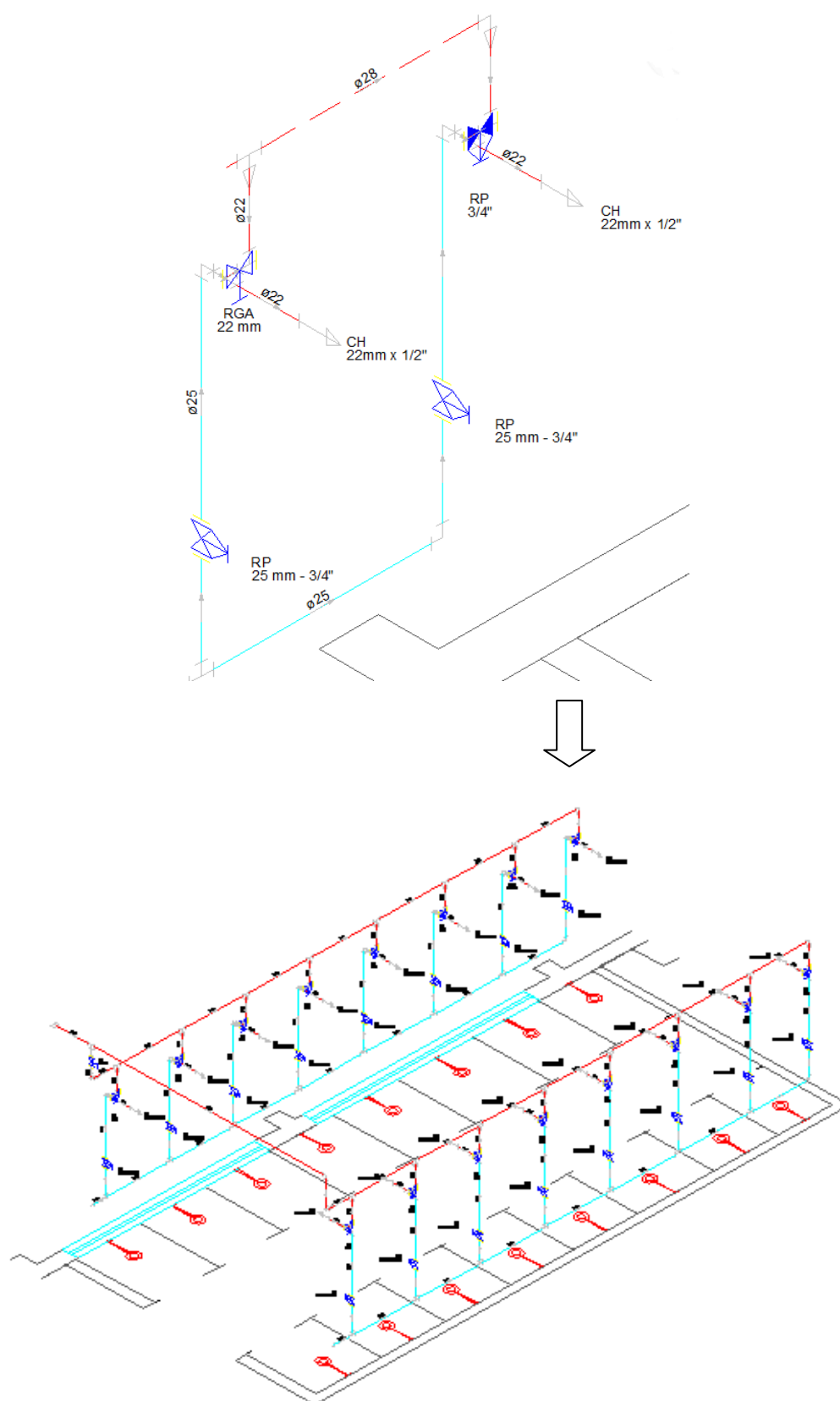


Figura 3.21 – Vista isométrica do vestiário

A posição dos vestiários com os chuveiros elétricos, a alimentação de água quente AQ-1 e recirculação da prumada AQ-2 estão representadas na figura 3.22.

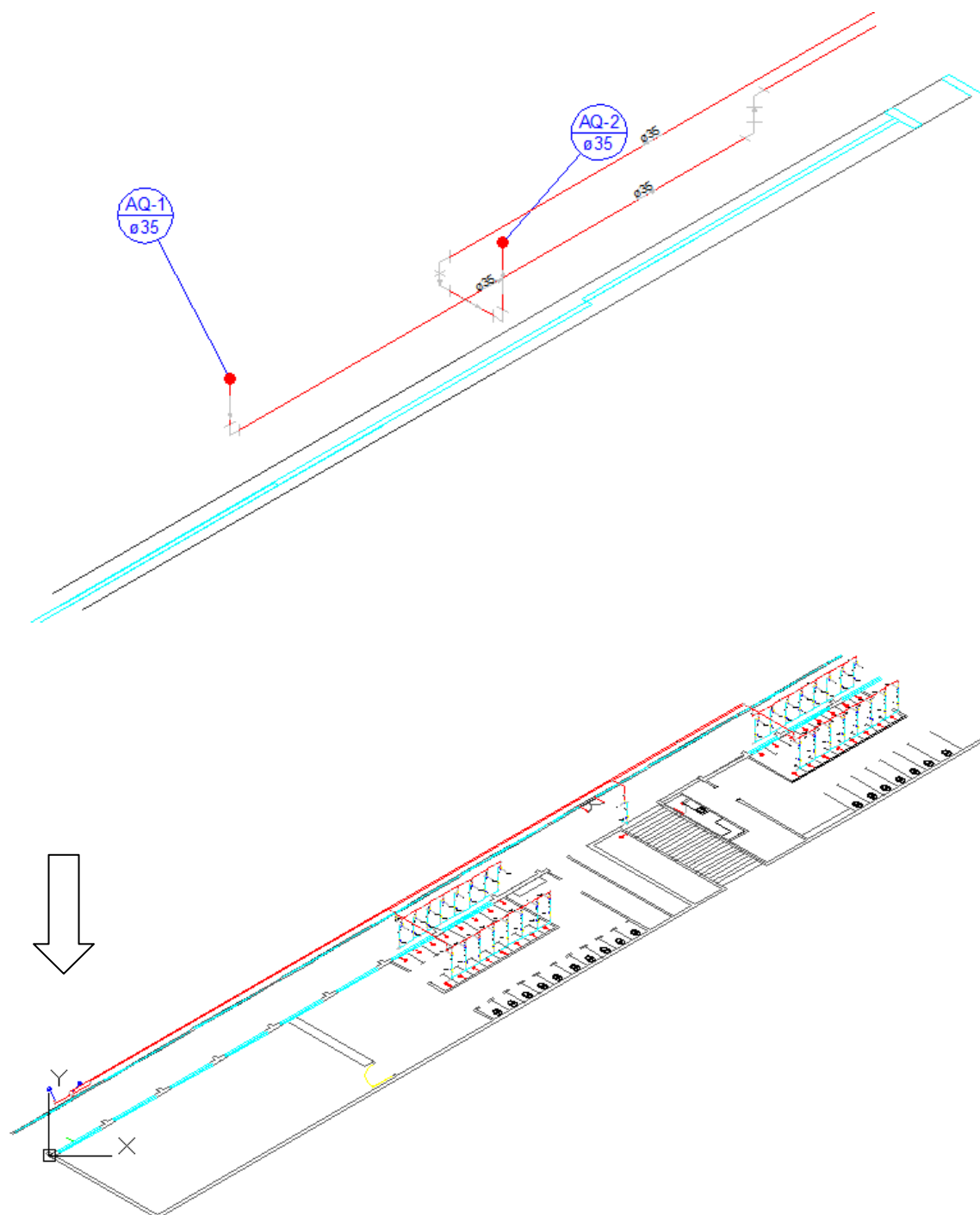


Figura 3.22 – Planta baixa do pavimento térreo
Fonte: Software Alto Qi QiBuilder hidrosanitário

A figura 3.23 mostra a posição do reservatório e dos coletores solares.

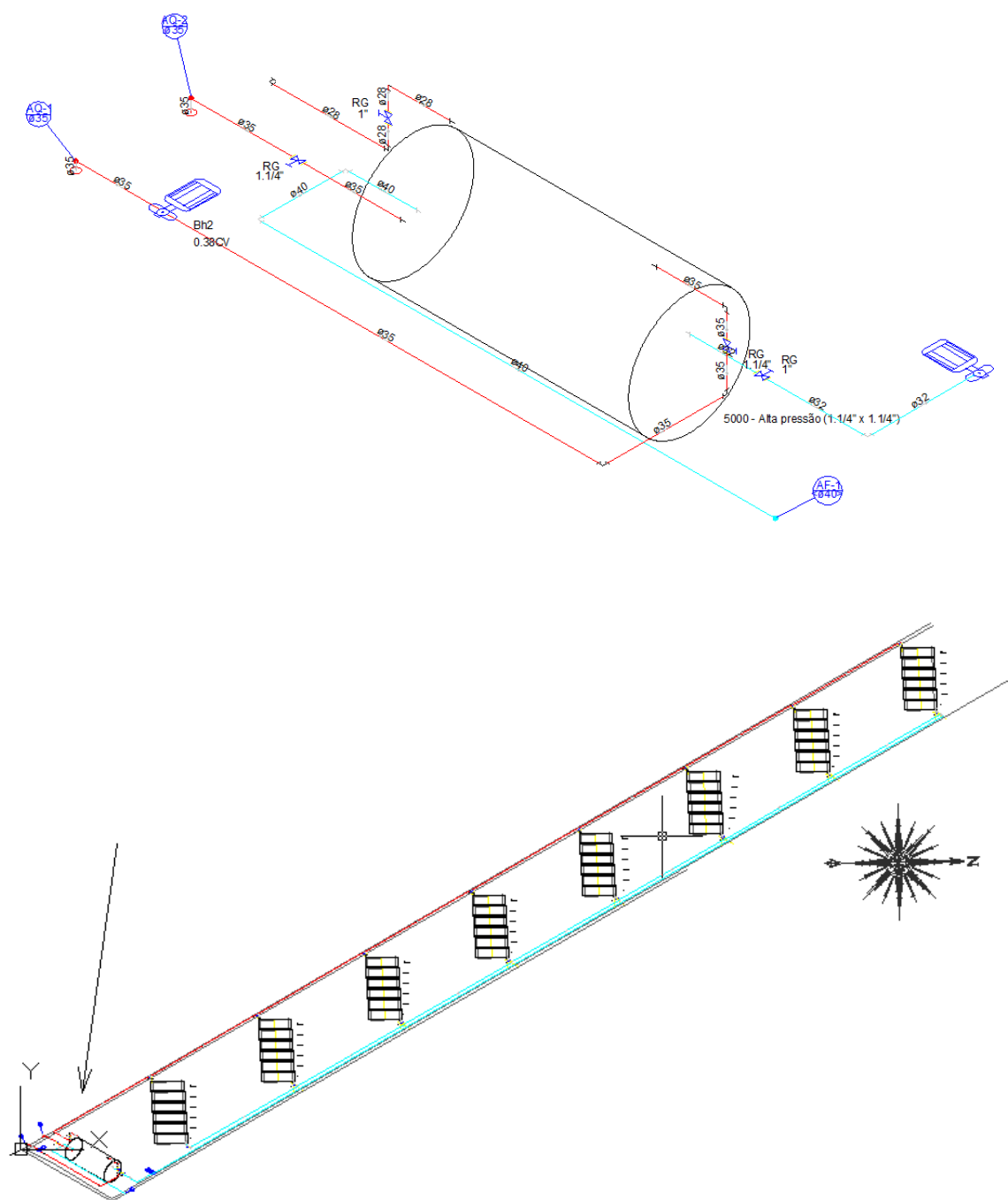


Figura 3.23 – Planta baixa pavimento cobertura, posição placas e reservatório

Fonte: Software Alto Qi QiBuilder hidrossanitário

Na tabela 3.2 temos os resultado dos cálculos de pressões, velocidade e vazão para o chuveiro mais distante, calculado a através do Software Alto Qi QiBuilder hidrossanitário.

Conexão analisada

Chuveiro Ducha - 22mm x 1/2" (CPVC Aquatherm)

Pavimento Térreo, Detalhe H1

Energia solar em centro esportivo no município de Itatiba-SP

Nível geométrico: 2.10 m

Processo de cálculo: Universal

Tomada d'água:

Tomada d'água - saída de caixa d'água - 42mm (Cobre)

Nível geométrico: 10.90 m

Pressão inicial: 0.00 m.c.a.

Tabela 3.3 – Pressões, velocidades e vazões

Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Conduto	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	1.09	34	1.22	0.90	1.00	1.90	0.0487	0.09	10.90	0.00	0.00	-0.09
2-3	1.09	34	1.22	0.40	3.20	3.60	0.0487	0.18	10.90	0.40	0.31	0.13
3-4	1.09	34	1.22	0.50	0.70	1.20	0.0487	0.06	10.50	0.50	0.63	0.57
4-5	1.09	34	1.22	1.49	3.20	4.69	0.0487	0.23	10.00	0.00	0.57	0.35
5-6	1.09	34	1.22	5.28	3.20	8.48	0.0487	0.41	10.00	0.00	0.35	-0.07
6-7	1.09	34	1.22	1.06	0.00	1.06	0.0487	0.05	10.00	0.00	0.07	-0.12
7-8	1.09	34	1.22	0.10	3.20	3.30	0.0487	0.16	10.00	0.10	0.02	-0.18
8-9	1.09	34	1.22	3.15	0.10	3.25	0.0487	0.16	9.90	3.15	2.97	2.81
9-10	1.09	34	1.22	3.50	0.10	3.60	0.0487	0.18	6.75	3.50	6.31	6.14
10-11	1.09	34	1.22	0.25	0.10	0.35	0.0487	0.02	3.25	0.25	6.39	6.37
11-12	1.09	34	1.22	2.67	3.20	5.87	0.0487	0.29	3.00	0.00	6.37	6.08
12-13	1.09	34	1.22	0.23	1.00	1.23	0.0487	0.06	3.00	0.00	6.08	6.02
13-14	1.09	34	1.22	22.33	1.00	23.33	0.0487	1.14	3.00	0.00	6.02	4.89
14-15	0.78	34	0.88	16.75	2.20	18.95	0.0271	0.51	3.00	0.00	4.89	4.37
15-16	0.76	34	0.85	9.90	2.20	12.10	0.0257	0.31	3.00	0.00	4.37	4.06
16-17	0.76	29	1.19	0.59	4.60	5.19	0.0572	0.19	3.00	0.00	4.06	3.87
17-18	0.54	29	0.84	3.13	1.50	4.63	0.0311	0.14	3.00	0.00	3.87	3.73
18-19	0.54	29	0.84	0.50	2.00	2.50	0.0311	0.08	3.00	0.50	4.23	4.15
19-20	0.54	23	1.29	0.45	0.00	0.45	0.0861	0.04	2.50	0.00	4.15	4.11
20-21	0.50	23	1.21	1.12	0.90	2.02	0.0766	0.15	2.50	0.00	4.11	3.96
21-22	0.46	23	1.12	1.12	0.90	2.02	0.0669	0.14	2.50	0.00	3.96	3.82
22-23	0.42	23	1.02	1.06	0.90	1.96	0.0570	0.11	2.50	0.00	3.82	3.71
23-24	0.38	23	0.91	1.02	0.90	1.92	0.0469	0.09	2.50	0.00	3.71	3.62
24-25	0.33	23	0.79	1.04	0.90	1.94	0.0364	0.07	2.50	0.00	3.62	3.55
25-26	0.27	23	0.65	1.02	0.90	1.92	0.0256	0.05	2.50	0.00	3.55	3.50
26-27	0.20	23	0.48	0.97	0.90	1.87	0.0154	0.03	2.50	0.00	3.50	3.47
27-28	0.20	18	0.79	0.40	3.10	3.50	0.0490	0.07	2.50	0.40	3.87	3.81
28-29	0.20	18	0.79	0.04	0.50	0.54	0.0490	0.03	2.10	0.00	3.81	3.78
29-30	0.20	18	0.79	0.06	0.20	0.26	0.0490	0.01	2.10	0.00	3.78	3.77
30-31	0.20	18	0.79	0.31	2.40	2.71	0.0490	0.13	2.10	0.00	3.77	3.63
31-32	0.20	18	0.79	0.00	1.20	1.20	0.0490	0.06	2.10	0.00	3.63	3.58

Situação: Pressão suficiente

A pressão mínima necessária é de 1 m.c.a. a tabela 3.3 mostra as pressões inicial , as perdas e a pressão dinâmica

Tabela 3.4 - Pressões estática inicial, perda de carga e pressão dinâmica

Pressões (m.c.a.)			
Estática inicial	Perda de carga	Dinâmica disponível	Mínima necessária
8.80	5.22	3.58	1.00

3.1.7. Payback

Foi realizada uma análise de custos para investimento do sistema de aquecimento solar mostrada na tabela 3.6.

Tabela 3.5 – Análise de custo

Proposta Aquecedor Solar Alta Pressão Heliotek – Bosch			
Produto	Qtde	Valor Unit	Total Item
MKG 5.000 AP (Aço 316- Para água de poço)	1	R\$ 40.690,99	R\$ 40.690,99
MC Evolution Pró 20 - (Absorvedor com chapa única de alumínio, solda por ultrassom em cobre - Maior eficiência e durabilidade com vidro temperado) - Classificação "A" do INMETRO	48	R\$ 1.000,75	R\$ 48.036,00
Kit Solar BP(MO)	1	R\$ 1.729,90	R\$ 1.729,90
Kit Suporte triangular MC20 EVO	48	R\$ 199,22	R\$ 9.562,56
Kit Complementar Circulação Forçada	1	R\$ 232,98	R\$ 232,98
Kit Instalação pressurizador e bypass (MO)	1	R\$ 885,40	R\$ 885,40
Kit recirculação de prumada	1	R\$ 1.757,64	R\$ 1.757,64
Bomba (Microbomba Grundfos UPS15-42F 220V 1F 60)	1	R\$ 571,75	R\$ 571,75
CDT-Anasol (Controlador diferencial de temperatura A)	1	R\$ 196,96	R\$ 196,96
Flange (Conjunto contra-flange em feço 3/4")	1	R\$ 90,15	R\$ 90,15
Misturador externo	36	R\$ 80,00	R\$ 2.880,00
Mão de obra de instalação	1	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00
Pressurizador Inteligente Bosch	1	R\$ 2.700,00	R\$ 2.700,00
Termostato Digital com programador Horário - Tholz	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
TOTAL			R\$ 117.634,33

Valor de investimento – R\$ 117.634,33 á vista

Vamos considerar 80% da potência consumida pelos chuveiros 300 banhos diários com duração de 10 minutos.

10 min. X 300 banh. = 3000 minutos => 3000/60h = 50 horas/dia

50 horas x 30 dias = 1500 horas/ mês

Potência do chuveiro 4.500 W

4500 W x 1500 h = 6.750.000 Wh = 6750 kWh

O clube opera na tarifa Verde A4, tarifa média foi de 0,644

Foi considerado uma fração solar de 0,8 da energia consumida pelos chuveiros

Energia solar em centro esportivo no município de Itatiba-SP

$$\text{Valor} = 6750 \times 0,8 \times 0,644 = \text{R\$ } 3.478,00$$

A tabela 3.6 apresenta os valores de fluxo de caixa(FLC), fluxo de caixa descontado(FLCD) e fluxo de caixa descontado acumulado(FLCA).

Tabela 3.6– Valores do fluxo do caixa

Mês	FLC	FLCD	FLCA	Mês	FLC	FLCD	FLCA
0	-	-	-	25	3.478	2.712	-41.038
1	117.634	117.634	-117.634	26	3.478	2.685	-38.353
2	3.478	3.444	-114.191	27	3.478	2.659	-35.694
3	3.478	3.409	-110.781	28	3.478	2.632	-33.062
4	3.478	3.376	-107.406	29	3.478	2.632	-33.062
5	3.478	3.342	-104.063	30	3.478	2.606	-30.456
6	3.478	3.309	-100.754	31	3.478	2.580	-27.875
7	3.478	3.276	-97.478	32	3.478	2.555	-25.320
8	3.478	3.244	-94.234	33	3.478	2.530	-22.791
9	3.478	3.212	-91.022	34	3.478	2.505	-20.286
10	3.478	3.180	-87.842	35	3.478	2.480	-17.806
11	3.478	3.149	-84.693	36	3.478	2.455	-15.351
12	3.478	3.117	-81.576	37	3.478	2.431	-12.920
13	3.478	3.087	-78.489	38	3.478	2.407	-10.514
14	3.478	3.056	-75.433	39	3.478	2.383	-8.131
15	3.478	3.026	-72.407	40	3.478	2.359	-5.771
16	3.478	2.996	-69.412	41	3.478	2.336	-3.435
17	3.478	2.966	-66.446	42	3.478	2.313	-1.122
18	3.478	2.937	-63.509	43	3.478	2.290	1.168
19	3.478	2.908	-60.601	44	3.478	2.267	3.435
20	3.478	2.879	-57.722	45	3.478	2.245	5.680
21	3.478	2.850	-54.872	46	3.478	2.223	7.902
22	3.478	2.822	-52.050	47	3.478	2.201	10.103
23	3.478	2.794	-49.256	48	3.478	2.179	12.282
24	3.478	2.767	-46.489			2.157	14.439
		2.739	-43.750				

Resultado Financeiro

Payback simples	2 anos e 10 meses
Payback Descontado	3 anos e 6 meses
VPL	R\$ 14.439
TIR(ao mês)	1,5%

3.2. Piscina

3.2.1. Esquema Adotado

Foi dimensionado um sistema de aquecimento solar para a piscina com a configuração Solar assisted – air source heat pump(SA-ASHP) , o sistema de aquecimento solar é instalado em paralelo com a bomba de calor. Quando houver radiação suficiente para atender as perdas térmicas, a bomba de calor é desligada e a piscina é aquecida pelo circuito by-pass da figura 3.24 circuito 9;13;14;15;16 e 17. Na falta de irradiação solar a bomba de calor com aquecedor auxiliar precisa atender a demanda térmica total e a piscina é aquecida pelo circuito 9;10;11;12;16 e 17 da figura 3.24, que mostra a disposição dos componentes na configuração SA-ASHP.

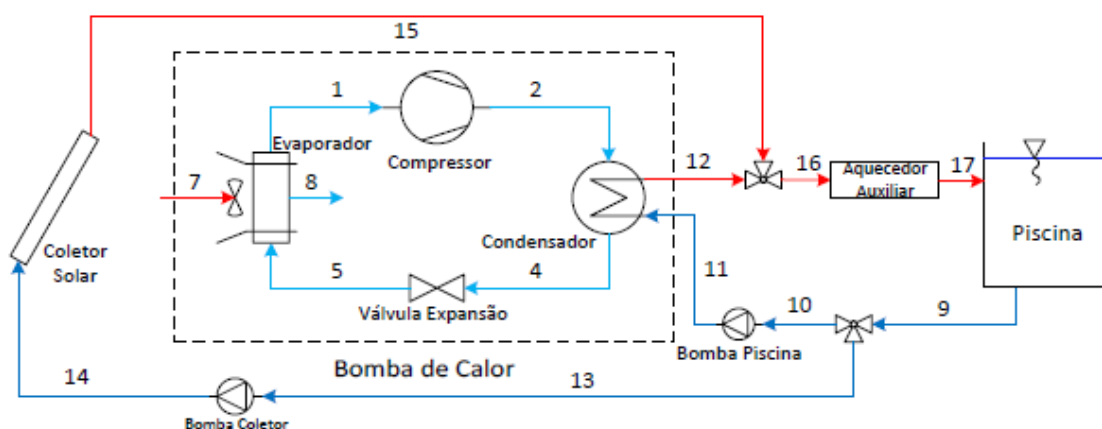


Figura 3.24 – Disposição dos componentes na configuração AS-ASHP
Fonte: Dissertação Allan Ricardo Starke

3.2.2. Temperatura da água da piscina.

Um tema muito controverso, de acordo com ASHRAE(1999a), a temperatura desejada para a água de uma piscina aquecida é de 27°C. mas pode variar de cultura a cultura até 5°C.

O artigo publicado no portal educação física em 28 de março de 2012, os usuários querem a temperatura da piscina mais alta e de outro lado os empresários e profissionais deixam as temperaturas mais baixas, o artigo menciona a consulta feita aos médicos da EEFUEUSP e todos foram unânimes para manter a temperatura mais baixas, há pelo menos dois problemas que podem ser potencializados pela água muito quente: a pressão do nadador pode baixar, o que pode levar a tonturas e até desmaios na hora de sair da água, e as varizes, cuja dilatações podem se agravar. O artigo divide em 5 faixas para o tipo de utilização, a 3ª faixa com temperaturas entre 25°C e 28°C para utilização

de atletas, 4ª faixa com temperatura entre 29°C e 30°C para aluno que abrange 95% dos casos e a 5ª faixa com temperaturas entre 31°C a 32°C para bebês.

A tabela 3.7 baseada na ASHRAE (1999b) define faixas de temperatura de acordo com o tipo de utilização a que se destina.

Tabela 3.7– Faixas de temperatura recomendada conforme utilização pela ASHRAE

Tipo de Utilização da Piscina	Temperatura do Ar Ambiente (°C)	Temperatura da Água da Piscina (°C)	Umidade Relativa Ambiente (%)
Recreativo	24 a 29	24 a 29	50 a 60
Terapêutico	27 a 29	29 a 35	50 a 60
Competição	26 a 29	24 a 28	50 a 60
Salto	27 a 29	27 a 32	50 a 60
Ofurô / Spa	27 a 29	36 a 40	50 a 60

Fonte : Dissertação de Claudio Azer Maluf

Outro ponto favorável para diminuição da temperatura da água da piscina aquecida é a limpeza e manutenção, artigo da raia 1 publicado no dia 05/01/2015 , *“O que acontece é que os microorganismos que se desenvolvem na água da piscina, responsáveis pelo aspecto turvo da piscina e também por causar doenças a nós, seres humanos, tem seu crescimento extremamente favorecido com a elevação da temperatura”*. Gasta mais produtos para desinfetar e manter o ph e alcalinidade.

A economia gerada com a diminuição da temperatura da água da piscina é relatada na dissertação do Claudio Azer Maluf, *“Brambley e Wells(1983) apresentaram em artigo, metodologia para estimativa de taxas de transferência de calor em piscinas cobertas e também para estimar economias de consumo de energia nas piscinas e em seus ambientes. A redução da temperatura da água da piscina mostrou-se a melhor das estratégias, uma vez que a taxa de evaporação da água cai drasticamente. Para uma redução da temperatura da água de 30°C para 27°C, considerando-se que a temperatura do ar ambiente é mantida em constantes 28°C e que sua umidade relativa fica em torno de 60%, a redução na taxa de evaporação é de aproximadamente 94%.Em termos de perdas térmicas globais, a redução chega a 89%”*.

A temperatura da água na piscina do clube é 31,5°C, com base nos dados e artigo exposto a sugestão é diminuir gradativamente a temperatura da água na

piscina até aos 29°C, desta forma tem-se uma economia de 40 á 45% da energia necessária para aquecer a piscina.

3.2.3. Capa térmica.

O uso da capa térmica é outra medida muito importante para economia de energia. A capa diminui as perdas por evaporação. .A figura 3.25 mostra as taxas de transferência de calor considerada no modelo de Auer(1996a).

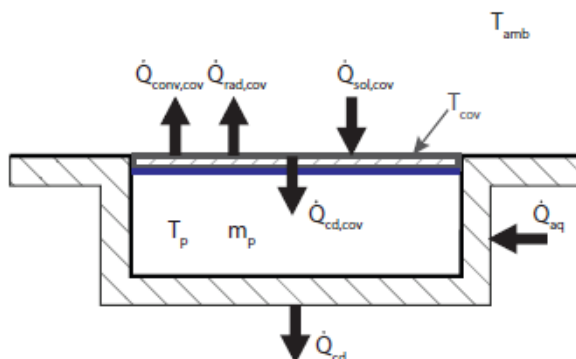


Figura 3.25 – Taxas de transferência de calor na piscina coberta

Fonte – Dissertação Alan Ricardo Starke

T_{amb} – Temperatura ambiente

T_{cov} – Temperatura do topo da cobertura

T_p - Temperatura da piscina

M_p - Massa da piscina

$\dot{Q}_{conv,cov}$ - Taxa de transferência de calor da cobertura por convecção

$\dot{Q}_{rad,conv}$ - Taxa de transferência de calor da cobertura por radiação

$\dot{Q}_{sol,cov}$ – Taxa de transferência de calor da cobertura por radiação de onda curta

$\dot{Q}_{cd,cov}$ – Taxa de transferência de calor por condução pela cobertura da piscina

$\dot{Q}_{aq}$ – Taxa de transferência de calor fornecido pelo sistema de aquecimento

$\dot{Q}_{cd}$ - Taxa de transferência de calor por condução para o solo

A dissertação de Allan Ricardo Starke apresenta o balanço de energia da piscina com e sem capa durante o ano de operação. A piscina analisada não possui cobertura. A piscina fica com a capa térmica coberta das 20 horas as 6 do dia seguinte. Na configuração ASHP obteve-se uma redução aproximadamente de 31% nas perdas térmicas. A tabela 3.8 mostra o balanço energético.

Tabela 3.8 – Balanço energético da piscina com e sem a capa térmica, em termos dos ganhos e perdas térmicas

Cobertura	Q_{perdas} [MWh/ano]	Q_{ganhos} [MWh/ano]
Sem	78,89	79,06
Com	54,54	54,78

Fonte: Dissertação Allan Ricardo Starke

3.2.4. Calculo da área coletora dos coletores solar

Para o calculo das perdas térmicas vamos utilizar a equação de Duffie & Beckman:

$$q_e = P_a [35V + 43(T_p - T_a)^{1/3}] (w_p - w_a) \quad [3.26]$$

V = velocidade do vento (m/s)

P_a = pressão do ar ambiente (kPa)

w_p = relação de umidade de saturação (umidade absoluta em Kg de vapor d'água/ Kg de ar seco)

w_a = relação de umidade do ar ambiente por cima da piscina (umidade absoluta em Kg de vapor d'água/ Kg de ar seco)

T_p = Temperatura da água da piscina

T_a = Temperatura do ar

As perdas de convecção :

$$q_c = q_e \times 0,0006 \left(\frac{T_p - T_a}{w_p - w_a} \right) \quad [3.27]$$

Área da piscina = 335,00 m²

Temperatura média na cidade de Itatiba/SP = 20,6°C

$T_p = 29 + 273 = 302K$

$T_a = 20,6 + 273 = 293,6K$

$P_a = 749 \text{ mmHg} \Rightarrow 99,9 \text{ kPa}$

Considerando a carta psicrométrica para Campinas $P_{atm} = 945 \text{ hPa}$, temos:

T piscina 29°C $\Rightarrow$ Umidade 100% $\Rightarrow w_p = \frac{28g}{Kg} \text{ ar seco}$

T ambiente 20,6°C $\Rightarrow$ Umidade 60% $\Rightarrow w_a = \frac{10g}{Kg} \text{ ar seco}$

A velocidade do vento adotado de $V = 0,1 \text{ m/s}$ com base nos dados coletados pelo Claudio Azer Maluf em sua dissertação. A tabela 3.9 mostra os dados das condições climáticas verificado no ambiente.

Tabela 3.9 – Condições climáticas verificadas no ambiente

Energia solar em centro esportivo no município de Itatiba-SP

Variável	Temperatura do Ar Interna	Umidade Relativa do Ar Interna	Velocidade do Vento Interna	Temperatura do Ar Externa	Umidade Relativa do Ar Externa	Temperatura Interna da Cobertura do Galpão (2)	Temperatura Interna da Cobertura do Galpão (4)
Mínima	14,2 °C	19,0 %	0m/s	7,5 °C	14,1 %	10,4 °C	9,9 °C
Média	21,5 °C	77,8 %	0,07 m/s	17,4 °C	78,7 %	23,8 °C	23,2 °C
Máxima	35,2 °C	100%	1,25m/s	34,1 °C	100%	67,6 °C	65,0 °C

Fonte: Dissertação Claudio Azer Maluf

$$q_e = 99,9[35 \times 0,1 + 43 \times (302 - 293,6)^{1/3}] \times (0,028 - 0,010) \quad [3.26]$$

$$q_e = 154,41 \text{ W/m}^2$$

$$Q_e = 154,41 \times 335 = 51.726,6 \text{ W}$$

Perdas por convecção:

$$q_c = q_e \times 0,0006 \left(\frac{302 - 293,6}{0,028 - 0,010} \right) = 43,23 \text{ W/m}^2 \quad [3.27]$$

$$Q_c = 43,23 \times 335 = 14.483,7 \text{ W}$$

$$E_{\text{útil}} = Q_e + Q_c = 51.726,6 + 14.483,7 = 66.210,3 \text{ W} = 238,4 \text{ MJ/h} \quad [3.28]$$

$$E_{\text{útil}} = 66,2 \text{ kWh/h}$$

Superfície coberta por 10 horas

$$E_{\text{útil}} = 14\text{h} \times 66,2\text{kWh/h} = 926,9 \text{ kWh/dia}$$

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 E_{\text{útil}} = 0,15 \times 926,9 = 139 \text{ kWh/dia} \quad [3.5]$$

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) \times F_{\text{CInstal}} \times 4,901}{\text{PMDEE} \times I_g} \quad [3.4]$$

$$F_{\text{CInstal}} = 1$$

$$\text{PMDEE} = 4,901 \times (0,86 - 0,0249 \times 18,55) = 1,951$$

$$I_g = 4,61 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$$

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(926,9 + 139) \times 1 \times 4,901}{1,951 \times 4,67} = 573,4 \text{ m}^2$$

Foi adotado 80% da área 454m².

3.2.5. Payback.

Foi realizada uma análise de custos para investimento do sistema de aquecimento solar piscina mostrada na tabela 3.10.

Energia solar em centro esportivo no município de Itatiba-SP

Tabela 3.10 – Análise de custo solar piscina

Proposta Aquecedor Solar Piscina Heliotek - Bosch			
Produto	Qtde	Valor Unit	Total Item
HP6 Evolution (classificação A no INMETRO)	140	R\$ 438,50	R\$ 63.582,90
Kit Solar Heliopool instalado	1	R\$ 1.570,35	R\$ 1.570,35
Cont. de diferencial de temperatura (Termostato digital de temperatura Microsol)	1	R\$ 257,73	R\$ 257,73
Abraçadeiras	280	R\$ 9,31	R\$ 2.698,53
Contator (Contator tripolar 9A AC-3 bob. 220Vac IE)	1	R\$ 76,48	R\$ 76,48
Caixa Steck (Caixa de abs cinza auto-extingüível NBR6)	1	R\$ 46,88	R\$ 46,88
Bomba 1,5 CV B1=15m³/h,16mca,BC 92-S-1B, 1,5CV	1	R\$ 1.520,64	R\$ 1.520,64
			R\$ 69.753,52

Valor de investimento – R\$ 69.753,52 á vista

Com a implantação do sistema de aquecimento solar tem-se uma economia estimada de 12% no valor da conta de energia elétrica, entorno de R\$ 1.920,00, que é a o valor a ser utilizado nos cálculos do payback.

A tabela 3.11 mostra o indicador de energia útil e de consumo por unidade de área e de volume por °C, medido em uma piscina em São Paulo, fechada, com medidas e finalidades similares á piscina em questão.

Tabela 3.11 – Indicadores de energia útil e de consumo por unidade de área e de volume por °C

	TEMPERATURA MÉDIA DA ÁGUA	RELAÇÃO ÁREA/VOLUME	INDICADORES DE ENERGIA ÚTIL		INDICADORES DE CONSUMO	
			POR UNIDADE DE SUPERFÍCIE	POR UNIDADE DE VOLUME	POR UNIDADE DE SUPERFÍCIE	POR UNIDADE DE VOLUME
PISCINA	(°C)	(1/m)	Wh/m².°C	Wh/m³.°C	Wh/m².°C	Wh/m³.°C
SEMI-OLÍMPICA	31.51	0.714	5.79	4.13	7.60	5.43
HIDROGINÁSTICA	32.18	0.833	8.03	6.69	1.99	1.66

Fonte: Dissertação Claudio Azer Maluf

Temperatura da piscina = 31,5°C

Temperatura média de Itatiba = 20,6°C

Área da piscina = 335m²

Calculo do consumo de energia por mês = 7,6 x (31,5-20,6) x 335 x 24h x 30 dias = 19.981 kWh/mês

COP da bomba 4,01

Energia solar em centro esportivo no município de Itatiba-SP

Gatos de energia pela bomba elétrica = 4.982,8 kWh/mês

Economia de 60% = 2.989,7 kWh/mês x tarifa média 0,644 = R\$ 1.925,40

A tabela 3.12 mostra os valores do fluxo de caixa.

Tabela 3.12 – Valores do fluxo do caixa

Mês	FLC	FLCD	FLCA	Mês	FLC	FLCD	FLCA
0	-69.754	-69.754	-69.754	25	1.920	1.497	-27.470
1	1.920	1.901	-67.853	26	1.920	1.482	-25.987
2	1.920	1.882	-65.971	27	1.920	1.468	-24.520
3	1.920	1.864	-64.107	28	1.920	1.453	-23.066
4	1.920	1.845	-62.262	29	1.920	1.439	-21.628
5	1.920	1.827	-60.435	30	1.920	1.424	-20.203
6	1.920	1.809	-58.627	31	1.920	1.410	-18.793
7	1.920	1.791	-56.836	32	1.920	1.396	-17.396
8	1.920	1.773	-55.063	33	1.920	1.383	-16.014
9	1.920	1.756	-53.307	34	1.920	1.369	-14.645
10	1.920	1.738	-51.569	35	1.920	1.355	-13.290
11	1.920	1.721	-49.848	36	1.920	1.342	-11.948
12	1.920	1.704	-48.144	37	1.920	1.329	-10.619
13	1.920	1.687	-46.457	38	1.920	1.315	-9.303
14	1.920	1.670	-44.787	39	1.920	1.302	-8.001
15	1.920	1.654	-43.133	40	1.920	1.290	-6.711
16	1.920	1.637	-41.496	41	1.920	1.277	-5.435
17	1.920	1.621	-39.874	42	1.920	1.264	-4.170
18	1.920	1.605	-38.269	43	1.920	1.252	-2.919
19	1.920	1.589	-36.680	44	1.920	1.239	-1.680
20	1.920	1.574	-35.107	45	1.920	1.227	-453
21	1.920	1.558	-33.549	46	1.920	1.215	762
22	1.920	1.543	-32.006	47	1.920	1.203	1.965
23	1.920	1.527	-30.479	48	1.920	1.191	3.156
24	1.920	1.512	-28.967				

Resultado Financeiro

Payback simples	3 anos e 1 mês
Payback Descontado	3 anos e 9 meses
VPL	R\$ 3.156
TIR(ao mês)	1,2%

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, resultante do estudo de viabilidade técnica e econômica para instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar em centro esportivo na cidade de Itatiba-SP, foi favorável como demonstrado nos itens 3.1.6 para o sistema de aquecimento solar para banho e 3.2.5 para o sistema de aquecimento solar para piscina. O payback simples de 2 anos e 10 meses para o sistema de aquecimento solar para banho e de 3 anos e 1 mês para o aquecimento solar para piscina. Nos dois casos foi analisado um período de 4 anos e em ambos os casos tem-se um valor positivo para VPL, ou seja o investimento inicial retorna e tem um ganho de R\$ 14.439,00 uma TIR de 1,5% ao mês, para o sistema de aquecimento solar para banho, uma econômica de R\$ 3.478,00 ao mês. Para o sistema de aquecimento solar para piscina tem um VPL de R\$ 3.156,00 e uma TIR de 1,2% ao mês, uma economia de R\$ 1.920,00 ao mês.

Sugere-se a colocação imediata de medidores de energia e de água. Com os dados obtidos pode-se dar continuidade ao trabalho fazendo uma análise mais detalhada do consumo de energia e de água e consequentemente analisar novas configurações para o aquecimento da piscina e verificação do COP do sistema de aquecimento da piscina.

O sistema de aquecimento solar para banho é de fácil implantação com poucas reformas na estrutura do prédio. A tubulação de água quente pode ser aparente com a utilização do chuveiro com misturador externo conforme figura 3.1, a tubulação de água fria existente não tem alterações, para o sistema convencional com dois misturadores com tubulação embutida terá um acréscimo de 10 à 15% do valor de investimento. O isolamento térmico das tubulações é necessário conforme demonstrado no item 3.1.5 evitando perdas térmicas. É necessária a recirculação forçada para evitar desperdício de água e energia conforme demonstrado no item 3.1.6.2.

No sistema de aquecimento solar para piscina foi utilizada a configuração SA-ASHP conforme figura 3.24, o sistema de aquecimento solar é instalado em paralelo com a bomba de calor, quando houver radiação suficiente para atender as perdas térmica, a bomba de calor é desligada. Como demonstrado no item 3.2.2 a diminuição da água da piscina de 31,5°C para a temperatura de 29°C e a utilização da capa térmica quando a piscina estiver fechada tem-se uma econômica de no mínimo de 40% no gastos de energia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAVA – Informações técnicas – Curso sobre aquecimento de água por energia solar da Associação Brasileira de refrigeração Ar condicionado Ventilação e Aquecimento

ASTA – Informações técnicas – Manômetro [Acessado em 25 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://www.asta.com.br/produtos/manometro-com-ponteiro-de-arraste-ou-com-indicador-de-maxima.html>

CRESESB – Informações técnicas – Dados de insolação [Acessado em 2 de setembro de 2015]. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>

DAGOSTINI FERRAMENTAS – Ilustração – Válvula de retenção [Acessado em 10 de dezembro de 2015]. Disponível em: <http://www.asta.com.br/produtos/manometro-com-ponteiro-de-arraste-ou-com-indicador-de-maxima.html>

DICAS & ESQUEMAS – Informações técnicas – Vaso de expansão [Acessado em 22 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://dicasesquemas.blogspot.com.br/2011/04/vaso-de-expansao-um-fluido-dilata.html>

ELASTOTEC – Informações técnicas – Borracha Etileno Propileno [Acessado em 27 de setembro de 2015]. Disponível em: http://www.elastotec.com.br/publicacoes_tecnicas/ELASTOTEC_EPDM.pdf

ELASTOTEC – Informações técnicas – Borracha Etileno Propileno [Acessado em 11 de outubro de 2015]. Disponível em: http://www.elastotec.com.br/publicacoes_tecnicas/ELASTOTEC_EPDM.pdf

ENERGIA SOLAR NA TV – Informações técnicas – Tempo de espera da água quente e a recirculação [Acessado em 11 de outubro de 2015]. Disponível em: http://media1.esntv.com.br/extra/Aula_19_-_Tempo_de_Espera_da_Agua_Quente_e_a_Recirculacao.pdf

FINDER – Informações técnicas – Disjuntor medidor [Acessado em 25 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://gfinder.findernet.com//assets/Series/388/IB7E46.pdf>

GOOGLE - Mapa de localização [Acessado em 10 de agosto de 2015]. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/R.+Piza+e+Almeida+-+Centro,+Itatiba+-+SP/@-23.009366,-46.8398249,17z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x94cf2a633b82c887:0x12b247509bf1ad>

GRUNDFOS – Informações técnicas – Bomba de circulação [Acessado em 22 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://br.grundfos.com/produtos/find-product/up.html>

GRUNDFOS – Informações técnicas – Curva da bomba de circulação UP [Acessado em 11 de outubro de 2015]. Disponível em: https://us.grundfos.com/content/dam/GPU/Products/up10/98532861_0614_UP%20Series_DB_US_Internet.pdf

HELIOTEK – Informações técnicas – Aquecedor solar compacto [Acessado em 15 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://www.heliotek.com.br/Produtos/Aquecedor-Solar-Compacto/>

HELIOTEK – Informações técnicas – Sistema de aquecimento solar [Acessado em 15 de agosto de 2015]. Disponível em: http://www.heliotek.com.br/Downloads/Manuais/manual-sistema-aquecimento_solar.pdf

HELIOTEK – Informações técnicas – Coletor solar [Acessado em 19 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://www.heliotek.com.br/Produtos/Aquecedor-Solar-para-Banho/>

HELIOTEK – Informações técnicas – Coletor solar piscina [Acessado em 19 de agosto de 2015]. Disponível em: http://www.heliotek.com.br/Downloads/Catalogos/folder_Heliopool_EVO.pdf

HIDRAUSHOP – Informações técnicas – Válvula quebra vácuo [Acessado em 25 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://www.hidraushop.com.br/solx/manuais/SLX-VB-A.pdf>

HIDROSHOPING – Informações técnicas – Registro misturador solar externo [Acessado em 25 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://hidroshoping.com.br/aquecedores-e-duchas/-solar/registro-misturador-solar-externo-para-instalacao-de-solar.phtml>

INMETRO – Informações técnicas – Portaria nº 301 [Acessado em 25 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001845.pdf>

INMETRO – Informações técnicas – Coletor Solar Banho [Acessado em 25 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/ColetoresSolares-banho.pdf>

ITATIBA ESPORTE CLUBE – Informações sobre o clube [Acessado em: 10 de agosto de 2015]. Disponível em: <http://www.itatibaec.com.br>

JUNIOR, David Rodriguez Quintas – Monografia - Estudo de Oportunidades de Melhoria de Consumo de Energia no IMREA Lapa, 2013

MALUF, Claudio Azer – Dissertação – Desempenho Energético e Caracterização dos Sistemas de Aquecimento de Água de Piscinas, 2010

MELO, Emerson Gonçalves – Dissertação – Geração Solar Fotovoltaica: estimativa do fator de sombreamento e irradiação em modelos tridimensionais de edificações, 2012

NEWTON BRAGA – Informações técnicas – Chuveiro elétrico [Acessado em: 15 de agosto de 2015]. Disponível em:
<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/instalacoes-residenciais/2936-el033>

OURO FINO – Informações técnicas – SAS com circuito secundário em alta pressão [Acessado em 10 de dezembro de 2015]. Disponível em:
http://www.ourofino.com.br/ouro2010/images/stories/manuais_thermal/Manual%20PLACAS%20E%20RESERVATORIOS%20TITAN.pdf

ÓTIMA RIO – Informações técnicas – Válvula termossifão [Acessado em 19 de agosto de 2015]. Disponível em:
<http://www.otimarioaquecedores.com.br/descricao-produto/valvula-termossifao>

Pacheco, Claudio Roberto Freitas – Informações técnicas – Apostila Energia Solar I, curso de Pós Graduação de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética da Escola politécnica da Universidade de São Paulo

POLIPEX – Informações técnicas – Dimensionamento do isolamento térmico [Acessado em 19 de setembro de 2015]. Disponível em:
http://www.polipex.com/empresa_obras_indice.php

PORTAL DA EDUCAÇÃO FÍSICA – Informações técnicas – Temperatura da água e atividade física [Acessado em 18 de outubro de 2015]. Disponível em: <http://www.educacaoofisica.com.br/noticias/temperatura-da-agua-e-atividade-fisica/>

RAIA1 – Informações técnicas – Limpeza da piscina aquecida [Acessado em 25 de outubro de 2015]. Disponível em:
<http://raia1piscinas.com.br/temperatura-ideal-para-piscina/>

SENTELHAS, Paulo Cesar e Angelocci, Luiz Roberto – Aula 5 , Radiação Solar e Balanço de Energia da ESALQ/USP [Acesso em 7 de setembro de 2015]. Disponível em: <http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula5.pdf>

SÓ FÍSICA – Informações técnicas – Condução, convecção e irradiação térmica [Acessado em 19 de setembro de 2015]. Disponível em:
<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Calorimetria/transm2.php>

SOLARPLUS – Informações técnicas – Válvula eliminadora de ar [Acessado em 22 de agosto de 2015]. Disponível em:
<http://www.solarplus.com.br/4738/VALVULA-ELIMINADORA-DE-AR>

SOLETROL – Informações técnicas – Registro misturador solar soletrol [Acessado em 25 de agosto de 2015]. Disponível em:
http://www.soletrol.com.br/produtos/acessorios_hidraulicos/misturador.php

Sowmy, Daniel Setrak – Informações técnicas – Apostila Energia Solar II, curso de Pós Graduação de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética da Escola politécnica da Universidade de São Paulo

STARKE, Ricardo Allan – Dissertação – Uma Análise de Sistemas de Aquecimento de Piscinas Domésticas Através de Bombas de Calor Assistidas por Energia Solar, 2013

THOLZ – Informações técnicas – Sensor de temperatura [Acessado em 22 de agosto de 2015]. Disponível em:

<http://www.tholz.com.br/produtos/equipamentos-residenciais/aquecimento-solar>

THOLZ – Informações técnicas – Controlador digital [Acessado em 22 de agosto de 2015]. Disponível em:

<http://www.tholz.com.br/produtos/equipamentos-residenciais/aquecimento-solar>

TIGRE – Informações técnicas – CPVC ficha técnica [Acessado em 4 de outubro de 2015]. Disponível em:

http://www.tigre.com.br/pt/produtos_linha.php?rcr_id=5&cpr_id=8&cpr_id_pai=4&lnh_id=7