

DAVID RODRIGUEZ QUINTAS JUNIOR

ESTUDO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DE CONSUMO
DE ENERGIA NO IMREA LAPA

São Paulo

2013

DAVID RODRIGUEZ QUINTAS JUNIOR

ESTUDO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DE CONSUMO DE
ENERGIA NO IMREA LAPA

Monografia apresentada, como exigência para obtenção do Título de Especialista em Energia Renovável, Geração Distribuída e Eficiência Energética, no Programa de Pós-Graduação Lato Sensu do Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Área de concentração: Engenharia Elétrica e Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco

São Paulo

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Quintas Junior, David Rodriguez

**Estudo de oportunidades de melhoria de consumo de energia no IMREA Lapa / D.R. Quintas Junior. – São Paulo, 2014.
101 p.**

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Consumo de energia elétrica I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

FICHA DE APROVAÇÃO

Nome: Quintas Junior, David Rodriguez

Título: Estudo de Oportunidades de Melhoria de Consumo de Energia no IMREA Lapa

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: 07/12/2013

Banca Examinadora

Prof. Dr. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco
Orientador

Prof. Dr. José Roberto Simões

Prof. Dr. José Aquiles Baesso Grimoni

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia à minha família, que abriu mão de muitas oportunidades de entretenimento e do meu convívio nas férias, devido a minha pouca disponibilidade de tempo nestes dois anos, mas sempre compreendeu e me incentivou.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os mestres do curso pela excelente didática apresentada, facilitando o meu entendimento do assunto, considerando que eles sempre tiveram poucas horas disponíveis para ministrar toda a matéria.

Agradeço aos fornecedores, técnicos e colegas de trabalho que com o seu conhecimento muito contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Agradeço a toda à família pelo incentivo e em especial à minha irmã que telefonou todos os sábados para mim, para desejar boa aula e conferir se eu não iria me atrasar para o curso.

*“Feliz é aquele que transfere o que sabe
e aprende o que ensina”*

Cora Coralina

Poeta

RESUMO

Esta monografia tem como objetivo apresentar um estudo sobre as oportunidades de melhoria de consumo de energia em uma edificação antiga, que apesar de ter recebido intervenções em diversos locais, ainda apresenta vários aspectos que são dignos de atenção, principalmente os que envolvem a eficiência energética. O primeiro assunto abordado foi o sistema de ar condicionado. Algumas atividades típicas de escritório e principalmente as voltadas para o atendimento da área médica tais como consultórios, enfermaria e salas especiais de atendimento, tem a necessidade de um sistema de controle de temperatura. O sistema de refrigeração poderá ser substituído melhorando a eficiência energética do sistema e da qualidade do ar fornecido ao ambiente. O segundo aspecto abordado foi o aquecimento da água utilizada para banhos e para a piscina de atendimento fisioterápico, que hoje é feito exclusivamente por energia elétrica. Considerando que temos à disposição no local uma grande área de telhado, apresenta-se um estudo sobre a montagem neste local de um sistema de placas solares para o aquecimento da água. Este sistema usará a energia vinda do sol e será complementada pelos sistemas atuais que utilizam a energia elétrica, trocando-se os chuveiros atuais pelos eletrônicos. Outro aspecto abordado foi a iluminação dos ambientes, que é feita em grande parte por lâmpadas fluorescentes e de luminárias com um grau muito baixo de reflexão. Neste caso além da substituição das luminárias a proposta será a troca das lâmpadas comumente utilizadas, por lâmpadas tipo LED, que possibilitam o seu uso com baixo consumo de energia. Novamente temos a oportunidade de aproveitarmos o telhado para a instalação de placas fotovoltaicas que fornecerão a energia necessária ao seu funcionamento. Assim como no caso das placas de aquecimento solar, a proposta é de que o sistema assistido por placas fotovoltaicas, também será complementado pela energia fornecida pela concessionária de energia, sempre que necessário. A inclusão de muitas lâmpadas de LED pode acarretar a criação de muitos harmônicos na rede elétrica. As soluções para diminuir esse efeito indesejável, também foram abordadas neste estudo.

Palavra-chave: Eficiência Energética em Edificações, Retrofit.

ABSTRACT

This monograph is aimed to present a study on the opportunities for improving energy consumption in a building old, who despite having received several interventions in various locations of the building, still presents several issues that are worthy of attention, especially those involving energy efficiency. The first topic to be addressed will be on the air conditioning system. Some typical office activities and especially those related to medical care such as doctor's offices, nursing care and special rooms, there is a need to have a system of temperature control. The cooling system may be replaced by improving system efficiency and quality of the air supplied to the environment. The second aspect to be addressed is about heating water used for bathing and swimming pool for physiotherapy care, which today is done exclusively by electricity. Considering that we have available on site a large roof area, a study will be presented on this site assembly of a system of solar panels for heating water. This system uses the energy from the sun and will be complemented by current systems that use electricity, switching to the showers by current electronics. Another aspect addressed will be the lighting of the environments, which is made largely by fluorescent lamps and fixtures with a very low degree of reflection. In this case beyond the proposed replacement of fixtures will be the exchange of lamps commonly used for type LED lamps, allowing its use with low power consumption. Again we have the opportunity to take advantage of the roof for the installation of photovoltaic panels to provide the energy needed for its operation. As in the case of solar heating panels, the proposal is that the system assisted by photovoltaic panels, will also be complemented by the energy supplied by the power utility, whenever necessary. The inclusion of many LED bulbs can lead to the creation of many harmonics in the electrical network. Solutions to reduce this undesirable effect will also be addressed in this study.

Keyword: Energy Efficiency, Retrofit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Entrada do IMREA LAPA na Rua Guaicurus	19
FIGURA 2 – Foto aérea do local em 1958	20
FIGURA 3 – Linha do tempo sobre a ocupação da edificação.....	21
FIGURA 4 – Indicação do local onde o imóvel está inserido no mapa de São Paulo.	22
FIGURA 5 – Representação em 3D da frente da Unidade.....	23
FIGURA 6 – Representação em 3D da área dos fundos da Unidade	24
FIGURA 7 – Planta baixa da edificação.	25
FIGURA 8 – Plataforma de entrada para o atendimento aos pacientes.....	26
FIGURA 9 – Piscina coberta para tratamento fisioterápico	27
FIGURA 10 – Área das quadras iluminada por lâmpadas mistas	29
FIGURA 11 – Luminárias que utilizam lâmpadas tipo HO de 110W	30
FIGURA 12 – Componentes básicos, entrada e saída de ar.....	31
FIGURA 13 – Posicionamento do trocador de calor.....	33
FIGURA 14 – Aparelho split com a unidade evaporadora acima e a condensadora em baixo.	36
FIGURA 15 – Aparelho self-contained Carrier.	37
FIGURA 16 – Lâmpada incandescente	40
FIGURA 17 – Lâmpada halógena	40
FIGURA 18 – Lâmpada fluorescente	41
FIGURA 19 – Lâmpada de descarga	41
Figura 20 – Lâmpada de LED.	42
FIGURA 21 – A luz do sol produz lacunas que separam os eletrons na junção P/N	43
FIGURA 22 – Células de filme fino.....	45

FIGURA 23 – Concentrador Fotovoltaico	46
FIGURA 24 – Coletor plano solar	48
FIGURA 25 – Sistema de termossifão.	49
FIGURA 26 – Fluxo para a elaboração de projetos.....	52
Figura 27: Esquema demonstrando como funciona o sistema híbrido chuveiro elétrico e aquecedor solar	54
Figura 28: Ducha Advanced Flex.	55
Figura 29: Esquema com a circulação forçada	62
Figura 30: Ligação dos coletores	62
Figura 31: Bomba hidráulica ligada aos coletores.....	63
Figura 32: Isolamento da tubulação	64
Figura 33: Coletor Solar Blue SM.....	64
Figura 34: Reservatório	65
Figura 35: Coletor de piscina H2Sol.....	71
Figura 36: Vista em 3D das placas coletoras	72
Figura 37: Posição dos reservatórios	73
Figura 38: Planta de luminotécnica	78
Figura 39: Esquema de ligação das placas.....	84
Figura 40: Vista 3D painéis fotovoltaicos.	84
Figura 41: Sistema VRF	86
Figura 42: Forma de onda senoidal e suas decomposições.	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Vestiários da piscina.....	97
TABELA 2 – Lâmpadas	98
TABELA 3 – Consumo de energia na unidade.....	100
TABELA 4 – Previsão para a substituição dos aparelhos de ar condicionado..	101

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

Símbolo	Descrição da unidade	Observação
Wh	Watt hora	Energia
kW	10^3 Watt	Potência
m	metros	Distância/Comprimento
m ²	metros quadrados	Área
q_e		Perdas por evaporação
P_a		Pressão do ar ambiente
V	metros por segundo	Velocidade
T_p		Temperatura da piscina
T_a		Temperatura ambiente
ω_p		Relação de umidade na piscina
ω_a		Relação de umidade do ar ambiente
q_c		Perdas por convecção
N (h)		Duração do dia
n (h)		Insolação diária
n/N		Fração de insolação
(MJ/m)		Radiação solar global diária
lux		Unidade de iluminamento
cm	0,01 metros	Distância/Comprimento
Q_{pu}	Metros cúbicos por segundo	Vazão
T_u	segundos	Tempo médio
$V_{consumo}$	Metros cúbicos	Volume de água
$E_{útil}$	kWh/dia	Energia útil
γ	$1000 kg/m^3$	Peso específico da água
C_p		Calor específico da água
I_g	$(\frac{kWh}{m^2}). dia$	Irradiação global média
$PMDEE$		Produção média de energia
$Fr\alpha$		Coeficiente ganho do coletor solar
$FrUL$		Coeficiente perdas do coletor solar
FC_{instal}		Coeficiente de correção painel solar
HSP		Número de horas de sol a pleno
I	Ampere	Corrente elétrica
V_{mp}	Volts	Tensão máxima de pico
I_{mp}	Ampere	Corrente máxima de pico
Wp	Watts	Potência máxima de pico

SUMÁRIO

Introdução	16
Capítulo 1. Abordagem da situação problema.....	17
1.1 Histórico	17
1.2 Apresentação da unidade	22
1.3 Elenco dos problemas encontrados.....	27
1.3.1 Aquecimento da piscina	27
1.3.2 Aquecimento da água dos chuveiros	28
1.3.3 Ar condicionado	28
1.3.4 Luminotécnica	28
Capítulo 2. Estado da arte das disciplinas que fazem parte deste estudo.....	30
2.1 Aquecimento da piscina por trocador de calor.....	31
2.2 Aquecimento da piscina por placas solares e os cuidados para mitigar as perdas de calor	33
2.3 Ar condicionado	34
2.4 Atlas solarimétrico.....	37
2.5 Luminotécnica	38
2.6 Painéis fotovoltaicos.....	42
2.7 Placas Solares	47
Capítulo 3. Oportunidades de melhorias	50
3.1 Aquecimento de água utilizando energia solar	52
3.1.1 Utilização de placas solares para o aquecimento da água para uso nos vestiários	53
3.1.2 Utilização de placas solares para o aquecimento da piscina	68
3.1.3 Previsão para o retorno do investimento com as placas solares	73

3.2	Luminotécnica	74
3.2.1	Previsão para o retorno do investimento com a utilização de lâmpadas LED	77
3.3	Utilização de placas fotovoltaicas para a alimentação elétrica das luminárias que utilizam LED	79
3.3.1	Previsão para o retorno do investimento com os painéis fotovoltaicos e a utilização de lâmpadas LED	85
3.4	Utilização de equipamentos de ar condicionado com tecnologia VRF	85
3.4.1	Previsão para o retorno do investimento utilizando-se o sistema VRF	87
3.5	Considerações sobre fator de potência e níveis de harmônicos no custo da energia elétrica na unidade	88
	Conclusão	92
	Referências bibliográficas	93
	Tabelas	97

INTRODUÇÃO

O IMREA LAPA, situado na Rua Guaicurus, 1274 no bairro da Lapa em São Paulo capital, está sob a gestão técnica e administrativa do Instituto de Medicina de Reabilitação Física do Hospital das Clínicas, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IMREA HC FMUSP), e da Rede Lucy Montoro, promovendo a inclusão social da pessoa com deficiência por meio de um processo integrado de reabilitação, que inclui a prestação de atendimentos clínicos e terapêuticos, oportunidade de capacitação profissional e geração de renda. Pela valorização da potencialidade, o IMREA desenvolve consistente trabalho de promoção da cidadania, participação e protagonismo das pessoas com deficiência na sociedade. Há também as atividades esportivas adaptadas, como condicionamento físico, ritmo e expressão, natação e hidroginástica pelo método Halliwick. Setenta por cento do espaço oferecido pelo IMREA Lapa são destinados às pessoas com deficiência e 30% para a comunidade em geral. [1]

Para a atividade de manutenção e gerenciamento de obras na Unidade Lapa, foi contratada como prestadora de serviço a empresa L+M GETS, empresa esta onde trabalho desde o ano de 2009 como engenheiro eletricista, com foco na manutenção predial. Neste período, apresentamos diversas propostas de melhorias e gerenciamos a implantação de diversas delas.

A L+M GETS desde 1987 vem desenvolvendo soluções em Arquitetura, Montagem de hospitais, Manutenção, Tecnologias Médicas e Gestão de Infraestrutura, sendo líder na América Latina na gestão de espaços e de tecnologias de saúde. A L+M GETS foi contratada pela Fundação Faculdade de Medicina/IMREA – HCFMUSP para projetos de arquitetura e de gerenciamento de obras de reforma no instituto. [2]

Tratando-se de uma edificação de 90 anos, projetada inicialmente para uso como armazém de algodão, transformá-la em uma unidade de atendimento em saúde, ainda que esteja voltado para a reabilitação física, exigiu muitas modificações sem descaracterizar a edificação,

Essas alterações foram de caráter localizado restando ainda uma vasta gama de ações que ao serem executadas resultarão em melhorias significativas para a instituição.

Em 16 de setembro de 2009 o imóvel foi tombado pelo CONPRESP, conforme indica a Resolução Nº 05 / CONPRESP / 2.009, publicado no diário oficial nesta data. [3]

Ao longo dos anos, a beleza arquitetônica do lugar sempre desencorajou grandes alterações, no âmbito de obras civis que descaracterizassem o local. Desta forma todos os que direta ou indiretamente trabalham na conservação desse espaço ficaram felizes com o advento do tombamento, encarando como um desafio a aplicação de melhorias que deixarão o local melhor preparado para cumprir a sua função atual, de abrigar equipamentos e práticas voltadas à reabilitação física.

1. Abordagem da Situação Problema

Ainda hoje, ao percorrermos as ruas do bairro da Lapa, em São Paulo, é fácil encontrarmos galpões com aspecto antigo que no início do século passado, abrigavam indústrias ou depósitos de materiais diversos.

Graças às ações de grupos de moradores defensores do patrimônio histórico e contando com o apoio da Prefeitura do Estado de São Paulo, muitas dessas construções foram tombadas, garantindo desta forma a preservação da identidade histórica do local.

1.1 Histórico

Com a instalação das oficinas e da estação de trem da S.P.R - São Paulo Railway, nos fins do século XIX, a Lapa entrou no século XX como um verdadeiro bairro urbano da cidade de São Paulo. A "Lapa de Baixo" foi o local escolhido para fixar residência pelos funcionários transferidos, o que veio a

incrementar o pequeno comércio local. Com a chegada da ferrovia, houve o incentivo para o surgimento das primeiras indústrias da região, como a Vidraria Santa Marina e o Frigorífico Armour. Localizadas nas proximidades do rio Tietê, as indústrias começaram a se expandir em direção a outras áreas, mais especificamente para a Vila Leopoldina (onde concentrou a instalação de grandes indústrias, principalmente do ramo metalúrgico), Vila Hamburguesa e Anastácio. [4]

Com a chegada dos bondes que vinham do centro até a Rua Guaicurus, desenvolveu-se o comércio na "Lapa de Cima". Ao findar a terceira década do século passado, São Paulo aparecia como o maior centro industrial da América do Sul. Nesse período, até 1950, a cidade expandiu-se em todas as direções, mas foi para oeste e para o sul que tal expansão se verificou com mais intensidade. Foram nessas regiões que se instalaram as mais importantes e características áreas industriais. No rumo oeste, a cidade ligou-se definitivamente à Lapa e mesmo a ultrapassou, graças à ocupação da zona marginal, das vias férreas e à radial Av. Água Branca - Rua Guaicurus, ao sul da qual, já no espigão divisor Tietê - Pinheiros, vieram a surgir bairros operários e de classe média. [4]

Ao efetuar pesquisas procurando a origem da edificação ocupada atualmente pelo IMREA, obtive junto a Prefeitura as plantas originais, além do registro de quem a construiu. Consta que a empresa BRASITAL, tradicional empresa do ramo de tecelagem, solicitou ao escritório de Ramos de Azevedo que efetuasse o projeto de um galpão para depósito e armazenagem de algodão. A construção teve início em 1923.



Figura 1: Entrada do IMREA LAPA na Rua Guaicurus.

Em 1930 a BRASITAL vendeu o galpão para a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, para a instalação e a centralização dos diversos serviços a cargo da Diretoria de Inspeção e Fomento Agrícolas, da Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, especialmente dos de expurgo de sementes, cereais e prensagem de algodão. Esta aquisição foi referendada pela Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, através do decreto Nº 6.457 de 24 de maio de 1934.

Vemos na figura 1 a entrada da Unidade, tendo ao seu lado direito a edificação ocupada pela Estação Ciências.

Com a construção em 1958 da Estação Ferroviária da Lapa na linha de trem da antiga Sorocabana, o galpão perdeu cerca de 50% do seu tamanho passando dos 250m de comprimento para os 160m atuais, conforme pode ser visto na figura 2.



Figura 2: Foto aérea do local em 1958.

Fonte: IMREA HC-FMUSP

A partir de 1985, a utilização do galpão é transferida para o Fundo de Assistência Social do Governo do Estado de São Paulo, passando o local a ser utilizado para cursos de interesse social da comunidade.

Em 2007 a propriedade do local passa para a Secretaria da Saúde, sendo ocupado pelo IMREA em 2009, vide a figura 3.

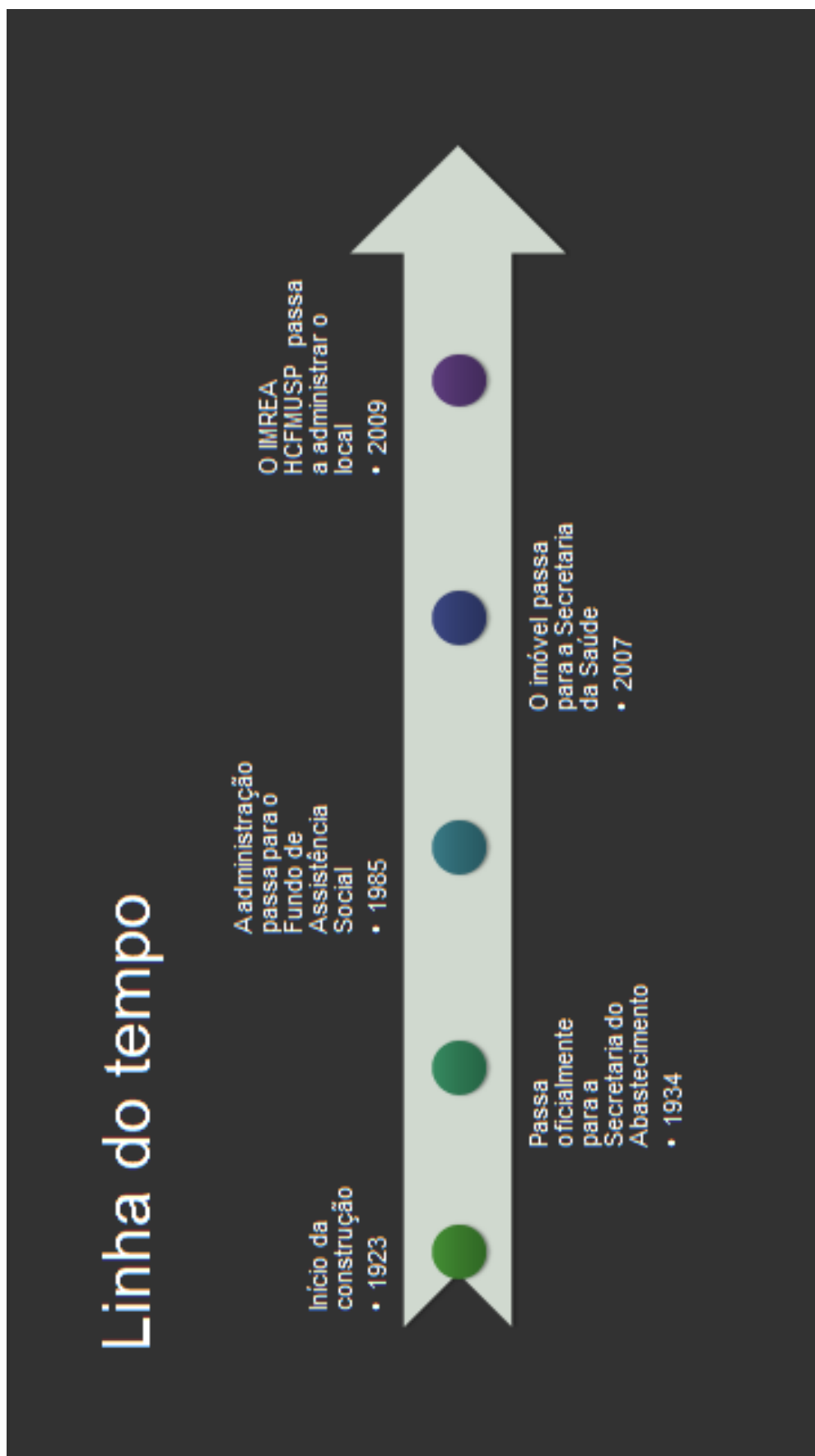


Figura 3: Linha do tempo sobre a ocupação da edificação.

1.2. Apresentação da Unidade

A localização da Unidade perante o mapa de São Paulo está indicada na figura 4, bem como a orientação do Norte geográfico. Nas figuras 5 e 6 temos desenhos que apresentam as vistas frontal e posterior da edificação.

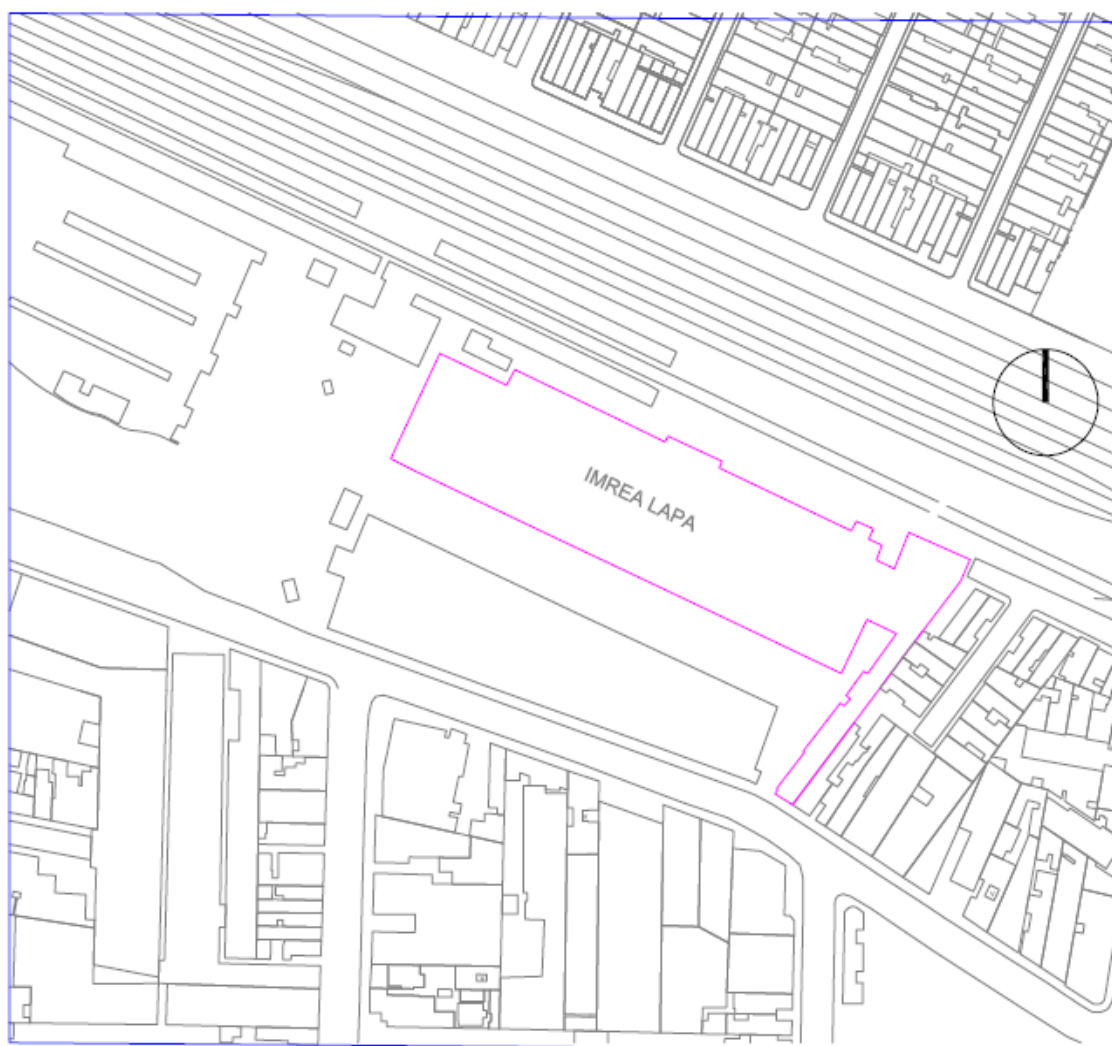


Figura 4: Indicação do local onde o imóvel está inserido no mapa de São Paulo.
Fonte: GEGRAN – Prefeitura da cidade de São Paulo.



Figura 5: Representação em 3D da frente da Unidade.

Fonte: andrea.s.alves@hotmail.com

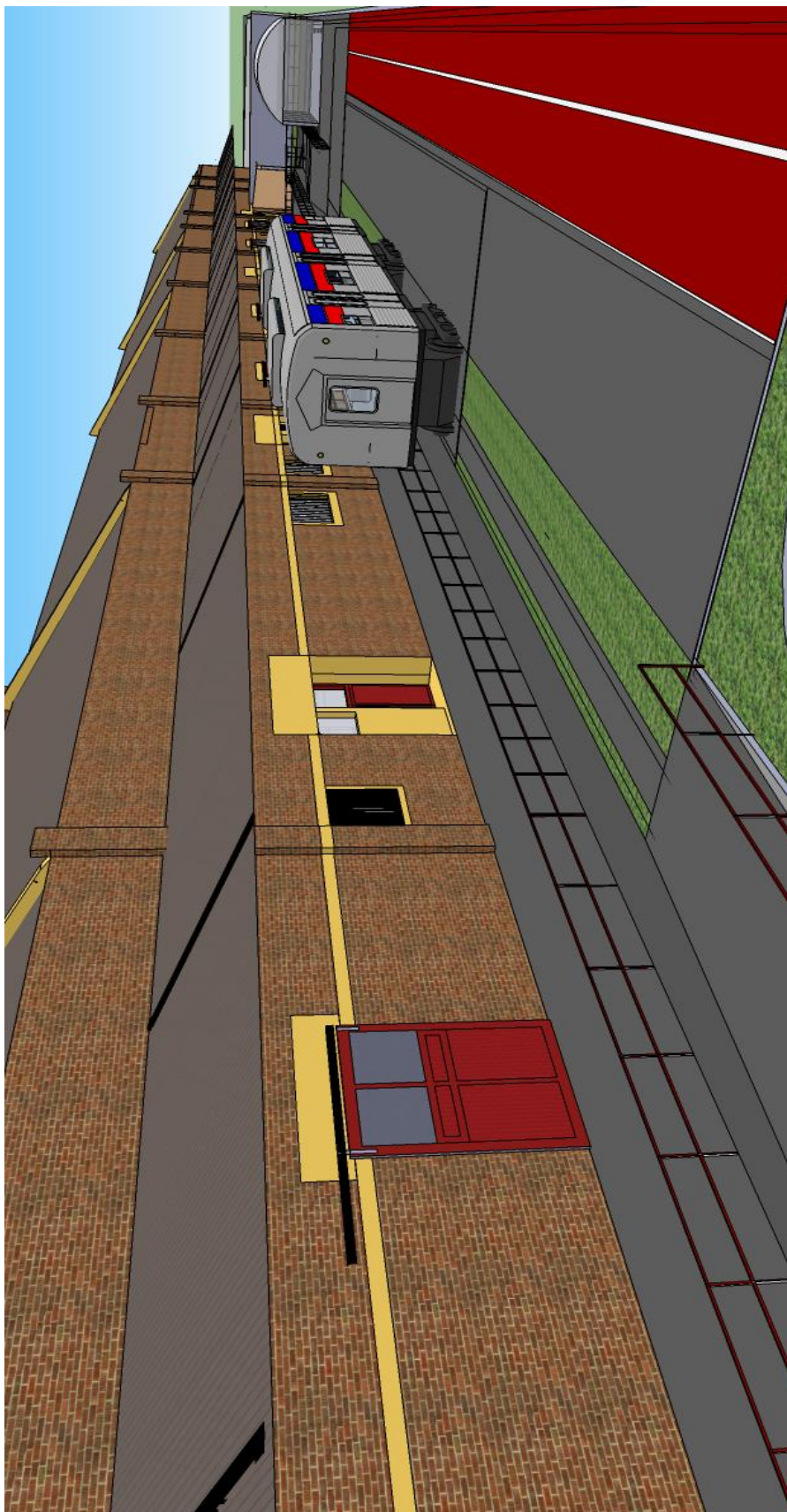


Figura 6: Representação em 3D da área dos fundos da Unidade.

Fonte: andrea.s.alves@hotmail.com

Como pode ser visto na figura 7 o galpão de 7.000m² atualmente é dividido em seis setores, com dimensões semelhantes.

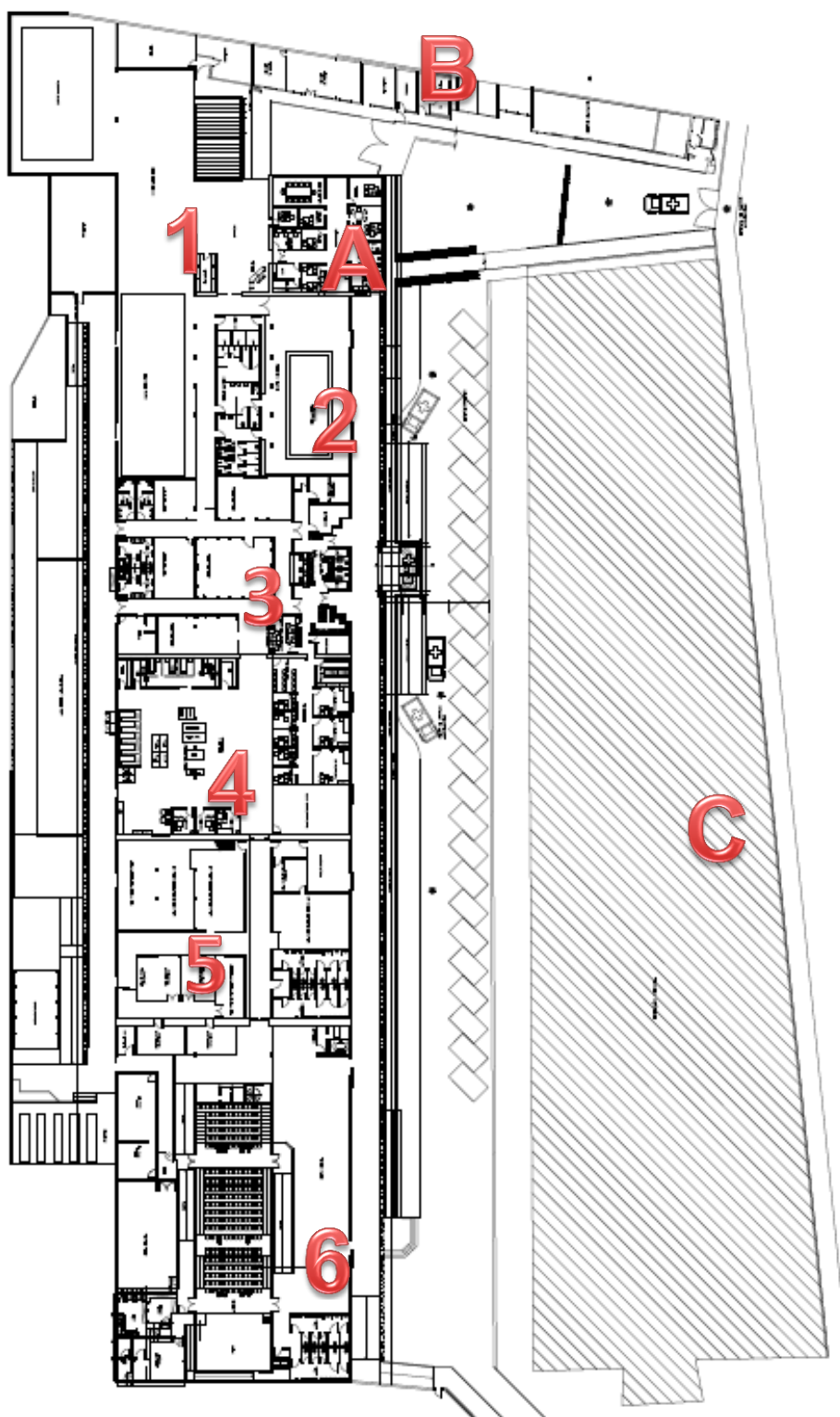


Figura 7: Planta baixa da edificação.
Fonte: L+M GETS

Legenda:

- 1- Quadras Esportivas;
- 2- Condicionamento Físico e Piscina;
- 3- Artes Manuais e Consultórios;
- 4- Fisioterapia e Terapia Ocupacional;
- 5- Equipe Técnica, Salas de Grupos e Oficinas de Aprendizagem;
- 6- Centro Cultural, Oficina de Órtese e Prótese.

A- Além desses setores a área é ocupada por uma edificação com 01 pavimento, onde estão concentradas as atividades administrativas.

B- Conjunto de pequenas edificações térreas que detêm as áreas de serviços de apoio ao funcionamento da unidade.

C- Área ocupada pela Estação Ciências - USP

Na figura 8 vemos a plataforma de entrada principal, onde antigamente paravam os trens para carga e descarga de algodão. Na parte superior vemos as venezianas que favorecem a circulação de ar no galpão.



Figura 8- Plataforma de entrada para o atendimento aos pacientes.

1.3. Elenco dos problemas encontrados que implicam em um uso não racional da energia

Considerando que a edificação tem 90 anos e foi projetada para uma finalidade de ocupação bem diversa da atual, passando neste período por adaptações que permitiram a sua utilização nas diversas atividades ao longo desse período. Embora efetuadas de forma criteriosa essas alterações não atendem plenamente às necessidades, gerando distorções a serem resolvidas.

Segue abaixo alguns itens que se destacam pela oportunidade de melhorias que apresentam.

1.3.1. Aquecimento da Piscina

A água da piscina coberta, conforme pode ser visto na figura 9 é aquecida por uma bomba de calor que mantém a temperatura na faixa de 32° e 34° C, trabalhando ininterruptamente dia e noite.

Este equipamento apresenta um consumo de energia elétrica da ordem de 6,9 kW/h, não possuindo backup. Desta forma toda vez que ocorre queda na energia elétrica ou falha no equipamento, a aplicação das terapias preconizadas para essa atividade tem a interrupção na continuidade.

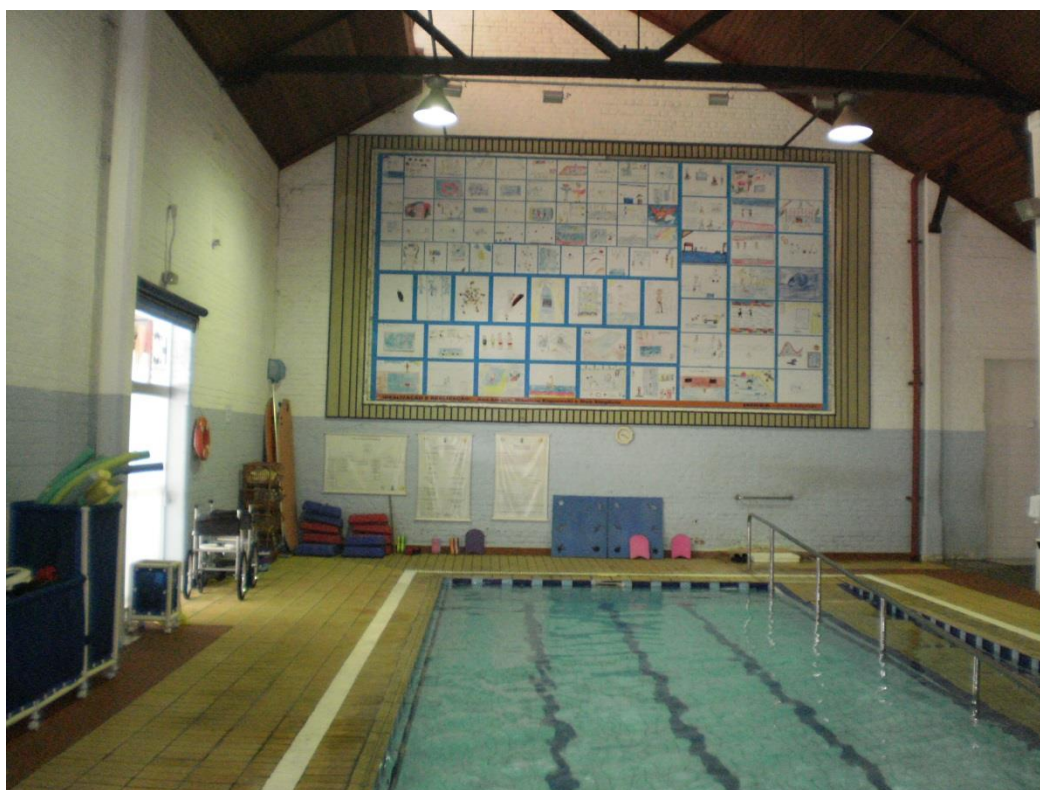


Figura 9 - Piscina coberta para tratamento fisioterápico.

1.3.2. Aquecimento da Água dos Chuveiros

Os vestiários possuem chuveiros alimentados exclusivamente por energia elétrica. Analisando o uso na área da piscina [Tabela 1] verificamos que a utilização apresenta um longo período por banho, além de serem dois banhos por paciente, um antes da entrada na piscina e outro na saída.

Esta demora é justificada, pois todos os usuários apresentam certo grau de dificuldade de locomoção e lentidão na ação dos membros superiores e inferiores.

Considerando o tempo médio de banho, o consumo de energia apresenta-se em índices elevados. [Tabela 1].

1.3.3. Ar Condicionado

Excluindo a área do Auditório, as salas que possuem a temperatura controlada, são atendidas através de aparelhos tipo Split.

Esta opção de equipamento apresenta a vantagem da fácil instalação, porém considerando a idade dos modelos instalados com um índice elevado de falhas, para o uso na área médica ele apresenta sérias restrições, pois não permite a correta troca de volume de ar no ambiente, bem como a filtragem de elementos nocivos.

1.3.4. Luminotécnica

Nos 7.000m² da edificação encontramos diversos tipos de lâmpadas e luminárias, com poucas delas atendendo os quesitos de economia de energia e de eficiência luminosa.



Figura 10 - Área das quadras iluminada por lâmpadas mistas.

Considerando a figura 10, nos setores 1 e 2 (vide também a figura 6) temos o uso de lâmpadas mistas de 500 W com alto consumo e demora no aquecimento para utilização.

Observando-se a figura 11 temos o setor 3 que está totalmente atendido por luminárias com baixíssima reflexão de luz sendo composta por lâmpadas tipo H.O. que em breve deverão sua produção encerrada.



Figura 11 - Luminárias que utilizam lâmpadas tipo HO de 110W.

No setor 4 por ter sido reformada há poucos anos tem luminárias com melhor eficiência, porém com o uso de lâmpadas de 32W.

No setor 5 temos um largo uso de luminárias com baixa eficiência com lâmpadas tipo H.O.

No setor 6 além das lâmpadas fluorescentes de 32W e de 110W, temos as destinadas a realçar objetos, como as encontradas na área do Centro Cultural, tipo par 37 gerando calor elevado e baixa durabilidade.

A relação completa das lâmpadas está na Tabela 2. Na Tabela 3 temos um resumo das contas de energia fornecida pela AES Eletropaulo.

2. Estado da arte das disciplinas que fazem parte deste estudo

Para facilitar o entendimento das diversas disciplinas que serão contempladas neste estudo, elas foram separadas por assuntos conforme segue abaixo.

2.1. Aquecimento da piscina por trocador de calor

Atualmente a piscina destinada para as atividades de recuperação motora é aquecida por um trocador de calor, figura 12 vide que retira o calor do ambiente externo e o transfere para a água da piscina a uma temperatura mais elevada. Simplificadamente o funcionamento desse equipamento ocorre como o de um aparelho de ar condicionado invertido.

Ao contrário de um aquecedor de água de armazenamento de energia convencional, que usa eletricidade para aquecer a água diretamente, as bombas de calor utilizam energia elétrica somente para operar uma bomba que faz circular um gás refrigerante por todo o sistema. Este refrigerante pega calor do ar e transfere-o para a água.

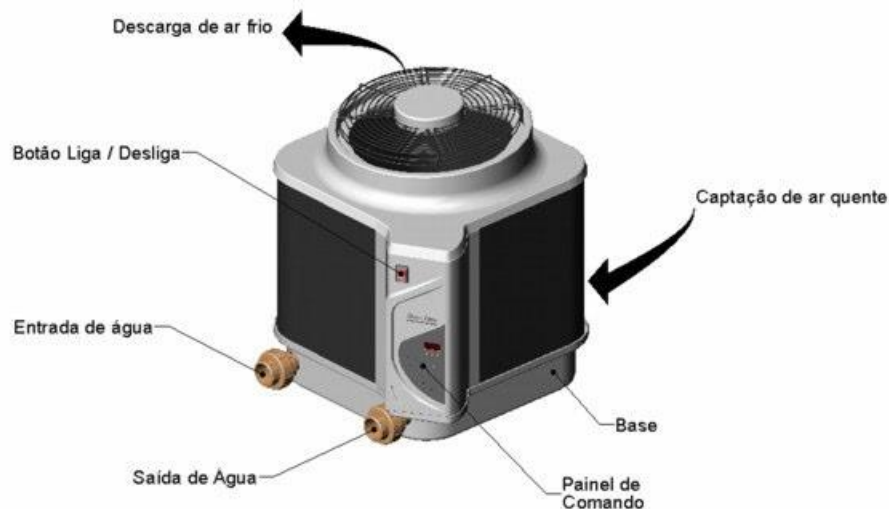


Figura 12 - Componentes básicos, entrada e saída de ar.
Fonte: Manual de instalação do trocador de calor da Ouro Fino.

Existem vários passos no processo de aquecimento de água:

1. O refrigerante líquido passa através de um evaporador onde ele apanha o calor do ar e retorna no circuito como um gás.
2. O refrigerante gasoso é comprimido em um compressor elétrico. Comprimindo o gás aumenta-se a sua temperatura.
3. O gás quente flui para um condensador, onde transfere o seu calor para a água que circula no circuito graças a uma bomba.
4. O gás passa então por uma válvula de expansão onde a sua temperatura cai e retorna à forma líquida.

Os aquecedores de água tipo bombas de calor são eficazes porque utilizam um refrigerante com um ponto de ebulição muito baixo para permitir a transferência de calor entre o ar e a água. Enquanto a temperatura exterior é mais alta do que o refrigerante frio, a bomba de calor irá absorver o calor e transferir para a água. Conforme a temperatura do ar exterior diminui, torna-se mais difícil de absorver esse calor. Desta forma alguns modelos podem não funcionar tão bem em climas mais frios. [5]

A potência da moto bomba é determinada pela potência do equipamento e pelo número de curvas que o circuito de tubulação de água apresente. A unidade trocadora de calor é projetada para trabalhar ao ar livre, não devendo ser instalada em ambientes fechados ou com pouca circulação de ar, mantendo-se uma distância para a captação do ar não inferior a 0,60m, conforme a figura 13. A superfície tem que ser plana e nivelada. Uma consideração importante é de que deve ser previsto uma tubulação que será usada como dreno para a água condensada que é liberada pelo equipamento. [6]

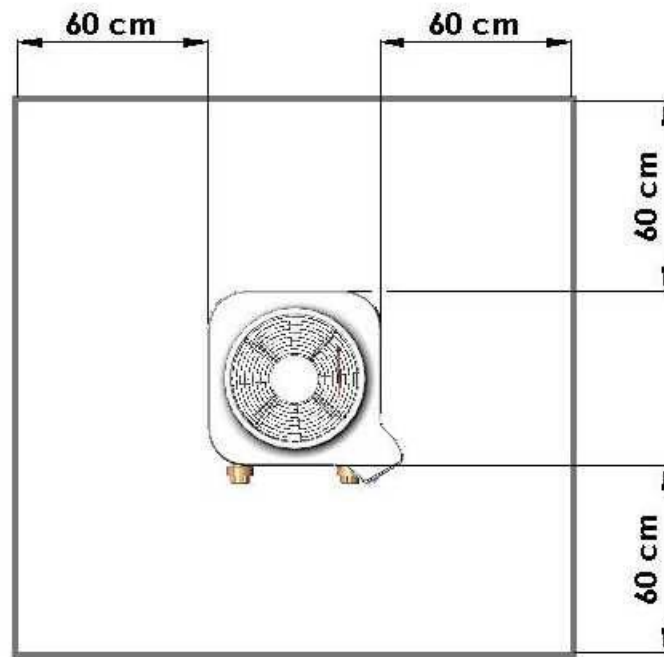


Figura 13 – Posicionamento do trocador de calor.
Fonte: Manual de instalação do trocador de calor da Ouro Fino.

2.2. Aquecimento da piscina por placas solares e os cuidados para mitigar as perdas de calor

As piscinas são aquecidas economicamente por energia solar a muitos anos, porém especial atenção devemos dedicar para a perda de calor. Na área externa ela ocorre por radiação do solo para o céu e por convecção e evaporação para o ar. [7]

Em alguns sistemas as perdas de calor ocorrem a partir de um sistema de coletor solar, possivelmente descoberto. As perdas de calor são reduzidas pela colocação de uma cobertura plástica na superfície da piscina, quando não estiver sendo usada. A cobertura deixa passar a radiação solar para a piscina e reduz as perdas por evaporação. Algumas coberturas de piscina são feitas de plástico tipo bolha, semelhante ao material de embalagem comum, para agir como um isolante e reduzir as perdas de convecção, assim como as perdas por evaporação. Se forem utilizados coletores de plástico ou as coberturas, eles devem ser feitos de materiais que resistam à ação dos raios ultravioleta ou podem durar apenas alguns meses. Para serem utilizadas, as piscinas operam

numa gama de temperaturas estreita normalmente entre 24 e 32°C. Uma vez que a piscina tem uma grande massa, sua temperatura não muda rapidamente. Na verdade, as contas de energia mensais são suficientes para estimar o custo da energia auxiliar necessária para manter uma temperatura desejada. [7]

As seguintes equações permitem estimar as perdas de calor por evaporação de uma piscina descoberta e as perdas de calor por convecção das piscinas cobertas ou descobertas em watts por metro quadrado:

$$qe = Pa[35V + 43(Tp - Ta)^{\frac{1}{3}}](\omega p - \omega a) \quad (2.1)$$

Onde V representa a velocidade do vento em metros por segundo na proximidade do lado da piscina, P_a é a pressão do ar ambiente, em quilopascal, ω_p é a relação de umidade de saturação (umidade absoluta em kg vapor d'água / kg de ar seco) à temperatura da piscina e ω_a é a relação de umidade do ar ambiente por cima da piscina. T_p e T_a são respectivamente as temperaturas da água da piscina e do ar ambiente. Perdas de convecção são expressos em termos de perdas por evaporação como:

$$qc = qe0,0006\left(\frac{T_p - T_a}{\omega p - \omega a}\right) \quad (2.2) \quad [3]$$

2.3. Ar condicionado

A edificação não possui um sistema de ar condicionado centralizado, sendo atendida por sistemas Split e somente na área destinada ao Auditório temos duas máquinas self contained dutadas, refrigeradas a ar.

O sistema split é composto por uma unidade localizada no interior do espaço a ser climatizado, denominada evaporadora com distribuição de ar e controle de

temperatura e uma unidade em separado denominada condensador refrigerado a ar ou a água geralmente instalada em áreas de serviço adjacentes ao espaço condicionado. Sistemas split comerciais são adequados para pequenos projetos com horários de ocupação variável. [8]

Devido ao seu pequeno tamanho e grande flexibilidade eles podem ser usados na climatização de ambientes pequenos. Muitos modelos podem ter até cinco unidades interiores (evaporadoras) de tratamento de ar, atendendo áreas distintas, sendo todas ligadas a uma unidade exterior. Cada uma das zonas atendidas tem seu próprio termostato, permitindo o condicionamento dos ambientes de forma independente. [9]

Vantagens

- Possibilidade de instalação próxima à área que se deseja climatizar;
- Não é necessária a instalação de dutos;
- Baixo nível de ruído, pois a unidade condensadora fica instalada na parte externa;
- Baixo custo de investimento e de manutenção.

Desvantagens

- Filtro de ar com baixa eficiência na retenção de partículas, principalmente os mais antigos;
- Sistema de controle de temperatura com baixa eficiência, pois não dispõe de sistema de retorno de ar;
- Não há fornecimento de ar renovado externo;
- O equipamento não apresenta grande robustez de funcionamento. [9]

A Figura 14 mostra esquema de como as unidades de evaporação e de condensação são interligadas.

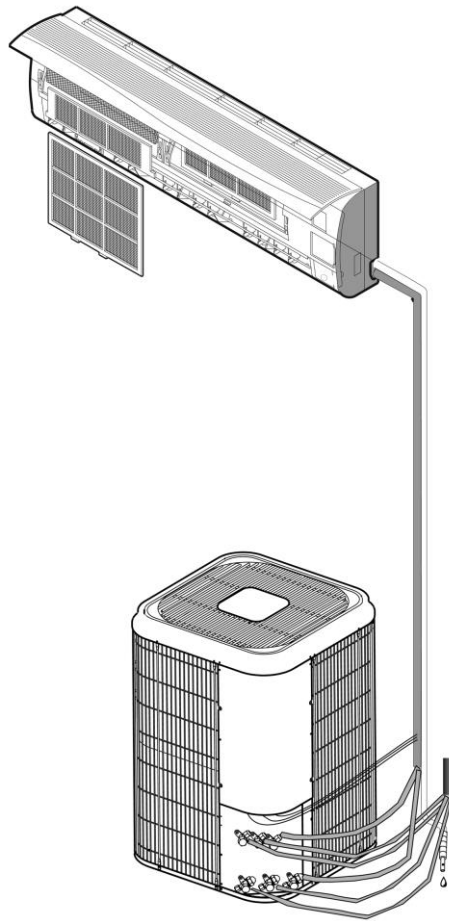


Figura 14 – Aparelho split com a unidade evaporadora acima e a condensadora em baixo.
Fonte: Manual da Consul.

Recentemente estes aparelhos receberam uma melhoria significativa com a inclusão da tecnologia denominada inverter no compressor. O compressor inverter tem um dispositivo interno que ajusta a frequência do motor e consequentemente o giro do mesmo, ficando sempre em funcionamento, mas executando seu trabalho gradualmente de acordo com a temperatura do ambiente, atingindo a temperatura rapidamente e não tendo picos de surto após ser ligado, com isto sua economia de energia em relação ao ar condicionado convencional tem uma diminuição de aproximadamente em 30% com uma eficiência melhor de resposta. [10]

Os equipamentos self contained garantem um ar controlado e são indicados para médios e grandes ambientes. O fornecimento do ar filtrado é feito por intermédio de tubulação que distribui o ar condicionado pelo ambiente.

A Figura 15 mostra um aparelho self contained típico, dotado de circuito de gás refrigerante movido por um compressor.



Figura 15 – Aparelho self-contained Carrier.
Fonte: <http://www.nowvar.com.br/item/self-contained>

2.4. Atlas solarimétrico

Para a correta aferição do potencial do uso da energia solar no território brasileiro, temos como instrumento de pesquisa o Atlas Solarimétrico do Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia Depto. de Energia Nuclear UFPE Recife – PE Brasil de outubro de 2000.

As informações solarimétricas numéricas estão na forma de tabelas, organizadas em ordem alfabética, por região, por estado e finalmente por localidades. Para cada Estado existem dois tipos de tabelas:

- A primeira, onde constam em diferentes colunas, o nome da localidade com coordenadas geográficas, altitude, tipo de instrumento de medidas, período de medidas e, no caso onde a radiação solar foi estimada, a correlação utilizada. Esta última coluna também é utilizada para designar quando não

se conseguiu identificar se o dado de radiação foi medido ou estimado. As linhas sucessivas para uma mesma localidade indicam fontes de informações distintas;

- A segunda, onde constam, para cada localidade e fonte de informação, os seguintes parâmetros, em bases diárias, médias mensais:
 - Duração do dia, N (h);
 - Insolação diária, n (h);
 - Fração de insolação, n/N ;
 - Desvio padrão da insolação (h), onde houver;
 - Total de dias com dados de Insolação (dias), onde houver;
 - Radiação solar global diária, (MJ/m);
 - Desvio padrão da radiação solar global diária, (MJ/m), onde houver;
 - Total de dias com dados de radiação solar global diária, (dias), onde houver. [11]

2.5. Luminotécnica

Para a escolha da melhor opção em iluminação artificial a ser aplicada na edificação, devemos estar cientes dos tipos de lâmpadas que dispomos, porém atentos ao que diz a norma técnica NBR-5413. [12]

Esta Norma estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

Entenda-se como iluminância ou iluminamento, como a relação entre o fluxo luminoso incidente numa superfície e a superfície sobre a qual este incide; ou seja, é a densidade de fluxo luminoso na superfície sobre a qual este incide. A unidade é o LUX, definido como o iluminamento de uma superfície de 1 m²

recebendo de uma fonte puntiforme a 1m de distância, na direção normal, um fluxo luminoso de 1 lúmen, uniformemente distribuído. [13]

EXEMPLOS DE ILUMINÂNCIA

Dia ensolarado de verão em local aberto ≈ 100.000 lux

Dia encoberto de verão ≈ 20.000 lux

Dia escuro de inverno ≈ 3.000 lux

Boa iluminação de rua ≈ 20 a 40 lux

Noite de lua cheia $\approx 0,25$ lux

Luz de estrelas $\approx 0,01$ lux

Segundo a NBR 5413 a iluminância em serviço é determinada pela NBR 5382, e deve ser apropriada ao trabalho visual a ser realizado, sendo medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se como tal o nível referente a um plano horizontal a 0,75 m do piso.

Em 21/03/2013 a ABNT cancelou, a norma ABNT NBR 5382:1985 – Verificação de iluminância de interiores, que foi substituída pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Exemplos de tipos de lâmpadas:

Lâmpadas Incandescentes: Destacam-se pelo baixo custo e popularidade. Vemos na figura 16 que se trata do modelo mais antigo e comercializado do mercado. Populares nas residências e comércios destacam-se pela baixa eficiência, já que apenas 5% da energia consumida é transformada em luz, os outros 95% geram apenas calor. Com a popularização e incentivo para utilização das lâmpadas fluorescentes, as incandescentes estão perdendo espaço e sendo substituídas por esse modelo. [14]



Figura 16 – Lâmpada incandescente
Fonte: <http://www.telhanorte.com.br>

Lâmpadas Halógenas: Vemos na figura 17, um tipo de lâmpada especificada também como lâmpada incandescente, com a diferença apenas na composição química presente. A lâmpada halógena possui halogênio na forma iodo ou bromo, daí a referência ao nome. Assim como as incandescentes, as halógenas apresentam baixa eficiência (pouco superior às incandescentes comuns) e aquecimento alto (devido às perdas por aquecimento da lâmpada). [14]



Figura 17 – Lâmpada halógena
Fonte: <http://www.shopelgin.com.br>

Lâmpadas Fluorescentes: É a tecnologia mais utilizada no comércio e indústria atualmente, pois apresenta boa eficiência e consumo baixo de energia. São encontradas em 3 modelos: fluorescente tubular, a mais comum e dependente de reator para funcionamento, conforme vemos na figura 18; fluorescente compacta eletrônica, popular em residências, veio para substituir

as lâmpadas incandescentes, já que para seu funcionamento não é necessário auxílio de reatores ou outros componentes; e fluorescente compacta não integrada, esta diferente da compacta eletrônica necessita do reator. [14]



Figura 18 – Lâmpada fluorescente
Fonte: <http://www.fg.com.br>

Lâmpadas de Descarga (HID): As lâmpadas HID conhecidas como lâmpadas de descarga, são compostas por gases químicos, entre eles o sódio, mercúrio ou xênon. Seu funcionamento segue o princípio da descarga de alta pressão entre os eletrodos da lâmpada, levando os gases químicos à produção da luz. Necessita de componentes auxiliares para seu funcionamento, o principal deles, o reator, responsável pela partida e operação da lâmpada. O consumo das lâmpadas é baixo comparado à intensidade luminosa fornecida, porém seu custo é relativamente alto. Na figura 19 vemos uma foto deste modelo. [14]



Figura 19 – Lâmpada de descarga
Fonte: <http://www.amoedo.com.br>

LED's - Lighting Emitted Diodes: Hoje, uma das tecnologias mais modernas disponíveis no mercado, a lâmpada de LED veio para revolucionar o sistema de iluminação. Através de pequenos semicondutores transforma energia

elétrica diretamente em energia luminosa. Possui características extremamente eficientes, como baixíssimo consumo de energia e vida útil longa. O grande obstáculo do LED ainda é o custo elevado do produto, dificultando a total popularização. Lâmpadas para aplicação residencial estão tornando-se mais viáveis e tendem muito em breve substituir as lâmpadas fluorescentes, conforme vemos na figura 20. [14]



Figura 20 – Lâmpada de LED
Fonte: <http://www.projetoledhis.blogspot>

2.6. Painéis fotovoltaicos

A energia gerada por painéis fotovoltaicos (PV), que utiliza tecnologia de estado sólido para transformar a energia dos fótons da luz solar diretamente em energia elétrica, pode dar uma contribuição importante para ajudar o mundo a atender às demandas de energia e meio ambiente. Não só PV pode acomodar, de forma centralizada e descentralizada as necessidades elétricas, grandes e pequenas aplicações, e as diversas necessidades de eletricidade de todas as seções do mundo, como também é uma das tecnologias de energia mais ambientalmente benignas disponíveis. A operação de sistemas fotovoltaicos não requer nenhum combustível e não há água de arrefecimento além de não gerar gases, ruído, ou outros poluentes. No entanto, há alguma preocupação com a área de terra necessária para a escala de produção de

energia fotovoltaica grande e possíveis produtos químicos tóxicos liberados ao meio ambiente durante a produção de materiais fotovoltaicos. [15]

Considerado estritamente em termos de energia (luz do sol) e materiais (tais como o silício) como recursos disponíveis, o potencial que a energia fotovoltaica tem para a energia e o ambiente é enorme. Mas os impedimentos também se avultam, estes incluem o custo dos sistemas de PV, uma infraestrutura gigante de energia que resiste à mudança, a indústria fotovoltaica jovem que carece de solidez financeira e cuja capacidade de produção é pequena, mínimo apoio financeiro dos governos para pesquisa e desenvolvimento, e a falta de políticas nacionais coerentes que reconheceria o valor de tecnologias não poluentes e que pode acelerar a tecnologia para o mercado. Também porque os sistemas fotovoltaicos geram eletricidade somente quando o sol brilha, a dependência na energia fotovoltaica como um grande produtor de eletricidade exigirá tanto uma fonte de energia de backup ou armazenamento extensivo de energia. Durante as próximas duas ou três décadas, pesquisa e desenvolvimento não só ajudarão a energia fotovoltaica a superar muitos problemas tecnológicos, mas também ajudarão a reduzir custos, aumentar a capacidade de produção, e abrir mercados. Para se tornar uma das tecnologias preferenciais do mundo para a geração de energia elétrica, no entanto, também terá uma mudança de políticas e incentivos governamentais. [15]

Na figura 21 podemos ver uma célula de um painel fotovoltaico típico, onde a luz solar gera pares de buracos de eletrons que são separados na junção. Isto cria uma tensão interna que aciona a corrente através de um circuito externo.

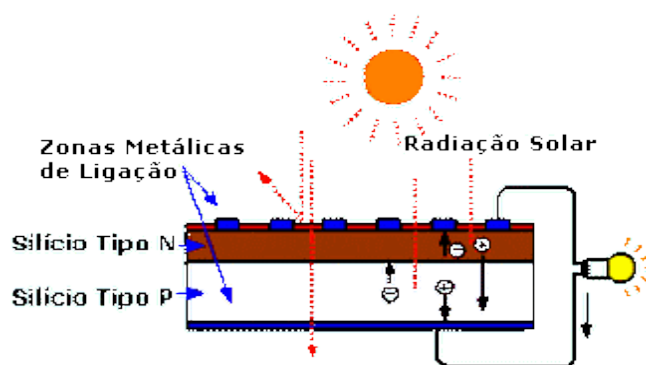


Figura 21 – A luz do sol produz lacunas que separam os eletrons na junção P/N
Fonte: <http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/271/202/>

O físico francês Edmund Becquerel, registrou pela primeira vez o efeito PV em 1839, quando ele notou o aparecimento de uma tensão quando iluminando dois eletrodos idênticos em uma fraca solução condutora. Nada digno de nota aconteceu com essa descoberta até o final dos 19 e início do século 20 quando os outros pesquisadores descobriram que o selênio também exibiu o efeito. O selenium foi rapidamente utilizado pela fotografia para a construção de dispositivos fotométricos. Na década de 1940 e 1950 tivemos o advento de técnicas de doping melhorado e um método para o crescimento de cristais. Pouco tempo depois (1954), Bell Telephone Laboratories montou uma placa fotovoltaica de silício que chegou a eficiência de 6% para a conversão de luz solar. Desde 1958, as células fotovoltaicas passaram a alimentar satélites americanos no espaço. [15]

O custo de um dispositivo fotovoltaico é determinado por vários fatores. Estes incluem os tipos de materiais utilizados, o montante necessário, a escolha do substrato, o processo de fabricação, bem como a sofisticação do design do dispositivo. Em relação a este último ponto, considere dispositivos multijunction. Embora possam teoricamente atingir uma maior eficiência do que os dispositivos de junção única, a sua principal desvantagem é que eles podem ser muito mais complicados de se fazer, portanto mais dispendiosos. Há outros parâmetros que devem ser cuidadosamente controlados, tais como as espessuras das camadas de células, e a deposição de contaminantes e gases. Os contatos na parte de trás de células superiores devem ser transparentes para permitir a passagem sem restrições dos fótons de baixa energia para as células inferiores. As compensações entre custo e eficiência, no entanto, não são lineares por causa de outros custos do sistema. Uma célula de 20% de eficiência, por exemplo, pode custar sete vezes mais do que uma célula de 10% de eficiência da mesma área e ainda resultar no mesmo custo global, por causa da diminuição do número de células necessária na fabricação de uma matriz. Para uma célula de 30% eficiente, o custo pode ser cerca de 14 vezes maior do que um de 10% de eficiência. [15]

A escolha entre uma maior eficiência e menor custo muitas vezes se resume a opção entre materiais cristalinos e de película fina. Materiais cristalinos são geralmente mais eficientes. Materiais de película fina normalmente custam

menos. Muitos materiais estão sendo investigados, mas a ênfase está em silício cristalino, silício amorfo, policristalinos filmes finos policristalinos e a maior eficiência podem ser obtidas com o arseneto de gálio. [15]

As células de filmes finos (Figura 22) são produzidas por meio de um processo de depósito de camadas extremamente finas de material semicondutor. São revestidas de proteção mecânica, como vidro ou plástico. Os materiais semicondutores comercialmente utilizados na fabricação dos filmes são silício amorfo (a-Si), telureto de cádmio (CdTe) ou disseleneto de cobre índio gálio (CIGS). [16]



Figura 22 – Células de filme fino.
Fonte: Deltaenergie.

Por serem depositados sobre diversos tipos de substratos de baixo custo (plásticos, vidros e metais), os filmes finos constituem tecnologia de baixo custo. Quando comparado com as formas cristalinas do silício, o gasto de energia na fabricação de células de filme fino é menor, mas a eficiência na conversão da energia também é menor. Além disso, a eficiência da conversão nessa tecnologia diminui mais acentuadamente logo nos primeiros meses após a instalação, embora seja menos afetada por temperaturas mais elevadas.

Outra tecnologia que está sendo desenvolvida e aplicada trata dos concentradores solares (Figura 23). Esta tecnologia consiste em usar espelhos parabólicos para concentrar os raios solares em uma área menor e, dessa

forma, aumentar a eficiência da absorção de irradiação, utilizando menor quantidade de células fotovoltaicas. [16]



Figura 23 – Concentrador Fotovoltaico
Fonte: ADIRSE/Ecologia Verde.

Uma nova geração de células fotovoltaicas está surgindo no mercado, depois de décadas de pesquisa e desenvolvimento, como por exemplo, as células sensibilizadas por corante (dye-sensitized cells – DSC). A eficiência das DSC ainda é bem inferior às das células solares convencionais, e ainda há incertezas quanto a sua vida útil, que parece ser inferior às células de gerações anteriores. Porém, o baixo custo de produção e o rápido desenvolvimento em um curto espaço de tempo tornam essa tecnologia bastante promissora. Elas conseguem gerar energia em condições de baixa irradiação, o que potencializa o seu uso em uma ampla gama de aplicações respondendo bem a baixas temperaturas. Um dos maiores apelos das DSC é que podem ser fabricadas utilizando-se técnicas de impressão convencionais em substratos flexíveis, o que representa uma oportunidade de alternativa mais econômica para células solares dentro dos próximos anos. Entretanto, progressos significativos na eficiência, estabilidade e vida útil das células serão necessários para permitir sua utilização em larga escala, tanto em aplicações conectadas à rede como em sistemas isolados. Atualmente existe a discussão de que a DSC deva oferecer a mesma vida útil de uma célula de silício (≥ 20 anos) para uma utilização econômica ou se o mercado aceitaria um produto com vida útil menor, porém com custo de produção bem reduzido. Empresas do porte da Sony estão investindo nesta tecnologia visando a sua produção em massa. [17]

2.7. Placas Solares

A utilização da energia solar começou, pelo menos, dois mil anos atrás. Os antigos gregos e romanos praticavam aquecimento solar passivo de edifícios. Evaporação solar de salmoura para recuperar o sal tem sido usada por séculos assim como a secagem solar de culturas. Desde o início da década de 1970, os custos crescentes de energia a partir de fontes convencionais e a crescente preocupação com as questões ambientais têm renovado o interesse no aproveitamento da energia solar.

O projeto e análise de processos e sistemas solares apresentam desafios únicos porque o recurso é intermitente na ocorrência e é difuso de intensidade em relação às fontes convencionais tais como combustíveis fósseis, etc.

O componente principal de um sistema de aquecimento solar de água é um coletor de placa plana. O termo indica que tanto a radiação direta e difusa é absorvida, em contraste com a focagem dos coletores que fazem uso de apenas a radiação solar direta. Enquanto coletores mais simples mantêm toda a água que deve ser aquecida, os desenhos mais avançados procuram aquecer apenas uma pequena porção de água de cada vez, a fim de minimizar as perdas de energia do sistema. A água aquecida é acumulada em tanques de armazenamento separados. Conforme podemos ver na figura 24 a maioria dos coletores planos consistem em cinco componentes principais: [18]

- Uma cobertura transparente de uma ou mais camadas de vidro ou de plástico, que transmite a radiação visível e a próxima ao infravermelho;
- Uma placa absorvente feito de um material de elevada condutividade térmica, tais como um metal revestido com um material seletivo tendo uma elevada capacidade de absorção solar e uma emissividade térmica baixa na sua temperatura de equilíbrio;
- Tubos ou canais através dos quais as passagens de fluido aquecido e que são feitas de metal e são revestidos com o mesmo material que a placa absorvente

- Um invólucro ou recipiente que cerca todos os componentes
- Isolamento na parte de trás da placa de absorção / receptáculo e lados do receptáculo, para minimizar as perdas de calor.

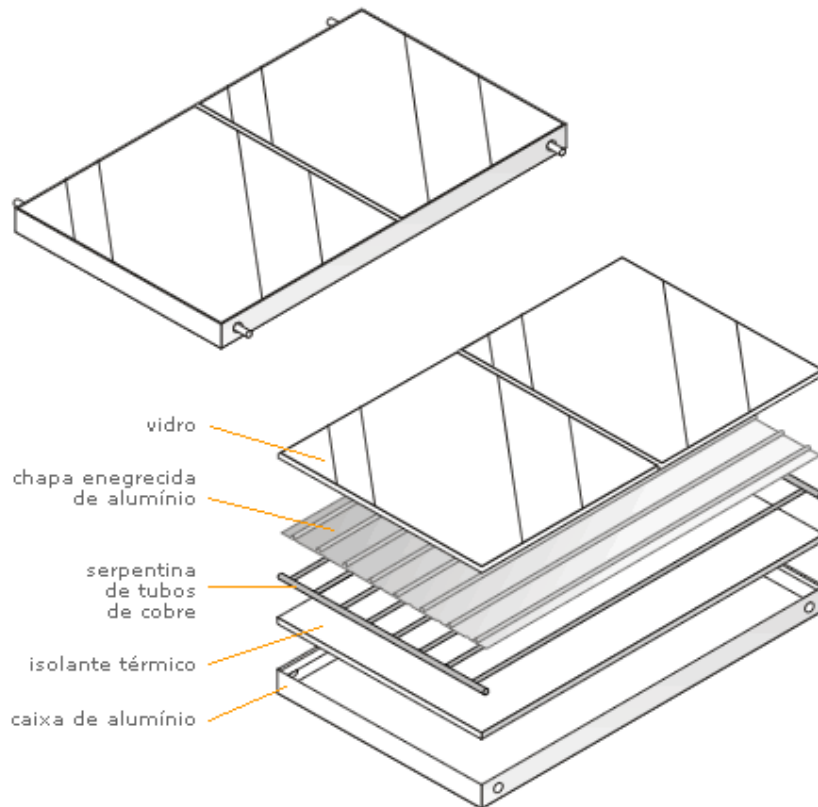


Figura 24 – Coletor plano solar.
Fonte: Energy Sol Aquecedor Solar.

Em geral, o desempenho de um coletor de placa plana pode ser aumentado através da redução em primeiro lugar da transferência de calor por convecção entre a placa do absorvedor e a tampa exterior, com a adição de camadas extra transparentes, e em segundo lugar, a perda de radiação a partir da placa absorvente com a utilização de revestimentos superficiais seletivos que têm uma elevada taxa de absortividade solar por emissividade térmica. [18]

O fluido de transferência de calor (geralmente água) em um aquecedor de água com armazenamento separado deve mover-se a partir do coletor para o tanque de armazenamento e de volta para o coletor de modo a transportar a energia. Sistemas de circulação forçada usam uma bomba de velocidade única, enquanto que em sistemas de termossifão, a circulação é conduzida naturalmente pela diferença de densidade entre a água quente e fria, conforme

pode ser visto na figura 25. Tipicamente, a água circula cerca de um volume de armazenamento por hora no sistema forçado e um volume de armazenamento por duas horas no sistema de termo-sifão. Nos sistemas de circulação forçada, a bomba tem de ser ativada através da detecção de uma diferença positiva entre a temperatura da superfície do coletor e a água no tanque de armazenamento. [18]

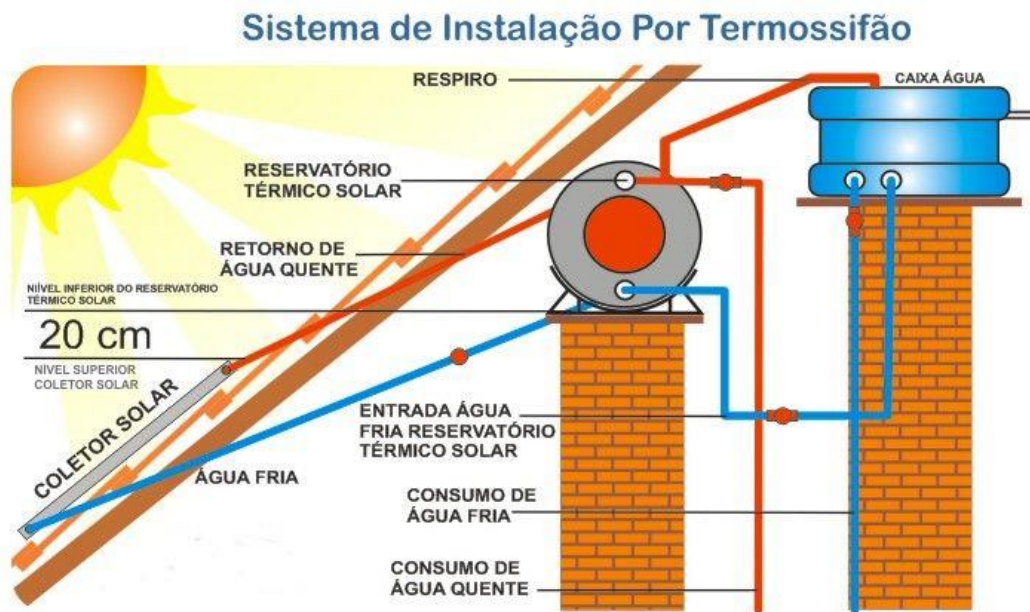


Figura 25 – Sistema de termossifão.
Fonte: Quart Sol Aquecedor Solar.

Nas aplicações mais tradicionais, com grandes potenciais para reduzir o consumo de energia convencional, diversos avanços precisam ocorrer para acelerar a penetração de sistemas solares térmicos no mercado. Devem ser estabelecidos padrões de desempenho e fabricação de aquecedores solares de água quente de acordo com as normas. Certificação, semelhante a uma certificação UL, devem ser exigidos pelas autoridades locais e estaduais, a fim de permitir o uso de qualquer aquecedor solar de água e, finalmente, levar a preços mais baixos através de um aumento de volume de vendas. [18]

Revestimentos seletivos, menos caros e mais duráveis exigirão pesquisas adicionais. O desenvolvimento de “superglazings” (molduras compostas de

vidros especiais), e tipos eletrocromicos, também são muito importantes para a introdução generalizada de edifícios solares passivos. Construtoras e empreiteiros devem familiarizar-se com as especificidades de ganho de edifícios solares passivos diretos para a sua introdução no mercado. No entanto, há espaço para melhorar a eficiência e aperfeiçoar a configuração dos projetos. As três áreas onde a energia solar térmica pode ter um impacto significativo na redução da nossa dependência de fontes de energia convencionais são o aquecimento de água quente, aquecimento e arrefecimento com sistemas passivos, e geração de energia térmica. Estas três áreas, em seguida, devem tornar-se o foco da investigação da energia solar térmica e seu desenvolvimento. [18]

3. Oportunidades de melhorias

A modernização de uma edificação pode ser aplicada desde que sejam respeitados os quesitos legais e as normas técnicas apropriadas a cada situação.

Neste sentido, para um observador atento e com conhecimento básico na utilização de energias alternativas, a proposta de melhorias acontece naturalmente, tendo como desafio torna-las factíveis no aspecto técnico e econômico.

Surgido na Europa e Estados Unidos, o conceito de “retrofit”, significa “colocar o antigo em forma”. O objetivo é preservar o que há de bom na construção existente, adequá-la às exigências atuais e, ainda, estender a sua vida útil. O momento do retrofit é uma oportunidade de corrigir distorções que são criadas e acumuladas ao longo do tempo de uso e vida de uma instalação, além de atualizar o sistema existente de acordo com as atuais normas, melhora da qualidade do ar, redução de custos operacionais, economia de energia e valorização do imóvel. Quanto mais antiga a edificação, mais caro e crítico se torna o retrofit. No Brasil, a demanda para o Retrofit aumentou nos últimos anos não apenas por causa da preocupação crescente com o patrimônio

histórico, como também por ser uma opção de conservação e melhoria do patrimônio em áreas de potencial construtivo esgotado, como as regiões centrais de algumas metrópoles. [19]

É importante manter estes edifícios antigos vivos e para conseguir isso, o único caminho é garantir que ele tenha o seu uso contínuo e adequado, o que significa que eles devem responder às necessidades atuais. Um dos principais temas em discussão hoje em dia é a eficiência energética. Até recentemente, no entanto, o patrimônio histórico estava fora dessa discussão, a nível europeu, devido à dificuldade de se lidar com certificados e normas, pois a melhoria da eficiência energética dos edifícios históricos significa alterações que parecem influenciar a integridade e os valores históricos dos edifícios. [20]

A utilização de energias renováveis em edifícios históricos é um assunto muito delicado.

Na maioria dos casos, o uso de energias renováveis e especialmente fotovoltaicos em edifícios históricos, como no Reino Unido ou na Bélgica, é estritamente proibido. No entanto, em outros países como na Dinamarca, é permitido. Neste caso os equipamentos devem estar ocultos, o que significa que eles devem estar localizados em áreas que não irão afetar a paisagem e que a sua instalação seja reversível. [21]

A necessidade de difundir o conhecimento é crucial. As pessoas interessadas em restaurar seus prédios precisam saber o que é permitido fazer e o que deve ser evitado. Em muitos casos, o conhecimento existe, mas não está difundido. Um volume considerável de trabalho sobre o patrimônio histórico e sobre o desempenho energético tem sido feito em muitos países, como no Reino Unido (English Heritage, Edinburgh World Heritage Trust), Irlanda, Holanda e França. As cidades podem ajudar na organização de seminários workshops, exposições, reuniões, etc. A cidade de Bayonne organizou a "boutique de restauração", um lugar permanente, com uma pequena exposição de materiais e técnicas, onde diferentes oficinas estão ocorrendo dirigida a diferentes grupos de interessados. [22]

O CONPRES (Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo), responsável pela deliberação sobre tombamentos de bens móveis e imóveis na cidade de São Paulo, no caso do processo de tombamento da edificação ocupada pelo IMREA, permite que sejam implantados sistemas que permitam o uso racional da energia, desde que não tenhamos alterações nas paredes, no formato do telhado e que não altere de forma definitiva a aparência da edificação.

3.1. Aquecimento de água utilizando energia solar

O objetivo do dimensionamento é determinar qual é a área coletora e o volume do sistema de armazenamento necessário para atender à demanda de energia útil de um determinado perfil de consumo. O dimensionamento do SAS (Sistema de Aquecimento Solar) pode ser realizado por qualquer procedimento tecnicamente reconhecido. [26]

O roteiro para a elaboração de projetos de sistemas de aquecimento solar pode ser visto na figura 26.

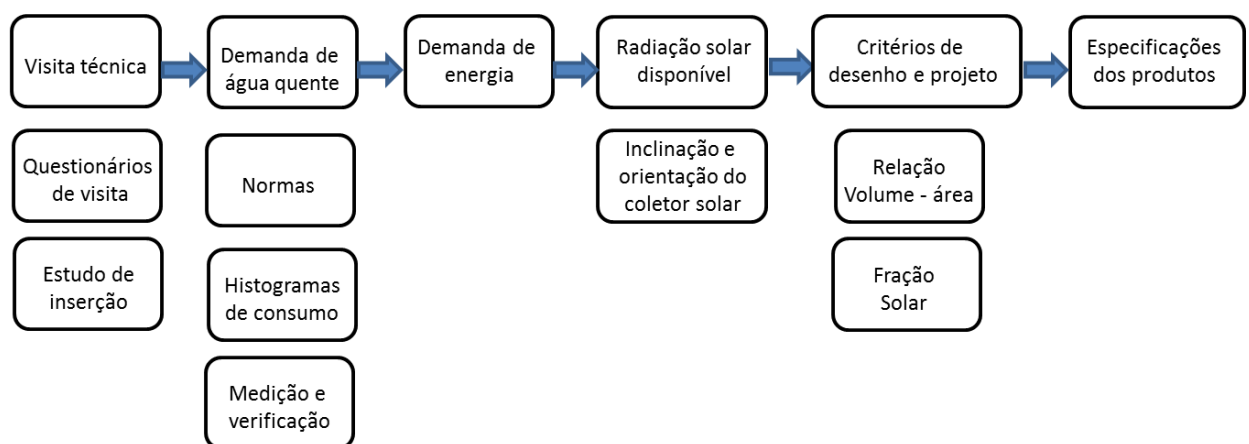


Figura 26: Fluxo para a elaboração de projetos.
Fonte: Curso ministrado pela ABRAVA

3.1.1. Utilização de placas solares para o aquecimento da água para uso nos vestiários

A proposta é de que seja instalado um aquecedor solar, atuando em conjunto com o chuveiro elétrico. Este tipo de chuveiro é conhecido como híbrido, que é uma união dos dois métodos: aquecedor solar para captar energia nos dias ensolarados e chuveiro elétrico para quando o tempo está chuvoso ou nublado. Esta opção cada vez mais se mostra mais inteligente para uso residencial, pois além de garantir conforto superior (já que suporta maior vazão de água) com economia de energia (pois só utiliza a energia elétrica para aquecer a água do banho quando não há água aquecida pelo sol e, ainda mais importante, só aquece água que vai ser utilizada naquele banho). Conforme podemos ver na figura 1, a vantagem dessa opção é que ela faz uso da energia solar, mas, quando não há sol, não é preciso aquecer quase todo o reservatório de água, como acontece com os modelos tradicionais que trabalham em conjunto com o complementar elétrico (resistência), que aquece a água do reservatório térmico nos dias chuvosos ou nublados. [23]

Outro fator analisado em pesquisas recentes é o desperdício de água. Quando um chuveiro com aquecedor é ligado, seja ele solar ou a gás, a água que já está no encanamento, portanto fria, é descartada. O chuveiro elétrico inteligente possui um sensor que lê a temperatura da água que chega nele (esse sensor pode ser regulado pelo usuário) e só liga para completar a temperatura que falta para chegar à temperatura desejada para o banho ou não liga se a água já chegar quente. Assim, esse modelo elimina o desperdício de água que fica fria nos canos. Um esquema dessa ligação está representado na figura 27. [23]

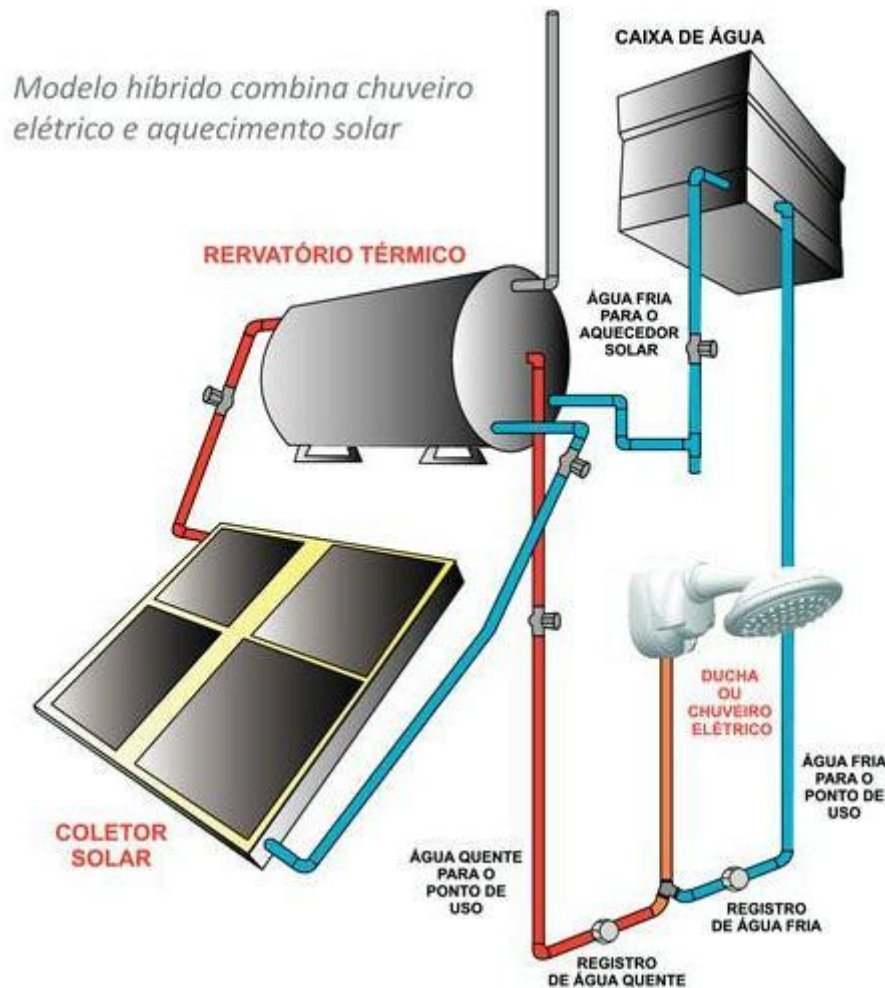


Figura 27: Esquema demonstrando como funciona o sistema híbrido chuveiro elétrico e aquecedor solar.
Fonte: <http://www.esntv.com.br>

A Lorenzetti, empresa fabricante de duchas e chuveiros elétricos, lançou a ducha Advanced Flex, produto para ser utilizado com aquecedores solares, a gás e boiler elétrico (figura 28). Desenvolvido com sistema inteligente de funcionamento, a ducha aquece a água instantaneamente, assim que o registro é aberto, controlando automaticamente a temperatura desejada do banho até a chegada de água quente do sistema principal, reduzindo a sua potência até desligar, garantindo água aquecida e conforto sem interrupções, evitando o desperdício de água fria parada na tubulação, cuja média é de cinco litros por banho, conforme dados do CIRRA/USP (Centro Internacional de Referência em Reuso de Água).

Com sistema eletrônico de controle de temperaturas, o produto é indicado para uso com misturadores e monocomando. Possui dois seletores pré-definidos de

temperatura, o produto apresenta sistema de led orientativo, que indica o modo de funcionamento da ducha enquanto monitora a temperatura. Quando apresenta a cor vermelha, o produto demonstra que está aquecendo a água, complementando o sistema principal. Quando surge a cor vermelha com verde, o sistema informa que parou de aquecer e indica que o consumidor misture água fria, para que a temperatura da água seja exatamente a escolhida. A economia da ducha é ainda ampliada quando o seu uso é complementar ao sistema de aquecimento solar, conhecido como híbrido, considerado o mais econômico de acordo com estudo de consumo do CIRRA/USP. Durante os dias nublados ou mais frios, inclusive, o produto complementa a temperatura da água, reduzindo o consumo de energia de outros apoios elétricos e mantendo a precisão da temperatura. De fácil instalação, a ducha Advanced Flex possui resistência do tipo refil, que facilita a sua troca, possui cano incorporado e é compatível com o dispositivo D.R, que confere mais segurança ao consumidor.

[24]



Figura 28: Ducha Advanced Flex
Fonte: <http://www.lorenzetti.com.br>

Os vestiários que atendem a piscina são divididos em uso misto, masculino e feminino, totalmente adaptados para atender qualquer paciente. O total de chuveiros é de 11 unidades com potência de 5.200W cada e o tempo médio

aferido por banho, conforme tabela no Anexo I é de 10 minutos, considerando que a maioria dos pacientes apresentam limitações de mobilidade.

Considerando a média de atendimentos mensais e que a maioria dos pacientes toma dois banhos por uso da piscina, temos 72 banhos diários.

A vazão atual de cada chuveiro é de 3,4 l/min, porém tomando como base o dado fornecido pela Lorenzetti, teremos uma vazão de 4,2 l/min, caso instalemos esse equipamento. Além disso, está prevista pela direção médica do instituto um incremento no atendimento para 2014 até a capacidade máxima em torno de 96 pacientes/dia. Aplicando um fator de correção estimamos que o número de banhos diários suba para 144.

Adotando o método de dimensionamento indicado pela ABNT NBR 15.569:2008, e exemplificado na apostila Energia Solar II do curso de Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética, temos: [28]

Volume consumido:

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

$$V_{consumo} = \text{Volume de água quente consumida diariamente em } m^3$$

$$Q_{pu} = \text{Vazão em } m^3/s$$

$$T_u = \text{Tempo médio em segundos}$$

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

$$T_u = 600s$$

$$V_{consumo} = 7E^{-5} \times 600 \times 144$$

$$V_{consumo} = 6,05m^3/\text{dia}$$

Volume armazenado:

$$V_{armazenado} = \frac{V_{consumo} \times (T_{consumo} - T_{ambiente})}{(T_{armazenado} - T_{ambiente})} \quad (3.2)$$

$V_{armazenado}$ = Volume de água quente armazenada em m^3 .

Sugestão: $V_{armazenado} \geq 75\% V_{consumo} = 4,54m^3$

$T_{consumo}$ = Temperatura de uso. Sugestão $45^\circ C$

$T_{ambiente}$ = Como média anual para São Paulo adotamos $22^\circ C$

$T_{armazenado}$ = A sugestão é de que a $T_{armazenada} \geq T_{consumo}$

Embora a temperatura de uso deva ser em torno de $40^\circ C$, neste caso foi adotado $45^\circ C$ para descontar as perdas na tubulação. [28]

$$V_{armazenado} = \frac{4,54 \times (45 - 22)}{(50 - 22)}$$

$$V_{armazenado} = 3,73m^3$$

Desta forma três reservatórios de $1m^3$ e um de $0,8 m^3$ cada, atendem a essa demanda.

Cálculo de Energia Útil (kWh/dia):

$$E_{\text{útil}} = V_{armazenado} \times \gamma \times C_p \times (T_{armazenado} - T_{ambiente}) \quad (3.3)$$

γ = peso específico da água igual a $1000kg/m^3$

$$C_p = \text{é o calor específico da água igual a } \frac{11,63E^{-4} kWh}{kg^\circ C}$$

$$E_{\text{útil}} = 3,73m^3 \times 1000 \times 11,63E^{-4} \times (50 - 22)$$

$$E_{\text{útil}} = 121,5kWh/dia$$

Cálculo de Área Coletora (m²):

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) \times FC_{\text{instal}} \times 4,901}{PMDEE \times I_g} \quad (3.4)$$

I_g = é o valor da irradiação global média anual para o local

de instalação ($\frac{kWh}{m^2} \cdot dia$)

E_{perdas} = é a somatória das perdas térmicas dos circuitos primário e

secundário, em $\frac{kWh}{dia}$, calculada através da equação:

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \times E_{\text{útil}} \quad (3.5)$$

Ou seja, são considerados 15% de perdas.

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \times E_{\text{útil}}$$

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \times 121,5$$

$$E_{\text{perdas}} = 18,23 kWh/m^2 dia$$

$PMDEE$ = Produção média de energia.

$$PMDEE = 4,901 \times (Fr\tau\alpha - 0,0249 \times FrUL) \quad (3.6)$$

$Fr\tau\alpha$ = é o coeficiente de ganho do coletor solar (adimensional)

$FrUL$ = é o coeficiente de perdas do coletor solar (adimensional)

FC_{instal} = é o fator de correção para a inclinação e orientação do coletor solar dado pela equação:

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

$$FC_{\text{instal}} = \frac{1}{1 - [1,2E^{-4} \times (\beta - \beta_{\text{ótimo}})^2 + 3,5E^{-5} \times \alpha^2]} \quad (3.7)$$

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

$$FC_{instal} = \frac{1}{1 - [1,2E^{-4} \times (\beta - \beta_{ótimo})^2]}$$

β é a inclinação do coletor em relação ao plano horizontal em graus;

$\beta_{ótimo}$ é a inclinação ótima do coletor para o local de instalação em graus;

a sugestão é de que seja adotado valor módulo da latitude local + 10°;

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

$$E_{perdas} = 0,15 \times E_{útil} = 0,15 \times 121,5 = 18,23$$

$$I_g \text{ para São Paulo} = 3,85 \text{ kWh/m}^2$$

Dados admitidos para a placa solar utilizada:

$$Fr\tau\alpha = 0,75$$

$$FrUL = 7,2$$

No caso do local da futura instalação o $\alpha = 0$, $\beta = 30^\circ$ e $FC_{instal} = 1$

$$PMDEE = 4,901 \times (Fr\tau\alpha - 0,0249 \times FrUL)$$

$$PMDEE = 4,901 \times (0,75 - 0,0249 \times 7,2)$$

$$PMDEE = 2,80$$

$$A_{coletora} = \frac{(E_{útil} + E_{perdas}) \times FC_{instal} \times 4,901}{PMDEE \times I_g} \quad (3.4)$$

$$A_{coletora} = \frac{(121,5 - 18,23) \times 1 \times 4,901}{2,80 \times 3,85}$$

$$A_{coletora} = 47m^2$$

Em continuidade a este estudo, o próximo passo será o desenvolvimento do projeto e os meios para a sua implantação, além dos procedimentos de manutenção, tudo de acordo com a NBR-15569, conforme listado abaixo.

O usuário do SAS deve solicitar e manter os seguintes documentos:

1. Projeto;
2. Manual de operação e manutenção;
3. Anotação de responsabilidade técnica (ART) de elaboração do projeto
4. Anotação de responsabilidade técnica (ART) de instalação;
5. Registros de manutenção

A documentação do projeto deve contemplar no mínimo os seguintes elementos:

1. Premissas de cálculo;
2. Dimensionamento;
3. Fração solar;
4. Memorial descritivo;
5. Volume de armazenamento;
6. Pressão de trabalho;
7. Fontes de abastecimento de água;
8. Área coletora;
9. Ângulos de orientação e de inclinação dos coletores solares;
10. Estudo de sombreamento;
11. Previsão de dispositivos de segurança;
12. Massa dos principais componentes;
13. Considerações a respeito de propriedades físico-químicas da água;
14. Localização, incluindo endereço;
15. Indicação do norte geográfico;
16. Planta corte isométrico, vista, detalhe e diagrama esquemático, necessários para a perfeita compreensão das interligações hidráulicas e interfaces dos principais componentes;
17. Esquema, detalhes e especificação para operação e controle de componentes elétricos (quando aplicável);
18. Especificação dos coletores solares e reservatórios térmicos;
19. Especificação de tubos, conexões, isolamento térmico, válvulas e moto bomba;

20. Tipos e localização de suportes e métodos de fixação de equipamentos, quando aplicável;

Quando a circulação por termossifão não for possível, deve-se utilizar a circulação forçada instalando uma motobomba no circuito entre os coletores solares e o reservatório térmico, acionada por comando que garanta ganho de energia térmica no sistema de armazenamento. A figura 29 mostra o esquema simplificado do circuito para circulação forçada com os componentes básicos para o seu correto funcionamento. [26]

Deve ser considerada a instalação de dispositivo ou meio físico que impeça a inversão da circulação do fluido e a consequente perda de energia armazenada no reservatório térmico. Quando o fundo desse reservatório estiver situado abaixo do topo dos coletores, deve-se prever dispositivo para impedir o fluxo reverso.

Nos sistemas de circulação forçada deve-se evitar a circulação dos fluidos quando não há energia solar, salvo quando a circulação é usada como proteção contra congelamento. A motobomba deve ser acionada automaticamente quando a temperatura da água dos coletores estiver acima da temperatura da parte inferior do reservatório térmico. [26]

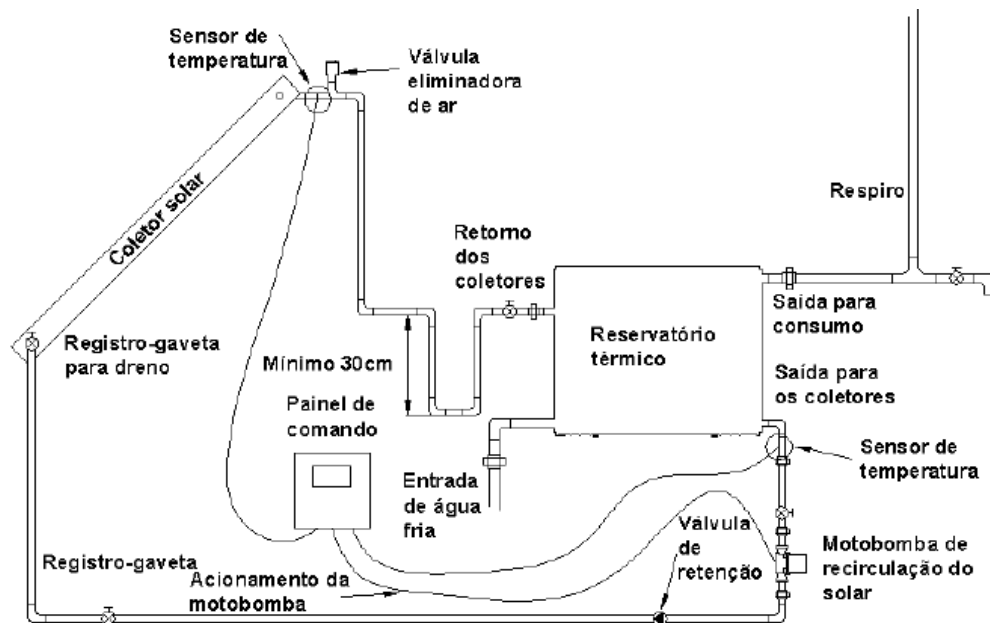


Figura 29: Esquema com a circulação forçada

Fonte: NBR 15.569

A maneira de como os coletores solares serão ligados, serão definidos na etapa de projeto. Na figura 30 observamos um tipo de alimentação que apresenta menores perdas na rede de tubagem.

Alimentação invertida (menores perdas térmicas na rede de tubagem)

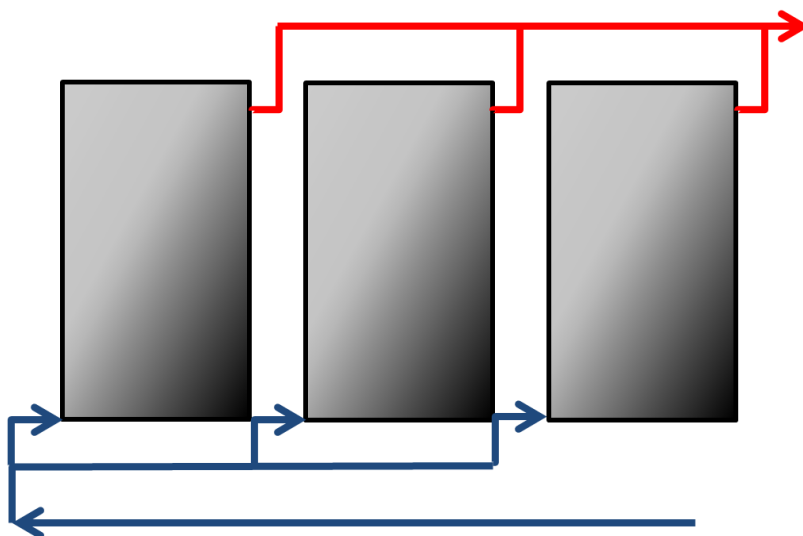


Figura 30: Ligação dos coletores.

Fonte: Curso ministrado pela ABRAVA

Conforme indica a figura 31, a moto bomba deve ser capaz de suportar os fluidos na máxima temperatura encontrada no SAS e ser instalada para trabalhar afogada e de maneira a prover o acesso a serviços ou substituição.

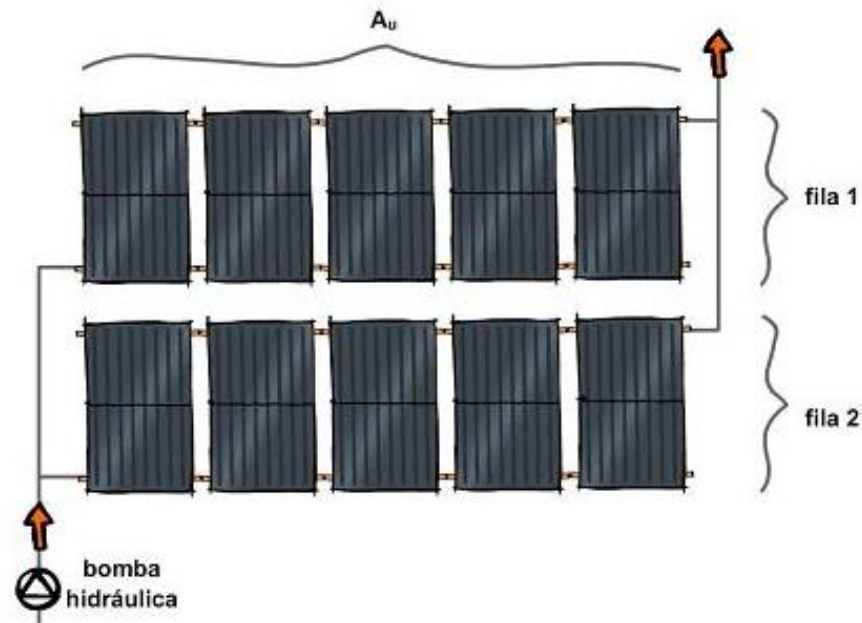


Figura 31: Bomba hidráulica ligada aos coletores.
Fonte: Curso ministrado pela ABRAVA

É necessária a instalação de um comando diferencial que analisa a diferença de temperaturas entre o ponto mais quente e o ponto mais frio do sistema solar térmico fazendo acionar ou parar a bomba de circulação. [27]

Tubos, conexões e acessórios devem ser capazes de suportar os fluidos nas máximas temperaturas e pressão encontradas no SAS sem apresentar vazamentos, deformações ou degradação excessiva e devem ser conforme Normas Brasileiras aplicáveis. A tubulação e seus acessórios devem ser dimensionados para transportar o fluido de trabalho nas vazões de projeto sem excessivo ruído ou vibração, o que pode induzir altos níveis de tensões mecânicas suficientes para causar danos. [27]

Na figura 32 podemos ver como o material isolante é colocado na tubulação.

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

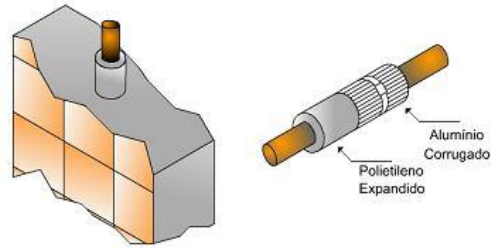


Figura 32: Isolamento da tubulação.

Fonte: Curso ministrado pela ABRAVA

Temos na figura 33, os dados de um coletor fabricado pela PROSOL e na 34 os dados referentes aos reservatórios térmicos produzidos por eles.



Informações Técnicas

Coletor Solar BLUE SM	1 m ² vertical	1,61 m ² vertical	2,01 m ² vertical	2,01 m ² horizontal
Largura (mm)	1000	1000	1000	2010
Comprimento (mm)	1000	1610	2010	1000
Entrada / Saída	ø 22,0	ø 22,0	ø 22,0	ø 22,0
Peso cheio (Kg)	14,90	23,30	28,70	29,20
Peso vazio (Kg)	13,70	21,80	27,20	27,70
Peso c/ emb. (Kg)	14,10	22,20	27,60	28,10
Dimensão c/ emb. (mm)	1100 x 1100 x 125	1100 x 1710 x 125	1100 x 2110 x 125	1100 x 2110 x 125

Figura 33: Placa Blue SM.

Fonte: PROSOL



Reservatórios Térmicos Baixa Pressão (5 m.c.a.)					
Dimensões			Resistência Elétrica		
Volume (litros)	Diâmetro (mm)	Compr. (mm)	Potência (Watts)	220	20
200	560	1.200	2.000	220	20
300	560	1.710	2.000	220	20
400	560	2.180	2.000	220	20
500	800	1.400	3.000	220	20
600	800	1.650	3.000	220	20
800	800	2.140	3.000	220	20
1.000	800	2.750	3.000	220	20

Reservatórios Térmicos Alta Pressão (40 m.c.a.)					
Dimensões			Resistência Elétrica		
Volume (litros)	Diâmetro (mm)	Compr. (mm)	Potência (Watts)	220	20
200	560	1.240	2.000	220	20
300	560	1.760	2.000	220	20
400	560	2.275	2.000	220	20
500	800	1.560	3.000	220	20
600	800	1.770	3.000	220	20
800	800	2.275	3.000	220	20
1.000	800	2.670	3.000	220	20

RESERVATÓRIOS ATUAIS				
Volume	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Potência do Apoio	Certificação
200 litros	560	1170	2000W	A + SELO PROCEL
300 litros	560	1660	2000W	A + SELO PROCEL
400 litros	560	2175	2000W	A
400 litros	800	1250	3000W	A + SELO PROCEL
500 litros	800	1370	3000W	A + SELO PROCEL
600 litros	800	1640	3000	A + SELO PROCEL
800 litros	800	2140	3000	A + SELO PROCEL
1000 litros	800	2560	3000	A + SELO PROCEL
400 litros Nível	560	2175	2000W	A + SELO PROCEL

A Pro-Sol reserva-se ao direito de alterar as especificações dos seus produtos sem prévio aviso.

Figura 34: Reservatório.
Fonte: PROSOL

A empresa TECNOSOL é uma indústria com 21 anos de experiência na elaboração de projetos, instalações e manutenção de sistemas de aquecimento solar, está localizada na Granja Viana, cidade de Cotia, atendendo a todo o Brasil, contabilizando a instalação de milhares de equipamentos. [37]

Atendendo a uma solicitação para o envio de um orçamento para o fornecimento e instalação dos equipamentos baseando-se nos dados contidos neste trabalho, obtivemos as informações listadas abaixo:

- Dois tanques de 2.000l cada confeccionado em chapa de aço inoxidável AISI 304, inclusive as conexões de entrada e saída de água, soldado em atmosfera inerte (Argônio);
- Difusor que dificulta a mistura da água fria com a quente;
- Pressão de trabalho 40 m.c.a;
- Isolado termicamente com 2" de poliuretano expandido, proporcionando alto índice de termecidade;
- Revestimento externo em chapa de alumínio 0,5mm;
- Resistência blindada de 5.000W;
- Controle de temperatura da THERMODISC, com escala de 45° a 75°;
- Válvula de segurança, quebra vácuo, eliminadora de ar e tanque de expansão. O tanque e as respectivas válvulas irão proteger o equipamento contra a pressão negativa (efeito sanfona na entrada e saída de água e ar no boiler) evitando a trinca da solda ou até mesmo da chapa do tambor interno;
- Coletor solar modelo TS2 (2,00m x 1,00m), confeccionada externamente em perfil rígido de alumínio, proporcionando resistência a intempéries;
- Vidros superiores lisos de 3mm de espessura temperado, com vedação da lâmina de vidro em borracha de silicone;
- Tubulação vertical e horizontal em cobre 3/8" e 3/4" do fabricante Eluma, espessura de 0,4mm e 0,5mm respectivamente, sendo soldados em foscooper;
- Os tubos serão presos sob pressão em aletas enegrecidas de alumínio espessura 0,35mm, pintadas com tinta de alta absorção;

- Isolamento térmico através de mantas de polietileno expandido aluminizado, proporcionando alto índice de termicidade;
- Reservatório e coletores: R\$ 27.640,00
- Mão de obra: R\$ 6.000,00
- Materiais hidráulicos: R\$ 9.000,00
- Kit de segurança R\$ 3.200,00
- Micro bomba R\$ 2.200,00
- Quadro de comando R\$ 1.700,00

TOTAL R\$ 49.740,00

Serviços excluídos que ficarão por conta do cliente:

- Infraestrutura elétrica, hidráulica e alvenaria;
- Suporte para fixação dos coletores e reservatório térmico;

O prazo de entrega está previsto para 20 dias após a data do pedido e o prazo de instalação é de 30 dias.

Na proposta temos o alerta de que a norma N° 15.569 da ABNT indica que será necessário a verificação semestral do kit de segurança para calibragem do tanque de expansão, teste das válvulas de segurança, quebra vácuo e eliminadora de ar.

3.1.2. Utilização de placas solares para o aquecimento da piscina

Conforme apresentado no capítulo 2, item 2.2 as equações abaixo permitem estimar as perdas de calor por evaporação de uma piscina descoberta e as perdas de calor por convecção das piscinas cobertas ou descobertas em watts por metro quadrado:

$$qe = Pa[35V + 43(Tp - Ta)^{\frac{1}{3}}](\omega p - \omega a) \quad (2.1) \quad [7]$$

Onde V representa a velocidade do vento em metros por segundo na proximidade do lado da piscina, P_a é a pressão do ar ambiente, em quilopascal, ω_p é a relação de umidade de saturação (umidade absoluta em kg vapor d'água / kg de ar seco) à temperatura da piscina e ω_a é a relação de umidade do ar ambiente por cima da piscina. T_p e T_a são respectivamente as temperaturas da água da piscina e do ar ambiente. Perdas de convecção são expressos em termos de perdas por evaporação como:

$$qc = qe \times 0,0006 \left(\frac{T_p - T_a}{\omega_p - \omega_a} \right) \quad (2.2) \quad [7]$$

Utilizaremos estas equações para calcular a área que será destinada para a instalação de placas solares para o aquecimento da piscina, mantendo a sua temperatura entre 32° e 34°C.

Área da piscina: $5,0m \times 12,60m = 63m^2$

Temperatura média na cidade de São Paulo = 22°C

$273K + 22^\circ = 295K$

$273K + 34^\circ = 307K$

Perda de calor por evaporação da piscina:

$$qe = Pa[35V + 43(Tp - Ta)^{\frac{1}{3}}](\omega p - \omega a)$$

ωp = *umidade de saturação na temperatura da piscina*

Considerando a carta psicométrica de São Paulo, temos: [25]

T piscina $\rightarrow \omega p$ 34° $\rightarrow$ Umidade de 100%

Considerando que é uma piscina coberta, pelo gráfico temos:

$$\omega p = \frac{38g}{kg} \text{ ar seco}$$

ωa = *umidade de saturação na temperatura média ambiente*

ωa = para 22° $\rightarrow$ umidade 60% $\rightarrow \omega a = 11g/kg$ ar seco

$$Pa = 700mmHg \rightarrow 93,3kPa$$

A velocidade do ar foi estimada em 0,6 e 0,7m/s

$$qe = 93,33[35 \times 0,6 + 43(307 - 295)^{\frac{1}{3}}](0,038 - 0,011)$$

$$qe = 301 \text{ W/m}^2; Qe = 301 \times 63 = 18962 \text{ W}$$

Perdas por convecção:

$$qc = qe \times 0,0006 \left(\frac{Tp - Ta}{\omega p - \omega a} \right) \quad (2.2)$$

$$qc = 301 \times 0,0006 \left(\frac{307 - 295}{0,038 - 0,011} \right)$$

$$qc = 80,3 \text{ W/m}^2$$

$$Qc = 80,3 \times 63 = 5059 \text{ W}$$

$$Qe + Qc = 18.962 + 5.059 = 24.021 \text{ W} = 86,5 \frac{MJ}{h} = 24,0 \text{ kWh/h}$$

Supondo a superfície da água coberta por 12 horas

$$E_{\text{útil}} = 24 \times 12hs = 288 \text{ kWh/dia}$$

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \times E_{\text{útil}} = 0,15 \times 288 = 43,2 \text{ kWh}$$

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) \times FC_{\text{instal}} \times 4,901}{PMDEE \times I_g} \quad (3.4)$$

$$I_g \text{ para São Paulo} = 3,85 \text{ kWh/m}^2$$

$$FC_{\text{instal}} = 1$$

$$PMDEE = 2,80$$

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(288 + 43,2) \times 1 \times 4,901}{2,80 \times 3,85}$$

$$A_{\text{coletora}} = 151 \text{ m}^2$$

Em continuidade a este estudo, o próximo passo será o desenvolvimento do projeto e os meios para a sua implantação, além dos procedimentos de manutenção, tudo de acordo com a NBR-15569.

Temos na figura 35, os dados de um coletor fabricado pela PROSOL, indicado para uso no aquecimento de água para uso em piscinas.



Coletor Solar H2Sol			
Modelo	H2Sol 2.0	H2Sol 3.0	H2Sol 4.0
Largura (m)	0,275 m	0,275 m	0,275 m
Comprimento (m)	2 m	3 m	4 m
Espessura	8 mm	8 mm	8 mm
Área Externa	0,55 m ²	0,825 m ²	1,1 m ²
Classificação	B	B	B
Produção média mensal de energia por m ² de coletor	93,4 kWh/mês/m ²		
Eficiência Energética Média	71,47%		
Matéria Prima	Polipropileno virgem		
Número de Tubos	27		
Ø Entrada e Saída	40 mm		
Peso Vazio	1,6 kg	2,3 kg	3,0 kg
Peso Cheio	2,7 kg	3,8 kg	4,8 kg
Pressão Máxima de Operação	2 kgf/cm ² / 200 kPa / 20 m.c.a.		

Figura 35: Coletor de piscina H2Sol.

Fonte: PROSOL

O custo para a implantação do sistema de aquecimento de água foi fornecido pela empresa Tecnosol, com previsão de durabilidade de 30 anos. [37]

- Coletor solar;
- Quadro de comando;

- Moto bomba;
- Kit de materiais hidráulicos;
- Mão de obra especializada.

Total: R\$ 29.620,00

Serviços exclusivos que ficarão por conta do cliente:

- Levar 01 eletroduto de 3/4" com guia da casa de máquinas até o telhado onde serão instalados os coletores;
- Levar 02 tubos de 50mm em PVC da casa de máquinas até ao telhado onde serão instalados os coletores;
- Levar 01 ponto elétrico de 220V para acionamento do quadro de comando e moto bomba;
- Serviços de alvenaria e acabamento.

Na figura 36, temos a representação do local onde serão instalados os coletores solares para uso na piscina e vestiário.

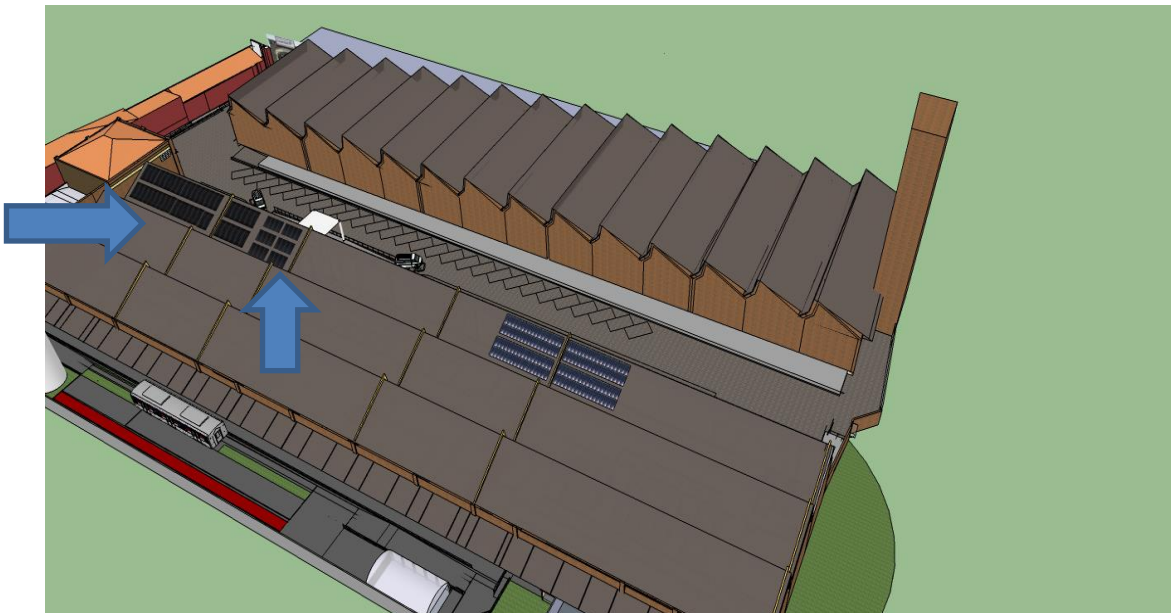


Figura 36: Vista em 3D das placas coletoras.
Fonte: andrea.s.alves@hotmail.com

Na figura 37 indicamos onde serão instalados os boilers. A edificação possui um pé direito de 10m, porém nem todo aproveitável devido à geometria do telhado. A proposta é de que seja construída uma estrutura metálica para a

sustentação dos equipamentos, logo acima da piscina. Atualmente o local não dispõe de forro e sistema de exaustão que serão implantados na ocasião da instalação do sistema de aquecimento de água por placas solares.

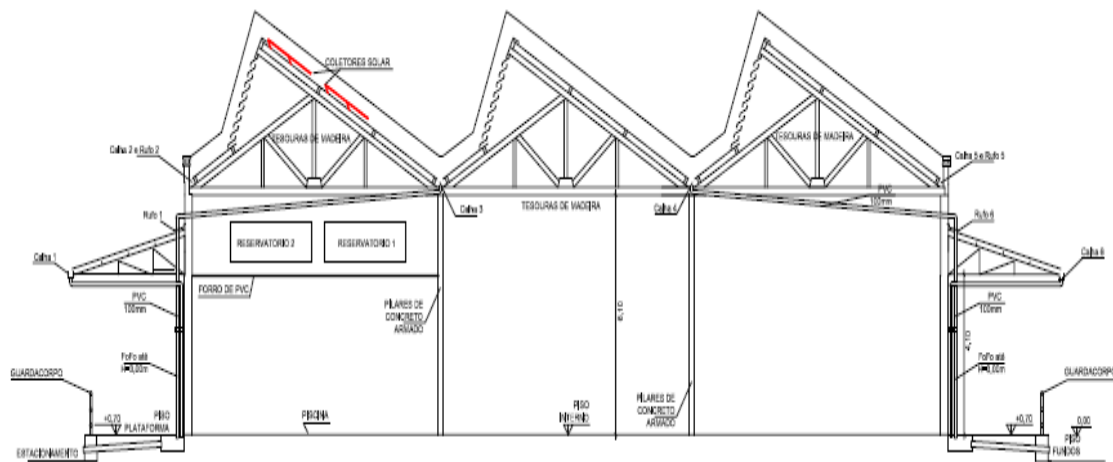


Figura 37: Posição dos reservatórios
Fonte: andrea.s.alves@hotmail.com

3.1.3. Previsão para o retorno do investimento com as placas solares

Considerando os custos para a implantação das placas coletoras solares, para o atendimento do vestiário e da piscina temos:

- Vestiários

R\$ 49.740,00

- Piscina

R\$ 29.620,00

O custo estimado da instalação, para o atendimento do vestiário e da piscina está estimado em:

- R\$ 79.360,00

Considerando o uso na capacidade máxima de atendimento da Unidade, teremos uma estimativa de redução no custo médio na conta de energia elétrica de 7,8%, obtendo o retorno do revestimento em 12 anos.

3.2 Luminotécnica

Conforme relatado no capítulo 1, a iluminação do instituto precisa ser repensada, pois apresenta inúmeras luminárias de concepção ultrapassada com baixo rendimento em luminosidade e alto consumo.

Neste sentido, foi efetuado um estudo com a proposta de se substituir integralmente as luminárias existentes, adequando a luminosidade ao ambiente com luminárias mais eficientes e utilizando lâmpadas de LED, com baixo consumo e grande durabilidade.

Encontramos no mercado produtos de LED para instalação direta, com soquetes iguais aos das lâmpadas tradicionais, sejam elas incandescentes, eletrônicas, dicróicas, fluorescentes tubulares etc. Chamamos de “LED de potência” aqueles dispositivos que produzem luz como se grande potência tivesse, mesmo que uma de suas características principais seja justamente o baixo consumo, ou seja, a baixa potência. Um LED de 7W pode produzir luz equivalente a uma lâmpada com 50W de potência. O termo potência está associado à produção de boa quantidade de energia luminosa, também conhecida como luz e suas grandezas, como fluxo luminoso, intensidade luminosa, etc. [29]

Quando os LEDs são fabricados, estes são separados por alguns aspectos, considerando-se que nem todos saem com características idênticas. Alguns quando produzidos apresentam mais luz, outros menos; alguns com uma cor, outro com uma cor ligeiramente diferente e por isso devem ser separados por lotes, que são separados por lotes, que são conhecidos por BINs. Desta forma binning vem a ser o controle desses bins, que é um controle de qualidade para que todos tenham a mesma binagem. Em mesmo bin devem estar LEDs com características bem semelhantes, para que a luz emitida por esse módulo de

LEDs ou mesmo pela lâmpada de LED tenha uma luz homogênea, no tocante a cor e quantidade de luz. [29]

Para o correto funcionamento o LED necessita uma estável e constante corrente contínua a fim de evitar mudanças no comprimento de onda e garantir uma operação segura. A corrente alternada, que vem da rede normal, é convertida para corrente contínua pelo equipamento conhecido como driver. Ao efetuarmos a ligação de vários LEDs temos que respeitar os limites mínimo e máximo desse dispositivo.

O LED não emite nenhum calor na faixa de luz, mas em compensação, gera uma grande quantidade de calor na parte de trás. Esse calor é de tal ordem que necessita um equipamento específico para eliminar ou reduzir esse efeito. Este equipamento é o dissipador de calor que podem ser desde peças simples de alumínio, até equipamentos mais complexos, com aletas calculadas tecnicamente para conseguir fazer essa dissipação. Nos LEDs de potências menores possuem na sua construção, dissipadores de calor próprios, que é a própria placa do circuito impresso. [29]

Na construção de um LED, existe um cuidado com o sistema ótico, devido ao fato de a luz emitida por ele ser pontual, havendo a necessidade de se acoplar lentes especiais para fazer o melhor direcionamento da luz, buscando reduzir os desconfortáveis ofuscamentos. Para a correção deste problema utilizamos a técnica denominada como ótica primária. Quando se fixa o chip na ficha, já é considerado um direcionamento da luz, que é feito no material onde é fixado, que faz às vezes de refletor. Além disso, temos a ótica secundária que tem características semelhantes aos refletores para lâmpadas, onde a principal diferença é o tamanho reduzido. Com tudo isso ainda tem-se que ter cuidado na fabricação das luminárias que serão utilizadas nos ambientes, para que esse efeito seja atenuado. [29]

Para a elaboração do estudo para a substituição das luminárias existentes por novas que utilizam a lâmpadas que utilizam tecnologia por LED foi chamada a empresa Via Luz fabricante de luminárias que utilizam as lâmpadas de LED fabricadas pela Golden nos seus projetos. [38] [39]

O ponto de partida para essa avaliação foi a Tabela 3 que indica o tipo de lâmpadas existente em cada setor da Unidade tendo sido feita a devida correspondência com a lâmpada LED equivalente.

Na tabela 5 temos os valores das lâmpadas com as luminárias montadas no local. O valor estimado é de R\$ 237.978,72.

A título de referência, comparando-se com uma proposta enviada pela Itaim Iluminação, onde não foram inclusas a substituição das lâmpadas e luminária das quadras, temos um valor bem menor, R\$ 71.479,94. Nela está inclusa a troca de todas as luminárias, pelos modelos mais eficientes do mercado, com o uso de reatores eletrônicos com alto fator de potência. Na figura 38, temos a planta da Unidade com o estudo luminotécnico, que serviu de base para o orçamento. [40]

A necessidade de se substituir toda a iluminação na Unidade Lapa existe e deve ser feita tão logo outras obras de infraestrutura fiquem prontas.

O custo atual para o uso de luminárias com lâmpadas de LED ainda se encontra em um patamar elevado, mas considerando que a durabilidade está estimada na faixa de 25.000 a 50.000 horas e que uma fluorescente esteja na faixa de 5.000 a 10.000 horas, a opção do LED deve ser considerada.

Uma precaução que devemos tomar sobre a questão da durabilidade de uma lâmpada de LED, é de que ela não pode ser encarada como fazemos com as demais, pois após as 25.000 horas têm uma redução de 30% na sua luminosidade e a indústria assume que as pessoas de fato percebem uma redução no brilho a partir deste ponto, ou seja, elas não queimam como uma lâmpada comum e sim tem o seu brilho lentamente reduzido. [41]

3.2.1 Previsão para o retorno do investimento com a utilização de lâmpadas LED.

Considerando o perfil de utilização da iluminação na edificação, as lâmpadas chegarão a 25.000 horas de uso, ponto este onde é possível que o usuário comum perceba a perda de rendimento, após oito anos de uso.

Comparando-se com a alternativa de se manter o mesmo padrão de lâmpadas atuais, teremos neste período um número significativo de substituições.

Desta forma teremos o retorno no investimento conforme demonstrado abaixo:

- Iluminação

Lâmpadas LED = 25.000hs = 8 anos de uso no IMREA: R\$ 237.978,72

Convencional considerando a troca de lâmpadas:

R\$ 71.479,74 + R\$ 42.603,00 = R\$ 114.082,74

- Redução no custo médio na conta de energia elétrica

Valor médio da conta: R\$ 6.892,21

Redução estimada no custo em 20% = R\$ 1.378,44

Tendo a expectativa de retorno em 7 anos e meio

A questão da economia devido ao menor consumo é verdadeira, porém temos que tomar alguns cuidados com a instalação elétrica conforme relatado no item 3.5.

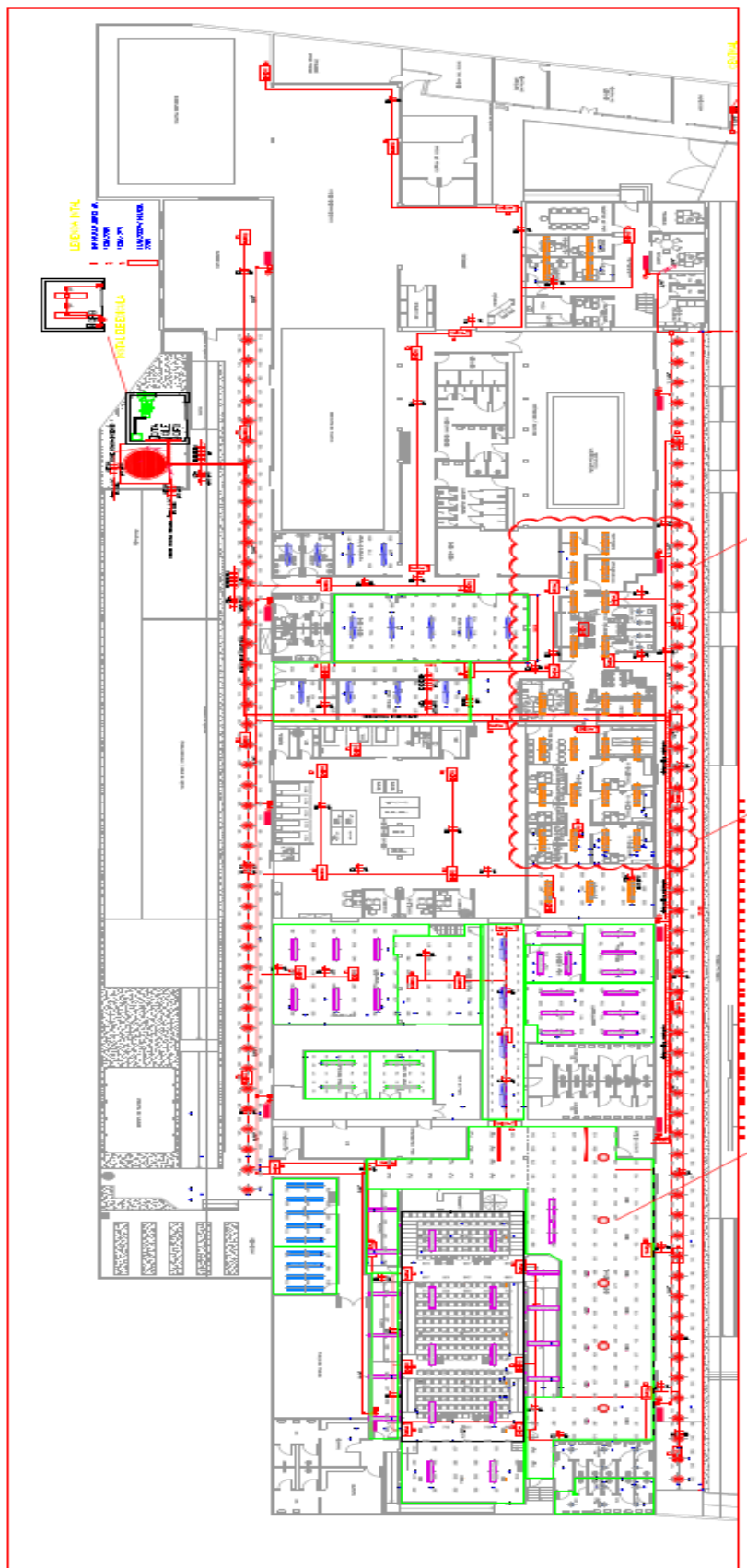


Figura 38: Planta de luminotécnica.
Fonte: Itaim Iluminação

3.3 Utilização de placas fotovoltaicas para a alimentação elétrica das luminárias que utilizam LED

A edificação possui uma considerável área livre de telhado, com boa insolação, totalmente disponível para o uso da captação da energia solar, logo que terminarem as obras de manutenção estrutural que contemplarão os devidos reforços estruturais que permitirão a instalação desses equipamentos.

O sistema de painéis fotovoltaicos sugerido é o conectado a rede, ele atenderá cargas alimentadas por corrente alternada. Sempre que necessário o sistema terá o apoio da alimentação elétrica fornecida pela concessionária de energia. Para essa gestão de controle demanda de energia utilizaremos um inversor.

É da máxima importância que o sistema inversor sob hipótese alguma injete energia gerada pelos módulos fotovoltaicos na rede elétrica quando esta estiver desligada. Este fenômeno, denominado *islanding*, pode resultar na rede elétrica estar energizada mesmo quando desconectada do sistema de geração central e oferece sérios riscos aos operadores da rede. Por esta razão são recomendados transformadores de isolamento (trafo ou núcleo toroidal) no sistema inversor. Da mesma forma, é necessário prover proteção contra sobrecorrentes, surtos, sobre/subfrequência, sobre/subtensão tanto pela entrada CC como pela saída CA. [42]

O conteúdo de harmônicos deve ser baixo para proteger tanto as cargas (os consumidores) como o equipamento da rede elétrica. A forma da onda e o fator de potência devem estar dentro dos níveis aceitáveis pela concessionária elétrica. A injeção de corrente CC não pode ser admitida, pois iria saturar os transformadores da concessionária. A forma da onda deve ser senoidal a 60Hz + ou - 1% no Brasil, enquanto que o fator de potência aceitável deve estar na faixa de 0.90 indutivo a 0.90 capacitivo. [42]

A tensão máxima de operação do arranjo fotovoltaico (V_{mpp}) deve ser compatível com a tensão (CC) nominal de entrada do inversor. A tensão

máxima de circuito aberto do arranjo fotovoltaico (V_{oc}), também deve estar dentro do limite máximo de tensão que o inversor pode tolerar. Seguidores do ponto de máxima potência do arranjo fotovoltaico são comumente utilizados em inversores conectados à rede elétrica para controlar a tensão de operação do arranjo fotovoltaico. [42]

Todas as normas de instalações elétricas relevantes à instalação, manutenção e segurança do sistema devem ser respeitadas, bem como forma, tamanho, peso e características físicas (acabamento, materiais utilizados, proteção contra o ambiente, terminais elétricos e instrumentação) devem ser apropriadas. As informações de como proceder a elaboração do projeto de conexão ao sistema da concessionária de energia AES Eletropaulo, estão disponíveis na Nota Técnica NT6.012. Ela fornece as diretrizes básicas para a interligação entre a rede de distribuição da AES Eletropaulo e sistemas microgeração e minigeração distribuída que utilizam inversores, com paralelismo permanente, visando os aspectos de proteção, operação e segurança, de forma a atender a Resolução Normativa nº 482/12 de 17 de abril de 2012 e a Resolução Normativa nº 517, de 11 de dezembro de 2012 da ANEEL. [43]

Os principais componentes do sistema são: [44]

- Painéis;
- Sistema de fixação;
- Inversor CC-CA. Necessita de proteção contra sobretensões;
- Diodos de by-pass. Evita que string sombreado opere como carga;
- Diodos de bloqueio;
- Terminais;
- Cabos com duplo isolamento, resistentes a UV, $T > 50^{\circ}\text{C}$;
- Dispositivos de proteção, para sobrecorrentes (fusíveis) e para descargas atmosféricas;
- Caixas de conexão;
- Baterias (neste caso não a utilizaremos).

Fatores determinantes para o rendimento do gerador fotovoltaico:

- Radiação solar;
 - Localização geográfica;
 - Inclinação;
 - Orientação;
- Temperatura dos painéis;
- Sombreamento parcial;
- Desacoplamento de painéis de uma mesma fileira;
- Resistência dos condutores;
- Limpeza dos painéis.

O sistema proposto não terá baterias, motivo pelo qual adaptamos o procedimento de cálculo, indicado a seguir, levando em consideração os dados da Tabela 3 com 10:00 hs de uso diário, não levando em consideração neste momento um fator de correção para ajustar o tempo de uso da iluminação por setor.

$$E_{cargas} = 177kWh/dia$$

Cálculo da energia que o sistema fotovoltaico deve fornecer

$$E_{gerador} = \frac{E_{cargas}}{\eta_{control} \times \eta_{inst e poeira}} \quad (3.3.1)$$

$\eta_{control}$: eficiência do controlador de carga usado para baterias;

η_{inv} : eficiência considerando a instalação e a poeira acumulada;

$\eta_{control} = 0,99 = 1$ neste caso pois não usaremos o controlador de carga

$\eta_{inv} = 0,88$

$$E_{gerador} = \frac{177}{1 \times 0,88}$$

$$E_{\text{gerador}} = 201,1 \text{ kWh/dia}$$

Dimensionamento da área necessária das placas fotovoltaicas

Considerando que o local de instalação do gerador, na condição de radiação no mês de Junho, possui HSP=4,5horas, ou 1kWp durante 4,5horas, ou 4,5kWh/m² dia, e o rendimento das células é $\eta_{PV} = 0,15$ e utilizando a equação abaixo, podemos determinar a área total dos módulos.

$$A = \frac{E_{\text{gerador}}}{\eta_{PV} \times HSP} \quad (3.3.2)$$

Onde:

A: área total dos módulos (m²);

$$\eta_{PV} = 0,15$$

HSP: número de horas de sol pleno em média diário a intensidade de 1.000W/m² = 4,5h

$$A = \frac{201,1}{0,15 \times 4,5}$$

$$A = 298 \text{ m}^2$$

Considerando que:

O inversor utilizado como parâmetro é o sunny boy de 4.000W fabricado pela SMA Technology. [45]

O módulo fotovoltaico considerado, Policristalino S245M mede 0,99 x 1,65 = 1,63m². [46]

$$V_{mp} = 30,98 \text{ Vdc}$$

$$I_{mp} = 7,91 \text{ A}$$

$$P_{mp} = 245 \text{ W}$$

Para obtermos 48Vdc, precisaremos de 2 placas em série.

A limitação de cada inversor é de 4.000W.

$$I = 4000/48$$

$$I = 83,3A$$

$$N^{\circ} \text{ de circ em paralelo} = \frac{83,3}{7,9}$$

$$N^{\circ} \text{ de circ em paralelo} = 11$$

$$N^{\circ} \text{ de placas} = 2 \times 11 = 22$$

$$\text{Área ocupada por conjunto} = 22 \times 1,63 = 35,86m^2$$

Como calculamos que a área necessária para atender a demanda em kWh/dia é de 298m².

Teremos:

$$N^{\circ} \text{ de conjuntos} = 298/35,86 = 8,3$$

Ou seja no mínimo 8 conjuntos com 22 placas cada.

Consultada para efetuar o orçamento para o fornecimento e instalação do conjunto proposto acima, a empresa Solaris sugeriu algumas alterações. A principal mudança trata da substituição do inversor por um modelo fabricado pela Schneider com 15kW, tendo eficiência de 98%. A recomendação se justifica porque embora este tipo de equipamento ainda tenha certificação, no caso específico do inversor Scheneider Conext 15.000, passou por uma avaliação do Departamento de Engenharia da CEMIG, tendo sido aprovado por eles. [46]

Nele podemos acoplar até 17kWp de fotovoltaico, ou seja serão necessários dois. Em cada entrada do inversor (string), a sugestão é de que sejam ligados dois paralelos com 17 módulos cada, conforme figura [39].

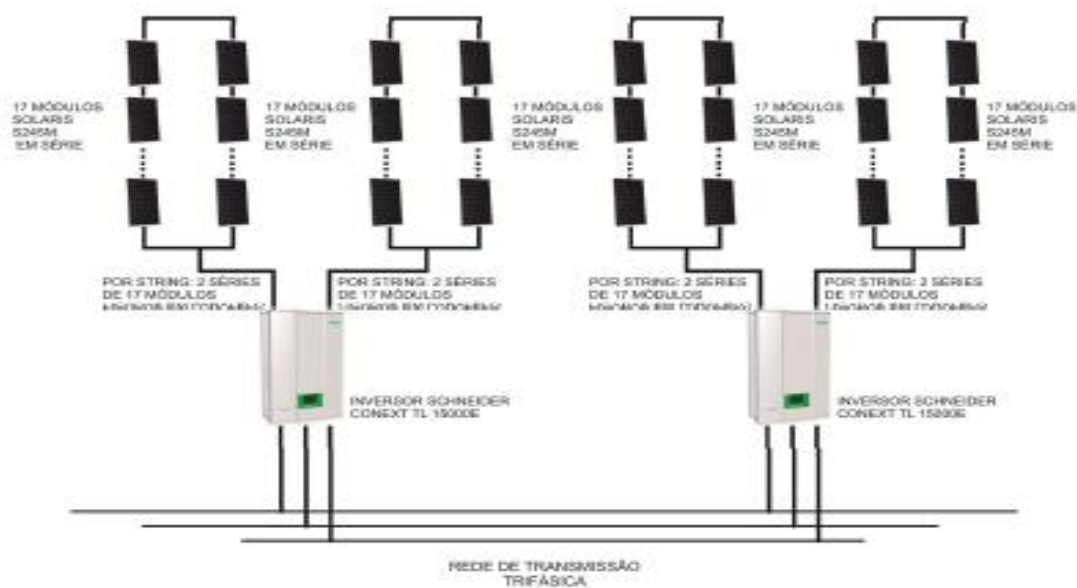


Figura 39: Esquema de ligação das placas.

Fonte: Solaris Tecnologia Fotovoltaica

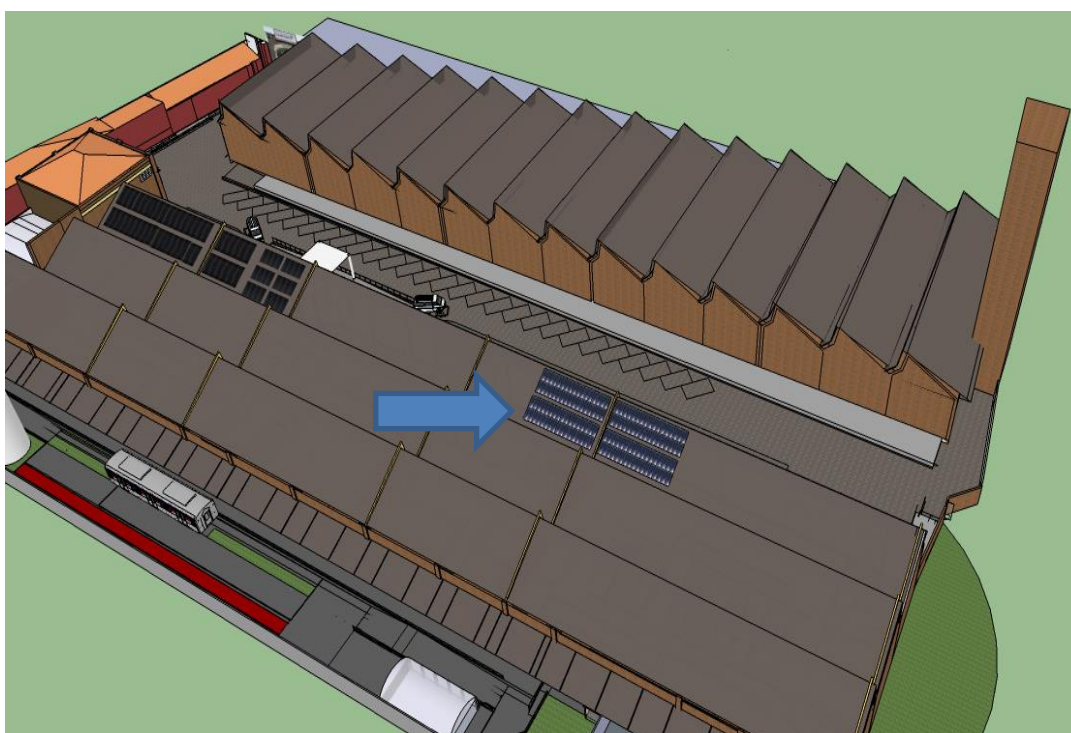


Figura 40: Vista 3D painéis fotovoltaicos.

Fonte: andrea.s.alves@hotmail.com

O local escolhido para a instalação dos painéis fotovoltaicos está indicado na figura 40, estando logo acima da subestação da Unidade e o seu QGBT (quadro geral de baixa tensão).

3.3.1 Previsão para o retorno do investimento com os painéis fotovoltaicos e a utilização de lâmpadas LED.

O orçamento apresentado, pela empresa Solaris tem os seguintes valores:

- Módulo fotovoltaico S 245M (245Wp), com cabo e conector MC-4
R\$ 133.280,00;
- Inversor Scheneider Conext 15000
R\$ 46.860,00.

Por não ter sido desenvolvido o projeto, não foi possível orçar a estrutura.

Total: R\$ 180.140,00 ao custo de R\$ 5,40 Wp.

Considerando a estimativa de redução no custo médio na conta de energia elétrica de 20% devido à troca das lâmpadas, teremos o cenário abaixo:

- Valor médio da conta: R\$ 6.892,21;
- Com a redução na conta de 20% teremos a economia de R\$ 1.378,44;
- Com isto teremos o retorno em 11 anos.

3.4 Utilização de equipamentos de ar condicionado com tecnologia VRF.

Para a substituição gradativa dos antigos aparelhos split instalados, na unidade, uma alternativa interessante seria a instalação de equipamentos com a tecnologia VRF (Volume de Refrigerante Variável - do inglês "variable refrigerant flow").

Trata-se de um conceito atrelado a equipamentos de condicionamento de ar desenvolvido especialmente para residências amplas e edifícios comerciais de médio e grande porte. Trata-se de um sistema multi-split, (evolução do sistema visto no capítulo 2), em que uma unidade externa é ligada a múltiplas unidades internas, que operam individualmente por ambiente, através dos chamados sistemas de expansão direta, nos quais o fluido refrigerante "troca" calor com o

ar do ambiente e depois retorna para sua condição inicial no ciclo do sistema de refrigeração. Ele pode ser acionado por apenas um usuário sem que outros componentes do sistema tenham de ser ligados ao mesmo tempo. O fluxo de Refrigerante Variável (VRF) é uma designação de um sistema multifuncional modernizado que possui um sistema multi-split. Nele, há apenas uma unidade externa ligada a múltiplas unidades internas que operam individualmente por ambiente, podendo chegar ate 64 unidades internas, conforme pode ser visto no esquema mostrado na figura 41. [30]

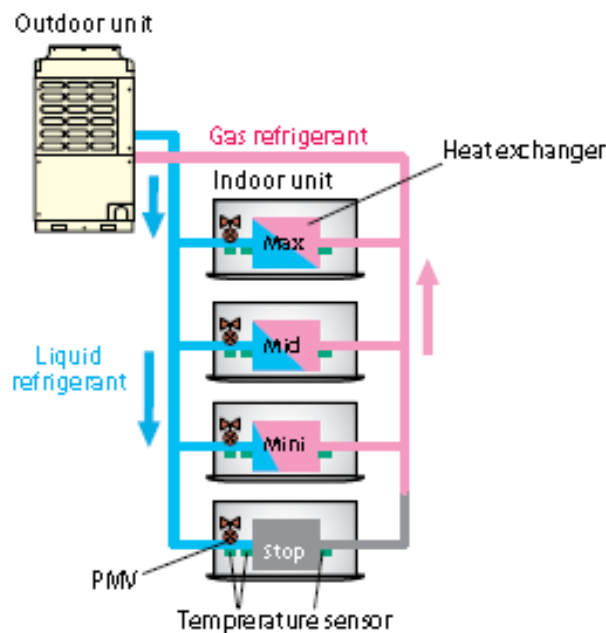
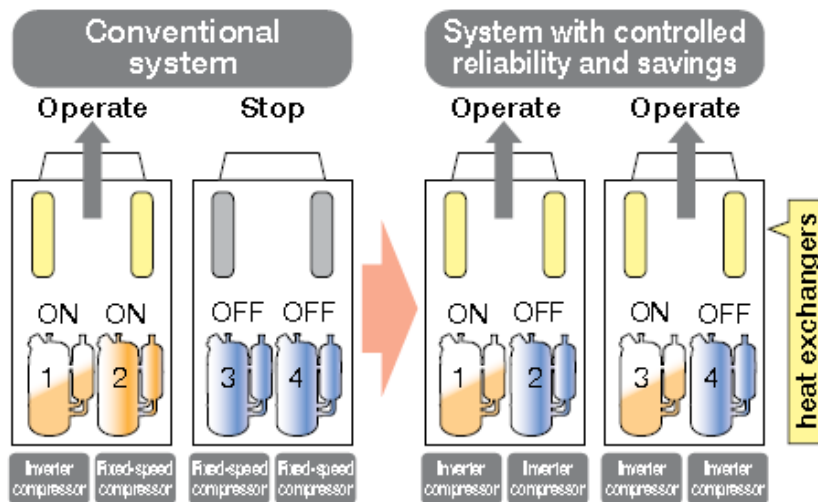


Figura 41: Sistema VRF – Toshiba Carrier Application-Guide.

Fonte: Toshiba Carrier Application Guide

O grande diferencial do sistema VRF, em resumo, está na combinação entre a tecnologia eletrônica e sistemas de controle micro processados, além da interligação de múltiplas unidades internas em um só ciclo de refrigeração. A instalação de equipamentos com tecnologia VRF tende a crescer bastante de agora aos próximos anos, sobretudo por eco eficiência de operação e preço acessível, com baixo nível de ruído e baixo consumo elétrico. Acredita-se que um dos principais desafios para consolidação desses equipamentos na região da América Latina, no entanto, resida no treinamento de mão de obra para sua instalação e manutenção. Fabricantes, distribuidores e instaladores são unânimes ao afirmar que, se projetados corretamente e bem instalados, esses sistemas podem proporcionar alto desempenho. [30]

A variação de capacidades do sistema em função da mudança de carga térmica dos ambientes é feita por variação na velocidade de rotação do compressor, na maioria das vezes do tipo scroll, através do conversor de frequência (inverter), instalado na alimentação elétrica do motor de acionamento dos compressores. Outro fator importante a ser observado para os equipamentos de ar condicionado é a sua vida útil, intervalo de tempo em que, sob determinadas condições, os equipamentos ou bens são considerados irreparáveis no contexto operacional, técnico ou econômico. De acordo com a Instrução Normativa SRF nº 162, [32] bens relacionados na Nomenclatura Comum do MERCOSUL – NCM, a vida útil para máquinas e aparelhos de ar condicionado, contendo um ventilador motorizado e dispositivo próprio para modificar a temperatura e a umidade, incluindo as máquinas e aparelhos em que a umidade não seja regulável separadamente, é de 10 anos, (RECEITA FEDERAL, 1998).

3.4.1 Previsão para o retorno do investimento utilizando-se o sistema VRF

Tomando como base a tabela 4, obtivemos o custo de R\$ 262.000,00 considerando isenções de impostos e o gerenciamento da obra sendo feita pelo contratante. [47]

O orçamento do sistema VRF, quando comparado com a opção de se utilizar aparelhos Split, é 2,3 vezes maior. [48]

Como os equipamentos VRF possuem um menor consumo de energia, aproximadamente 37%, além de maior durabilidade e confiabilidade, para recuperar o capital investido, ou seja, o payback, levaria cerca de 5 anos. Deve-se levar em conta que os equipamentos VRF, além de possuir menor consumo energético, possuem uma melhor flexibilidade de instalação, melhor distribuição do conforto térmico, menores níveis de ruído, e principalmente menor interferência com outras áreas. [31]

3.5 Considerações sobre fator de potência e níveis de harmônicos no custo da energia elétrica na unidade

Até a presente data, não foram efetuados estudos na unidade buscando um diagnóstico da situação atual do sistema elétrico quanto ao fator de potência bem como a existência ou não de harmônicos em níveis que estejam em desacordo com as normas técnicas que regulamentam a questão. Esta avaliação não só deve ser feita buscando um diagnóstico atual, como também, ser considerado como um item relevante de projeto, antes que sejam efetuadas as profundas alterações previstas na rede elétrica no tocante a iluminação.

A atual regulamentação brasileira do fator de potência estabelece que o mínimo fator de potência (FP) das unidades consumidoras é de 0,92. A partir de abril de 1996 o cálculo do FP passou ser feito por média horária. O consumo de reativos além do permitido (0,425 VARh por cada Wh) é cobrado do consumidor. No intervalo entre 6 e 24 horas isto ocorre se a energia reativa absorvida for indutiva e das 0 às 6 horas, se for capacitiva. A NBR 5410 indica que na seleção dos componentes, devem ser levados em consideração os efeitos danosos ou indesejados que o componente possa apresentar, em serviço normal (incluindo operações de manobra), sobre outros componentes ou na rede de alimentação. Entre as características e fenômenos suscetíveis

de gerar perturbações ou comprometer o desempenho satisfatório da instalação podem ser citados o fator de potência e as harmônicas. Para as cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da ABNT NBR 5413 e levar em consideração a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares. [33]

As componentes harmônicas da corrente, vide figura [42], também contribuem para o aumento da corrente eficaz, de modo que elevam a potência aparente sem produzir potência ativa supondo a tensão senoidal. Assim, uma correta medição do FP deve levar em conta a distorção da corrente, e não apenas a componente reativa na frequência fundamental.

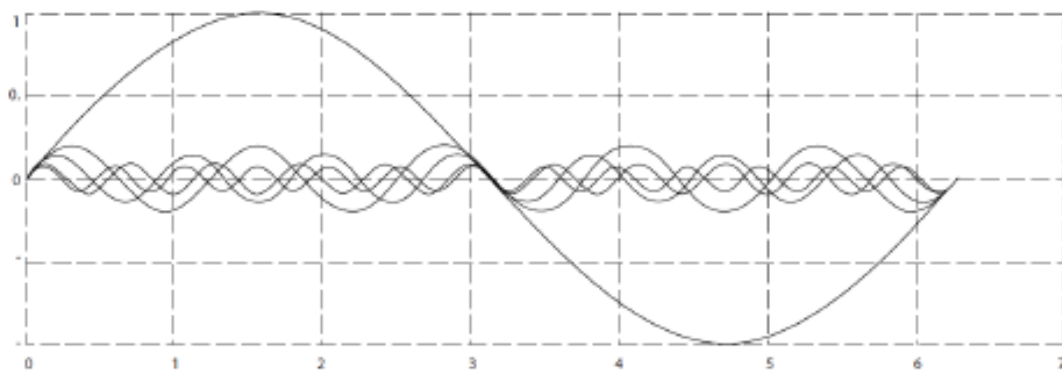


Figura 42: Forma de onda senoidal da fundamental e suas decomposições.

Fonte: Manual de Produto Filtro AHF

Os harmônicos tem sua origem em cargas chamadas de não lineares. Alguns exemplos são equipamentos que possuem pontes retificadoras e acionamentos chaveados de motores elétricos como soft-starters e Inversores de Frequência dentre outros. Esses harmônicos são prejudiciais ao sistema elétrico de potência causando problemas na qualidade da energia que até pouco tempo atrás não eram conhecidos.

O surgimento dos harmônicos fez com que o IEEE 519 analisasse seus efeitos criando orientações e viesse a criar limites de distorção de tensão e corrente nas “Práticas e requisitos recomendados para harmônicos e controle em sistemas elétricos de potência”, porém em 1992 foi mais específico e estabeleceu os parâmetros que são seguidos atualmente [35].

Os limites para a emissão de harmônicas de corrente, considerando uma corrente menor ou igual a 16A por fase, são dados pela Norma IEC 1000-3-2. Esta norma refere-se às limitações das harmônicas de corrente injetadas na rede pública de alimentação. [34]

Existem algumas maneiras de minimizar ou mitigar os harmônicos, como adequação de instalações, aumento da corrente de curto circuito e redistribuição de cargas, mas isso requer um estudo para cada. As formas de mitigar os harmônicos passam por modificar a resposta em frequência do sistema com a instalação de indutâncias e capacitâncias em série com o sistema, com o cuidado de que não haja frequências de ressonância ao instalar esses filtros. Os filtros passivos são os mais comuns e atenuam de forma satisfatória os componentes harmônicos. Os filtros passivos são basicamente circuitos compostos por indutores e capacitores (LC) que podem proporcionar um caminho de maior ou menor impedância entre a fonte geradora de energia e as cargas dispostas no sistema. Os filtros ativos são equipamentos eletrônicos como conversores estáticos conectados a rede elétrica que além de mitigar os harmônicos de tensão e/ou corrente, corrigem o fator de potência. O filtro conectado ao sistema permanece monitorando as fases durante todo o tempo em que estiver “ligado” identificando as correntes que são produzidas pela carga e assim gera o espectro harmônico das componentes que devem ser “tratadas”. Esse filtro agora gera correntes defasadas em 180 graus (contra harmônicas) que serão injetadas na carga para que a resultante seja apenas a corrente fundamental. [36]

Em função da grande diversidade de produtos no mercado (lâmpadas de LED), estes devem ser analisados tecnicamente antes de serem implantados em projetos de retrofit nas instalações evitando produtos de baixa qualidade e confiabilidade. Vários aspectos precisam ser analisados no projeto para que as soluções sejam realmente viáveis.

No caso desta edificação a sugestão é de que se deve prever a utilização de filtros passivos, para mitigar o efeito das harmônicas criadas pelas novas luminárias.

CONCLUSÃO

Nesta monografia procurei mostrar as oportunidades de melhoria em eficiência energética que a edificação pertencente ao Governo do Estado de São Paulo apresenta, respeitando as suas particularidades, sempre sob a luz dos novos conhecimentos aprendidos durante o curso. Está claro que a Unidade necessita passar por um processo de retrofit e que ele deve ser executado o mais rápido possível, para que a infraestrutura das suas instalações permita a continuidade dos serviços ali prestados sem risco de interrupção e com a qualidade no ambiente que as normas preconizam.

Tecnicamente vimos que as alterações propostas são factíveis embora não sejam de baixo custo, quando comparadas às opções tradicionais apresentadas pelo mercado. Mas se levarmos em consideração que as mudanças precisam ser feitas, e que o próprio Governo do Estado regulamentou pelo Decreto Estadual Nº 55.947 a Política Estadual de Mudanças Climáticas em sintonia com a Convenção do Clima da ONU e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, o Estado tem o compromisso de dar o exemplo, fazendo a sua parte para reduzir ou estabilizar a concentração de gases estufa na atmosfera.

Referências bibliográficas

[1] <http://www.reabilitahc.usp.br/unidades.php>

Acesso em 07/10/13

[2] <http://www.lmgets.com.br/>

Acesso em 07/10/13

[3] <http://www.conpresp.sp.gov.br/>

Acesso em 08/10/13

[4] <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/lapa>

Acesso em 06/10/2013

[5] <http://ee.ret.gov.au/energy-efficiency/water-heaters/alternatives-electric-water-heaters/heat-pump-water-heaters>

Acesso em 20/09/2013

[6] Ouro Fino. Manual de instalação do trocador de calor.

[7] Duffie, John A. & Beckman, William A. – Solar Engineering of Thermal Processes. Ed. John Wiley & Sons, 2006.

[8] ASHRAE Handbook – Heating, Ventilating, and Air-Conditioning – Systems and Equipment, SI Edition, 2008.

[9] <http://energy.gov/energysaver/articles/ductless-mini-split-air-conditioners>

Acesso em 20/09/2013

[10] <http://www.eabarcondicionado.com.br>

Acesso em 20/09/2013

[11] Atlas Solarimétrico, Ed. Universitária da UFPE, 2000

[12] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas -NBR-5413 – Iluminância de interiores, 1992.

- [13] Luz, Profa. Jeanine Marchiori – Luminotécnica
<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>. Acesso em 15/09/2013.
- [14] Soares, Marcio de Carvalho – Monografia - Eficiência energética em sistemas de iluminação de unidade offshore de perfuração, 2013
- [15] The Energy Sourcebook, A Guide to Technology, Resources, and Policy
- [16] Nota Técnica EPE (Empresa de Pesquisa Energética) – Ministério de Minas e Energia – Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Energética Brasileira.
- [17] COGEN – Associação da Indústria de Cogeração de Energia, GT COGEN Solar, Inserção da Energia Solar no Brasil, Versão revisada em Julho de 20112.
- [18] The Energy Sourcebook, A Guide to Technology, Resources, and Policy
- [19] <http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/4797-retrofit-uma-realidade-necessaria>
Acesso em 08/10/13
- [20] <http://buildingenergyefficiency.wordpress.com/2012/12/11/reports-from-copenhagen-workshops-1what-can-cities-do-to-improve-energy-efficiency-in-historic-buildings-by-kleopatra-theologidou/>
European Commission, Cohesion Policy, Integrated Sustainable Urban Development
Acesso em 09/10/13
- [21] Birgit Dulski, Cees van der Vliet, Wim van Unen, “How progressive can cultural heritage management be” www.europeanenergyinnovation.eu
Acesso em 09/10/13
- [22] <http://www.bygningsbevaring.dk>
Acesso em 09/10/13
- [23] <http://www.esntv.com.br/o-chuveiro-hibrido-solar-eletrico/>
Acesso em 18/10/13
- [24] http://www.lorenzetti.com.br/release_detalhes.asp?id=252
Acesso em 18/10/13

- [25] Pacheco, Cláudio, Apostila de Transformação de Calor, Curso de Pós Graduação no curso de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. PECE - POLI
- [26] Norma ABNT – NBR – 15569. Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação.
- [27] Curso sobre aquecimento de água por energia solar, dado pela ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração Ar condicionado Ventilação e Aquecimento.
- [28] Prado, Racine e Sowmy, Daniel, Apostila Energia Solar II – Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto – Projeto e Instalação, Curso de Pós Graduação no curso de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. PECE - POLI
- [29] Silva, Mauri Luiz – LED: A Luz dos Novos Projetos.
- [30] <http://www.johnsoncontrols.com.br>
Acesso em 19/10/13
- [31] Análise técnica e econômica de um sistema de ar condicionado com fluxo de refrigerante variável – VII CONNEPI – Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação
- [32] Receita Federal do Brasil. Instrução Normativa SRF nº 162. Brasil, 1998 – Anexo I
- [33] ABNT NBR 5410:2004
- [34] Norma IEC 1000-3-2: Limites para emissão de harmônicas de corrente ($\leq 16^a$ por fase)
- [35] IEEE Std. 519-1992, "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems," June 1992.
- [36] Filtros Ativos Paralelos Aplicados a Sistemas Elétricos Trifásicos a Quatro Fios. Dissertação de Mestrado – A. F. Neto – 2009.
- [37] Tecnosol Ltda.

- [38] Via Luz Iluminação Comércio e Serviços Ltda.
- [39] Lâmpadas Golden
- [40] Itaim Iluminação
- [41] <http://lednews.com.br>
Acesso em 18/11/2013
- [42] Ruther, Ricardo – Edifícios solares fotovoltaicos – Florianópolis: LABSOLAR, 2004
- [43] <https://www.aeseletropaulo.com.br>
Acesso em 19/11/2013
- [44] Prado, Racine T. A., Apostila Energia Solar II, Curso de Pós Graduação no curso de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. PECE - POLI
- [45] http://www.sma-america.com/en_US/products/
Acesso em 04/11/2013
- [46] Solaris Tecnologia Fotovoltaica
- [47] Alternativa Refrigeração e Ar Condicionado LTDA
- [48] RS Polar Ar Condicionado

TABELAS

Quantidade de atendimentos: 48 diários divididos em 12hs de atendimento
 Média: 4 pacientes por hora, tomando banhos antes de entrar e ao sair da piscina
 Nº de chuveiros: 11
 Potência/Tensão: 5.200W/220V

TABELA 1 - VESTIÁRIOS DA PISCINA					
DURAÇÃO DOS BANHOS (MINUTOS) TEMPOS OBTIDOS POR AMOSTRAGEM DE SEGUNDA A SEXTA	HORÁRIO	MÉDIA DE PACIENTES	NÚMERO DE BANHOS APLICANDO FATOR DE CORREÇÃO	CAPACIDADE MÁXIMA DE ATENDIMENTOS PREVISTA PARA 2014	NÚMERO DE BANHOS APLICANDO FATOR DE CORREÇÃO
16	07:00	4	6	8	12
11	08:00	4	6	8	12
8	09:00	4	6	8	12
3	10:00	4	6	8	12
6	11:00	4	6	8	12
2	12:00	4	6	8	12
9	13:00	4	6	8	12
14	14:00	4	6	8	12
12	15:00	4	6	8	12
7	16:00	4	6	8	12
8	17:00	4	6	8	12
10	18:00	4	6	8	12
7	19:00				
6		Total			
8		48	72	96	144
15					
11		Vazão média aferida de cada chuveiro:			3,4 l /min
11					
13		Projeção de consumo diário (l)			4.896
14					
10					
12					
11					
9					
Duração média dos banhos = 9,71 min	≈10 min				

As lâmpadas de LED nesta tabela constam do catálogo da GOLDEN e da OSRAM

TABELA 2 - EQUALIZAÇÃO LÂMPADA LED - ALIMENTAÇÃO EM 220V						
LOCAL	QUANTIDADE	TIPO DE LUMINÁRIAS	POTÊNCIA CONSUMIDA (W)	TIPO	QTDE	POTÊNCIA CONSUMIDA (W)
PRÉDIO ADMINISTRATIVO TÉRREO						
Sala da Assistência da Diretoria	1	HO 2 x 110W	220	LED TUBE 18	2	36
Sala de Reunião 01	2	HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Corredor de Acesso - Copa	1	HO 2 x 110W	220	LED TUBE 18	2	36
Banheiro Masculino	1	FL Compacta 2 x 15W	30	A60	2	20
Banheiro Feminino	1	FL Compacta 1 x 15W	15	A60	1	10
Copa	1	HO 2 x 110W	220	LED TUBE 18	2	36
Diretoria de Inclusão Social	2	HO 2 x 110W	220	LED TUBE 18	4	72
Diretoria Médica	2	HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Banheiro Privativo da Diretoria Médica	2	FL Compacta 2 x 15W	30	A60	2	20
Recepção 2 Ouvidoria	2	HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Serviço Administrativo	4	HO 2 x 110W	880	LED TUBE 18	8	144
PRÉDIO ADMINISTRATIVO 1º ANDAR						
Sala da GETI	5	FL 2 x 32W	320	LED TUBE 10	10	100
Sala do Jurídico	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Sala do Rack Informática	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Diretoria Administrativa	4	FL 2 x 32W	256	LED TUBE 10	8	80
Serviço Administrativo	6	FL 4 x 32W	768	LED TUBE 10	24	240
HALL DE ENTRADA PRÉDIO ADMINISTRATIVO						
Área de entrada	20	FL HO 1 x 110W	2.200	LED TUBE 18	20	360
PISCINA						
Vestibário Masculino/Feminino Adaptado	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Vestibário Adaptado Feminino	9	FL 2 x 32W	576	LED TUBE 10	18	180
Vestibário Adaptado Masculino	4	FL 2 x 32W	256	LED TUBE 10	8	80
	2	FL 4 x 32W	256	LED TUBE 10	8	80
Corredor de Acesso - Vestibário da Piscina	5	FL 2 x 32W	320	LED TUBE 10	10	100
Área da piscina	5	PL TWIST 80W	400	OSRAM LYNX SL 24 RF	5	325
	8	Mista 500W	4.000	OSRAM LYNX SL 24 RF	8	520
	2	Par 110W	220	OSRAM LYNX SL 24 RF	2	130
Sala dos professores	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
QUADRAS						
Condicionamento Físico	8	Mista 1 x 500	4.000	OSRAM LYNX SL 24 RF	8	520
Quadra 1	15	Mista 1 x 500	7.500	OSRAM LYNX SL 24 RF	15	975
Quadra 2	10	Mista 1 x 500	5.000	OSRAM LYNX SL 24 RF	10	650
SALA DE ARTES MANUAIS						
Área de cursos	27	FL HO 2 x 110W	5.940	LED TUBE 18	54	972
WC Adaptado Masculino	3	PL 2 x 25W	150	A60	6	60
WC Adaptado Feminino	3	PL 2 x 25W	150	A60	6	60
WC Adaptado Feminino	4	PL 2 x 25W	200	A60	8	80
WC Adaptado Masculino	4	PL 2 x 25W	200	A60	8	80
Copa Pacientes	6	FL 2 x 32W	384	A60	12	120
RECEPÇÃO 3						
Coordenação de Horário	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Recepção	6	FL HO 2 x 110W	1.320	LED TUBE 18	12	216
Sala de Odontologia	1	FL 4 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
	2	FL 2 x 28W	112	LED TUBE 10	4	40
Sala de Atendimento 1	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Sala de Atendimento 2	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Sala de Atendimento 3	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Sala de Atendimento 4	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Sala de Atendimento 5	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Sala de Atendimento 6	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Sala de Atendimento 7	1	FL HO 2 x 110W	220	LED TUBE 18	2	36
CONSULTÓRIOS						
Corredor de acesso	5	FL HO 2 x 110W	1.100	LED TUBE 18	10	180
Consultório 1	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Consultório 2	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Consultório 3	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Consultório 4	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Consultório 5	2	FL 2 x 28W	112	LED TUBE 10	4	40
Consultório 6	2	FL 2 x 28W	112	LED TUBE 10	4	40
Consultório 7	1	FL 2 x 32W	64	LED TUBE 10	2	20
Consultório 8	1	FL 2 x 32W	64	LED TUBE 10	2	20
Consultório 9	1	FL 2 x 32W	64	LED TUBE 10	2	20
Consultório 10	1	FL 2 x 32W	64	LED TUBE 10	2	20
Consultório 11	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Posto de Enfermagem	1	FL 2 x 32W	64	LED TUBE 10	2	20

Estudo de oportunidades de melhoria de consumo de energia no IMREA Lapa

TERAPIA OCUPACIONAL/FISIOTERAPIA						
Área de atendimento	34	FL 2 x 32W	2.176	LED TUBE 10	68	680
Enfermaria	7	FL 2 x 32W	448	LED TUBE 10	14	140
OFICINAS						
Geração de Renda	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
Terapêutica	7	FL HO 2 x 110W	1.540	LED TUBE 18	14	252
Demais oficinas e acessos	18	FL HO 2 x 110W	3.960	LED TUBE 18	36	648
CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL						
Aulas de inglês	4	FL HO 2 x 110W	880	LED TUBE 18	8	144
	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Costura	5	FL 2 x 32W	320	LED TUBE 10	10	100
Hardware	3	FL 2 x 32W	192	LED TUBE 10	6	60
WC Adaptado Masculino	3	FL 4 x 32W	384	LED TUBE 10	12	120
WC Adaptado Feminino	3	FL 4 x 32W	384	LED TUBE 10	12	120
WC Adaptado Funcionário Masculino	4	PL 2 x 20W	160	A60	8	80
WC Adaptado Funcionário Feminino	4	PL 2 x 20W	160	A60	8	80
Software	16	FL HO 2 x 110W	3.520	LED TUBE 18	32	576
SAME	3	FL HO 2 x 110W	660	LED TUBE 18	6	108
Equipe Técnica	9	FL HO 2 x 110W	1.980	LED TUBE 18	18	324
ÓRTESE E PRÓTESE						
Oficina	5	FL 4 x 32W	640	LED TUBE 10	20	200
Corredor de acesso a oficina	4	FL 4 x 32W	512	LED TUBE 10	16	160
Tapeçaria	1	FL 4 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
Corredor de acesso ao atendimento	4	FL HO 2 x 110W	880	LED TUBE 18	8	144
Atendimento	4	FL 4 x 16W	256	LED TUBE 10	8	80
Administrativo	4	FL 2 x 32W	256	LED TUBE 10	8	80
Bioengenharia	3	FL HO 2 x 110W	660	LED TUBE 18	6	108
Consultório 1	1	FL HO 2 x 110W	220	LED TUBE 18	2	36
Consultório 2	1	FL HO 2 x 110W	220	LED TUBE 18	2	36
CENTRO CULTURAL						
Recepção 4	4	FL 2 x 32W	256	LED TUBE 10	8	80
	5	FL 2 x 32W	320	LED TUBE 10	10	100
Área de exposição	5	Mista 1 x 500	2.500	OSRAM LYNX SL 24 RF	5	325
	32	L-PAR 38 120W	3.840	Projektor LED 10W	32	320
Biblioteca	6	FL 2 x 32W	384	LED TUBE 10	12	120
Corredor fundos do Teatro	6	FL 4 x 32W	768	LED TUBE 10	24	240
Sala de Vivências Corporais	7	FL 4 x 32W	896	LED TUBE 10	28	280
Camarim Oficinas Terapêuticas	4	FL 4 x 32W	512	LED TUBE 10	16	160
Sensibilização Musical	4	FL 4 x 32W	512	LED TUBE 10	16	160
Teatro	18	L-PAR 38 120W	2.160	Projektor LED 10W	18	180
	16	FL HO 2 x 110W	3.520	LED TUBE 18	32	576
Sala de som e anexos	8	FL 2 x 32W	512	LED TUBE 10	16	160
WC Adaptado Masculino	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
WC Adaptado Feminino	2	FL HO 2 x 110W	440	LED TUBE 18	4	72
PLATAFORMA DE ENTRADA						
Área de circulação	18	FL 2 x 32W	576	A60	57	570
PLATAFORMA FUNDOS						
Área de circulação	17	FL 2 x 32W	544	A60	43	430
Marcenaria	8	FL HO 2 x 110W	1.760	LED TUBE 18	8	144
CASAS DE APOIO						
Refeitório	8	FL 2 x 32W	512	LED TUBE 10	16	160
Cozinha	2	FL 2 x 32W	128	LED TUBE 10	4	40
DML	1	FL 4 x 28W	112	LED TUBE 10	4	40
Terceirizados (1)	1	FL 2 x 28W	56	LED TUBE 10	2	20
Terceirizados (2)	1	FL 2 x 32W	64	LED TUBE 10	2	20
Vestiário dos terceirizados	3	FL 2 x 32W	192	LED TUBE 10	6	60
Almoxarifado	2	FL 4 x 32W	256	LED TUBE 10	8	80
Portaria 1	1	FL HO 1 x 110W	110	LED TUBE 18	1	144
Corredor de acesso Manutenção/OPM	1	FL 2 x 32W	64	LED TUBE 10	2	20
Manutenção	3	FL HO 2 x 110W	660	LED TUBE 18	6	144
	1	FL 2 x 32W	64	LED TUBE 10	2	20
Depósito OPM	5	FL HO 2 x 110W	1.100	LED TUBE 18	10	144
Padaria	8	FL 4 x 32W	1.024	LED TUBE 10	32	320
Oficina Terapêutica	6	FL 2 x 32W	384	LED TUBE 10	12	120
Associação	4	FL 2 x 32W	256	LED TUBE 10	8	80

TOTAL

90.245

17.719

Categoria de Tarifa: Horo - Sazonal Verde

TABELA 3 - CONSUMO DE ENERGIA DA UNIDADE														
CONTA REFERENTE A	DATA DE EMISSÃO	TOTAL A PAGAR (R\$)	DEMANDA CONTRATADA (KW)	VALOR (R\$)	%	DEMANDA			CONSUMO PONTA (KWh)	VALOR (R\$)	%	CONSUMO FORA DE PONTA (KWh)	VALOR (R\$)	%
						PONTA	FORA DE PONTA CAP	FORA DE PONTA IND		ATIVO PONTA TUSD			ATIVO FORA DE PONTA TUSD	
										ATIVO PONTA TE			ATIVO FORA DE PONTA TE	
jul/13	25/07/2013	5.801,45	120	676,55	11,7	54,6	46,2	72,2	2.422,1	591,67 546,50	19,6	23.115,1	399,42 3.158,44	61,3
jun/13	25/06/2013	6.079,95	120	758,40	12,5	54,6	47,0	75,6	2.421,5	708,40 507,98	20,0	25.339,9	509,33 3.232,85	61,5
mai/13	24/05/2013	5.668,17	120	758,40	13,4	62,2	48,7	82,3	2.431,4	710,93 510,05	21,5	24.003,2	482,46 3.062,32	62,5
abr/13	24/04/2013	5.428,20	120	758,40	14,0	54,6	49,6	78,1	2.263,2	661,75 474,76	20,9	22.522,1	452,69 2.873,36	61,3
mar/13	26/03/2013	5.886,74	120	758,40	12,9	68,0	46,2	96,6	2.394,4	700,12 502,30	20,4	24.163,2	485,68 3.082,74	60,6
fev/13	25/02/2013	5.850,83	120	758,40	13,0	52,1	54,6	87,4	2.038,5	596,04 427,63	17,5	24.716,0	496,79 3.153,26	62,4
jan/13	23/01/2013	5.503,54	120	928,80	16,9	46,2	54,6	81,5	1.474,4	627,00 340,00	17,6	18.489,7	725,00 2.601,00	60,4
dez/12	24/12/2012	7.042,49	120	928,80	13,2	75,0	76,0	117,0	1.943,1	810,00 420,00	17,5	24.906,2	920,00 3.514,00	63,0
nov/12	26/11/2012	7.357,63	120	928,80	12,6	58,0	56,3	94,1	1.965,4	836,80 453,67	17,5	26.340,3	1.033,59 3.706,08	64,4
out/12	24/10/2012	6.742,64	90,7	702,17	10,4	77,3	52,1	90,7	2.342,6	997,38 540,73	22,8	23.751,4	932,00 3.341,82	63,4
set/12	24/09/2012	7.825,98	98,3	760,68	9,7	61,3	45,4	98,3	2.738,8	1.166,10 632,20	23,0	26.392,8	1.035,65 3.713,46	60,7
ago/12	23/08/2012	9.976,02	74,8	578,64	5,8	55,4	45,4	74,8	3.864,2	1.645,26 891,97	25,4	36.202,1	1.420,57 5.093,63	65,3
jul/12	10/08/2012	2.424,14	120	932,70	38,5	57,6	42,6	75,3	631,4	298,55 144,37	18,3	5.035,2	194,70 697,66	36,8
jun/12	02/07/2012	7.876,82	120	958,80	12,2	60,9	44,6	87,1	2.529,4	2.532,06 0,00	32,1	25.103,7	0,00 3.994,50	50,7
mai/12	01/06/2012	8.273,04	120	958,80	11,6	62,5	44,5	85,0	2.798,1	2.801,09 0,00	33,9	25.601,6	0,00 4.073,72	49,2
abr/12	02/05/2012	7.702,64	120	958,80	12,4	76,8	39,7	114,0	2.542,8	2.487,45 0,00	32,3	26.052,5	0,00 3.800,27	49,3
mar/12	19/04/2012	9.042,12	123,1	983,55	10,9	89,3	47,4	120,1	2.994,0	2.928,81 0,00	32,4	31.739,9	0,00 4.629,90	51,2
fev/12	01/03/2012	8.868,06	134,7+18,8	1.376,60	15,5	100,7	64,8	136,1	2.605,1	2.548,35 0,00	28,7	30.779,7	0,00 4.489,82	50,6
jan/12	01/02/2012	7.601,47	120	958,80	12,6	51,4	58,5	107,6	2.298,2	2.248,17 0,00	29,6	27.231,6	0,00 3.972,28	52,3

TABELA 4 - PREVISÃO PARA A SUBSTITUIÇÃO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO			
LOCAL	TIPO	BTUs	QUANTIDADE
Diretorias	Hiwall	12.000	2
Administrativo	Janela	30.000	1
Recursos humanos	Janela	18.000	1
Informática	Hiwall	22.000	2
Consultórios 1 e 2	Hiwall	22.000	2
Consultórios 3 a 11	Hiwall	12.000	11
Consultório odontológico	Hiwall	12.000	1
Posto de Enfermagem	Hiwall	12.000	1
Recepção	Hiwall	30.000	3
Consultório de bioengenharia CTCR	Hiwall	12.000	2
Administrativo CTCR	Hiwall	18.000	1
Recepção CTCR	Hiwall	30.000	1
Equipe técnica	Hiwall	30.000	2