



Projetando Sistemas de Aquecimento Solar para Habitações Multifamiliares

Projetando Sistemas de Aquecimento Solar para Habitações Multifamiliares

São Paulo, 2013 – primeira edição



Em nome do



Ministério Federal do Meio Ambiente,
da Proteção da Natureza
e da Segurança Nuclear

da República Federal da Alemanha



ABRAVA
Associação Brasileira de Refrigeração,
Ar Condicionado, Ventilação
e Aquecimento
Av. Rio Branco, 1492 - São Paulo/SP
CEP: 01206-001
CNPJ: 61.057.824/0001-92
Telefone: +55(11) 3361-7266
www.abrava.com.br

GIZ
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Av. Nilo Peçanha, 50, sala 3009
Centro – Rio de Janeiro
CEP: 20020-906
CNPJ: 03.871.338/001-07
Telefone: +55 (21) 3550 6700
www.giz.de/brasil

PROCobre
Instituto Brasileiro do Cobre
Av. Brigadeiro Faria Lima, 1685,
3 andar 3A
São Paulo/SP
CEP: 01452-001
CNPJ: 01.232.538/0001-94
Telefone: +55(11) 3816-6383
www.procobre.org/pt/

Coordenação Geral

José Ronaldo Kulb

Autores

José Ronaldo Kulb
Luciano Torres Pereira
Lúcio Mesquita

Colaboração

Carlos Felipe C. Faria – Studio Equinócio
Luciana Carvalho – Arquiteta e Urbanista – Vert Arquitetura e Consultoria
Marcelo Mesquita – Consultor da ABRAVA/DASOL

Colaboração GIZ

Ricardo Kuelheim

Revisão de texto

Teresa Vieira Gama
Ana Cristina da Conceição

Design Gráfico

André Provedel

Impressão

Media Gráfica

Ficha catalográfica elaborada por José Ronaldo Kulb

M345 Kulb, José Ronaldo

Projetando Sistemas de Aquecimento Solar para Habitações Multifamiliares, Aquecimento Solar para Prédios, Habitações Multifamiliares de Interesse Social (HIS), sistemas de aquecimento, armazenamento e distribuição de água quente em Habitações Multifamiliares /José Ronaldo Kulb, Luciano Torres Pereira, Lúcio Mesquita; colaboração Carlos Felipe C. Faria, Luciana Carvalho e Marcelo Mesquita.

130p: il color, 35 fots, color

ISBN: 978-85-86836-12-1

CDD: 710

São Paulo, SP, 2013

É permitida a reprodução total ou parcial desta obra, desde que não seja para fins comerciais, com a citação da fonte obrigatoriamente.

Sumário

Autores	9
Apresentação	11
Prefácio	13
Capítulo 1 – Estruturando um Projeto de Aquecimento Solar (SAS) para Habitações Multifamiliares	15
1.1 Fluxograma de atividades	16
Capítulo 2 – Estudo de Viabilidade	19
2.1 Legislações	20
2.2 Políticas públicas de referência	22
2.3 Normas	24
2.4 Ferramentas de cálculo e simulação	25
2.5 Análise crítica dos resultados e conclusões	29
Capítulo 3 – Critérios de Avaliação para Diferentes Tipologias	31
3.1 Grau de centralização do sistema de água quente	32
3.2 Alimentação: fonte, qualidade e pressão da água fria	33
3.3 Medição individualizada	36
3.4 Tipo de telhado ou cobertura	38
3.5 Implantação e orientação das edificações	40
3.6 Planejamento do telhado ou cobertura	42
3.7 Sombreamento	46
3.8 Cálculo estrutural da cobertura	50
3.9 Carga e fixação do SAS na estrutura da edificação	51
3.10 Acessibilidade	54
3.11 Segurança contra descargas atmosféricas	54

Capítulo 4 – Sistemas de Aquecimento Solar para	
Habitações Multifamiliares de Interesse Social (HIS)	55
4.1 Exemplos de aplicações	56
4.2 Dimensionamento dos reservatórios	56
4.3 Seleção do reservatório	57
4.4 Sistemas de aquecimento de apoio complementar	60
4.5 Dimensionamento da área coletora	63
4.6 Interligação entre coletores e reservatórios	64
4.7 Distribuição de água quente	65
 Capítulo 5 – Sistemas de Aquecimento Solar para	
Habitações Multifamiliares para Edifícios Residenciais em Geral	67
5.1 Exemplos de aplicações	68
5.2 Diferentes tipologias	68
5.3 Dimensionamento do volume de água quente	72
5.4 Seleção do(s) reservatório(s) térmico(s)	73
5.5 Interligações entre os reservatórios	75
5.6 Sistemas de aquecimento de apoio complementar	76
5.7 Dimensionamento da área coletora	86
5.8 Seleção dos coletores	87
5.9 Balanceamento das vazões -associação das baterias de coletores	88
5.10 Interligação entre coletores e reservatórios	90
5.11 Sistemas de medição individualizada	94
5.12 Trocadores de calor e estações compactas de aquecimento de água	109
5.13 Sistemas de circulação de prumada	113
5.14 Isolamento térmico da tubulação	115
5.15 Dilatação das tubulações de água quente	119
5.16 Sistemas de controle e monitoramento	120
 Capítulo 6 – Comissionamento e Manutenção	123
6.1 Comissionamento	124
6.2 Manutenção preventiva	125
6.3 Manutenção corretiva	126
 Glossário	128
Referências bibliográficas	130
Normas	131

Autores

José Ronaldo Kulb

Engenheiro elétrico-eletrônico, formado pelo Instituto Mauá de Tecnologia, com especialização em Administração pela Fundação Getúlio Vargas. Trabalhou muitos anos com automação industrial em empresas como a Bosch na Alemanha, Durr do Brasil e GKW Fredenhagen. Em 1989, fundou com o sócio Oscar de Mattos a Heliotek, uma das maiores empresas de aquecimento solar e bombas de calor para aquecimento de água da América Latina, cujo controle passou para a Bosch Termotecnologia em 2012. Exerceu diversos cargos na Diretoria da ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento) como Vice-Presidente de Tecnologia e Meio Ambiente e Presidente do CONBRAVA (Congresso Brasileiro de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação, Aquecimento e Tratamento de Ar), assim como no DASOL (Departamento Nacional de Aquecimento Solar da ABRAVA). Sua experiência na área solar não se limita ao estado da arte, estendendo-se também à gestão administrativa e comercial de empresas. Hoje é CEO da Enertrend, empresa de consultoria energética nas áreas de eficiência e eco-sustentabilidade.

Luciano Torres Pereira

Engenheiro mecânico com ênfase em Mecatrônica, formado pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e especialista em energia solar térmica. Participou como tutor do programa de capacitação à distância da Caixa Econômica Federal para instalações de aquecedores solares residenciais. Participou do Programa Brasileiro de Etiquetagem

de Coletores Solares e Reservatórios térmicos – INMETRO/ABRAVA. Foi Diretor Técnico da Soletrol Tecnologia e Presidente Executivo da Fundação Augusto Mazzon – Universidade do Sol. É consultor projetista em instalações solares de pequeno e grande porte com mais de 60.000 m² de projetos realizados e implantados. Participa do Programa de Capacitação do DASOL/ABRAVA desde 2010 com mais de 400 profissionais treinados. É Diretor da Resolver Engenharia, empresa com 13 anos de mercado em consultoria, desenvolvimento de produto e projetos em energia solar térmica.

Lúcio Mesquita

Diretor-Presidente da Thermosol Consulting, formou-se em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais e recebeu o título de Ph.D. também em Engenharia Mecânica pela Queen's University (Canadá) na área de condicionamento de ar solar. Projetista e consultor em energia solar térmica, Lúcio tem 20 anos de experiência no Brasil, Estados Unidos e Canadá, com centenas de projetos de médio e grande porte para edifícios residenciais, hotéis, hospitais, estabelecimentos de ensino e indústrias. Ele também representa o Canadá como especialista junto à Tarefa 48 de ar-condicionado solar da Agência Internacional de Energia e participou da Tarefa 38. Como consultor, atua em projetos de P&D junto à CEMIG/UNA na área de ar condicionado solar e do programa de treinamento “Energia Solar na TV”. Atuou como consultor de dezenas de empresas e organismos como o Departamento de Aquecimento Solar da ABRAVA, governo canadense (Natural Resources Canada), Prefeitura de Toronto, Enerworks, DuPont, Acesita, ALCAN, Prefeitura de Belo Horizonte, WINROCK Foundation, 7AC Technologies, VALE SA e Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Além de consultor e projetista, é Diretor Técnico da Universidade do Sol.

Contribuições de

Carlos Felipe C. Faria – *Studio Equinócio*

Luciana Carvalho – *Arquiteta e Urbanista – Vert Arquitetura e Consultoria*

Marcelo Mesquita – *Consultor da ABRAVA/DASOL*

Apresentação

Este manual é resultado de uma parceria entre a ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento), a GIZ (Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH) e o ProCobre (Instituto Brasileiro do Cobre) com o objetivo de fornecer subsídios técnicos e conceituais para construtoras, empresas de engenharia e projetistas para inserção de sistemas de aquecimento solar (SAS) em empreendimentos multifamiliares de diversas tipologias.

Como pré-requisito para seu melhor entendimento, consideramos que o leitor conheça os conceitos básicos dos Sistemas de Aquecimento Solar, suas características construtivas principais e aplicações simples como as residenciais.

É de vital importância que o leitor consulte as normas vigentes de aquecimento solar, instalações de água fria predial, entre outras citadas no Capítulo 3.2.1, para garantir um projeto eficiente, seguro e em conformidade com as mesmas.

Este manual aborda a aplicação de SAS basicamente em duas tipologias distintas. A primeira, para aplicações em habitações multifamiliares de interesse social, é abordada no Capítulo 4. A segunda, para aplicações de SAS nas demais tipologias em prédios de apartamentos residenciais, é abordada no Capítulo 5.

Sem dúvida, as tecnologias na área termossolar estão em franco desenvolvimento, o que exige uma constante atualização do profissional que atua neste setor. Esta edição traz ao leitor o estado da arte da aplicação em SAS para unidades multifamiliares até o final de 2012.

Esperamos que o manual seja uma importante ferramenta para o projetista de Sistemas de Aquecimento Solar de Grande Porte, contribuindo assim para o crescimento sustentável do setor com qualidade e segurança.

Atenciosamente
José Ronaldo Kulb

Prefácio

Pela primeira vez em nosso país, a disseminação do aquecimento solar conta com ações estratégicas definidas pelo GT SOLAR – Grupo de Trabalho em Energia Solar Térmica, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente. Desse grupo participam também representantes do Ministério de Minas e Energia e da ELETROBRAS/PROCEL, do Ministério das Cidades e da Caixa Econômica Federal, do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e do Comércio Exterior e do INMETRO.

Este grupo foi responsável pela elaboração do “Plano Estratégico - Disseminação do aquecimento solar no Brasil” que priorizou o apoio técnico e logístico ao uso do aquecimento solar no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Ressalte-se que os Sistemas de Aquecimento Solar geram menor impacto ambiental e menor degradação dos recursos naturais. A energia solar é limpa e contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), alinhando-se, assim, ao Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e às metas de eficiência energética do Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), contribuindo, ainda, para postergar a construção de novos empreendimentos de geração e distribuição de energia elétrica. Esse programa tornou o aquecimento solar compulsório apenas para residências unifamiliares destinadas a famílias com renda mensal de até R\$ 1.600,00, dando visibilidade à tecnologia solar e, principalmente, a oportunidade de se evidenciar a democratização de seu uso para todas as faixas sociais.

Assim, esforços precisam ser feitos para levar os benefícios sociais, econômicos e ambientais do aquecimento solar a outras aplicações e, dentre elas, destacam-se as edificações multifamiliares. Apesar de o Brasil ter hoje mais de 550.000 metros quadrados de coletores solares instalados nessa tipologia, vários desafios ainda precisam ser enfrentados: as cidades estão cada vez mais verticalizadas, restringindo a área ensolarada disponível para instalação dos coletores solares; a necessidade de se associar o aquecimento solar à medição individualizada de água; o uso do aquecimento solar em edificações multifamiliares de

interesse social; a ausência de programas de capacitação e formação profissional nesse tema.

Por isso, gostaria de destacar a importância dessa iniciativa dos especialistas do setor que se dispuseram generosamente a compartilhar conosco experiências profissionais e conhecimentos técnicos, consolidados nesse Manual, e que contribuirão para preencher a lacuna da capacitação qualificada de recursos humanos no país.

Esse é um passo importante que, com certeza, não esgota o tema e vem estabelecer um novo patamar no caminho estimulante da aprendizagem e do crescimento profissional continuado.

Parabéns pelo trabalho.

Prof^a. Elizabeth Marques Duarte Pereira

Coordenadora da Rede Eletrobras Procel Solar

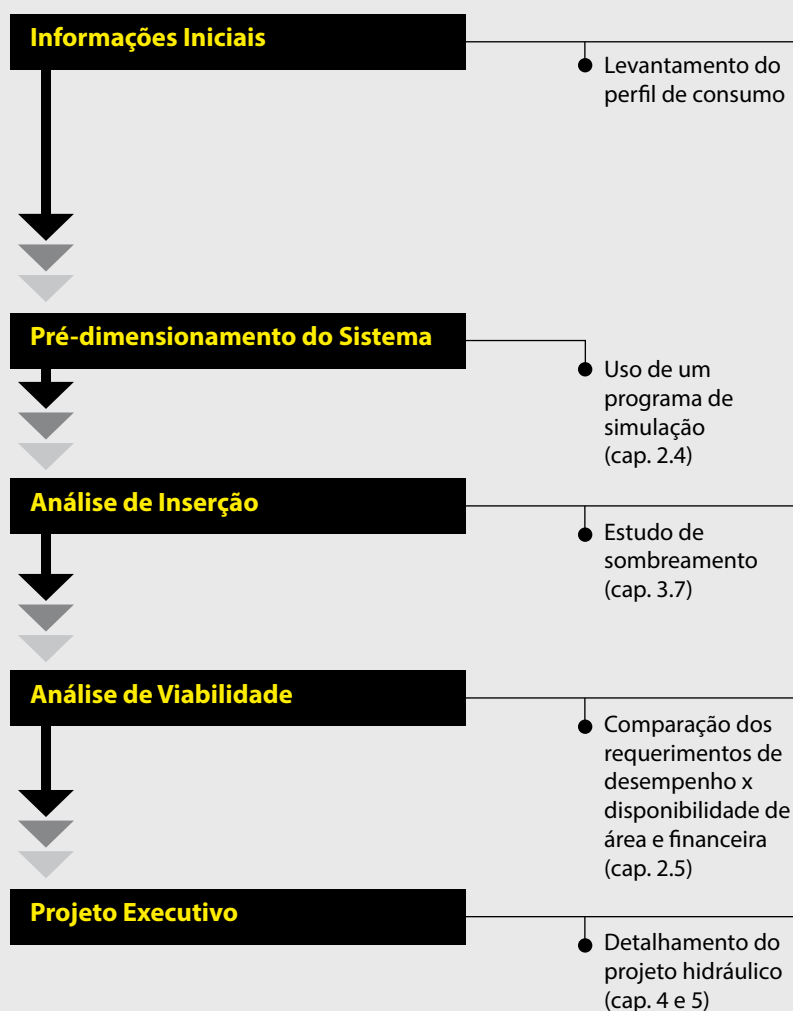


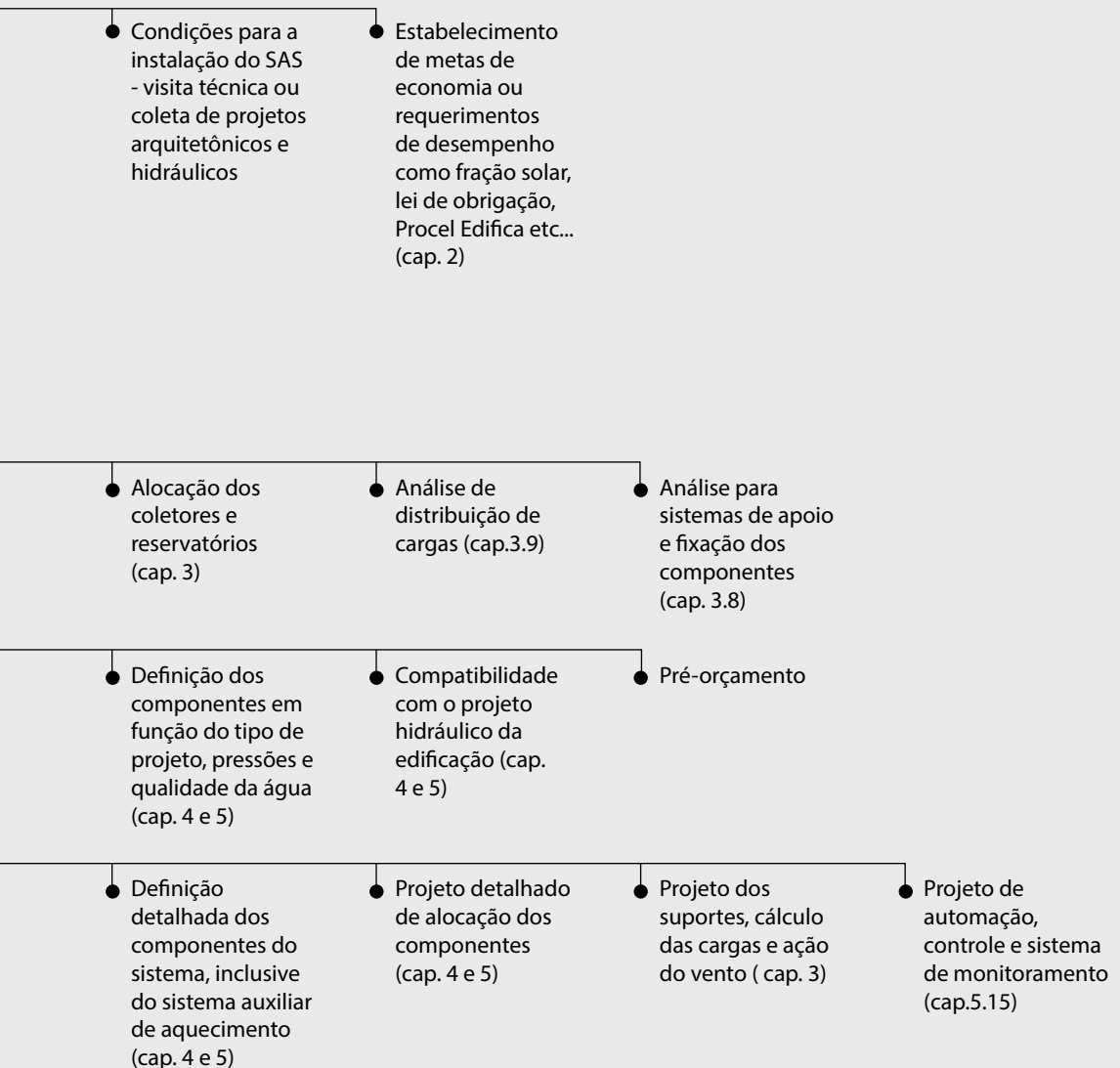
CAPÍTULO 1

**Estruturando um Projeto de Aquecimento Solar (SAS)
para Habitações Multifamiliares**

1.1 Fluxograma de atividades

Para desenvolvermos um bom projeto de Aquecimento Solar para Habitações Multifamiliares, devemos seguir alguns passos importantes descritos no fluxograma a seguir. O guia para projeto de aquecimento solar aqui proposto toma como referência os diferentes passos deste fluxograma, descrevendo em detalhes o significado de cada passo e indicando os capítulos específicos para cada tema:







CAPÍTULO 2

Estudo de Viabilidade

2.1 Legislações

Existem diversas leis municipais de obrigatoriedade ou de incentivos para o uso do aquecimento solar e muitas outras em nível estadual e federal em processo de aprovação.

Por se tratar de um processo muito dinâmico e em constante evolução, vamos exemplificar neste capítulo a Lei Municipal de São Paulo nº 14.459, de 3 de julho de 2007. Em seu Art. 2º, a lei torna obrigatória a instalação de sistema de aquecimento de água por meio do aproveitamento da energia solar nas novas edificações do Município de São Paulo destinadas às categorias de uso residencial e não residencial, conforme o disposto nesta lei e no item 9.3.5 da Seção 9.3 - Instalações Prediais do Anexo I da Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (Código de Obras e Edificações). A Lei de São Paulo tornou-se referência para diversos outros municípios que a têm replicado com pequenas adaptações.

No caso específico de nossa abordagem para instalações prediais de água quente em habitações multifamiliares, a lei estabelece a obrigatoriedade de instalação de sistemas solares que atendam uma fração solar¹ mínima de 40% para toda água quente a ser consumida no ano em edifícios de apartamentos com mais de três banheiros. No caso das novas edificações destinadas ao uso residencial multifamiliar ou unifamiliar, que possuam até três banheiros por unidade habitacional, deverão ser executadas obras de infraestrutura, inclusive nos sistemas de instalações hidráulicas, de forma que as prumadas e a respectiva rede de distribuição permitam a instalação do sistema de aquecimento solar no futuro.

O texto integral da citada lei e o decreto que a regulamenta estão apresentados no Anexo I.

Para auxiliar nos cálculos de dimensionamento ligados a esta lei, foi elaborado um Guia de Parametrização² que poderá ser baixado nos links da ABRAVA ou ABRASIP²:

¹ A fração solar do sistema é obtida, internacionalmente, pelo Método da Carta F (Beckmann et al. 1977).

² ABRAVA, ABRINSTAL e ABRASIP. “Guia de Parametrização da Lei Solar de São Paulo: Uma contribuição do setor de projetos para o dimensionamento de sistemas de aquecimento solar em edificações multifamiliares”. São Paulo, 2010.

- www.dasolabrava.org.br/informacoes-2/projeto/
- www.abrasip.org.br/

O guia esclarece que seu objetivo “é oferecer uma metodologia simples e confiável de dimensionamento de sistemas de aquecimento solar à luz do Decreto nº 49.148, de 21 de janeiro de 2008, que regulamenta a Lei nº 14.459, de 3 de julho de 2007, que acrescenta o item 9.3.5 à Seção 9.3 - Instalações Prediais do Anexo I da Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (Código de Obras e Edificações) e dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações do Município de São Paulo”.

Esta ferramenta de parametrização permite aos empreendedores projetar edifícios suprimindo desde 40%, que é o mínimo exigido na lei, até uma contribuição solar ideal próxima de 70% da demanda anual de água quente utilizando somente a energia solar.

Isto significa que haverá uma redução mínima potencial de 40% do consumo de energéticos para a demanda de água quente parametrizada segundo este guia. O empreendedor, entretanto, poderá oferecer outras frações solares aos futuros moradores das edificações como uma estratégia de negócios, inclusive atingindo a meta de suprir grande parte das demandas anuais de água quente somente com a energia solar. A utilização dos aquecedores solares vem se consolidando como uma ótima estratégia de sustentabilidade na cadeia mundial da construção civil.

Vale ressaltar que a metodologia apresentada no Guia de Parametrização não é única forma de calcular e dimensionar os sistemas.

Segue um exemplo feito com o Guia de Parametrização para um prédio com dois apartamentos por andar, 18 andares, cinco usuários por unidade habitacional, um consumo médio de 95 litros por pessoa e um desvio na orientação dos coletores de 42°C em relação ao Norte Geográfico na cidade de São Paulo.

Na página seguinte, podemos ver que, para uma fração solar recomendada de 70%, é necessária a instalação de 84 coletores de 2 m² com uma produção média de energia de 80,0 KWh/mês na tabela do INMETRO (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/ColetoresSolares-banho.pdf>). Para uma fração solar mínima de 40%, são necessários 48 coletores.

Fatores de cálculo	Cálculo de área de coletores solares em edificações residenciais	Notas
Legenda de Referência Fator de cálculo Aplicado a cada situação Parâmetro pré-definido Resultado intermediário	Consumo por habitante (litros a 40°C) Usuários por unidade habitacional Litros por usuário (litros) Consumo diário por unidade habitacional Unidades habitacionais atendidas pelo sistema Fator de Ocupação Consumo diário de água (litros) Temperatura de uso (°C) Temperatura da água fria (°C) Energia útil consumida (kWh/dia) Perdas térmicas (% para estocagem a 45° conf. NB 15563) Energia total consumida (kWh/dia)	1. Este modelo de cálculo foi desenvolvido com vistas à parametrização para atendimento a Lei 14.453 do Município de São Paulo.
Consumo diário por habitante (litros a 40°C) Vazio do chuveiro (l/min) Tempo do banho (min) Lavatório (litros/usuario) Cozinha (litros/usuario) Consumo por usuário (litros)	13,680 40.0 20.2 315 15 362	2. A metodologia adotada supera parâmetros genéricos de cálculo, sendo que situações específicas deverão ser avaliadas por profissional habilitado.
Habitantes por unidade (nº quartos + 1,5) 1 quarto por unidade 2 quartos por unidade 3 quartos por unidade 4 quartos ou mais por unidade	Produção média de energia necessária Fator de orientação (conforme Dec. Regulamentação 43148) Fator de correção de SP para o coletor (conf. Lei SP 14.453) Produção média diária de energia necessária (kWh/dia Nominal) Produção média mensal de energia necessária (kWh/mês) Fração Solar desejada (%) Produção média de energia (kWh/mês nominal)	
Fator de ocupação Até 9 unidades habitacionais De 10 a 19 unidades habitacionais De 20 a 39 unidades habitacionais 40 ou mais unidades habitacionais	1.13 1.54 629.8 19,157 40 7,683	3. Dimensionamento e detalhamento definidos devem ser definidos em projeto específico.
Fator de orientação Desvio do norte geográfico de 0° a 30° Desvio do norte geográfico de 31° a 60° Desvio do norte geográfico de 61° a 90°	Área de captação Produção média de energia mensal do coletor (kWh/mês/m²) conf. Tabela do INMETRO Área do coletor (m²) conf. Tabela do INMETRO Número mínimo de coletores (para atendimento à fração solar de 40% exigida na Lei) Número ideal de coletores (para atendimento à fração solar ideal de 70%) Área mínima de coletores (para atendimento a fração solar desejada) (m²) Área ideal de coletores necessária (m²) Fator de aproveitamento do espaço (no caso de coberturas) Área mínima de cobertura plana a ser disponibilizada para a instalação (m²) Área ideal de cobertura plana a ser disponibilizada para a instalação (m²)	
1 0.9 0.8 0.7	80.0 2.00 48 84 96.0 168.0 1.60 153.6 268.8	
1 1.13 1.16		

Fig. 1
 Planilha do Guia de Parametrização da Lei Solar em São Paulo – fonte Abrava/DASOL e ABRASIP

Cabe ressaltar que as ferramentas desenvolvidas neste guia permitem criar referências sobre a tecnologia solar principalmente para arquitetos, projetistas e construtores do mercado, mas não substituem de forma alguma a necessidade de se elaborar projetos detalhados dos sistemas de aquecimento solar e sua devida integração com as edificações, principalmente arquitetônicas e hidráulicas.

Recomenda-se ao projetista de SAS consultar o código de obras do seu município para adequar da melhor forma o seu projeto à legislação vigente.

2.2 Políticas Públicas de Referência

A implantação do SAS no Brasil está relacionada a uma série de políticas de referência que determinam alguns critérios de qualidade, desempenho, prêmios etc. Para elaboração das instalações de aquecimento solar sugere-se que sejam avaliadas quatro políticas diretivas, não se limitando a elas, quais sejam:

1- Termo de Referência da Caixa. Define as referências básicas de projeto, fornecimento de materiais e instalação dos Sistemas de Aquecimento Solar de Água (SAS) para as tipologias construtivas do programa habitacional Minha Casa Minha Vida, do Ministério das Cidades, de acordo com os procedimentos e requisitos mínimos de qualidade exigidos para os produtos e serviços envolvidos, dentre eles produtos etiquetados pelo INMETRO

2- Programa Selo Azul da Caixa: O Selo Casa Azul CAIXA. Instrumento de classificação socioambiental de projetos habitacionais que busca reconhecer os empreendimentos que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno.

3 – PROCEL EDIFICA. O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA³) foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação, aquecimento etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. O Procel Edifica se apresenta em 6 vertentes de atuação: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética e Planejamento, contemplando um documento com Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), por meio da Portaria INMETRO nº 18 de 16/01/2012. A Portaria institui regras equânimes e de conhecimento público para os segmentos de projeto e construção de edificações residenciais, considerando a obrigação de zelar pela sua eficiência energética, onde o sistema de aquecimento solar é contemplado com bonificação na pontuação geral.

4 - Referencial Green Building Council (GBC) Brasil Casa. Este trabalho é organizado e dividido em comitês técnicos temáticos tais como: implantação, energia e atmosfera, uso racional da água, materiais e

3 Informações retiradas do site do PROCEL INFO

recursos, qualidade ambiental interna e requisitos sociais. Neles, são discutidos assuntos relacionados com o tema e a criação dos pré-requisitos e créditos do Referencial para Casas Sustentáveis, com base nas certificações já existentes e leis e normas brasileiras, tais como AQUA, LEED for Homes e PBE Edifica. Este é um trabalho totalmente voltado para o mercado residencial imobiliário do país, que tem como objetivo suprir a demanda habitacional efetiva, assim como disseminar parâmetros nacionais de sustentabilidade para residências unifamiliares ou multifamiliares, buscando viabilidade econômica, criação de ambientes mais saudáveis, redução da extração de recursos naturais do ambiente e conscientização da demanda do setor residencial.

Cabe lembrar que no Brasil outros dois modelos de certificação de edificações estão sendo aplicados e desenvolvidos:

5 - Certificado AQUA. É uma adaptação para o Brasil da “Demarche HQE”, da França, e contém os requisitos para o Sistema de Gestão do Empreendimento e critérios de desempenho nas categorias da qualidade ambiental do edifício. No Brasil, este certificado é coordenado pela Fundação Vanzolini.

6 - Selo LEED. O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema de certificação e orientação ambiental de edificações criado pelo U.S. Green Building Council. No Brasil é promovido pelo GBC Brasil. Além dos diferentes tipos e necessidades, a certificação também tem diferentes níveis de acordo com o desempenho do empreendimento como Silver, Gold, Platinum, Certified.

2.3 Normas

ABNT/NBR 15569	Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação
ABNT/NBR 15747-1	Sistemas solares térmicos e seus componentes - Coletores solares Parte 1: Requisitos gerais
ABNT/NBR 10185	Reservatórios térmicos para líquidos destinados a sistemas de energia solar - Determinação de desempenho térmico
ABNT/NBR 5626	Instalação predial de água fria

ABNT/NBR 7198	Projeto e execução de instalações prediais de água quente
ABRVA RN 4-2003	Proteção contra congelamento de coletores solares
ABNT/NBR 5419	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
ABNT/NBR 15220-3	Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social
RAC	Requisito de Avaliação da Conformidade para Sistema e equipamentos para aquecimento solar de água do PBE/ INMETRO vigente
ABNT/NBR 6123	Forças devidas ao vento em edificações
ABNT/NBR 5410	Instalações elétricas de baixa tensão
ABNT/NBR 13103:2013	Instalação de aparelhos a gás para uso residencial — Requisitos

2.4 Ferramentas de Cálculo e Simulação

Existem diversas ferramentas de cálculo para o correto dimensionamento dos sistemas de aquecimento solar. Todas elas partem da premissa de que o perfil de consumo, assim como alguns dados do projeto de implantação, são conhecidos. Estes dados servirão como base de entrada no respectivo cálculo da fração solar ou número necessário de coletores para cada instalação. Relacionamos a seguir alguns destes dados para que o projetista possa fazer um pré-dimensionamento antes mesmo de iniciar as simulações:

- **Consumo por habitante**

CONSUMO DIÁRIO POR HABITANTE (litros a 40°C)	
Vazão do chuveiro (l / min)	8
Tempo de banho (min)	10
Lavatório (l / usuário)	5
Cozinha (l / usuário)	10
Consumo por usuário (litros)	95

- **Volume total médio de água quente a ser consumido**

Este volume normalmente é dado pelo consumo por habitante multiplicado pelo número de usuários por apartamento, multiplicado pelo

número de apartamentos e, por fim, multiplicado pela taxa média de ocupação do empreendimento.

- **Temperatura de armazenagem no reservatório**

A temperatura mínima de armazenagem no reservatório deve ser de 45 a 50°C para compensar as perdas térmicas nas tubulações ou ainda nos trocadores de calor, usados em aplicações com medições individualizadas de água.

Também se pode considerar que, quanto maior a temperatura de armazenagem da água no reservatório, menor o volume necessário para armazenamento da mesma energia, pois a energia armazenada é o produto da multiplicação da massa de água pela sua temperatura e pelo calor específico da água.

Considerando que temperaturas muito elevadas necessitam de dispositivos de segurança complementares, recomenda-se que a temperatura de armazenagem fique na faixa entre 45 a 65°C.

- **Orientação dos coletores**

Na maior parte do Brasil (latitudes acima de 10°C), a melhor orientação dos coletores solares é sempre o mais próximo possível do norte geográfico (NG). À medida que os desvios aumentam, uma área maior de coletores solares deve ser instalada na edificação para compensar a menor quantidade de radiação solar que incide sobre esses equipamentos. É importante que os projetistas e arquitetos, sempre que possível, projetem as edificações com o norte geográfico sobre as coberturas desobstruído (sem sombras). A utilização de planos inclinados orientados para o norte geográfico também se apresenta como uma solução adequada à integração arquitetônica dos coletores solares à edificação. Todas as ferramentas de dimensionamento têm como parâmetro de entrada o desvio da orientação do NG em relação à orientação dos coletores.

- **Produção média de energia do coletor escolhido e sua respectiva área útil**

Estes dois parâmetros podem ser encontrados nas tabelas do INMETRO no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em Sistemas e Equipamentos para Energia Solar – Aplicação Banho, disponíveis no link a seguir:

- <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

Quanto mais eficiente for o coletor, menor a área instalada necessária para atingir a mesma fração solar. Portanto, recomenda-se o uso de coletores mais eficientes em instalações onde as áreas são restritas.

- **Dados climáticos da região**

A maior parte dos programas utilizados como ferramentas de dimensionamento contam com uma boa base de dados como a irradiação solar local, assim como umidade e temperaturas mensais médias. Normalmente, são dados extraídos de estações climatológicas e satélites como no exemplo a seguir, extraído do programa RETScreen para a região de Belo Horizonte.

Algumas dessas ferramentas estão descritas a seguir. Também é recomendável que o projetista procure fazer um treinamento específico para conseguir tirar o máximo proveito dos recursos oferecidos.

RETScreen

País - região: Brasil

Prov./Estado: Minas Gerais

Localização dos dados climáticos: Belo Horiz/Pampulha

Latitude: 19.9°S

Longitude: 44.0°W

Elevação: 785 m

Temperatura para projeto de aquecimento: 12.8 °C

Temperatura para projeto de refrigeração: 32.0 °C

Amplitude da Temperatura do Solo: 13.0 °C

Fonte: Solo, Solo, NASA

	Temperatura do Ar	Humidade relativa	Radiação solar diária - horizontal	Pressão Atmosférica	Velocidade do Vento	Temperatura do Solo	Graus-dia mensais p/ aquecimento	Refrigeração graus-dias
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Jan	24.3	73.6%	4.28	92.5	1.7	24.1	0	443
Fev	25.0	69.3%	5.56	92.6	1.9	24.7	0	420
Mar	24.1	72.1%	4.06	92.6	1.8	23.6	0	437
Abr	23.1	71.1%	4.28	92.7	1.7	22.6	0	363
Mai	20.9	72.2%	3.69	92.9	1.5	20.4	0	336
Jun	19.3	70.1%	3.72	93.1	1.4	18.9	0	279
Jul	19.4	66.7%	3.57	93.1	1.9	19.6	0	291
Ago	20.3	61.9%	4.36	93.1	2.2	22.0	0	319
Set	21.8	63.3%	4.69	92.9	2.5	24.5	0	354
Out	23.2	65.5%	4.44	92.7	2.7	25.1	0	409
Nov	23.3	70.8%	4.81	92.5	2.3	24.0	0	399
Dez	23.6	76.6%	4.33	92.5	1.9	23.5	0	419
Anual	22.3	69.4%	4.34	92.8	2.0	22.8	0	4,502
Fonte	Solo	Solo	Solo	NASA	Solo	NASA	Solo	Solo

Medido a: m, 10, 0

Fig. 2

Tela de dados climáticos extraída do programa de simulação solar RETScreen

RetScreen

- <http://www.retscreen.net/pt/download.php> (gratuito)

RETScreen é uma ferramenta única de suporte à decisão fornecida sem custos. Pode ser usada universalmente para avaliar a produção e economia de energia, os custos durante o tempo de vida, a redução das emissões e análise financeira e de risco para vários tipos de tecnologias eficientes ou renováveis. Este software também inclui banco de dados de produtos, custos e clima, e manual de usuário detalhado.

Dimensol

Pode ser baixado no gratuitamente no site do DASOL/ABRAVA:

- www.dasolabrava.org.br/informacoes-2/projeto/

O Dimensol é um software para dimensionar os sistemas de aquecimento solar de água, desenvolvido no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) da Eletrobras em parceria com a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas).

O aplicativo foi desenvolvido em 2007 por professores, pesquisadores e bolsistas da PUC de Minas Gerais como ferramenta para avaliação da fração solar das mais de 90 instalações de aquecimento solar visitadas na cidade de Belo Horizonte (MG) e capacitação das demais instituições envolvidas no projeto. Desde então, o aplicativo ganhou novas atualizações e adequações para que se tornasse uma ferramenta didática de fácil utilização.

F Chart

- <http://www.fchart.com/fchart/>

O F-Chart ou Carta-F é um programa de design e análise de Sistemas de Aquecimento Solar desenvolvido por S.A. Klein e W.A. Beckman, os criadores do método da Carta-F e membros do corpo docente da Universidade de Wisconsin (EUA).

Diferentemente do Dimensol e RETScreen, este não é um programa gratuito. Entretanto, todos os programas acima são baseados no método da Carta-F. As análises baseadas na Carta-F são úteis para dimensionamentos básicos e análise de viabilidade para sistemas relativamente padronizados. O programa não oferece oportunidade de análises detalhadas que permitam a otimização dos sistemas como, por exemplo,

o impacto do volume de reservatório térmico ou variáveis de controle no desempenho dos sistemas. Ferramentas de análise mais complexas como o Polysun são usadas para tais finalidades.

Polysun

- <http://www.polysun.ch/vs2/index.php>

O Polysun, assim como o F-Chart, não é gratuito e é mais usado por desenvolvedores de sistemas solares. É um programa de análise para projetos mais complexos e que permite diferentes tipos de simulações.

2.5 Análise crítica dos resultados e Conclusões

Com a utilização dessas ferramentas, o projetista chegará ao resultado de uma fração solar relacionada a uma área de coletores de um determinado modelo ou curva de eficiência. Muitas vezes, este resultado atenderá aos quesitos básicos do projeto, mas cabe também ressaltar alguns aspectos que podem melhorar os resultados esperados ou até conseguir as frações solares mínimas exigidas por lei em alguns municípios:

2.5.1 – Considerar nas simulações diferentes ângulos de inclinação para tentar extrair o máximo de energia do sistema de aquecimento solar, uma vez que as condições climáticas variam de região para região, como período das chuvas, inverno, verão etc.

2.5.2 – Quando a área para alocação dos coletores for limitada, procurar usar coletores mais eficientes (classificação A no PBE coordenado pelo INMETRO).

2.5.3 – Quando a área para alocação dos reservatórios também for crítica, podemos armazenar a água a temperaturas maiores, diminuindo assim o volume armazenado e mantendo a mesma energia. Contudo, é importante apenas tomar cuidado para não acumular a água a temperaturas acima de 65°C, pois os dispositivos de segurança para proteção do sistema e usuários começam a encarecer o projeto.

2.5.4 – Sempre isolar bem todas as tubulações do sistema solar e prumadas, mesmo se for em materiais poliméricos, pois, como poderemos ver mais adiante no capítulo 5.14, as perdas nas tubulações não isoladas são consideráveis e comprometem, às vezes, a maior parte da energia

solar captada nos coletores.

2.5.5 – Sempre incluir um sistema de controle inteligente que possa acionar o sistema complementar de energia somente quando necessário.

2.5.6 – Evitar sombreamento nos coletores.



CAPÍTULO 3

Critérios de Avaliação para Diferentes Tipologias

3.1 Grau de centralização do sistema de água quente

Os SAS para edificações multifamiliares podem ser:

Centralizados: a água quente é armazenada em um ou mais reservatórios, que alimentam uma ou mais prumadas, e são responsáveis pela alimentação de diversos apartamentos e pontos de consumo. Estes sistemas normalmente são aplicados em edifícios multifamiliares com exceção das aplicações em SAS para Habitações de Interesse Social.

Fig. 3, esquerda

Prédio do setor
hoteleiro em
Salvador /BA



Fig. 4, direita

Instalação predial
em Belo Horizonte/
MG

Descentralizados: a água quente que abastece cada apartamento é armazenada em um reservatório individual para cada unidade habitacional. Esta tipologia é aquela adotada normalmente nas Habitações Multifamiliares de Interesse Social, ou seja, cada unidade habitacional possui um sistema completo composto por coletor solar, reservatório

Fig. 5

Conjunto
Habitacional da
CDHU em
Mogi das
Cruzes/SP - Projeto
Solar de Eficiência
Energética da EDP



térmico (normalmente de 200 litros), sistema de aquecimento auxiliar (resistência elétrica, chuveiro elétrico ou aquecedor a gás) e prumada exclusiva para o SAS, assim como um hidrômetro individual para cada unidade. A decisão por optar por este sistema está diretamente ligada aos procedimentos de gestão de cobrança individualizada de água e energia junto aos moradores.

3.2 Alimentação de água fria: fonte, qualidade e pressão

3.2.1 - Qualidade da água

Quanto à qualidade da água, o mais importante é usar materiais compatíveis para garantir a longevidade dos componentes empregados.

Sabe-se, por exemplo, que tanto águas muito alcalinas quanto muito ácidas atacam diferentes metais. A fim de contribuir para a maior durabilidade de todos os componentes do SAS, bem como das instalações hidráulicas em geral, a qualidade da água deve obedecer aos parâmetros de potabilidade conforme regulamentações legais aplicáveis do Ministério da Saúde. De maneira geral, o ideal é utilizar água de abastecimento público, que por lei deve respeitar essas regulamentações, ou seja, apresentar dentre outros índices um pH equilibrado, alcalinidade em índices aceitáveis etc. Água proveniente de poços costumam ser ácidas e agressivas às instalações hidráulicas e por isso devem ser pré-analisadas e, conforme o caso, ter suas características corrigidas quimicamente.

3.2.1 – Pressão

Os sistemas de alimentação de água fria podem ser classificados em dois tipos básicos:

3.2.1.1 - Caixas d'água na própria cobertura do edifício

São os sistemas adotados normalmente para edificações individualizadas. Na maioria destes casos, podem ser aplicados reservatórios de baixa pressão que trabalham na faixa de 4 a 10 mca, dependendo da altura relativa entre o sistema e a caixa d'água.

Fig. 6, esquerda
Edifício Marte
em Alphaville –
Barueri/SP
(Heliotek)



Caso sejam usados pressurizadores nas prumadas para alimentação dos apartamentos mais altos ou ainda para a circulação da água, é necessária a utilização de reservatórios de alta pressão, normalmente de 40 a 60 mca, dependendo da instalação.



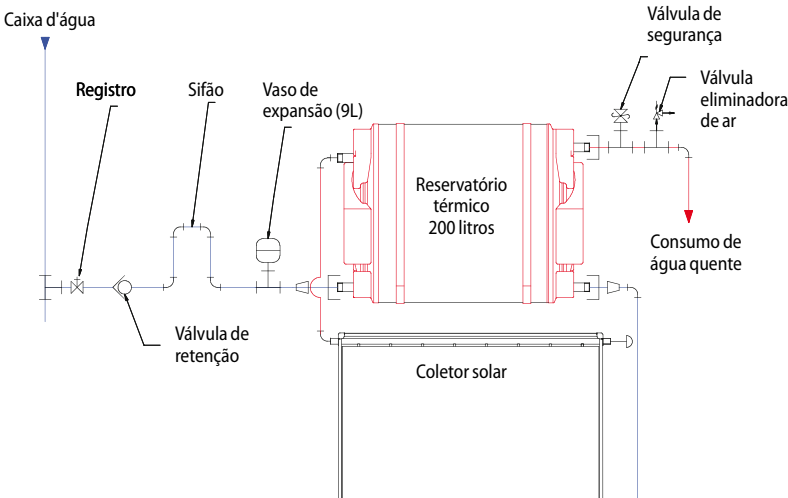
Fig. 7, direita
Instalação com
aquecedores
Cumulus

3.2.1.2 - Caixas d’água em forma de castelos

Abastecem mais de um edifício e são normalmente utilizadas para alimentar conjuntos habitacionais de interesse social, como podemos ver na Figura 5, onde as pressões da água fria nos reservatórios excedem 5 mca. Nestes casos, é recomendado equilibrar as pressões de água fria e água quente nos pontos de consumo. Para tanto, existem três alternativas:

3.2.1.2a - Usar reservatórios de alta pressão, mantendo a pressão da água quente igual à da água fria no castelo. Para isso, é necessária a utilização de pressão e válvulas de segurança conforme projeto abaixo a fim de garantir a longevidade do reservatório.

Fig. 8
Projeto de
instalação de SAS
de alta pressão
em HIS



3.2.1. 2b - Usar caixas d'água intermediárias de quebra de pressão tanto para a prumada de água fria quanto para a alimentação do reservatório solar, desta forma equilibrando as pressões de água fria e quente. Esta solução pode ser feita com caixas d'água intermediárias nas coberturas dos edifícios ou até com minicaixas quebra-pressão acopladas ao reservatório. Como estas minicaixas abastecerão as prumadas de água fria e quente para os chuveiros, as mesmas devem ter volumes adequados para garantir o abastecimento nas vazões projetadas nas UH (Unidades Habitacionais).

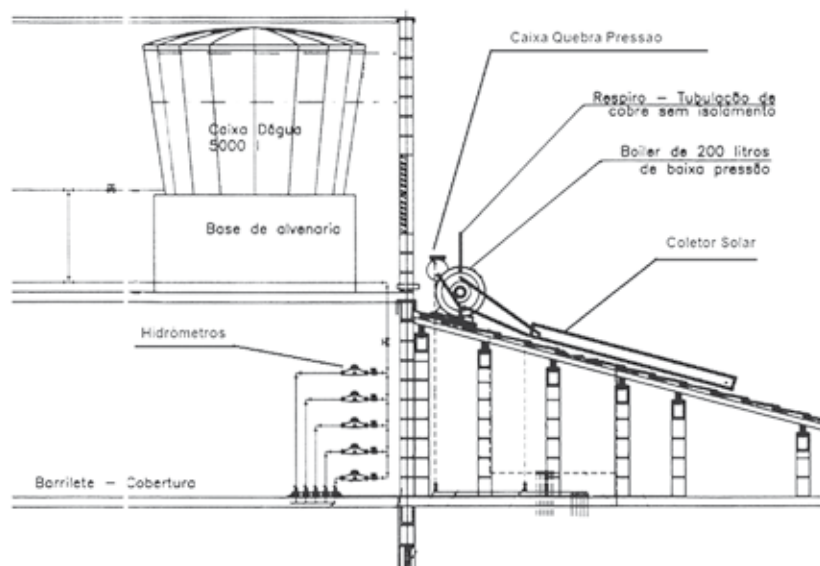


Fig. 9
Projeto de SAS com
caixas de quebra-
pressão para HIS

3.2.1. 2c - O uso de válvulas redutoras de pressão na entrada do reservatório para reduzir a pressão do reservatório e da prumada que abastece os pontos de consumo de água fria, apesar de ser uma solução tecnicamente factível, não é recomendada: na falha da válvula, o reservatório pode sofrer uma avaria irreparável, tendo que ser substituído. Além disso, muitas vezes as impurezas em suspensão na água podem provocar mau funcionamento dessas válvulas, sendo recomendado o uso de filtros numa eventual aplicação deste tipo.

3.3 Medição individualizada

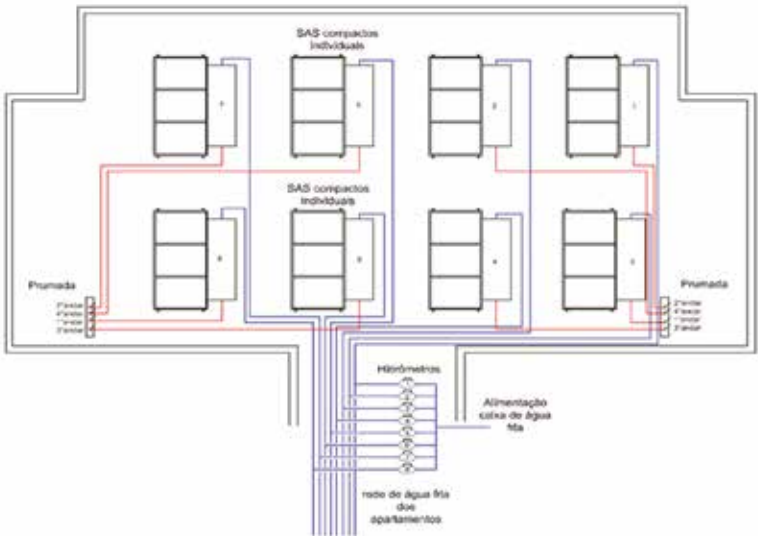
Em vários municípios do Brasil, os códigos de obras orientam a utilização de Sistemas de Medição Individualizada em condomínios residenciais e/ou comerciais, com a instalação de hidrômetro em cada unidade autônoma, como na Figura 10, de modo a possibilitar a medição do consumo de água e a emissão de contas/faturas individuais.

Figs. 10
Instalação de hidrômetros em instalações com medição individualizada de água



Na medição individualizada, cada unidade paga somente o que efetivamente consumiu. Com isso, é possível identificar o volume de água utilizado em cada habitação, além de promover o uso racional da água e a gestão de gastos.

Figs. 11
Esquema de inserção do solar com medição individualizada no barrilete (Ilustração: Runa Studio)



Estes hidrômetros podem ser instalados nos próprios barriletes com sistemas de coleta remota de dados, como na Figura 11, ou na entrada de água fria na edificação, como na Figura 12.

No Estado de Minas Gerais, por exemplo, a própria companhia de água (COPASA) determina que a medição deve ser obrigatoriamente realizada na entrada da edificação, já que a empresa é a responsável pela gestão do processo de hidrometração e cobrança individualizada, conforme evidencia a Figura 11.

A seguir, na Figura 12, apresenta-se uma solução para a questão da medição individualizada, mas há uma complexidade extra na utilização de reservatórios de alta pressão com todo seu aparato de válvulas e controles de segurança.

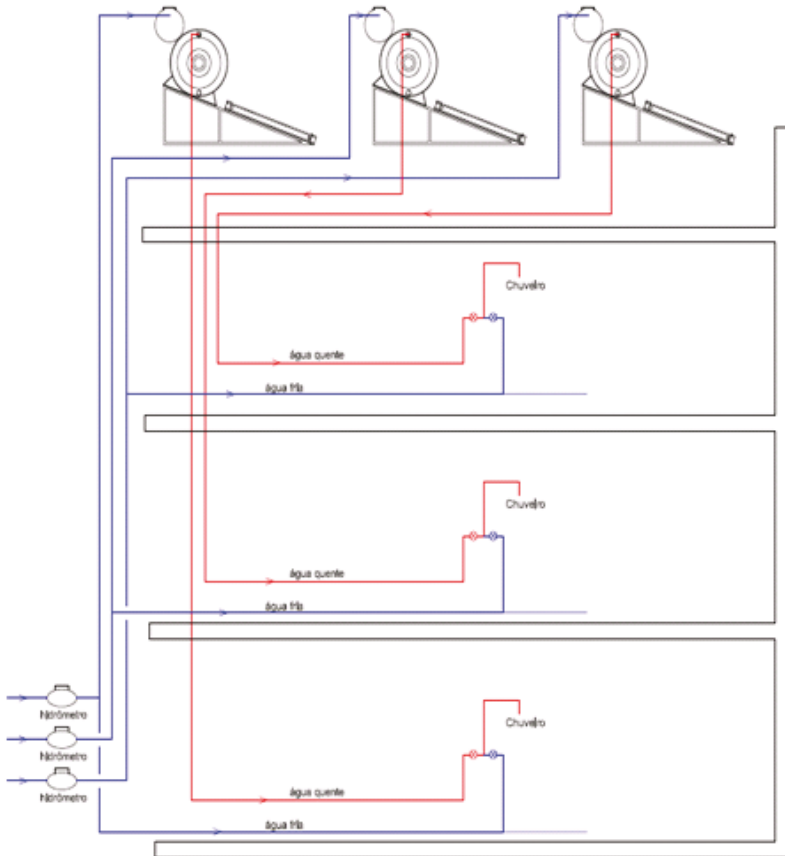


Fig. 12
Sistemas com medição individualizada na entrada da edificação (Ilustração: Runa Studio)

Como premissa necessária, portanto, as pressões da linha de água quente e fria devem ser iguais ou muito próximas para que seja possível misturá-las. Em geral, a solução proposta poderia apresentar pressões muito diferentes entre a água fria e a quente. Com isto, novas soluções devem ser utilizadas:

- **Utilização de válvulas redutoras de pressão da água fria** de cada UH de modo que a pressão residual na cobertura seja de, no máximo, 4 mca (esta solução seria mais cara e exigiria uma manutenção muito cuidadosa das redutoras de pressão).
- **Utilização de duas caixas de água fria no SAS** para equalização das pressões. Assim, pode-se utilizar um SAS de baixa pressão e, ao mesmo tempo, garantir pressões iguais da água fria e da quente no registro misturador de cada UH, proporcionando, desta forma, conforto e facilidade de mistura da água e, ainda, um menor investimento inicial associado à menor demanda de manutenção.

Figs. 13

Solução encontrada no Chipre (primeiro país na penetração de aquecedores solares per capita – 95% das casas utilizam).



3.4 Tipo de telhado ou cobertura

Em países como Israel, Grécia e México, é comum a utilização de lajes planas impermeabilizadas na cobertura dos edifícios. Esta tipologia facilita muito a instalação dos aquecedores solares associada a uma

melhor acessibilidade aos sistemas para futuras manutenções como ilustrado nas fotos a seguir:



Figs. 14
Instalações de aquecedores solares sobre lajes impermeabilizadas em Israel e no Brasil

No Brasil, esta solução tem enfrentado dificuldades devido à qualidade e tecnologia dos sistemas de impermeabilização. As opiniões entre os construtores das diversas regiões do país divergem: alguns afirmam que isto poderia gerar um problema futuro (por conta da impermeabilização e sua devida manutenção e vida útil) e outros observam que seria uma ótima solução para a instalação de SAS com sistemas de impermeabilização adequados ou ainda para a aplicação de telhados verdes.



Fig. 15
Instalações de aquecedores solares sobre lajes impermeabilizadas no Brasil

No Brasil, os SAS para HIS são aplicados em sua maioria em telhados como na Figura 16. Para este tipo de aplicação, é muito importante um projeto adequado de fixação dos reservatórios e coletores, como poderemos ver no Capítulo 3.9.

Fig. 16

SAS em HIS da
CDHU – Mogi
das Cruzes/SP,
instalados sobre
o telhado



3.5 Implantação e orientação das edificações

A melhor orientação para coletores solares localizados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil é o norte verdadeiro. De posse dessa informação, o arquiteto estará apto a realizar o projeto de loteamento e de implantação dos edifícios da melhor maneira possível. As Figuras 17 e 18 mostram duas formas de implantação de edifícios em um mesmo loteamento.

A primeira implantação (Figura 17) configura um desvio de $\pm 40^\circ$, o que não é recomendável em termos de melhor aproveitamento de energia solar pelos coletores, devendo haver uma compensação na área ou eficiência dos coletores conforme o Capítulo 4.5. Já na segunda implantação (Figura 18), o ângulo azimutal de 180° garante o melhor posicionamento dos equipamentos, o que proporciona a geração de mais água quente com o menor custo de implantação, pois evita o aumento de áreas de coletores ou a aplicação de suportes para corrigir a orientação desses coletores.

Os coletores devem ser montados sobre o telhado, com orientação de $+30^\circ$ ou -30° em relação ao norte geográfico (NG) para latitudes acima de 10° , sendo que a orientação para o NG é a de maior eficiência do sistema neste caso.

Em caso de desvio da face do telhado superior a 30° em relação ao norte geográfico, deve ser adotado suporte metálico para correção da orientação dos coletores solares, ou ser aumentada a “Produção Mensal de Energia” Nominal (PMEN) exigida ou especificada, de modo a compensar as perdas decorrentes, como veremos no Capítulo 4.5.

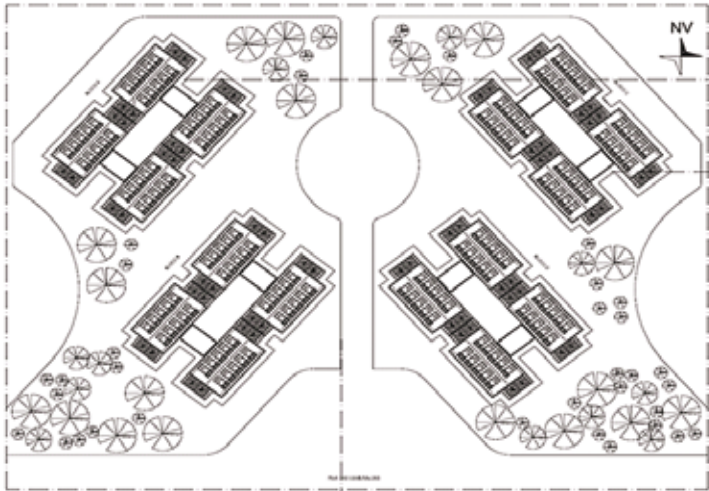


Fig. 17, esquerda
Implantação 1 –
Desvio de $\pm 40^\circ$
(ângulo azimutal
de $\pm 140^\circ$)³

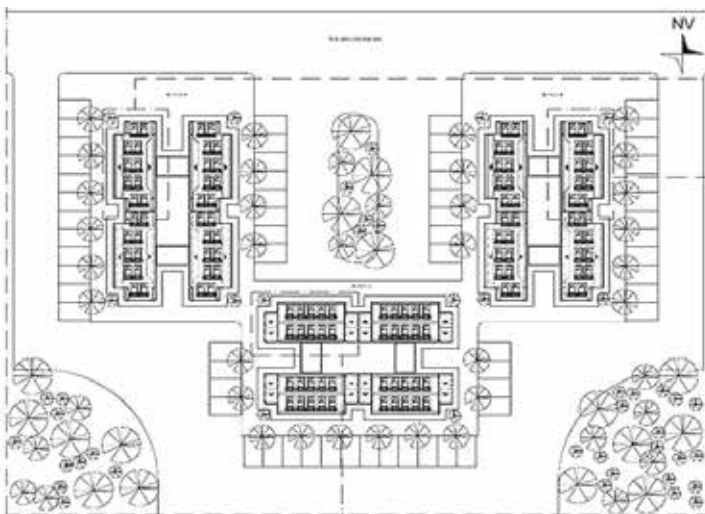


Fig. 18
Implantação
2 – Desvio de 0°
(ângulo azimutal
de 180°)

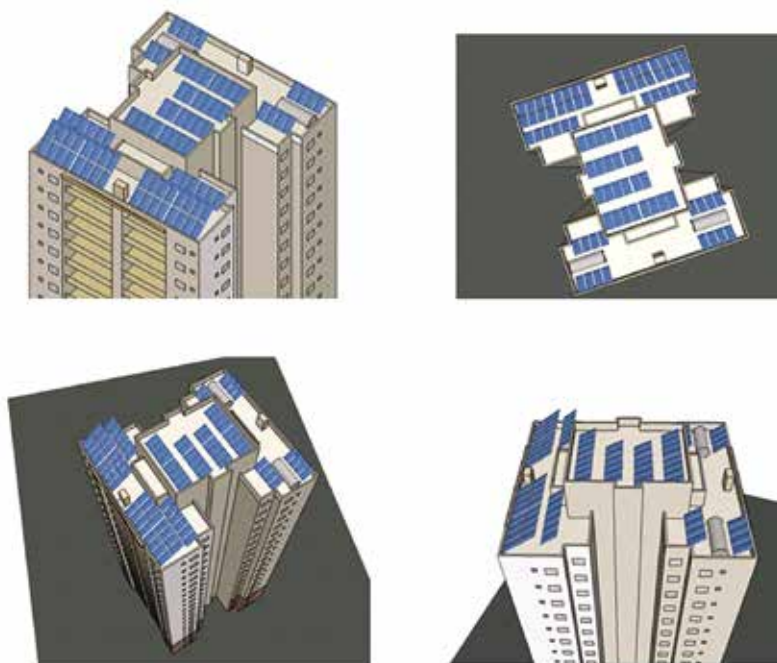
³ Desvio é o ângulo de orientação do coletor em relação ao norte geográfico; azimutal é o ângulo de orientação em relação ao sul geográfico.

3.6 Planejamento do telhado ou cobertura

Os aquecedores solares são comumente instalados nos telhados ou coberturas dos edifícios, pois são áreas de grande exposição à irradiação solar e são, também, áreas comuns do condomínio. No entanto, a instalação em coberturas existentes, onde os sistemas não foram previstos, pode trazer uma série de dificuldades em sua inserção e funcionamento. De maneira geral, é comum encontrar áreas disponíveis insuficientes para a correta instalação de coletores solares, reservatórios e demais componentes. Tal problema pode ser facilmente sanado ainda na fase de projeto.

Figs. 19

Instalação de coletores nas coberturas de edifícios residenciais



Para cada localidade há um tipo de inserção e, consequentemente, uma área ocupada pelos aquecedores solares. O projetista deve reservar espaço suficiente para essa instalação e seu cálculo levará em conta fatores como: tamanho e geometria dos equipamentos (coletores e reservatórios), inclinação dos coletores, número total de sistemas,

afastamento entre baterias (se existentes) e acesso aos equipamentos para manutenção. A Tabela 1 traz um resumo das variáveis que um bom projeto deve detalhar.

1	2	3	4	5	6
Dimensões equipamentos	Geometria equipamentos	Inclinação de coletores	Nº Total de sistemas	Afastamento baterias	Acesso

Inclinação dos coletores

Para garantir o recebimento de maior irradiação, adota-se um ângulo de inclinação do coletor solar. Na maioria dos casos, recomenda-se que esse ângulo esteja entre a latitude do local de implantação e a latitude mais 10°. Por exemplo, para a cidade de São Paulo, que está localizada a -23,5°S, com um sistema em que o coletor estiver inclinado a 23°, será possível garantir a captação de valores de irradiação de maneira mais constante ao longo do ano.

No entanto, para compensar as baixas temperaturas e menor irradiação solar no inverno, costuma-se adicionar mais 10° no valor da latitude, maximizando o rendimento do sistema durante o inverno. Simulações precisas da fração solar em função da inclinação dos coletores poderão ser obtidas através da Carta-F.

Portanto, para aumentar a exposição do coletor à irradiação solar durante o inverno em São Paulo, basta incliná-lo a 33°.

Quando os sistemas são instalados diretamente sobre o telhado, pode-se dispensar o uso de suportes adicionais para corrigir o ângulo de inclinação dos coletores, caso este ângulo esteja próximo da faixa da latitude e a latitude mais 10°, conforme mostra a Figura 20.

Tabela 1
Resumo.
Variáveis para dimensionamento de cobertura

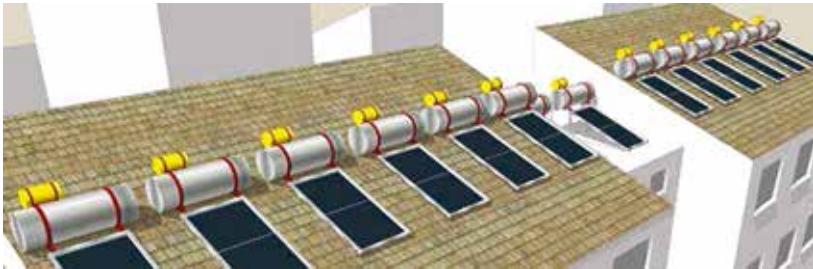


Fig. 20
Coletores instalados sobre telhado de edificação

O Conjunto Habitacional Mangueira, no Rio de Janeiro, recebeu aquecedores solares diretamente sobre os telhados das edificações, como mostra a Figura 21.

Fig. 21

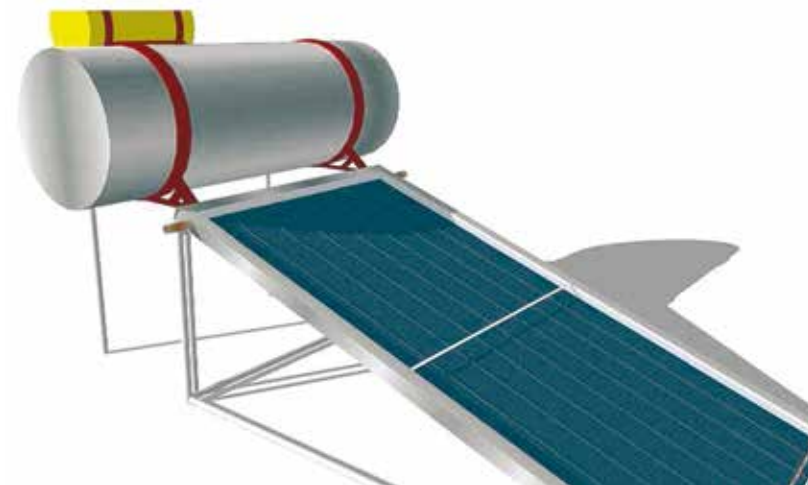
Sistemas instalados diretamente na cobertura – Conjunto Mangueira



No caso de coberturas planas, onde há espaço suficiente para instalar os sistemas, a inclinação de coletores pode ser ajustada por suportes, conforme mostra a Figura 22.

Fig. 22

Exemplo de suportes de coletores e reservatório



Em todos os casos, a fixação dos coletores e reservatórios nos telhados ou coberturas deve assegurar sua resistência à carga de vento (para o Termo de Referência da CEF, o valor definido é 40 kgf/m^2).

Para sistemas que funcionam por circulação natural ou termossifão, é necessário obedecer a certas alturas entre os equipamentos, como mostra a Figura 23.

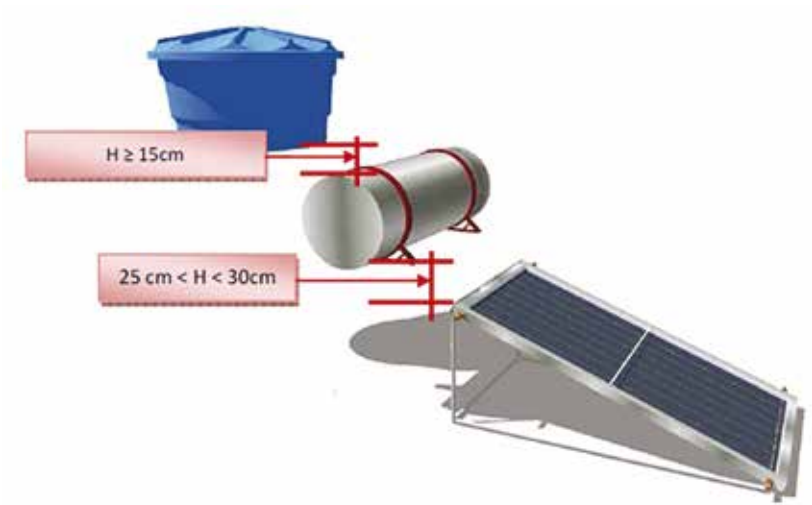


Fig. 23
Distâncias recomendadas para a instalação de SAS em HIS

A definição da altura total dos equipamentos é importante porque há casos em que um sistema provoca sombreamento em outro. A maneira ideal de evitar esse tipo de problema é garantir que os SAS sejam instalados com uma distância mínima entre eles. Para determinar esse valor, basta utilizar, de maneira simplificada, a seguinte equação:

$$d = h \times k$$

Onde “**d**” é a distância entre equipamentos, “**h**” é a altura e “**k**” é um fator determinado de acordo com a Latitude do local.

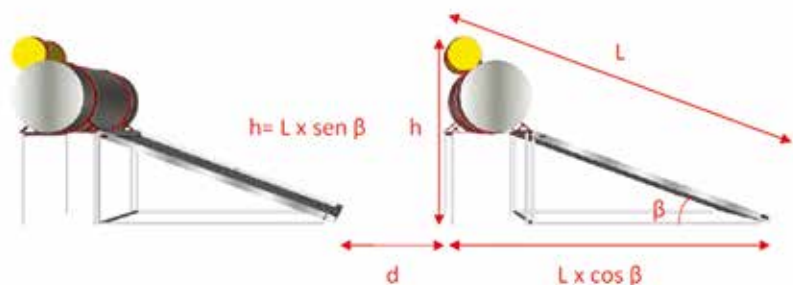
Tabela 2
Fator k

A Tabela 2 apresenta alguns desses valores:

LATITUDE	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
k	0,541	0,433	0,541	0,659	0,793	0,946	1,126	1,347	1,625

Fig. 24

Distância mínima entre SAS. Fonte: FINEP. Projeto SolBrasil – Rede Brasil de Capacitação em Energia Solar. Manual do Professor.



3.7 Sombreamento

A ocorrência de sombreamento no coletor solar é prejudicial ao bom funcionamento do sistema, pois ele não estará operando em condições ótimas de exposição à radiação solar. O sombreamento de coletores em um SAS impacta diretamente no valor da fração solar do sistema, que é obtida, internacionalmente, pelo Método da Carta-F (Beckmann et al. 1977). A fração solar corresponde à contribuição da energia solar na demanda total de energia para aquecimento de água e, quanto maior seu valor, maior será a economia gerada pelo sistema.

Nesta seção, algumas sugestões de instalação de SAS serão apresentadas para minimizar a incidência de sombreamento no plano dos coletores.

O sombreamento também pode ser provocado por elementos do próprio edifício como caixas d'água, casa de máquinas, platibandas, antenas e edificações próximas. Em regiões muito adensadas, é importante avaliar as edificações vizinhas para saber se ao longo do ano não haverá incidência de sombra sobre os coletores solares. Esta análise pode ser feita com softwares livres que reproduzem a posição das edificações em terceira dimensão e simulam seus sombreamentos ao longo de todo o ano, como o SketchUp (www.sketchup.com).

Esta avaliação pode seguir o exemplo abaixo com o roteiro de dias e horários que devem ser analisados:

- **22/03 Equinócio de outono**
- **22/06 Solstício de inverno**
- **22/09 Equinócio de primavera**
- **22/12 Solstício de verão**

Avaliar a sombra para cada dia nos seguintes horários: 08h00, 10h00, 12h00, 14h00 e 16h00.

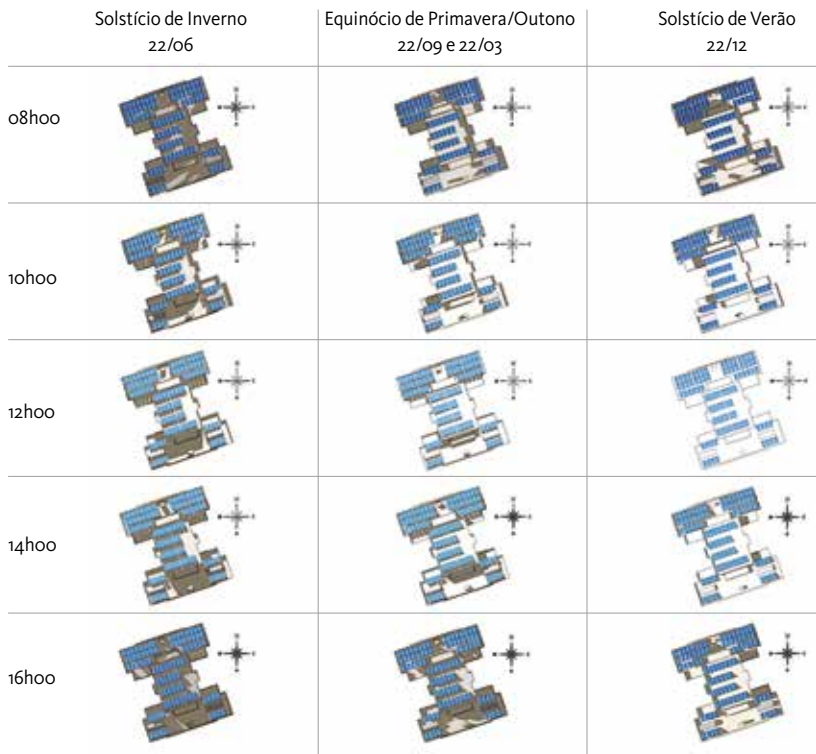


Fig. 25
Simulações de
sombreamento ao
longo do ano

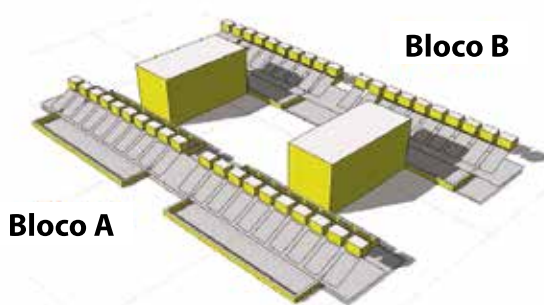
De posse dessas informações, o projetista pode evitar que esses elementos prejudiquem o bom funcionamento do SAS instalado na cobertura ao escolher posicionar estes elementos na porção Sul do edifício, por exemplo.

Em casos onde o elemento causador de sombras persiste localizado na porção Norte, a solução é aumentar o afastamento entre ele e os coletores solares.

As simulações de sombreamento a seguir foram feitas com o software Autodesk Ecotect Analysis, que é uma poderosa ferramenta para simulações energéticas de edifícios, sombreamento e cálculo de emissões, entre outras.

A Figura 26 mostra a implantação de sistemas de aquecimento solar na cobertura de um conjunto habitacional em forma de “H” localizado em São Paulo, onde ambas as situações ocorrem. Os sistemas estão orientados para o NG, ou seja, orientados para 180° a partir do Sul e inclinação de 30° . Para o dia 21 de junho (solstício de inverno), os coletores do Bloco A praticamente não possuem sombreamento ao longo do dia. O mesmo não acontece no Bloco B, pois se constata incidência de sombra em sua base, em horários distintos, provocada pelos elementos centrais do conjunto.

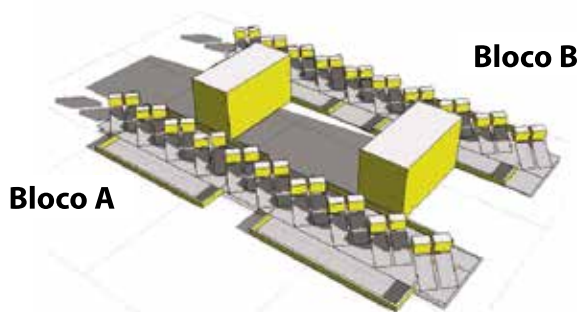
Fig. 26
Incidência de sombreamento em coletores no solstício de inverno



Quando há necessidade de deslocamento dos SAS na cobertura do edifício para garantir que os coletores sejam orientados para o norte verdadeiro, os próprios sistemas podem gerar sombras entre eles, conforme mostra a Figura 27, em que a edificação possui desvio de 45° em relação ao norte verdadeiro.

A sombra da Figura 27 ocorre no dia 21 de junho às 16h00. Note que grande parte dela é provocada pelos reservatórios térmicos, o que demonstra a importância de sua escolha. Nesse caso, é interessante optar

Fig. 27
SAS com deslocamento em relação às coordenadas XY do edifício



pelo reservatório horizontal que produzirá menos sombra do que um modelo vertical.

De modo similar, as Figuras 28 trazem uma edificação com desvio de 90° com relação ao norte verdadeiro, em que os coletores foram instalados com ângulo azimutal igual a 180° .

Aqui os componentes do SAS geram sombras entre si, mas cada bloco será atingido em momentos diferentes: o Bloco A no período da tarde e o Bloco B no período da manhã.

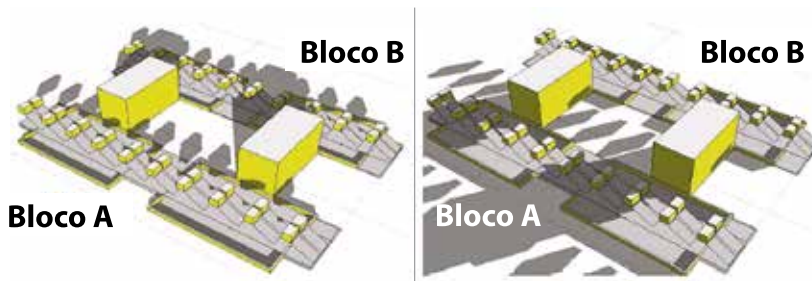


Fig. 28
Sombreamento no período matutino (esquerda) e sombreamento no período vespertino (direita)

De maneira geral, é muito difícil que o sombreamento nos coletores seja nulo durante todos os dias do ano. Porém, é fundamental que ele não ocorra no período de maior índice de radiação do dia, ou seja, próximo ao meio-dia solar. Pode-se definir, então, estratégias mais eficientes para redução de sombreamento em coletores entre as 10h00 e 14h00.

Um estudo usando um programa de simulação de sombreamento nos coletores solares foi realizado para as três opções de inserção mostradas nas Figuras 26, 27 e 28. Foram identificados os seguintes números para cada uma delas:

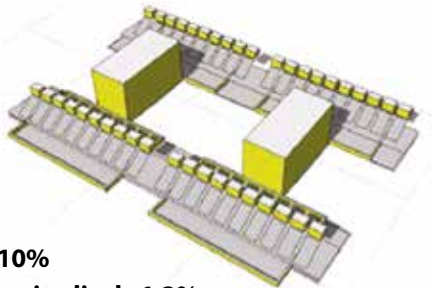
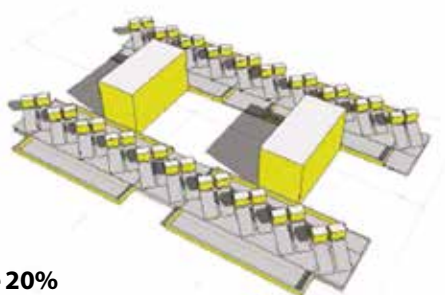


Fig. 26.b

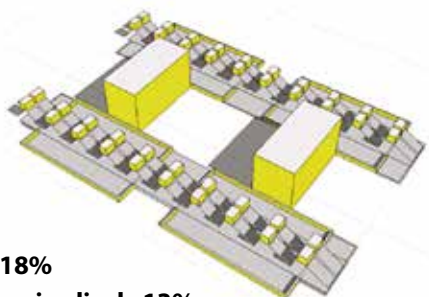
- **Sombreamento anual de 10%**
- **Sombreamento anual ao meio-dia de 1,2%**
- **Perda na fração solar de 1,2 pp (pontos percentuais)**

Fig. 27.b



- **Sombreamento anual de 20%**
- **Sombreamento anual ao meio-dia de 6%**
- **Perda na fração solar de 5,3 pp (pontos percentuais)**

Fig. 28.b



- **Sombreamento anual de 18%**
- **Sombreamento anual ao meio-dia de 13%**
- **Perda na fração solar de 5,5 pp (pontos percentuais)**

Observa-se que o sombreamento ao meio-dia solar esteve abaixo da média para o ano todo em todas as opções mostradas. Contudo, o valor mais alto apresentado corresponde à instalação que mais perde em eficiência devido ao sombreamento. Apesar dos valores de perda na fração solar por sombreamento não serem tão altos, é preciso lembrar que uma diferença de 5,5 pontos percentuais pode afetar muito o valor da fração solar anual do SAS analisado.

3.8 Cálculo estrutural da cobertura

No projeto estrutural da cobertura, o engenheiro responsável deve adicionar aos cálculos a carga total dos equipamentos de aquecimento

solar a serem instalados mais o peso da água armazenada. As características de cada um são fornecidas pelos respectivos fabricantes. Para produtos testados pelo PBE, coordenado pelo INMETRO, também podem ser encontradas mais características nas Tabelas de Eficiência de Coletores e Reservatórios do Instituto.

Por se tratar de sistemas de maior porte, o engenheiro responsável deve definir o local de instalação dos equipamentos, principalmente dos reservatórios térmicos, pois são eles que concentram o maior peso.

3.9 Carga e fixação do SAS à estrutura da edificação

Os Sistemas de Aquecimento Solar devem ser fixados por meio de suportes apoiados na estrutura do telhado ou laje impermeabilizada. A seguir, estudaremos estas duas tipologias:

3.9.1 – Fixação no telhado em Habitações Multifamiliares de Interesse Social

Os suportes e dispositivos de fixação devem apresentar as seguintes características:

- **Material metálico não ferroso** ou em aço SAC300 ou similar, pintado com material adequado à sua proteção e conservação, como pinturas à base de EPOXI ou galvanização a fogo.
- **No mínimo, deverá ser prevista fita metálica galvanizada** ou com outro tipo de tratamento resistente à corrosão para fixação dos coletores solares à estrutura do telhado, da forma indicada pelo fornecedor do equipamento.
- **Todo o conjunto deve ser resistente** à carga de vento mínima de 40 kgf/m².
- **Todo o conjunto deverá ser alinhado** e sem arranjos que indiquem falta de equilíbrio ou insegurança.

No caso dos reservatórios externos, devem ser previstos suportes metálicos com proteção contra corrosão. Os reservatórios não deverão ser apoiados diretamente sobre as telhas, como pode ser observado na

Figura 29, para não sobrecarregá-las e eventualmente provocar a quebra das mesmas, o que pode ocasionar vazamentos nos telhados:

Fig. 29
Instalação de suportes metálicos para a proteção contra corrosão

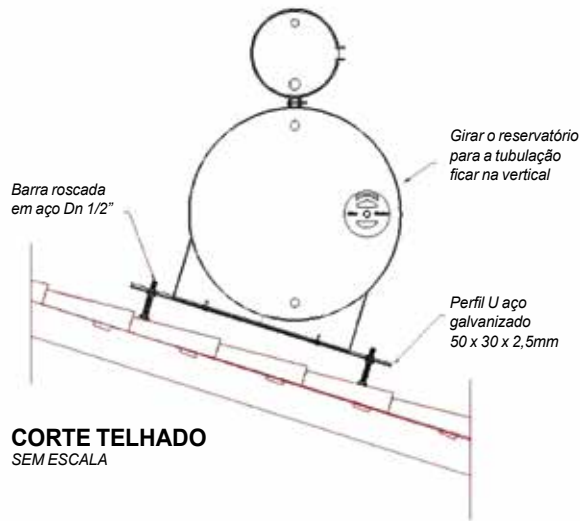
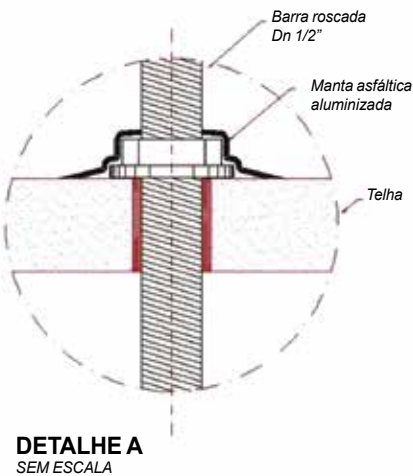
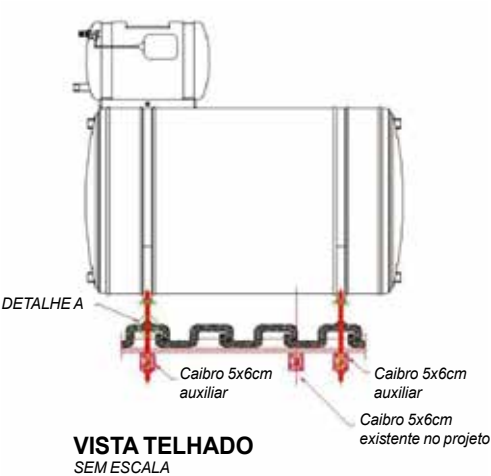


Fig. 30, esquerda
Instalação do reservatório sobre o telhado

Fig. 31, direita
Vedação dos furos do telhado

Muitas vezes, pode ser necessária a instalação de um caibro auxiliar para a fixação do reservatório, conforme a Figura 30, ou mesmo um reforço com uma viga ou pontalete de apoio entre a laje e o ponto de apoio do reservatório.



Todos os furos no telhado para passagem de tubulação ou de fixações deverão ser devidamente vedados com manta asfáltica aluminiada ou silicone/poliuretano na telha de capa, de forma que garanta a estanqueidade do telhado (Figura 31). No caso dos coletores, é usual a fixação com a amarração de fios de cobre entre os coletores e as ripas ou caibros do telhado. É indicado por vários termos de referências de órgãos governamentais, como CEF¹ e CDHU², o uso de suportes ou fitas galvanizadas para a fixação nos telhados (Figura 32).

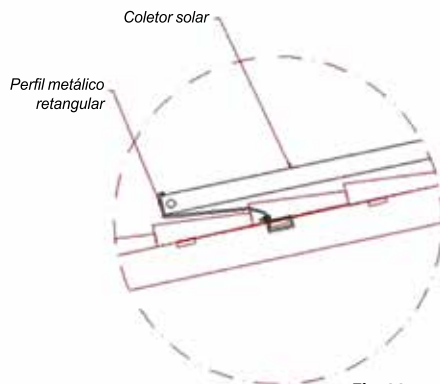


Fig. 32
Fixação dos
coletores solares

3.9.2 – Fixação dos sistemas em lajes

Para a fixação dos SAS em lajes, devem ser usados suportes de alumínio ou aço galvanizado, como no desenho abaixo, para evitar a corrosão pela ação de intempéries, principalmente nas regiões litorâneas, onde a ação da corrosão pela maresia é mais agressiva.



Fig. 33, esquerda
Suporte para
Coletores EAGoz
da OCV – Solar
Térmica

Fig. 34, direita
Apoio dos suportes
dos SAS sobre lajes
impermeabilizadas

Outro ponto importante é o da preparação da laje impermeabilizada para receber o chumbamento dos suportes dos SAS. Normalmente, é feita uma base de sustentação de proteção mecânica (Figura 34) acima da laje impermeabilizada para que a fixação dos suportes dos aquecedores não danifique a impermeabilização.

Em todas as configurações acima, deve-se levar em conta o cálculo estrutural para suportar a ação do vento, conforme a norma ABNT/NBR 6123.

¹ Caixa Econômica Federal

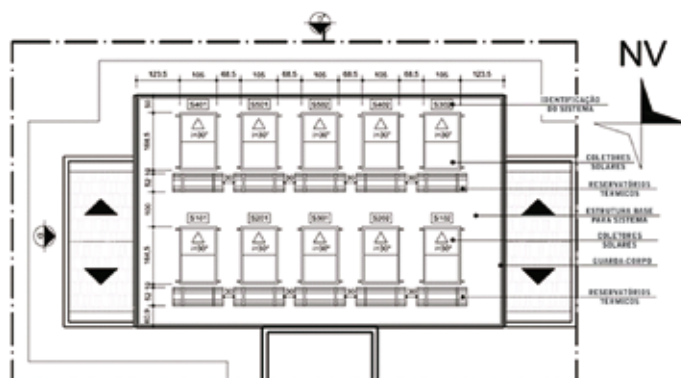
² Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo

3.10 Acessibilidade

Para a implantação dos SAS na cobertura também se deve prever espaço suficiente para as tubulações de abastecimento do sistema (circuito primário) e distribuição (circuito secundário ou consumo). No caso de inserção de hidrômetros para medição individualizada de água fria na cobertura, um espaço para esses equipamentos deve ser reservado.

Com o objetivo de permitir a manutenção dos equipamentos periodicamente, torna-se necessário prever acesso seguro e suficiente nas coberturas onde o SAS está instalado. Tal espaço é fundamental e indispensável. A falta de segurança e acessibilidade aqui exige o uso obrigatório de EPI (Equipamento de Proteção Individual) pelo responsável pela manutenção. Na Figura 35, observa-se um exemplo de cobertura projetada para receber aquecedores solares.

Fig. 35
Exemplo de
cobertura projetada



3.11 Segurança contra Descargas Atmosféricas

O SAS proposto para atendimento às edificações em questão não possui consumo de energia elétrica, uma vez que a circulação da água se dá por termossifão, sem necessidade de bombeamento, e o sistema auxiliar é o próprio chuveiro elétrico posicionado em cada apartamento. Porém, deve ser prevista no projeto de proteção contra descargas atmosféricas da edificação a inserção do SAS com todos os seus elementos: estruturas metálicas, respiro, tubulação, capa metálica do reservatório térmico, caixa metálica do coletor solar e outros que podem atrair raios para o sistema.



CAPÍTULO 4

Sistemas de Aquecimento Solar para Habitações Multifamiliares de Interesse Social (HIS)

4.1 Exemplos de aplicações

As principais aplicações de Sistemas de Aquecimento Solar para Habitações Multifamiliares de Interesse Social (HIS) foram feitas em Conjuntos Habitacionais da CDHU, COHAB¹, MCMV entre outros.

Fig. 36
Sistema de
Aquecimento Solar
para HIS no CDHU
Cidade Tiradentes/
SP



4.2 Dimensionamento dos reservatórios

Para os SAS em HIS, convencionou-se a utilização de reservatórios individuais de 200 litros. Estes reservatórios normalmente atendem uma família de 5 a 6 pessoas como podemos ver no cálculo a seguir.

Considerando que em boa parte destas habitações há chuveiros elétricos com vazões aproximadas entre 4 e 6 litros/minuto e que o tempo médio de banho é de 6 a 10 minutos, teremos o consumo médio por banho de 40 litros de água temperada (5 litros/min x 8 min de banho).

Premissas para o cálculo de consumo de água quente:

- **a temperatura média do reservatório será de 45°C**
- **a temperatura de banho é de 38°C**
- **a temperatura média da água fria é de 18°C**
- **Vq = volume de água quente a 45°C por banho**
- **Vf = volume de água fria a 18°C por banho**

O consumo de água quente do reservatório por banho será em média de:

$$\mathbf{Vq + Vf = 40 \text{ litros}}$$

¹ COHAB - Companhia Metropolitana de Habitação

Aplicando-se o balanceamento térmico do banho, obtém-se:

$$45^{\circ}\text{C} \times V_q + 18^{\circ}\text{C} \times V_f = 38^{\circ}\text{C} \times 40$$

Portanto, o volume de água quente é:

$$V_q = 40 - V_f = 40 - (38 \times 40 - 45 \times V_q)/18 = 35,6 \text{ litros}$$

Os seja, o sistema proporciona em média 5 banhos de aproximadamente 35 litros cada um à temperatura média de 38°C para um reservatório solar de 200 litros a 45°C (já considerando as perdas pela entrada simultânea de água fria e a saída de água quente).

4.3 Seleção do reservatório

Os reservatórios térmicos devem ser certificados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem coordenado pelo INMETRO e publicados em sua página na internet (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>). Assim como os coletores solares, os reservatórios térmicos devem obrigatoriamente ser submetidos aos ensaios de qualidade vigentes na normativa brasileira, com exceção dos reservatórios com volume acima de 1.000 litros. Estes ensaios asseguram a avaliação das perdas térmicas dos reservatórios, sua resistência às pressões de trabalho, qualidade de fabricação, segurança elétrica, dentre outros quesitos.

Os reservatórios térmicos podem ser classificados usualmente de várias maneiras:

4.3.1 - Quanto ao seu posicionamento físico, os reservatórios são classificados em horizontal e vertical

No Brasil, a maior parte dos fabricantes usam reservatórios horizontais como podemos ver na Figura 37.



Fig. 37
SAS em HIS com reservatórios horizontais

Já em países como Israel, Turquia, Grécia e México, é comum encontrar algumas instalações com reservatórios verticais (Figuras 38).

Figs. 38

SAS na Grécia e em Israel com reservatórios verticais



4.3.2 - Quanto à pressão de trabalho, os reservatórios são classificados como de alta ou baixa pressão

Como já visto anteriormente, nas tipologias onde a alimentação de água fria é feita por meio de torres ou castelos de água, é costume indicar a aplicação de reservatórios de alta pressão.

Quando a caixa d'água fica na própria edificação, pode-se na maior parte das vezes usar reservatórios de baixa pressão alimentados diretamente pela caixa d'água ou caixas quebra-pressão. A decisão por um tipo ou outro depende de como ficarão os respiros no primeiro caso. Se o desnível for maior que 1 metro, recomenda-se o uso de caixas quebra-pressão para que os respiros não fiquem muito grandes e comprometam a estética do empreendimento assim como a segurança do sistema.

Conforme a ABNT/NBR 5626, é necessário 1,0 mca de pressão disponível no chuveiro, já consideradas todas as perdas de carga, inclusive a perda localizada do próprio chuveiro.

Por isso, o projeto hidráulico especificando toda a hidráulica de abastecimento do SAS e de distribuição de água fria e quente para o chuveiro deve ser bem criterioso. Assim, garante-se que a pressão residual sobre o chuveiro atende a especificação da ABNT/NBR 5626 e que a vazão de abastecimento das caixas de quebra-pressão não é inferior a 6 litros por minuto, assegurando assim o fluxo contínuo de água.

4.3.3 - Quanto aos materiais no corpo interno do reservatório

Existem diversos tipos de materiais que são empregados nos reservatórios e a maioria é adequada para águas tratadas pela rede pública

com pH entre 6.8 a 7.6, dureza entre 60 a 150 PPM, cloretos abaixo de 120 ppm, cloro livre abaixo de 3 ppm e ferro ou alumínio, menor ou igual a 0,3 ppm.

Para as águas tratadas pela rede pública recomenda-se aplicar reservatórios com corpo interno composto por aços inoxidáveis 304, 444, 316 L, cobre, aço carbono vitrificado e polímeros para alta temperatura (polipropileno, ABS e polietileno aditivado).

Já em regiões com águas muito alcalinas ou muito ácidas, recomenda-se o uso de reservatórios de aço inox 444 ou 316, ambos com anodo de sacrifício, polímeros para alta temperatura ou ainda aço carbono com tratamento interno à base de EPOXI ou vitrificados (tratamento de enamel). Portanto, é determinante conhecer a qualidade da água da região para aplicar o reservatório com o material adequado no seu corpo interno a fim de garantir maior longevidade do sistema.

4.3.4 - Quanto ao tipo de troca de calor – direta ou indireta

Quanto à forma de aquecer a água, há dois tipos de aquecimento:

- **circuito direto** (sem trocadores de calor), em que a água para consumo é aquecida diretamente pelos coletores, como na Figura 39 a seguir.
- **circuito indireto** (com trocadores de calor), em que a água para consumo é aquecida por meio de um trocador de calor entre os coletores e o reservatório. Alguns fabricantes possuem este trocador de calor já integrado ao corpo do reservatório como podemos ver na Figura 40.

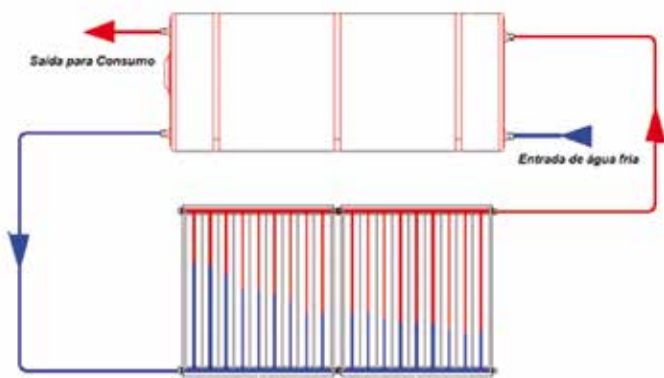
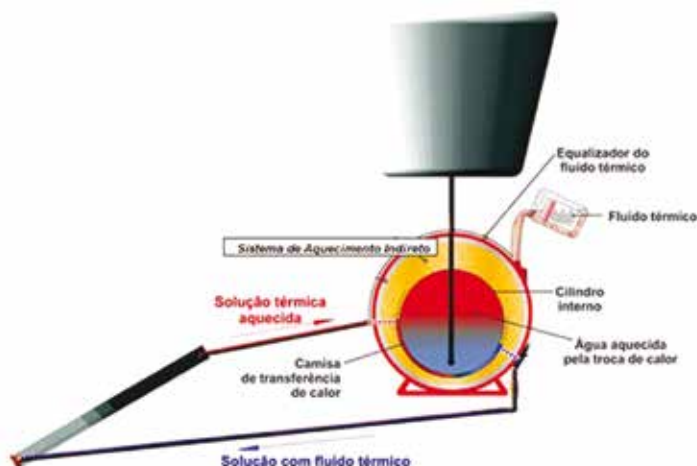


Fig. 39
Sistema de aquecimento solar com circuito direto

Os sistemas com aquecimento indireto são recomendados em regiões sujeitas a temperaturas abaixo de 0 grau, sendo que o fluido que passa pelos coletores contém um aditivo anticongelamento que evita que os coletores congelem e se rompam no inverno.

Na maior parte das aplicações nestas regiões frias sujeitas a geadas e a temperaturas abaixo de 0 grau, não se recomenda o uso de válvulas anticongelamento, pois elas jogam fora a água que está quase congelando nos coletores, provocando desperdício. Isto aumenta consideravelmente o consumo e a conta de água. Portanto, nestas regiões recomenda-se o uso de sistemas de aquecimento indireto como na Figura 40.

Fig. 40
Sistema de aquecimento solar com circuito indireto



4.4 Sistemas de aquecimento de apoio complementar (elétrico, chuveiros inteligentes ou gás)

Podemos dividir os sistemas de aquecimento complementar para dias de pouca insolação em 3 tipos básicos:

- **Sistema de apoio com chuveiro elétrico inteligente**
- **Sistema de apoio com resistência elétrica dentro do reservatório**
- **Sistema de apoio com aquecedor a gás de passagem**

Cada um deles oferece vantagens e desvantagens, como veremos a seguir. Os sistemas atualmente mais utilizados são os de apoio com chuveiro elétrico inteligente ou chuveiro híbrido, como estão sendo chamados atualmente.

4.4.1 - Sistema de apoio com chuveiro elétrico inteligente

Este é um dos sistemas mais utilizados neste tipo de aplicação, eliminando o desperdício de água em até 50%:



Fig. 41
Chuveiro híbrido
inteligente

Este sistema aquece a água contida na tubulação antes que ela saia pela ducha, sem que seja preciso esperar vários minutos para que chegue ao ponto de uso. Com dispositivos inteligentes como este, só se liga o chuveiro na hora de entrar no banho, sem desperdiçar água e energia. Esse chuveiro possui controle eletrônico de potência, aquecendo a água até a temperatura desejada automaticamente. Ele é chamado de chuveiro híbrido inteligente.

Além disso, com o chuveiro híbrido inteligente, consome-se apenas a energia necessária para completar o aquecimento até que a água quente, proveniente do sistema de aquecimento solar, chegue ao ponto de consumo e a temperatura do banho seja atingida, cessando automaticamente o consumo de energia elétrica.

Alguns modelos mais sofisticados contam ainda com tecnologia de controle de demanda, especialmente utilizada em projetos de eficiência energética. Em algumas aplicações é utilizado o chuveiro elétrico padrão como apoio, mas seu manuseio para ligar e desligar manualmente não tem sido a forma mais adequada e econômica. Alguns chuveiros elétricos possuem ajuste contínuo de potência, o que aumenta a economia do conjunto solar+ chuveiro.

Os chuveiros híbridos apresentam um risco quando o usuário começa a tomar banho antes da chegada da água aquecida pelo SAS, que poderá estar acima de 50°C.

4.4.2 - Sistema de apoio com resistência elétrica dentro do reservatório

Este sistema é composto basicamente por uma resistência elétrica ligada a um termostato dentro do reservatório. Sua função é aquecer a água, toda vez que esta estiver abaixo da temperatura ajustada no termostato (normalmente em torno de 45°C). Este sistema tem sua maior gama de aplicação em residências de médio e alto padrão. Oferece boas vantagens quando associado a um sistema de controle horário que permite que a resistência ligue apenas um pouco antes dos horários de consumo. O controle da resistência por meio do disjuntor tem se mostrado inadequado, pois este é um elemento de segurança e não foi concebido para ser utilizado como um botão de liga/desliga.

Esta solução oferece grandes vantagens no deslocamento da demanda na ponta, pelo fato de que, mesmo em dias nublados, a resistência acionada tem a potência de 30 a 50% de um chuveiro elétrico. Apesar disso, normalmente esta tipologia não é utilizada em habitações de interesse social, pois a introdução de um programador horário onera a instalação.

Fig. 42

Sistema de apoio com resistência elétrica dentro do reservatório e programador horário



4.4.3 - Sistema de apoio com aquecedor a gás de passagem

Nestes sistemas, quando o usuário solicita água quente para consumo, esta água sai da rede de distribuição vinda do reservatório solar e entra no apartamento. Antes de ir para o ponto de consumo, a água passa por uma válvula de três vias controladora de temperatura que tem por finalidade direcionar seu fluxo de modo a:

a) direcionar a água quente diretamente para o consumo (quando a temperatura de entrada estiver adequada).

b) direcionar para o aquecedor de passagem complementar, quando for necessário um pós-aquecimento para as condições de uso.

É recomendável utilizar aquecedores de passagem com controle de temperatura, de forma que, quando acionado o aquecedor, este forneça apenas a energia necessária para atingir a temperatura requisitada para uso.

Neste tipo de configuração, apesar da existência do sistema de aquecimento solar, é o aquecedor de passagem que tem a função de atender toda a demanda de água quente em dias nublados, ficando limitado às vazões máximas desse aparelho a gás.

A medição do consumo de água quente da unidade habitacional pode ser feita por meio de medidores individuais específicos para o uso em água quente, instalados na entrada de cada unidade. O consumo de gás é individual, associado à utilização dos aquecedores de passagem de cada unidade habitacional.

Devido ao custo de implantação, este sistema é pouco usado em habitações de interesse social. Isto porque aos custos envolvidos na instalação de um aquecedor solar soma-se o custo do sistema de aquecimento a gás de passagem.

4.5 – Dimensionamento da área coletora

Os coletores devem estar etiquetados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem coordenado pelo INMETRO e publicados em sua página na internet (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>) na data da análise do projeto e do seu fornecimento à obra. Os valores da área coletora, $FR_{\tau\alpha}$ e FR_{UL} , podem ser extraídos desta tabela para fins de especificação de equipamentos e simulação de desempenho.

Também os coletores devem ser resistentes à temperatura de estagnação e à pressão de trabalho: os coletores solares podem atingir elevadas temperaturas durante sua operação. Coletores planos podem

atingir temperaturas de estagnação entre 80 e 250°C e, portanto, os materiais utilizados em sua fabricação devem sempre ser resistentes a esta condição de operação.

A produção média mensal do(s) coletor(es) indicada para o aquecimento de 200 litros de água em diferentes regiões do Brasil para o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) é indicada na tabela a seguir:

REGIÃO	Desvio do NG			Produção Média Mensal
	0 a 30°	31 a 60°	61 a 90°	
Sul, Sudeste, Centro-Oeste	150	165	180	PME (kWh/mês)
Norte e Nordeste	120	120	120	PME (kWh/mês)

Observação: o desvio do Norte nunca deve ser superior a 90°C .

Vale salientar que estudos utilizando a Carta-F devem ser realizados em cada projeto a fim de assegurar que a fração solar desejada será atingida, como detalhado no Capítulo 5.7.

Como o Programa MCMV tem uma abrangência muito ampla, não foi definida uma potência diferente de coletor para cada região, pois isso tornaria o projeto muito complexo de se avaliar e calcular um preço padrão pago pela CEF. Portanto, o programa definiu apenas duas macro-regiões conforme tabela acima para conseguir colocá-lo em andamento de forma simples e prática.

Para os projetos de eficiência energética desenvolvidos no âmbito do PEE da ANEEL, cada concessionária está livre para escolher os projetos com a melhor Relação Custo Benefício (RCB) e deslocamento da demanda da ponta. Com isso, as áreas dos coletores para estes projetos poderão ser diferentes daquelas do MCMV.

4.6 – Interligação entre coletores e reservatórios

A interligação entre coletor e reservatório térmico deve ser feita com tubulação de cobre preferencialmente ou material polimérico termorre-

sistente que apresente rigidez compatível com o percurso, ou ser apoiada de modo a não permitir a formação de bolsas de ar. Caso a interligação entre coletor e reservatório térmico seja feita com tubos flexíveis, as curvas devem ser feitas com conexões rígidas. De acordo com a ABNT/NBR 15569 – item 5.4 – “Instalação da tubulação: tubos, conexões e acessórios devem ser capazes de suportar os fluidos nas máximas temperaturas e pressão encontradas naquela parte do sistema e devem ser conforme normas técnicas aplicáveis”.

Todo o percurso, metálico ou polimérico, deve ser isolado termicamente com tubos flexíveis de polietileno expandido com espessura mínima de 10 mm, ou equivalente em resistência térmica, com proteção contra intempéries no caso de tubulações expostas.

Conexões poliméricas rosqueadas em peças metálicas devem ser dotadas de insertos com roscas metálicas.

Nos sistemas de 200 litros, normalmente podem ser utilizados tubos de 15 mm de diâmetro.

4.7 – Distribuição de água quente

A especificação do material a ser aplicado na distribuição de água quente deve ser análoga à do item 4.6, porém o diâmetro da tubulação deve ser calculado em função da vazão projetada, das pressões, distâncias e perdas de carga da tubulação.

A close-up, low-angle shot of a solar panel array. The panels are a deep blue color and are arranged in a grid pattern, separated by dark metal frames. The perspective is from below, looking up at the panels, which creates a sense of depth and scale. The lighting is bright, suggesting a sunny day.

CAPÍTULO 5

Sistemas de Aquecimento Solar para Habitações Multifamiliares para Edifícios Residenciais em Geral

5.1 - Exemplos de Aplicações



Fig. 43, esq. ao alto
Instalação solar
predial em Berlim –
Alemanha

Fig. 44, dir. ao alto
Edifício residencial
em Toronto –
Canadá/ Enerworks

Figs. 45 e 46,
Edifício residencial
em Belo Horizonte
(MG)

5.2 - Diferentes tipologias

Existem muitas tipologias possíveis na implantação de sistemas de aquecimento solar para edificações multifamiliares. A Figura 47 mostra essas possibilidades, realçando as duas mais comuns. Em vermelho está a opção já apresentada para HIS, onde os sistemas de aquecimento solar são individuais, o aquecimento auxiliar é feito em cada apartamento (isto é, descentralizado, com chuveiros elétricos) e a distribuição de calor é direta.

Aqui vale uma explicação: a distribuição direta do calor é aquela

onde a água do aquecedor solar é consumida na residência. Na distribuição indireta, existe um trocador de calor entre a água aquecida pelo aquecimento solar e a água a ser consumida. No caso de HIS, o sistema IDD (Individual-Descentralizado-Direto) oferece a melhor combinação entre custo de implantação e robustez na operação, pois é implantado para operar por termossifão e com distribuição hidráulica por gravidade.

A individualização dos sistemas reduz controvérsias e dificuldades de gerenciamento coletivo por parte do condomínio do edifício. Já o caminho em amarelo (CCD-Coletivo-Coletivo-Direto) no diagrama indica a forma convencional de implantação de aquecimento solar no Brasil em edificações multifamiliares fora da faixa de HIS.

Somente em Belo Horizonte, existem mais de 2.500 edifícios com esse tipo de implantação. Nesse caso, tanto o sistema de aquecimento solar quanto o aquecimento auxiliar são coletivos e centralizados, com distribuição de água quente diretamente para os apartamentos. Essa forma é a de maior simplicidade técnica em relação às outras opções disponíveis e, em geral, proporciona menores custos de implantação.

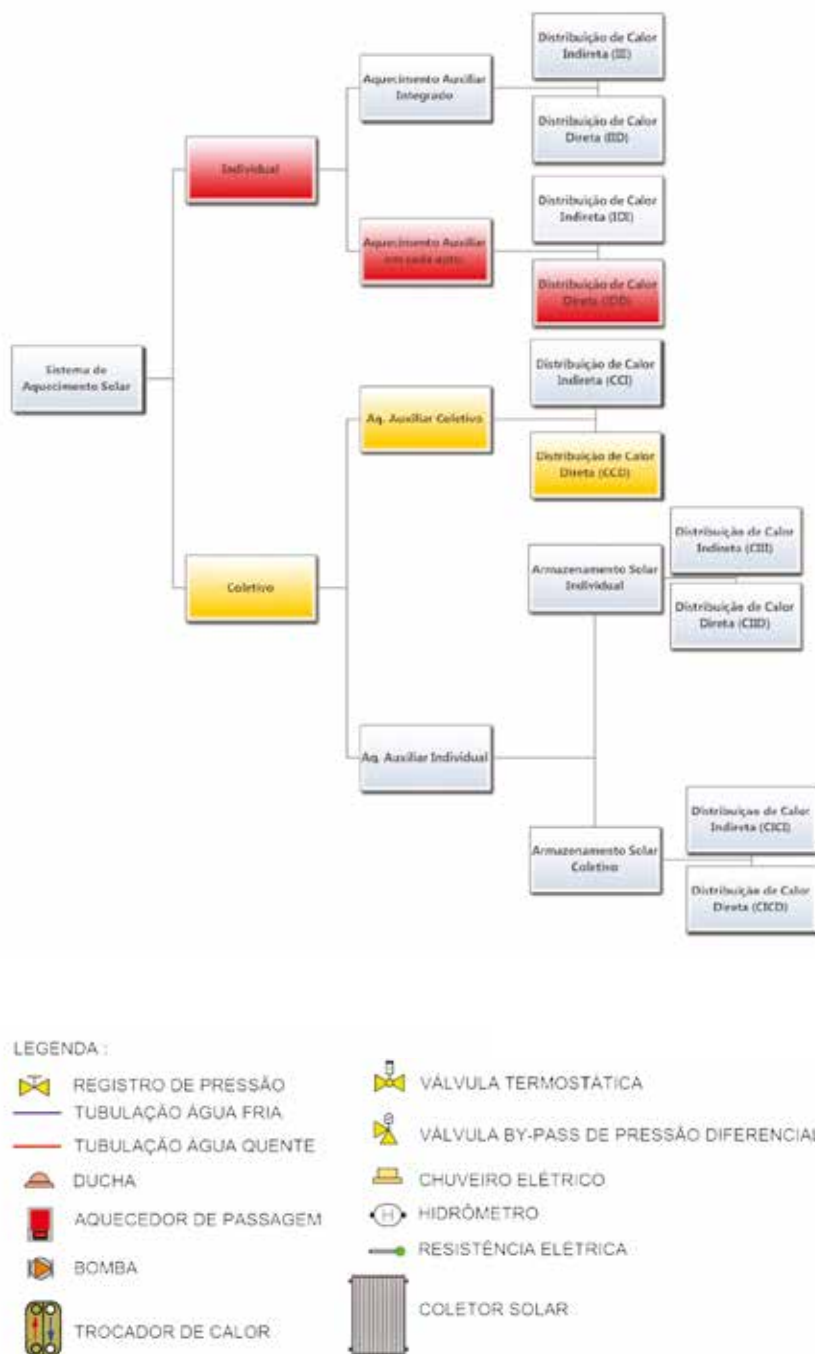
Então, por que existem as outras opções? Já explicamos a alternativa relacionada às HIS. Além disso, existem outras demandas que podem levar às implantações alternativas. A principal delas, e que vem ganhando relevância, é a questão da medição individualizada do consumo de água. As principais demandas ou requerimentos de um sistema de aquecimento solar (e entende-se como sistema a geração e distribuição do calor) para edificações multifamiliares são: custo de implantação, desempenho energético, equidade no uso da energia solar entre os condôminos e robustez/simplicidade de operação e manutenção.

Diferentes aplicações demandam maior importância para determinados requerimentos. No caso das HIS, equidade, robustez e custo de implantação são fatores preponderantes na escolha da tipologia. Em outros casos, o custo inicial de implantação é o fator preponderante, e normalmente é o que leva à escolha do sistema CCD.

As Figuras 48a e 48b trazem um diagrama simplificado de cada uma das tipologias apresentadas. Como a tipologia de HIS já foi discutida anteriormente, nesse capítulo serão apresentadas as demais tipologias, notadamente a CCD.

Fig. 47

Tipologias possíveis para implantação de sistemas de aquecimento solar para edificações multifamiliares



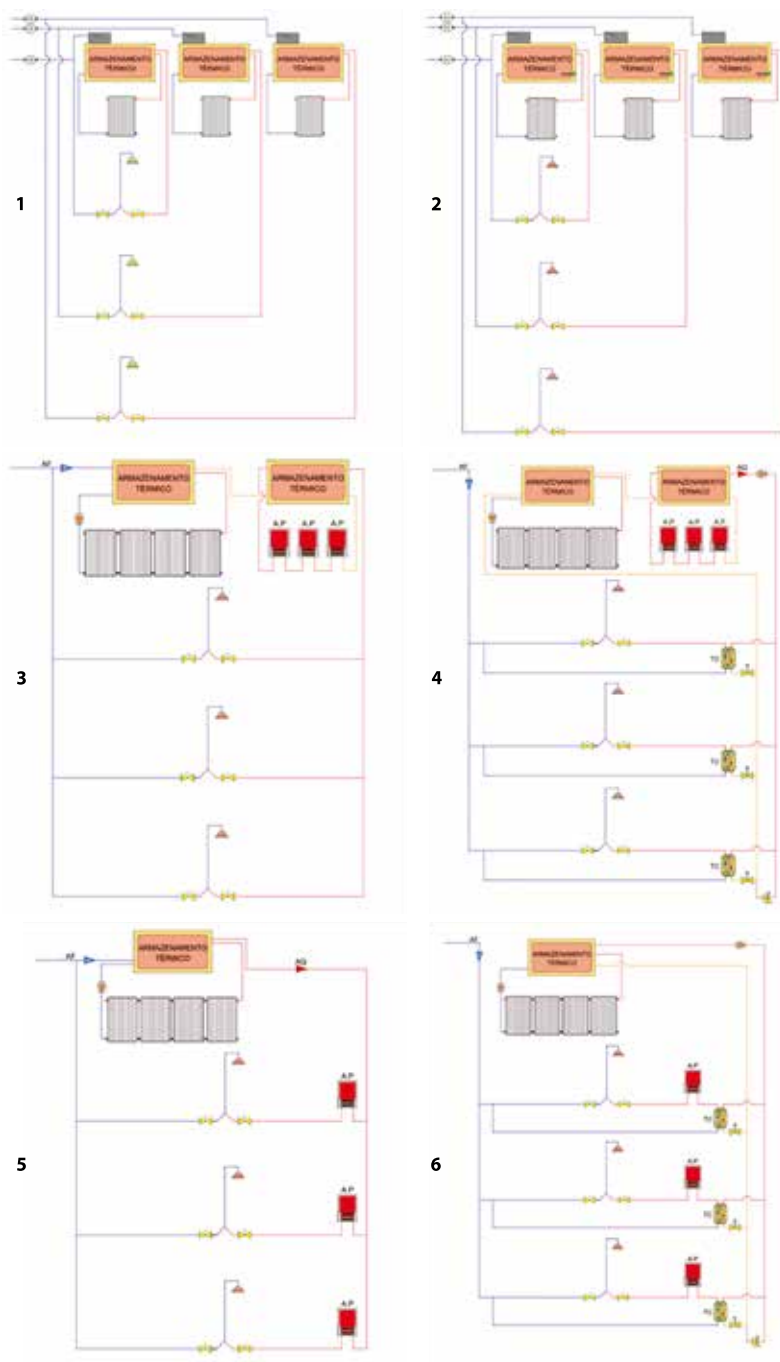
**Fig. 48a**

Diagrama simplificado de diversas tipologias de SAS para aplicações em edificações multifamiliares

1 - IDD – Individual Descentralizado Direto - Aquecimento Complementar via Chuveiro Elétrico

2 - IID- Individual Integrado Direto - Aquecimento Complementar nos Reservatórios

3 - CCD – Coletivo Coletivo Direto

4 - CCI – Coletivo Coletivo Indireto

5 - CICD - Coletivo Individual Coletivo Direto

6 - CICI- Coletivo Individual Coletivo Indireto

Fig. 48b

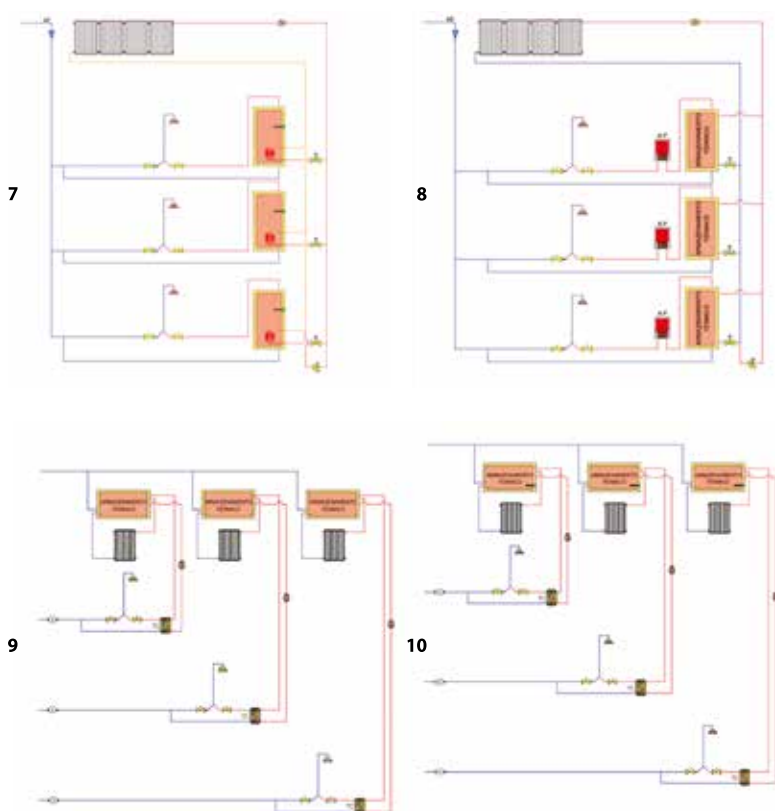
Diagrama simplificado de diversas tipologias de SAS para aplicações em edificações multifamiliares

7 - CIII – Coletivo Individual Indireto

8 - CIID – Coletivo Individual Direto

9 - IDI – Individual Descentralizado Indireto - Aquecimento Complementar via Chuveiro Elétrico

10 - III – Individual Integrado Indireto - Aquecimento Complementar nos Reservatórios



5.3. Dimensionamento do volume de água quente

O volume de água quente consumido diariamente pode ser definido por meio de dados conhecidos pela edificação ou por tabelas em função do ponto de consumo e do perfil de sua utilização. No caso de clientes comerciais, é comum conseguir os dados de consumo de água quente ou de energia sendo uma ótima referência para a determinação do volume diário consumido. Já para novas edificações, o mais comum é a utilização de tabelas com valores sugeridos de vazão e tempo de uso de cada ponto de consumo.

PEÇAS	CONSUMO MÍNIMO	CONSUMO MÁXIMO	CICLO DIÁRIO (minuto/pessoa)	TEMPERATURA DE CONSUMO (°C)
Ducha de banho	6,6 L/min	15,0 L/min	10	39-40
Lavatório	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39-40
Ducha Higiênica	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39-40
Banheira	80 L	440 L	banho	39-40
Pia cozinha	3,0 L/min	7,2 L/min	3	39-40
Lava-louça (12 pessoas)	20 L	20 L	ciclo de lavagem	39-50
Máquina de lavar roupa	90 L	200 L	ciclo de lavagem	39-40

5.4 - Seleção do(s) Reservatório(s) Térmico(s)

Em SAS de médio e grande porte, a utilização de mais de um Reservatório Térmico (RT) torna-se interessante em função da redução do tamanho do reservatório, melhoria da estratificação térmica e eficiência do Sistema de Aquecimento Auxiliar (SAA).

Exemplo: Em um SAS com demanda de 12.000 litros/dia, podem ser utilizados 3 RT's de 4.000 litros ou 4 de 3.000 litros. Assim, o Sistema de Aquecimento Auxiliar seria utilizado apenas no(s) último(s) RT(s) que abastece(m) os pontos de consumo, considerando que estes RT's estão interligados em série ou em série e paralelo.

Tabela 4
Valores sugeridos para consumo de água quente.
Fonte: NBR 15.569

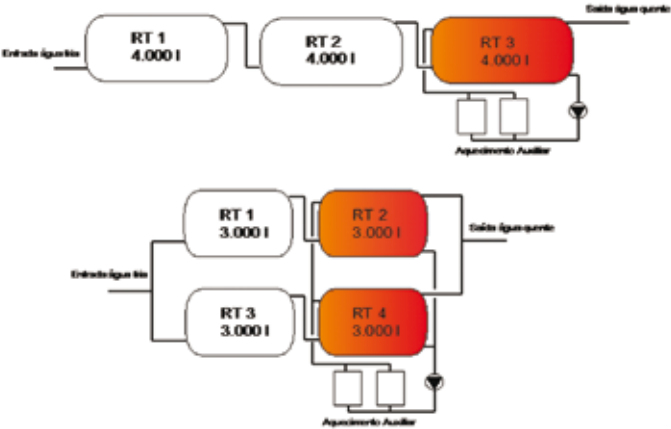


Fig. 49
Exemplo de arranjo de reservatórios térmicos com aquecimento auxiliar

A potência e volume do sistema de aquecimento auxiliar devem ser calculados em função do consumo no horário de pico, conforme demonstrado no Capítulo 5.6.2. Assim, para um consumo diário de 12.000 litros, seria necessário um volume de aquecimento auxiliar mínimo de 3.300 litros, sendo que no primeiro exemplo seria usado o reservatório de 4.000 litros e, no segundo exemplo, os 2 reservatórios de 3.000 litros juntos, atendendo ao especificado para o aquecimento auxiliar. É importante observar que esta configuração deve possuir as entradas e saídas dos RT's com diâmetro compatível com a demanda esperada pelo consumo.

Da mesma forma que especificado nos sistemas para HIS no item 4.3.3, os RTs devem ser especificados em função da qualidade da água e da pressão de trabalho do sistema. A espessura do corpo interno do RT deve suportar a pressão a que o SAS está sujeito e ser fabricado em material que resista ao tipo de água da instalação.

Repassando, existem diversos tipos de materiais que são empregados nos reservatórios e a sua maioria é adequada para águas tratadas pela rede pública com pH entre 6.8 a 7.6, dureza entre 60 a 150 PPM, cloretos abaixo de 120 PPM, cloro livre abaixo de 3 PPM e ferro ou alumínio menor ou igual a 0,3 PPM.

Para as águas tratadas pela rede pública recomenda-se aplicar reservatórios com corpo interno feito por aços inoxidáveis 304, 444, 316 L, cobre, aço carbono vitrificado e polímeros para alta temperatura (polipropileno, ABS e polietileno aditivado).

Já em regiões com águas muito alcalinas ou ácidas, recomendamos o uso de reservatórios de aço inox 444 ou 316, ambos com anodo de sacrifício, polímeros para alta temperatura ou ainda aço carbono com tratamento interno à base de EPOXI ou vitrificados (tratamento de enamel).

Portanto, é determinante conhecer a qualidade da água da região para aplicar o reservatório com o material adequado no seu corpo interno a fim de garantir maior longevidade do sistema. O fabricante do RT é quem vai definir quais as características necessárias para este RT em função destas propriedades.

Outro conceito importante que pode ser aplicado no projeto de um SAS é o volume de armazenamento diferente do volume consumido diariamente. Desta forma, é possível reduzir o volume dos RT's aumentando a temperatura de armazenamento, o que irá permitir uma redução

no custo de investimento e redução de carga sobre a edificação. Esta redução deve se limitar a 75% do volume consumido para não elevar demasiadamente a temperatura de armazenamento e não prejudicar a eficiência do SAS.

Para definir o volume de armazenamento (VA) e sua temperatura, utiliza-se um balanço de energia garantindo a mesma energia armazenada e mudando as variáveis de volume e temperatura:

$$VA = \frac{\text{Volume de Consumo} \times (T_{\text{consumo}} - T_{\text{ambiente}})}{(T_{\text{armazenagem}} - T_{\text{ambiente}})}$$

Sendo que VA deve ser maior ou igual a 75% do Volume de Consumo

5.5 - Interligação entre os Reservatórios Térmicos

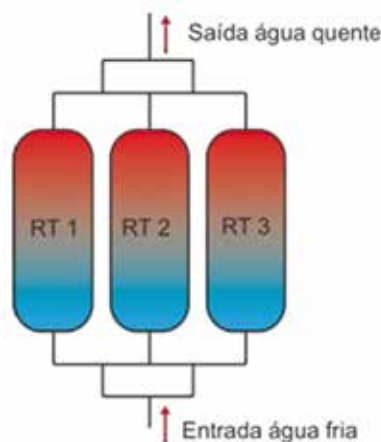
Em SAS com dois ou mais RT's é necessário interligar estes reservatórios em paralelo ou em série. A forma como os RT's são interligados irá definir outros parâmetros como, por exemplo, o Sistema de Aquecimento Auxiliar.

5.5.1. Interligação em Paralelo

Nesta configuração, todos os RT's recebem água diretamente da alimentação de água fria e entregam água quente à mesma temperatura para o consumo. Em função disto, é necessária a instalação do Sistema de Aquecimento Auxiliar (SAA) em todos os RT's. Esta configuração apresenta menor estratificação térmica e possui uma rede hidráulica mais complexa com um custo mais elevado.

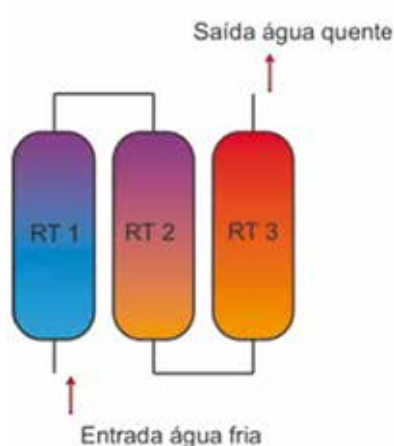
A vantagem desta configuração é a possibilidade de se isolar um dos RT's para manutenção sem interromper o funcionamento do SAS. Por outro lado, requer um equilíbrio hidráulico entre os reservatórios para permitir o fluxo de água balanceado (Figura 50).

Fig. 50
Interligação de 3
reservatórios em
paralelo
 $T_{RT1} = T_{RT2} = T_{RT3}$



5.5.2. Interligação em série

Nesta configuração, apenas um RT recebe água fria da alimentação e sua saída de água quente é interligada na entrada de água fria do RT seguinte. Do último reservatório sai a água quente para consumo.



Vantagens:

- Interligação hidráulica simples;
- Melhor estratificação térmica entre os RT's;
- Sistema de Aquecimento Auxiliar instalado apenas no(s) último(s) RT(s);
- Menor custo de instalação.

Para o correto funcionamento desta instalação é importante observar alguns itens:

- O diâmetro de entrada e saída do RT deve atender à vazão máxima do SAS;
- O diâmetro da tubulação de alimentação deve ser no mínimo igual ou maior que a rede de consumo,

principalmente em sistemas de baixa pressão com prumadas de água quente que atendem a diversos andares.

Fig. 51
Interligação
em série de 3
reservatórios
térmicos
 $T_{RT1} < T_{RT2} < T_{RT3}$

5.6 - Sistema de Aquecimento Auxiliar

Existem basicamente duas tipologias para o Sistema de Aquecimento Auxiliar:

5.6.1 - Sistema de Aquecimento Auxiliar Central

Este sistema é o responsável por aquecer o volume total dos reservatórios nos períodos de chuva ou pouca insolação.

O dimensionamento do Sistema de Aquecimento Auxiliar (SAA) para sistemas residenciais de pequeno porte é realizado considerando um tempo máximo de 3 horas para aquecer um terço do volume armazenado. Já os SAS de médio e grande porte, em função do número de unidades atendidas e do fator de simultaneidade de uso, devem ser dimensionados mais detalhadamente.

Para tanto é necessário saber:

- Volume armazenado;
- Volume do RT ou RT's que estarão interligados ao aquecimento auxiliar;
- Temperatura de armazenamento;
- Consumo máximo no horário de pico;
- Localidade;
- Tipo de aquecimento auxiliar a ser utilizado (elétrico, gás, bomba de calor etc.).

A seguir serão apresentados alguns exemplos de Sistemas de Aquecimento Auxiliar Centrais:

5.6.1.1 – Geradoras de água quente a gás ou a óleo

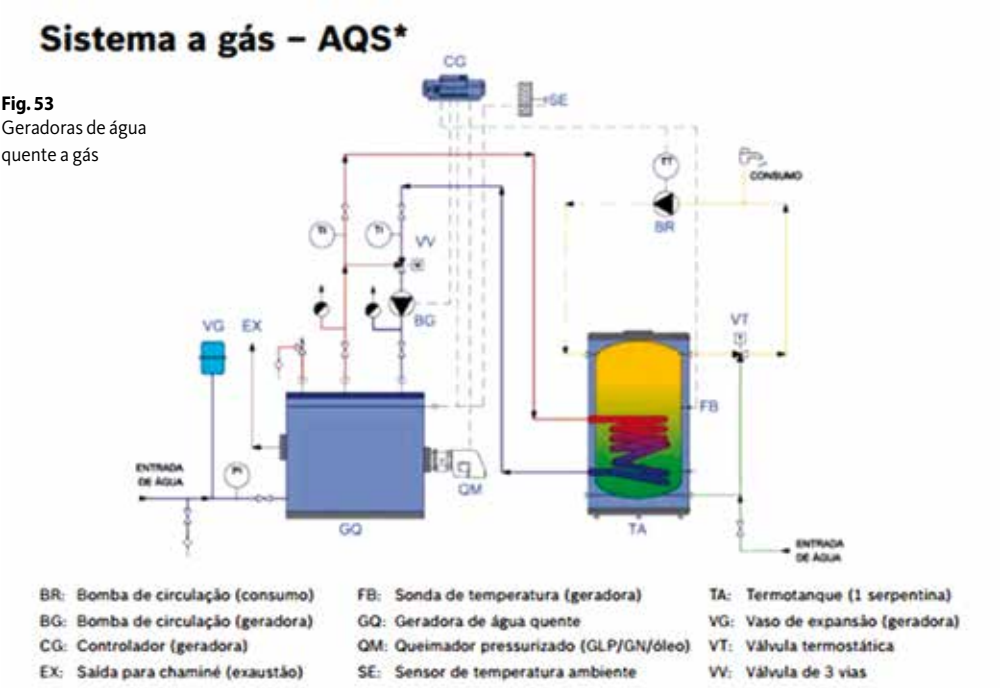
As modernas geradoras de água quente, além de grande eficiência térmica e alto índice de automatização, possuem menor custo operacional e necessitam de um número menor de tubulações hidráulicas, reduzindo o custo final da construção quando comparadas com sistemas de aquecimento individuais.

Uma das grandes vantagens das geradoras de água quente é que elas possuem um alto poder de recuperação, aquecendo grandes volumes de água em curto espaço de tempo.



Fig. 52
Geradora de água quente

Na página seguinte, temos um fluxograma para a interligação de uma geradora de água quente a gás.



5.6.1.2 – Bombas de calor

As bombas de calor são muito eficientes para regiões de clima quente, onde as temperaturas no inverno não ficam abaixo de 15°C. Assim, as bombas trabalham numa faixa ótima de rendimento, conseguindo manter o sistema aquecido o ano inteiro. Apesar de, às vezes, possuir um custo um pouco mais elevado na aquisição dos equipamentos, exigem uma instalação bastante simples e oferecem ainda um custo operacional bem inferior aos sistemas a gás.

Fig. 54
Bombas de calor



As únicas desvantagens das bombas de calor é que, quando comparadas com as geradoras de água quente, trabalham com baixos rendimentos em temperaturas abaixo de 15 a 10°C e têm baixo poder de recuperação. Portanto, devem ser acionadas com bastante antecedência pelo sistema de automação nos horários de pico em períodos de pouca insolação.

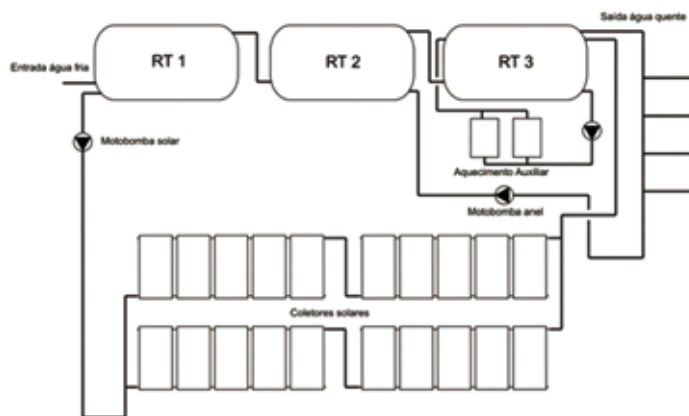


Fig. 55
Esquema simplificado do sistema solar com apoio de bombas de calor

A potência do SAA é calculada em função do consumo máximo possível no horário de pico e o tempo calculado para o aquecimento deste volume.

O perfil de consumo de água quente deve ser avaliado caso a caso e o ideal é monitorar o perfil de consumo horário da edificação. Quando esta informação não puder ser obtida, pode ser utilizado o gráfico da Figura 57 para determinar o volume de pico.

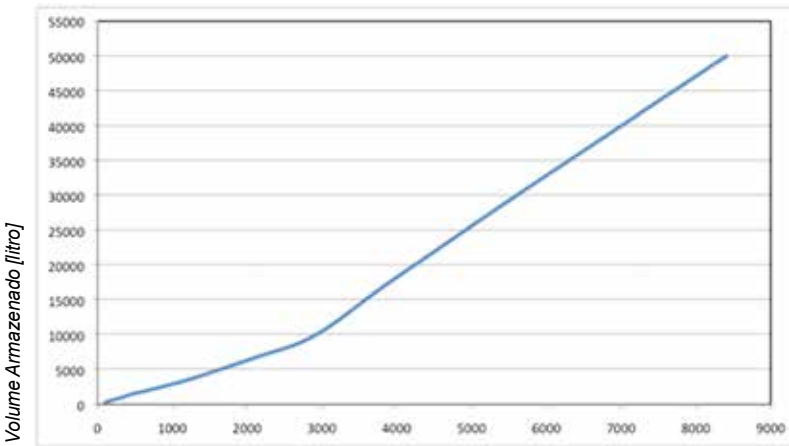
5.6.1.3 – Apoio com resistências elétricas dentro dos reservatórios térmicos:

Os sistemas com apoio elétrico dentro dos reservatórios são os mais utilizados nas aplicações em regiões quentes e também em sistemas de pequeno e médio porte. Sem dúvida, são os sistemas mais simples de serem instalados. Suas vantagens estão justamente no custo de implantação, sem a necessidade de muitos acessórios complementares nas instalações com geradoras de água quente. A única desvantagem deste sistema é o custo operacional, pois a energia elétrica é uma energia muito nobre e cara para o aquecimento de água.



Figs. 56
Reservatório térmico (esq.) e resistências elétricas blindadas que são instaladas dentro do reservatório

5.6.2 - Cálculo da Potência Necessária para o Sistema de Aquecimento Auxiliar Central



Figs. 57
Volume do aquecimento auxiliar

A partir do resultado do gráfico, determina-se a potência necessária do SAA em função da temperatura de armazenamento e temperatura da água fria:

$$P_{SSA} = V_{SAA} \times \rho \times C_p \times (T_{armaz} - T_{água})$$

$$N_{aquecedores} = \frac{P_{SAA}}{P_{aquecedor} \times \eta_{aquecedor}}$$

Onde:

P_{SSA} é a potência necessária para o aquecimento do volume encontrado em kcal/h;

V_{SAA} é o volume do sistema de aquecimento auxiliar, determinado pelo gráfico em litro/h;

ρ é o peso específico da água, igual a 1000 kg/m³;

C_p é o calor específico da água, igual a 1 kcal/kg°C;

T_{armaz} é a temperatura de armazenamento da água em °C;

T_{água} é a temperatura da água fria da rede em °C;

N_{aquecedores} é a quantidade necessária de aquecedores para suprir a demanda;

P_{aquecedor} é a potência do aquecedor escolhido em kcal/h;

η _{aquecedor} é o rendimento do aquecedor escolhido;

Para determinar a potência em kW, basta multiplicar o resultado encontrado em kcal/h por 0,001163.

5.6.3 - Sistema de Aquecimento Auxiliar Individual

Usualmente, o aquecimento auxiliar é feito com gás (GLP ou gás natural) ou eletricidade. Além disso, o aquecedor auxiliar pode ser de passagem ou de acumulação. Nos casos dos aquecedores de acumulação individuais, os desafios técnicos são mínimos e a implantação segue os padrões de hidráulica já conhecidos. No caso dos aquecedores elétricos, ainda existe a opção de uso de bombas de calor, que são normalmente do tipo acumulação e, portanto, sem dificuldades adicionais na implantação combinada com aquecimento solar. Basta lembrar que tanto os coletores solares quanto as bombas de calor têm maior desempenho a baixas temperaturas da água de aquecimento, o que demanda alguns cuidados adicionais no controle e arranjo dos componentes.

No caso dos aquecedores de passagem existem algumas considerações importantes. Inicialmente, será apresentada uma análise do uso do aquecimento solar com aquecedores elétricos de passagem. O primeiro aspecto importante é que deve haver algum controle de potência elétrica, automático ou manual, de forma que se possa economizar efetivamente no uso da energia elétrica quando a água chegar pré-aquecida.

O segundo aspecto diz respeito à segurança. Em alguns casos, prin-

principalmente em chuveiros híbridos (às vezes chamado de flex ou solar), é possível iniciar o banho antes que a água do aquecimento solar chegue ao ponto de consumo. O equipamento então desliga a resistência elétrica quando a água quente do solar chega ao chuveiro. O problema é essa água quente do solar chegar em temperatura elevada, com potencial risco de queimaduras.

O ideal nesse caso seria que houvesse uma válvula termostática misturadora para garantir que a água do aquecimento solar não chegasse quente demais ao ponto de consumo. O uso de sistemas de recirculação diminui o tempo de espera, o que reduz esse problema, enquanto mantém baixo o consumo de água associado à espera da água quente. A implantação de chuveiros com variação manual de potência pode ser mais segura, se não houver a presença da válvula misturadora termostática. De qualquer forma, um sistema central solar com aquecimento complementar com chuveiros elétricos é uma forma conveniente e eficiente de implantação do sistema.

O uso de água pré-aquecida solar com aquecedores a gás de passagem é mais complexo e merece uma reflexão mais detalhada. Existem dois desafios principais: compatibilidade de materiais de construção do aquecedor a gás e controle. No caso dos materiais, a questão é simples, pois alguns aquecedores a gás podem trabalhar com água pré-aquecida na sua entrada, outros não. Assim, se a implantação dos aquecedores individuais a gás ficar a cargo dos moradores, esse é um importante aspecto que deve ser comunicado.

O aspecto de controle é diferente para aquecedores digitais/eletrônicos e mecânicos. Modelos mecânicos possuem potência de operação fixa, apesar desta potência poder ser mudada manualmente pelo usuário. Normalmente funcionam com um diafragma que abre o fluxo do gás a partir do fluxo da água pelo aquecedor.

O problema na operação desse tipo de aquecedor com aquecimento solar é que ele não traz economia alguma, já que uma vez registrado o fluxo, a chama é iniciada com potência plena, não havendo nenhuma redução no consumo de gás pelo fato da água já estar pré-aquecida. Existe, porém, uma forma de operar tal tipo de aquecedor com uma válvula desviadora.

Esse arranjo é mostrado na Figura 58. Nesse caso, quando a água do aquecimento solar estiver acima de uma temperatura pré-determinada,

como por exemplo, a 45°C, o fluxo é desviado e não passa pelo aquecedor a gás. Quando a temperatura é inferior a 45°C, a água do solar não é utilizada, sendo usada água fria. A segurança e estabilidade do conjunto podem ser ampliadas com o uso de uma válvula misturadora termostática como na Figura 58. Vale notar que o sensor da válvula desviadora deve ser remoto, isto é, deve estar na prumada de água quente.

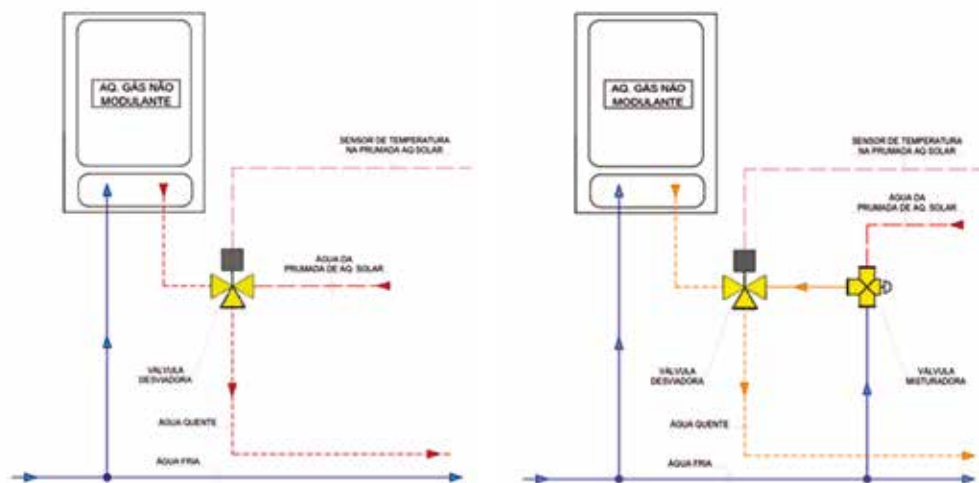


Fig. 58

Uso de válvulas desviadora e misturadora na implantação de aquecedor a gás não modulante com água pré-aquecida pelo aquecimento solar. A válvula misturadora proporciona maior segurança e estabilidade na operação, mas aumenta a perda de carga, os custos e pode permitir um "curto-circuito" hidráulico entre AF e AQ.

O segundo caso é o uso de água pré-aquecida solar com aquecedores a gás com variação de potência, os chamados aquecedores a gás eletrônicos ou digitais. A dificuldade aqui é no controle da temperatura. Os aquecedores podem ser simplesmente de múltiplos estágios ou com variação quase contínua de potência. Em qualquer caso, usualmente há um medidor de fluxo na entrada do aparelho e um sensor de temperatura na saída e, dessa forma, o aquecedor controla sua potência para chegar à temperatura desejada.

A maior dificuldade nesse caso é que raramente se tem uma variação de potência que vai de 0 a 100% da capacidade do aquecedor. Digamos que a potência mínima útil de um determinado aquecedor seja 5.000 kcal/h. Digamos também que o usuário tenha programado o aquecedor para produzir água quente a 40°C e que o aquecimento solar já tenha pré-aquecido a água a 35°C. Se o usuário abrir a torneira com uma vazão

de 8,3 l/min, o aumento de temperatura com 5.000 kcal/h seria de 10°C e a temperatura na saída seria de 45°C.

Nesse momento, o controle do aquecedor poderia se tornar instável, variando o aquecimento entre ligado e desligado. A possibilidade de operação estável deverá então ser sempre verificada com o fornecedor do aquecimento a gás. Por exemplo, alguns aquecedores foram projetados para trabalhar em conjunto com água pré-aquecida do aquecedor solar, mas não podem receber a água a uma temperatura acima de 60°C.

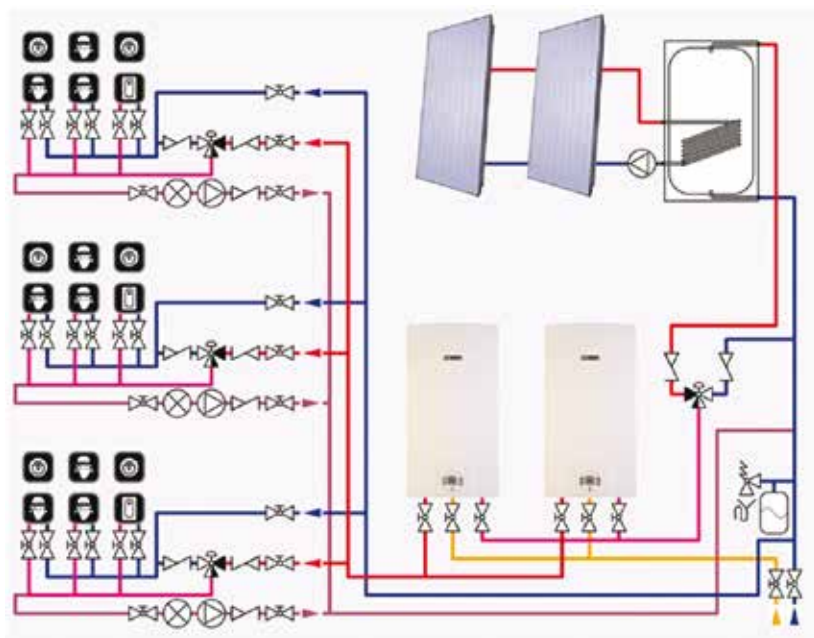


Fig. 59
AQ. BOSCH
THERM 8000 S
e sua instalação
recomendada com
aquecimento solar

O uso de válvulas termostáticas também favorece a operação do sistema e permite, mesmo que haja instabilidade, ajustar a operação de forma estável e segura do ponto de vista dos materiais do equipamento. Essa estabilidade depende da temperatura de entrada da água proveniente do aquecimento solar, da potência mínima do aquecedor a gás, do fluxo mínimo de acionamento do aquecedor e da temperatura ajustada no aquecedor a gás.

A Figura 60 mostra a operação de um aquecedor modulante com válvulas termostáticas. Nesse caso, pode-se ter novamente a válvula des-

viadora, mas agora com uma lógica de operação diferente. No primeiro caso, com a água já aquecida pelo solar, o fluxo evita o aquecedor a gás e, no segundo caso, com a água do solar abaixo da temperatura desejada, o fluxo passa pelo aquecedor a gás, vindo do aquecimento solar.

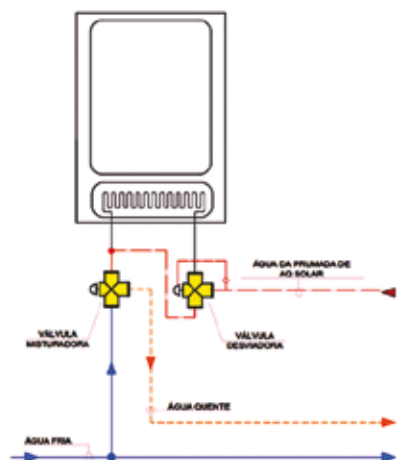
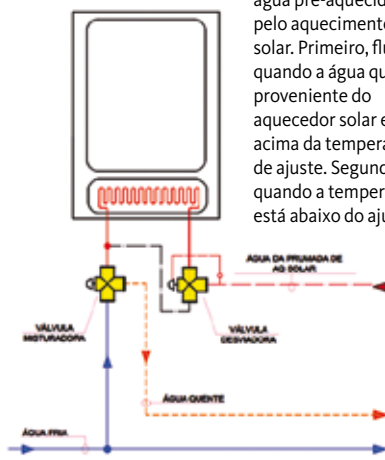


Fig.60

Uso de válvulas desviadora e misturadora na implantação de aquecedor a gás modulante com água pré-aquecida pelo aquecimento solar. Primeiro, fluxo quando a água quente proveniente do aquecedor solar está acima da temperatura de ajuste. Segundo, fluxo quando a temperatura está abaixo do ajuste



Algumas empresas possuem kits prontos já com as válvulas montadas, como o kit da empresa italiana Caleffi e seus conjuntos para aquecedores modulantes e não-modulantes, mostrado a seguir:



Fig. 61

Conjuntos de válvulas da empresa Caleffi para instalação de aquecimento solar com aquecedor a gás de passagem

Qualquer que seja a opção desejada, o importante é que haja comunicação efetiva entre os moradores e a construtora para esclarecimento desses pontos e, por sua vez, dos profissionais envolvidos nos projetos com os fornecedores dos equipamentos a gás. Também se espera que, com a demanda crescente, surjam no mercado brasileiro mais aquecedores a gás que possam operar com água pré-aquecida sem a necessidade das válvulas termostáticas, seja por meio do ajuste de materiais, seja por meio de novos algoritmos e tecnologia de controle dos aquecedores

a gás. Resta lembrar que essa mesma dificuldade pode aparecer em sistemas a gás com sistemas de recirculação, em que a água já aquecida retorna ao aquecedor a gás.

5.7 - Dimensionamento da área coletora

O dimensionamento da área coletora do SAS é definido em função dos seguintes fatores:

- **Volume de armazenamento;**
- **Temperatura de armazenamento;**
- **Orientação e inclinação dos coletores solares;**
- **Localidade (recurso solar, temperatura ambiente);**
- **Sombreamento;**
- **Fração solar desejada.**

A fração solar é a parcela da demanda de energia total para o aquecimento da água ao longo de todo o ano suprida pelos coletores solares.

Os coletores deverão estar etiquetados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem ou Certificação do INMETRO e publicados em sua página na internet (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>) na data da análise do projeto e do seu fornecimento à obra. Os valores da área coletora, $FR_{\tau\alpha}$ e $FR_{UL(1)}$, devem ser extraídos desta tabela para fins de especificação de equipamentos e simulação de desempenho.

Também devemos escolher coletores resistentes à temperatura de estagnação e à pressão de trabalho: os coletores solares podem atingir elevadas temperaturas durante sua operação. Coletores planos podem atingir temperaturas de estagnação entre 80 e 250°C e, portanto, os materiais utilizados em sua fabricação devem ser resistentes a esta condição de operação.

De forma prática, a fração solar pode ser definida por meio de softwares livres disponíveis para o melhor dimensionamento desejado.

Obter um valor de 100% de fração solar seria praticamente impossível do ponto de vista econômico, pois seria necessária uma área coletora muito grande e seu custo seria muito alto e inviável.

Em geral no Brasil, um valor entre 60% e 70% de fração solar alcança um resultado muito satisfatório do ponto de vista de eficiência da instalação e retorno do investimento realizado.

5.8 - Seleção dos Coletores Solares

A escolha do modelo de coletor solar deve levar em consideração suas características construtivas, sua eficiência e seu custo, uma vez que este é o principal equipamento de um SAS. É importante avaliar o custo benefício dos modelos disponíveis no mercado para determinar qual a melhor escolha em função da Produção de Energia do coletor versus o seu custo.

Em muitos casos, onde a edificação é muito verticalizada, a área disponível para a instalação dos coletores solares é restrita e se faz necessária a utilização de coletores solares com maior produção de energia para garantir a fração solar desejada para o projeto. A tabela a seguir mostra um exemplo com 3 modelos de coletores diferentes e sua respectiva área coletora necessária para uma mesma demanda e fração solar desejada.

MODELO	PMEE (kWh/ m ² .mês)	Área necessária (m ²)
1	77,1	34,0
2	80,6	31,0
3	88,6	26,5

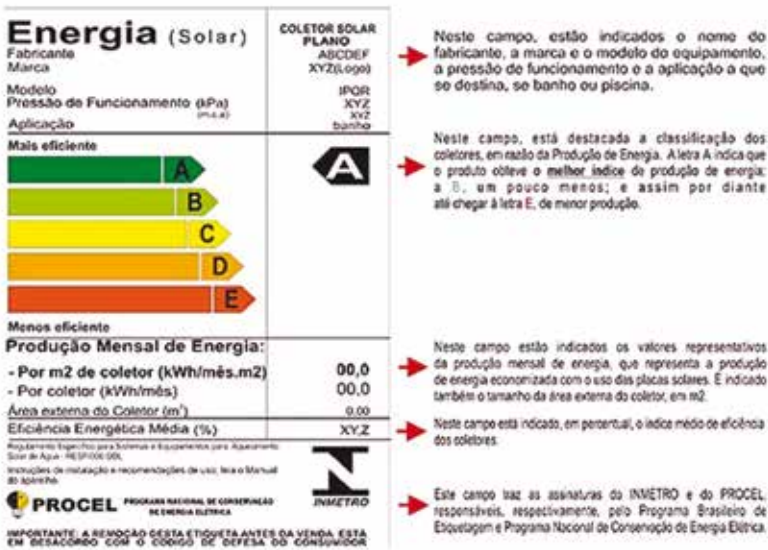
Tabela 5

Comparativo entre áreas de coletores de diferentes PMEEs

As principais características relativas à eficiência e produção energética de um coletor estão descritas nas tabelas do Programa Brasileiro de Etiquetagem e de certificação coordenado pelo INMETRO. Estes dados são transcritos nas etiquetas afixadas ao produto ou embalagem, como no exemplo da Figura 62.

Produtos com a classificação “A” do INMETRO possuem maior eficiência do que aqueles com classificações “B”, “C” etc.

Fig. 62
 Etiqueta de Eficiência do Coletor pelo PBE do INMETRO



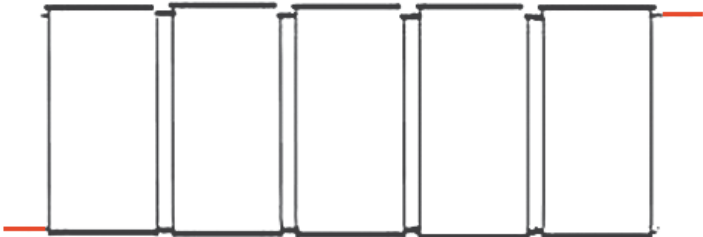
5.9 - Associação de coletores solares

A eficiência de um coletor solar está diretamente associada ao fluxo e à temperatura da água no seu interior, pois quanto mais próxima for a temperatura da água da temperatura ambiente, maior será a eficiência instantânea do coletor solar.

Porém, em função de outros parâmetros da instalação, o arranjo hidráulico dos coletores solares irá favorecer outros aspectos como o dimensionamento da motobomba e da rede de distribuição hidráulica do circuito primário.

O arranjo hidráulico entre os coletores solares pode ser realizado em paralelo, em série ou em uma associação série-paralela.

Fig. 63
 Bateria com coletores solares em paralelo



Em uma associação em paralelo, todos os coletores recebem água à mesma temperatura e, portanto, terão a mesma eficiência instantânea. As baterias de coletores interligados uns aos outros se caracteriza por uma associação em paralelo e o número máximo de coletores solares interligados entre si não deve ultrapassar 5,5m de largura, como determina a ABNT/NBR 15.569. Recomenda-se também uma associação de no máximo 3 baterias em série.

Esta associação também é realizada em conjuntos de baterias ou até em toda a instalação.

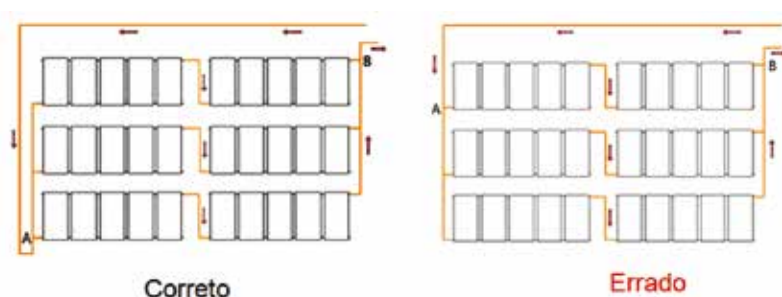


Fig. 64

Interligação de 30 coletores solares associados com 5 coletores em paralelo e uma associação em série

Associação em série

As associações em série são indicadas onde maiores temperaturas são requeridas. Neste caso, algumas baterias recebem água proveniente de outras baterias e não mais diretamente da motobomba. Sendo assim, as baterias posteriores irão trabalhar sempre com a temperatura mais elevada que suas anteriores, diminuindo sua eficiência instantânea. Isto se justifica pela diminuição da vazão total do circuito primário que irá diminuir também a potência da motobomba e o diâmetro da tubulação.

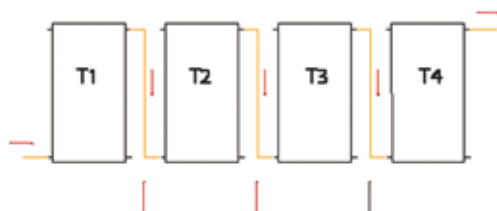


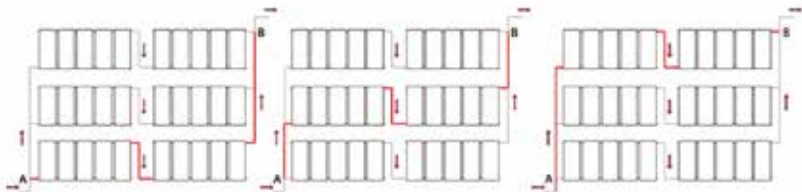
Fig. 65

Associação de coletores ou baterias de coletores em série

Associações em série
 $T1 < T2 < T3 < T4$

O arranjo hidráulico entre as baterias de coletores solares deve garantir a mesma vazão para todas as baterias. Para isso, o comprimento da tubulação entre todos os trechos deve ser o mesmo e a tubulação de retorno deve ser balanceada com a entrada:

Figs. 66
Associações
em série / paralelo
de coletores



Observando as imagens acima, a distância de tubos e número de coletores entre os pontos A e B, passando pelos três caminhos possíveis, é a mesma, mostrando um arranjo hidráulico balanceado.

É preciso garantir que todas as baterias recebam a mesma vazão estabelecida em projeto e, portanto, o arranjo hidráulico deve obter a mesma perda de carga para todos os trechos.

5.10 - Interligação entre coletores e reservatórios

O SAS possui dois circuitos hidráulicos: o circuito primário, compreendido pela interligação entre coletores e reservatório(s) térmico(s), e o circuito secundário, que compreende a entrada de água fria e saída de água quente para consumo.

No SAS com aquecimento direto, os dois circuitos trabalham juntos sem separação física como acontece com sistemas com aquecimento indireto onde existe um trocador de calor entre os coletores solares e o(s) reservatório(s) térmico(s).

Fig. 67
Sistema de
aquecimento solar
– circuito primário
e secundário



Circuito primário

A vazão do circuito primário é definida em função da área coletora total e seu arranjo físico (associações em série e em paralelo), determinando assim o diâmetro da tubulação principal e a potência da motobomba.

De acordo com a norma ABNT/NBR 15.747-2, o coletor solar para aplicação banho é ensaiado com uma vazão de 72 l/h.m² para obter sua eficiência instantânea. Entretanto, existem várias outras metodologias de cálculo de vazão de projeto. Vazões específicas normalmente menores que a de teste (até aproximadamente 25 l/h.m²) podem trazer resultados melhores dependendo da aplicação e temperatura desejadas. Porém, como todos os cálculos são baseados em uma curva de eficiência com vazão de 72 l/h.m², esta será a vazão adotada neste exemplo. Portanto, a vazão de projeto do circuito primário é definida pela equação:

$$Q = \frac{A \times 72}{N_{\text{séries}} + 1}$$

sendo:

Q é a vazão total em litro/h;

A é a área coletora total em m²;

N_{séries} é o número de associações em série.

Os exemplos abaixo apresentam duas configurações de interligação para um mesmo número de coletores solares:

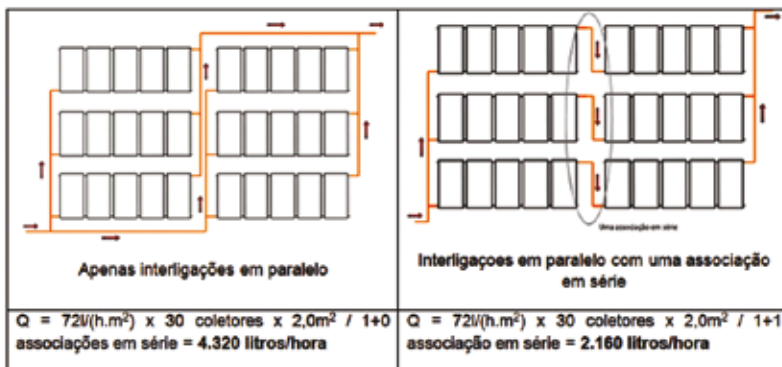


Fig. 68

Exemplo de cálculo de vazões para diferentes associações em série/paralelo de coletores

Dimensionamento da tubulação

O diâmetro da tubulação do circuito primário será definido em função da vazão de cada trecho, assumindo uma perda de carga de no máximo 10%, a fim de otimizar a potência da motobomba. A tabela a seguir apresenta os valores de vazão para cada diâmetro de tubo:

DIÂMETRO	Vazão máxima (l/h)
15mm	506
22mm	1.480
28mm	2.950
35mm	5.450
42mm	9.000
54mm	18.000
66mm	323.000

Tabela 6
Relação de diâmetros x vazões para tubulações

Para o circuito primário é recomendado o uso de tubo de cobre com isolamento térmico, pois a temperatura do circuito pode atingir valores muito elevados e danificar as tubulações plásticas. Toda a tubulação deve possuir isolamento térmico com no mínimo 10 mm de espessura e ser protegida contra raios ultravioleta e intempéries.

Circuito secundário

O dimensionamento do circuito secundário é definido em função dos seguintes fatores:

- **Números de pontos de consumo;**
- **Pressão da rede hidráulica;**
- **Consumo máximo possível ou provável;**
- **Tipo de utilização da água quente: residência, hotel, vestiário etc.**

O diâmetro da tubulação de alimentação de água fria nunca deve ser inferior ao diâmetro da rede de consumo de água quente, pois pode acarretar falta de alimentação de água fria ao sistema e possível entrada de ar em sistemas que trabalham com pressão atmosférica.

A rede de distribuição hidráulica deve ser dimensionada com o menor diâmetro possível garantindo as vazões necessárias, evitando assim o acúmulo de água quente nas tubulações e maior perda ao sistema.

A alimentação de água fria deve ser exclusiva desde a caixa d'água até os reservatórios térmicos. Recomendamos no mínimo 5 m de tubulação que suporte a pressão e temperatura do sistema antes do sifão de entrada.

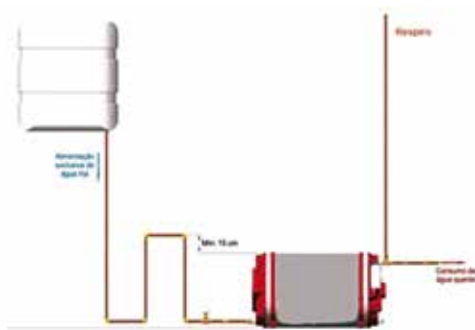


Fig. 69
Sifão na entrada do reservatório

Este sifão é localizado na entrada do sistema e deve possuir no mínimo 15 cm de altura acima do nível do reservatório.

A tubulação de entrada não deve ser isolada a fim de dissipar o calor que possa retornar pela tubulação.

Segue abaixo uma tabela de equivalência de diâmetros internos (mm) de diferentes tipos de tubulações.

Tabela 7
Tabela de equivalência de diâmetros internos (mm) de diferentes tipos de tubulações

Ref.	COBRE		PPR PN 20		PPR PN25		CPVC	
	Ø Nominal	Ø Real	Ø Nominal	Ø Real	Ø Nominal	Ø Real	Ø Nominal	Ø Real
½"	15	14	20	14,4	20	13,2	15	11,8
¾"	22	20,8	25	18	25	16,6	22	18
1"	28	26,8	32	23	32	21,2	28	23,1
1¼"	35	33,6	40	28,8	40	26,6	35	28,5
1½"	42	40,4	50	36,2	50	33,2	42	33,7
2"	54	52,2	63	45,6	63	42	54	44,2
2½"	66	64,7	75	54,2	75	50	73	59,9
3"	79	77	90	65	90	60	89	72,8
4"	104	102,4	110	79,8	110	73,8	114	93,6

5.11 - Distribuição de água quente e diferentes tipologias

Os projetos de distribuição de água quente com sistemas de aquecimento solar dependem fundamentalmente da tipologia escolhida, de acordo com as opções da seção 5.2. No caso de sistemas de aquecimento solar individuais, não há muito que se discutir, já que tubulações individuais alimentam os pontos de consumo. E, no caso de HIS, normalmente instala-se água quente apenas em um único ponto, o chuveiro. Dessa forma, uma tubulação com bitola nominal de $\frac{1}{2}$ " ou $\frac{3}{4}$ " é capaz de realizar a entrega da água quente. E mesmo nessas bitolas reduzidas recomenda-se enfaticamente o uso de isolamento térmico nas tubulações de água quente, independentemente do seu material de fabricação.

Cuidados especiais devem ser tomados no caso de medidores e válvulas solenoide de corte de água fria na alimentação do aquecedor solar pois podem causar a falta de água no sistema devido à elevada perda de carga na alimentação de água fria para os reservatórios solares.

Para instalações coletivas de aquecimento solar, as opções são um pouco mais complexas. Vamos discutir aqui as mais comuns.

Se o sistema for central com aquecimento auxiliar também centralizado e distribuição de calor direta, isto é, consome-se a água do aquecimento solar, o projeto passa a ser um padrão de distribuição hidráulica de água quente. Neste caso, é preciso lembrar alguns pontos relevantes em qualquer projeto de água quente:

- **Nunca superdimensionar a tubulação de água quente, pois isso torna o sistema mais caro. As perdas térmicas aumentam, assim como o tempo de espera nos pontos de consumo;**
- **Cuidados especiais devem ser tomados para evitar pontos que permitam vasos comunicantes entre a água quente e a água fria, como em duchas higiênicas e válvulas termostáticas de 3 vias;**
- **Sempre isolar termicamente as tubulações de água quente, independentemente de seu material.**

Em sistemas sem medição individualizada deve-se sempre avaliar a oportunidade de evitar ou reduzir a operação dos sistemas de recirculação. Isso pode ser feito, por exemplo, com um maior número de prumadas e separando usos que levam a grandes bitolas, mas não precisam de tempo de espera reduzido, como pontos de banheiras de hidromassagem.

No caso da previsão de sistemas de medição individualizada, as soluções são um pouco mais complexas, principalmente em edificações com diversos níveis de pressão. Atualmente, é comum haver uma zona pressurizada mecanicamente nos andares mais elevados, uma zona de média pressão e outra alimentada por válvulas redutoras de pressão nos andares mais baixos.

As quatro tipologias mais comuns para as edificações com medição individualizada são apresentadas nos modelos 1 a 4 a seguir, nas opções com e sem recirculação de água quente dentro do apartamento. Existem 4 critérios principais para a escolha do modelo a ser adotado:

- **Eficiência energética;**
- **Custo de implantação;**
- **Confiabilidade;**
- **Equidade no uso do aquecimento solar para todas as unidades.**

Além disso, cabe ao projetista avaliar a perda de carga até os pontos de consumo, particularmente com o uso de trocadores de calor e válvulas termostáticas.

Pode-se dizer que a opção tecnicamente mais simples é aquela apresentada pela opção 1. Este modelo faz uso de um sistema central com aquecimento auxiliar também centralizado e medidores de água quente e fria em cada apartamento. Essa implantação possui baixo custo relativo de implantação, simplicidade e equidade no uso do recurso solar. Nesse caso, o consumo energético do aquecimento auxiliar pode ser rateado pelos condôminos de acordo com o consumo de água quente de cada unidade. Nessa opção, é muito importante que as tubulações de água quente sejam bem isoladas para reduzir as perdas do sistema de distribuição. Obviamente essa opção também depende do uso e hidrômetros apropriados para o trabalho com água quente, como o da Figura 70.



Fig.70
Hidrômetro de água quente Itron UNIMAG. Esse modelo possui temperatura máxima de trabalho de 90°C e pressão máxima admissível de 16 bar.

A opção 3 apresenta um melhor desempenho energético que a opção 1 e menores custos de implantação para a construtora, já que usualmente os custos do aquecimento complementar em cada apartamento são arcados pelo morador diretamente. Essa opção, quando operada com aquecedores a gás instantâneos, sofre dos desafios técnicos descritos na seção 5.6.3. Espera-se, entretanto, que uma nova geração de aquecedores a gás possa ser disponibilizada no Brasil de forma a atender as dificuldades mostradas na seção 5.6.3, sem o uso de várias válvulas e acessórios que encarecem a implantação e aumentam a perda de carga na linha de água quente, além de aumentar também a necessidade de manutenção.

A opção 3 não apresenta uma garantia de equidade do uso da água quente solar, apesar de tal efeito poder ser minimizado com uso de válvulas misturadoras termostáticas centrais. Essas válvulas podem ser reguladas para uma temperatura próxima do pré-aquecimento desejado pela fração solar calculada. Por exemplo, se o sistema está projetado para aquecer água de 20 a 45°C, com uma fração solar de 40%, a válvula de 3 vias pode ser regulada para 40% do diferencial, ou seja, regulada a 30°C. Esse efeito não garante equidade, mas reduz a energia solar disponível para uso imediato, causando um retardo no uso da energia armazenada nos reservatórios térmicos, de forma que usuários que consomem água quente apenas em períodos noturnos ou de madrugada tenham maior chance de se beneficiar da energia solar.

Existe uma limitação técnica para implantação de tal solução, entretanto. A maioria das válvulas de 3 vias termostáticas misturadoras possui um limite mínimo de ajuste, que muitas vezes é superior à temperatura teórica de ajuste do exemplo acima. A Figura 71 mostra

uma válvula misturadora termostática da empresa Honeywell. Esse modelo, por exemplo, possui ajuste de temperatura de mistura de 32°C a 49°C. A opção 3 é a mais eficiente energeticamente das opções aqui apresentadas, pois circula nas tubulações centrais de água quente somente água pré-aquecida pelo sistema de aquecimento solar, o que na média representa uma temperatura inferior à temperatura da opção 1.

Fig. 71
Válvula
misturadora
termostática para
grandes vazões
da empresa
Honeywell



Modelo 1-A

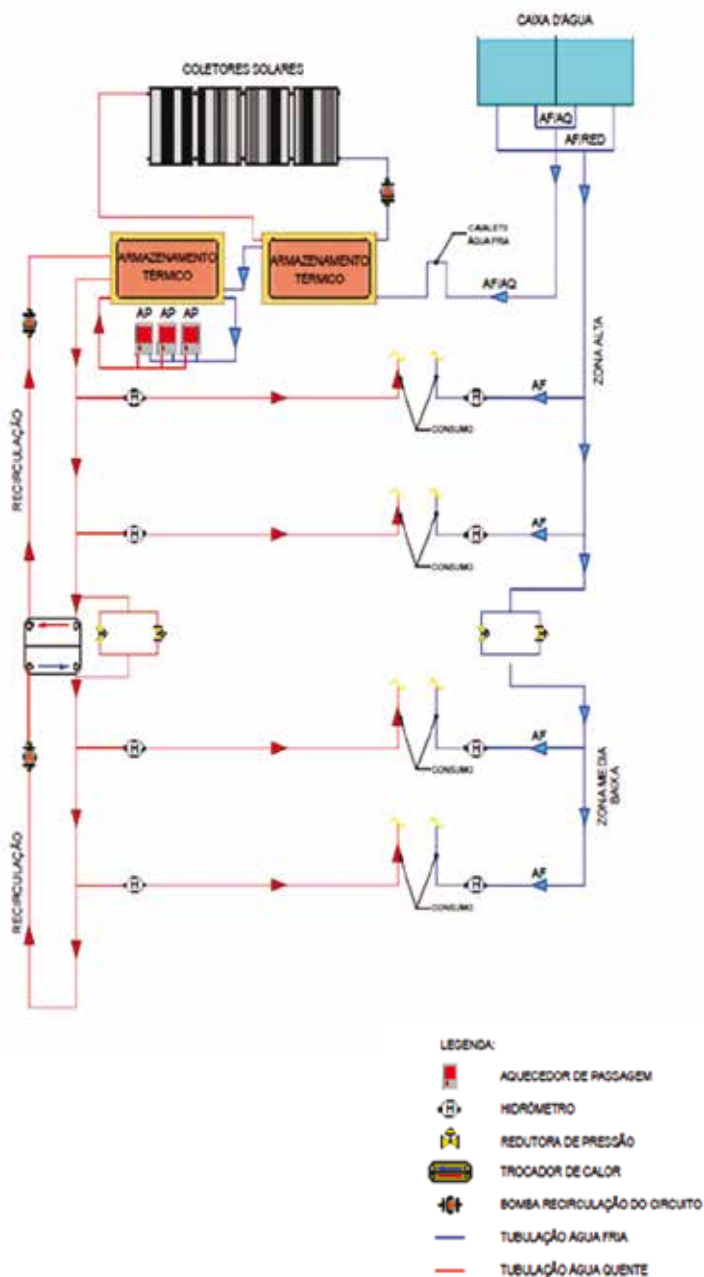
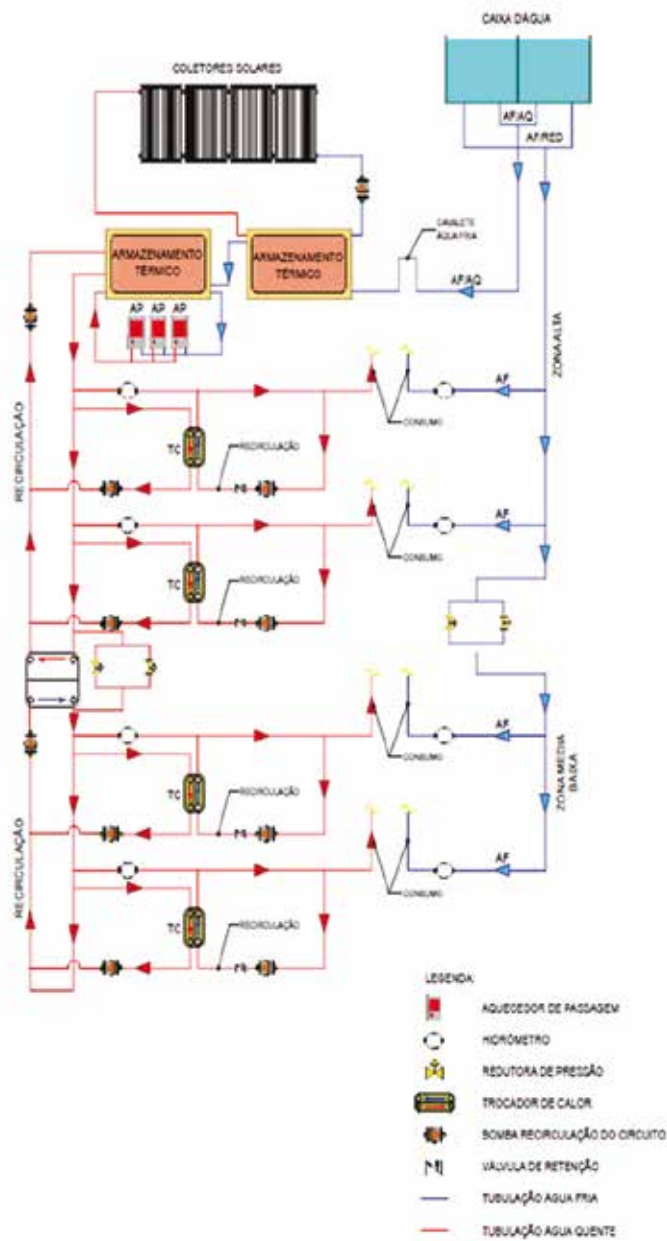


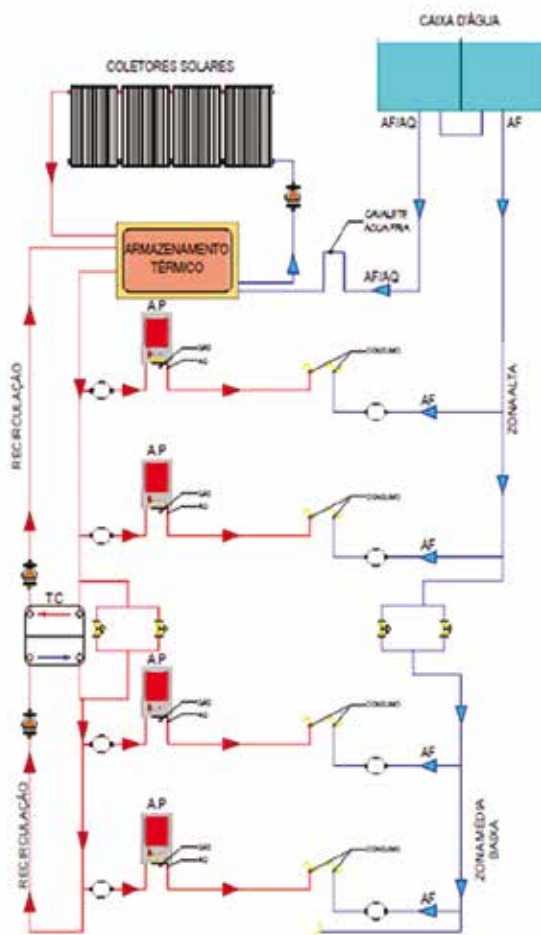
Fig. 72
Modelo de
implantação com
sistema auxiliar
central e uso
direto da água
quente solar com
hidrômetros de
água quente.
Opção sem
recirculação no
apartamento

Fig. 73
 Modelo de
 implantação com
 sistema auxiliar
 central e uso
 direto da água
 quente solar com
 hidrômetros de
 água quente.
 Opção com
 recirculação no
 apartamento

Modelo 1-B



Modelo 3-A



LEGENDA:

- AQUECEDOR DE PASSAGEM
- HIDRÔMETRO
- REDUTORA DE PRESSÃO
- TROCADOR DE CALOR

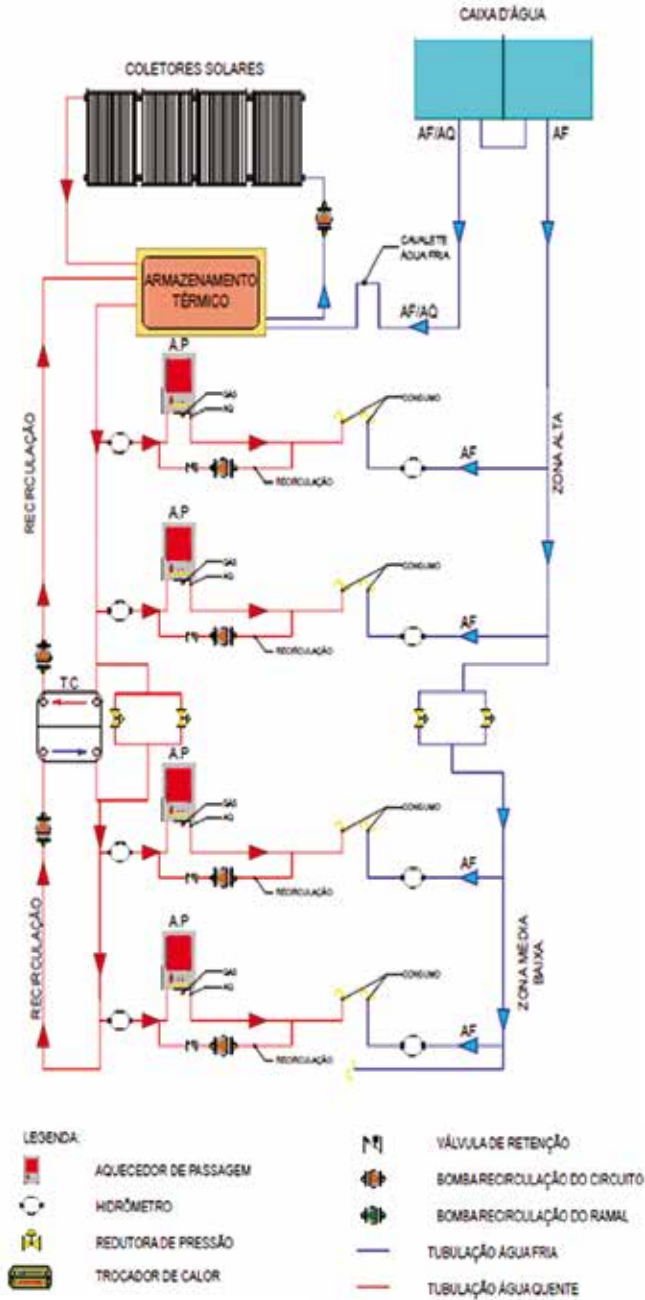
- VÁLVULA DE RETENÇÃO
- BOMBA RECIRCULAÇÃO DO CIRCUITO
- BOMBA RECIRCULAÇÃO DO RAMAL
- TUBULAÇÃO ÁGUA FRIA
- TUBULAÇÃO ÁGUA QUENTE

Fig. 74

Modelo de implantação com sistema auxiliar descentralizado e uso direto da água quente solar com hidrômetros de água quente. Opção sem recirculação no apartamento

Fig. 75
Modelo de
implantação com
sistema auxiliar
descentralizado
e uso direto da
água quente solar
com hidrômetros
de água quente.
Opção com
recirculação no
apartamento

Modelo 3-B



Enquanto as opções 1 e 3 fazem uso de medidores de água quente, as opções 2 e 4 usam trocadores de calor para separar o circuito central de água quente do sistema individual do apartamento. Isso facilita o projeto do sistema de recirculação central, mesmo que haja diferentes níveis de pressão no edifício, e permite a operação a partir de um único hidrômetro de água fria.

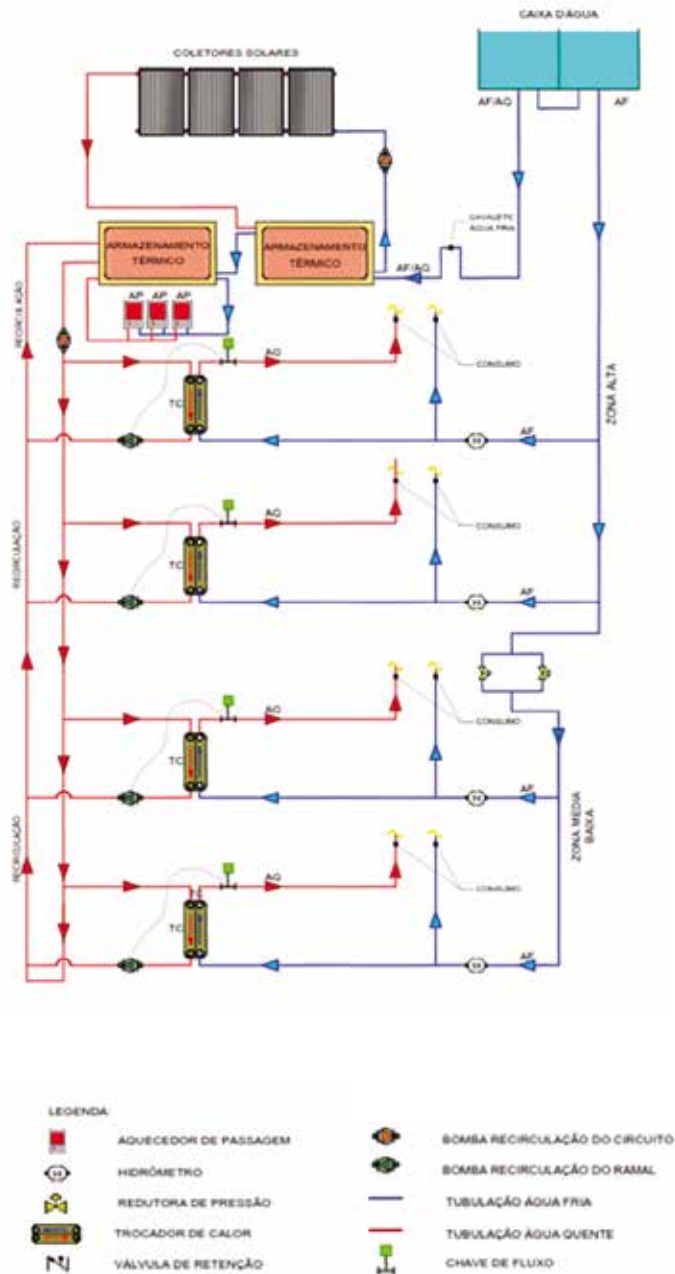
Das opções aqui apresentadas, a opção 2 é a menos eficiente em termos de aproveitamento energético. Isso porque, como sistema central, é preciso entregar, no lado do consumo dos trocadores de calor, água quente na temperatura de uso. Como o trocador de calor necessita de um diferencial de temperatura para transmitir o calor de um circuito para o outro, a temperatura no circuito central será ainda maior que na opção 3, aumentando as perdas de calor nas tubulações.

Nessa opção, um bom dimensionamento dos trocadores de calor e o uso criterioso do isolamento térmico são essenciais. A falta de isolamento térmico pode facilmente fazer com que mais energia seja desperdiçada do que economizada nessa opção. Outra desvantagem de tal solução é que se faz necessário manter uma vazão de circulação muito maior do que nos casos de uso direto da água quente, como nas opções 1 e 3. Isso porque é preciso entregar a mesma quantidade de calor, mas com fluxos dimensionados para diferenciais de temperatura menores no lado do sistema central.

A opção 4 apresenta um melhor desempenho térmico que o modelo 2, mas ainda com a penalidade térmica imposta pelos trocadores de calor. Os mesmos desafios técnicos do pré-aquecimento de água quente com aquecedores a gás encontrados no modelo 2 existem aqui também.

Fig. 76
Modelo de
implantação com
sistema auxiliar
central e uso
indireto da água
quente solar com
trocadores de
calor. Opção sem
recirculação no
apartamento

Modelo 2-A



Modelo 2-B

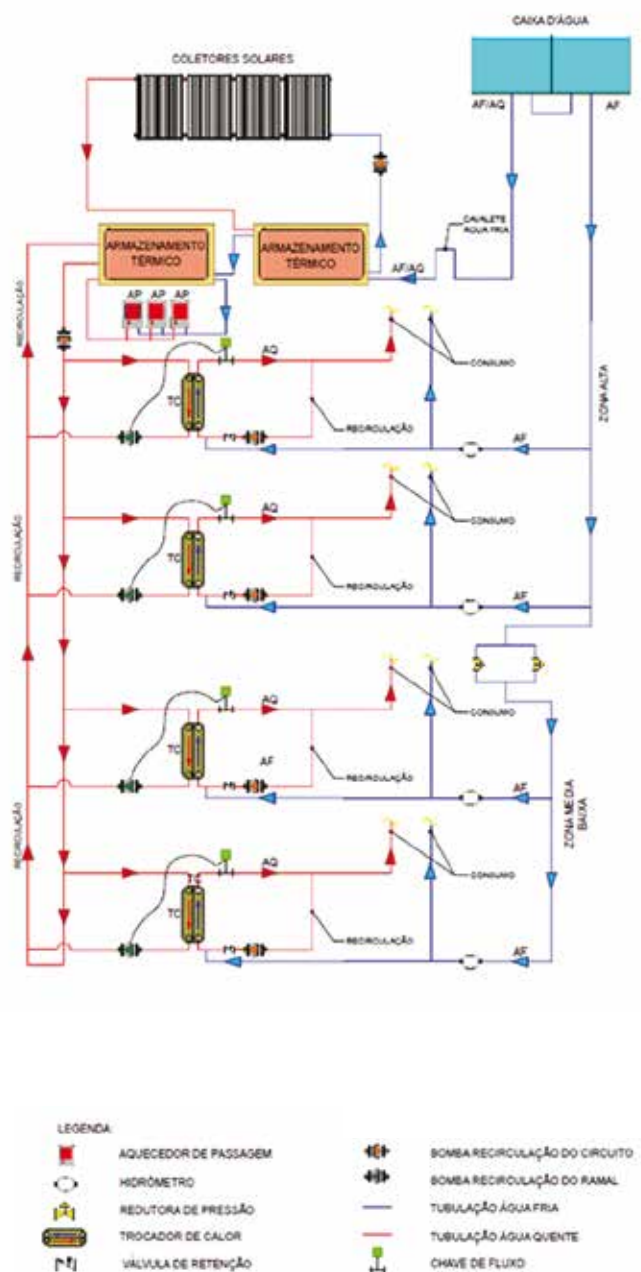
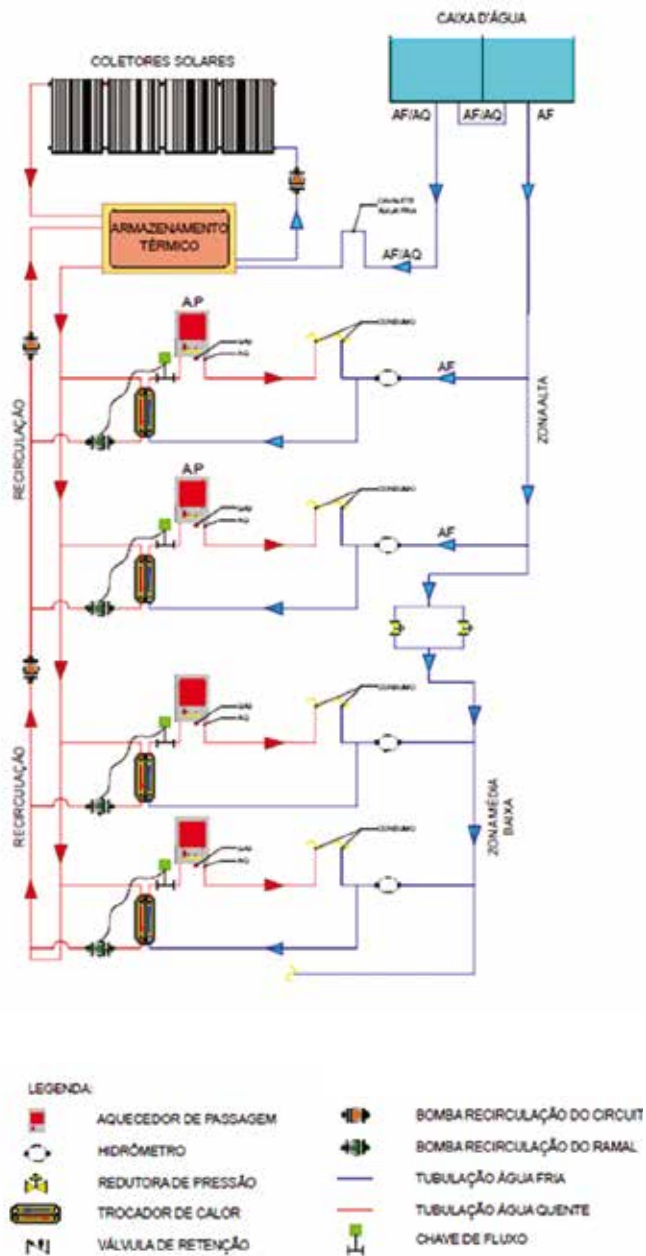


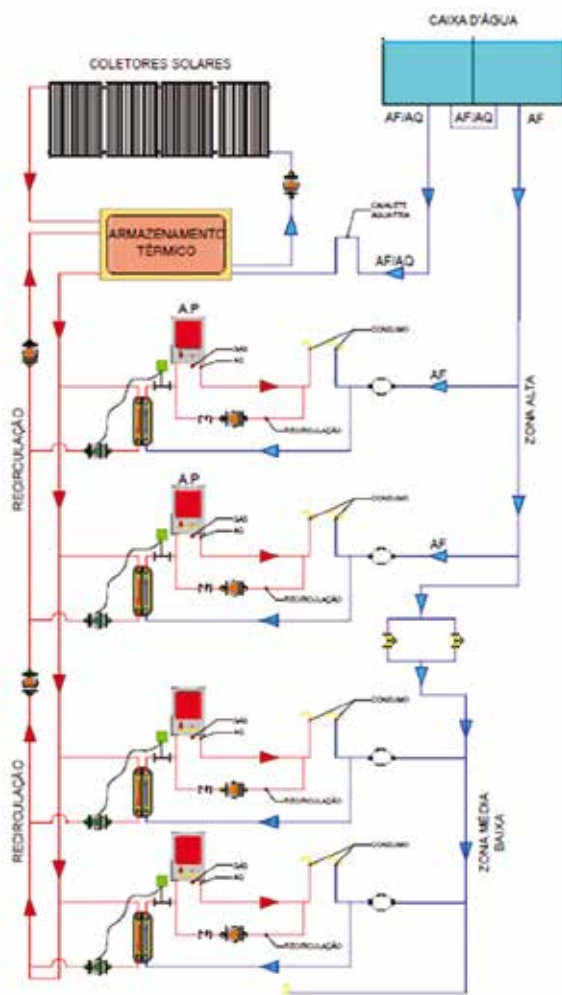
Fig. 77
Modelo de
implantação com
sistema auxiliar
central e uso
indireto da água
quente solar com
trocaadores de
calor. Opção com
recirculação no
apartamento

Fig. 78
Modelo de
implantação com
sistema auxiliar
descentralizado
e uso indireto da
água quente solar
com trocadores de
calor. Opção sem
recirculação no
apartamento

Modelo 4-A



Modelo 4-B



LEGENDA

	AQUECEDOR DE PASSAGEM		BOMBA RECIRCULAÇÃO DO CIRCUITO
	HIDRÔMETRO		BOMBA RECIRCULAÇÃO DO RAMAL
	REDUTORA DE PRESSÃO		TUBULAÇÃO ÁGUA FRIA
	TROCADOR DE CALOR		TUBULAÇÃO ÁGUA QUENTE
	VÁLVULA DE RETENÇÃO		CHAVE DE FLUXO

Fig. 79

Modelo de implantação com sistema auxiliar central e uso indireto da água quente solar com trocadores de calor. Opção com recirculação no apartamento

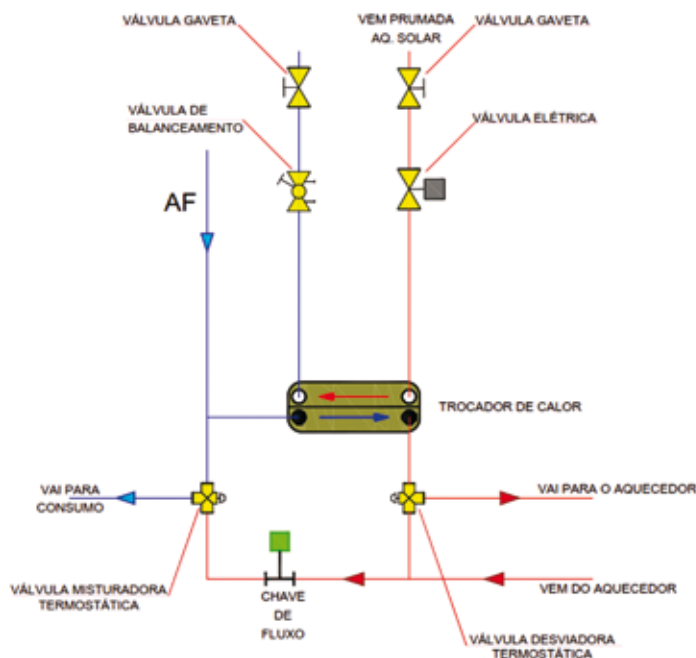
A Figura 80 mostra um arranjo típico de um sistema com trocador de calor. Usualmente, a água da prumada central apenas circula pelo trocador de calor se houver demanda por água quente no apartamento. Pode-se usar um fluxostato para detectar tal demanda, mas deve-se lembrar que os fluxostatos dependem de um fluxo mínimo para acionamento. E esse fluxo pode ser alto, particularmente em modelos tipo palheta ou êmbolo.

Por exemplo, o modelo da Conaut na Figura 81 necessita de um fluxo superior a 14 litros/minuto para acionamento dos seus contatos, no caso de modelo com reed-switch, que é o que apresenta o menor fluxo mínimo de acionamento para tal modelo. Isso significa que somente acima desse valor o fluxo do outro lado do trocador de calor seria acionado.

Já o modelo da Texius na Figura 81 possui, segundo o fabricante, fluxo de acionamento de 0,8 litros/minuto. Na Figura 80 tem-se uma válv-

Fig. 80

Esquema típico de interligação do trocador de calor na entrada de água quente no apartamento com sistema de medição individualizada



vula solenoide que se abre a partir do sinal da chave de fluxo, liberando o fluxo de água quente do sistema solar pelo trocador de calor. O fluxo pode ser promovido por uma única bomba central de maior porte, ou por uma bomba de recirculação central e bombas auxiliares em cada circuito do trocador. Além disso, nessa figura temos válvulas termostáticas desviadoras e misturadoras. A água fria passa pelo trocador de calor e, se não estiver suficientemente aquecida, vai para o aquecedor auxiliar e depois retorna para a válvula misturadora. Não é difícil imaginar que muitas vezes a perda de carga pode ser crítica em arranjos como este.



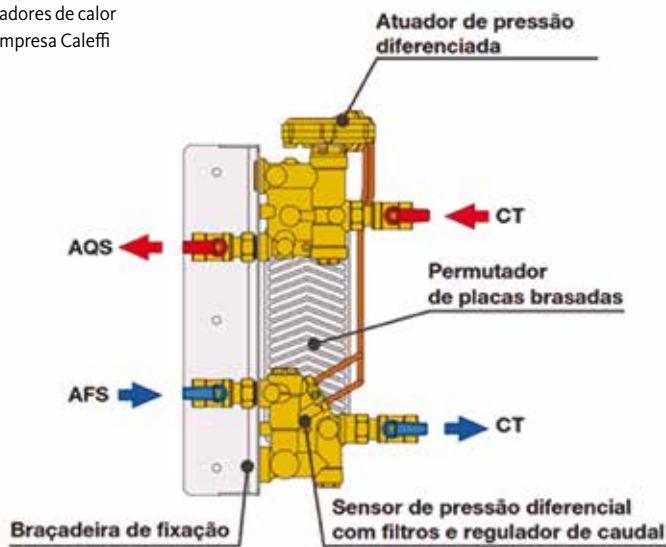
Figs. 81
Chave de fluxo do
tipo êmbolo da
empresa CONAUT
(à esquerda) e da
TEXIUS (à direita)

Os sistemas com trocadores de calor podem ser implantados de muitas formas, em termos dos detalhes hidráulicos da distribuição de calor e sua operacionalização. Como citado anteriormente, pode-se ter uma motobomba primária e outras em cada circuito de trocador. Quando há demanda, a motobomba secundária é acionada, levando fluxo ao trocador de calor.

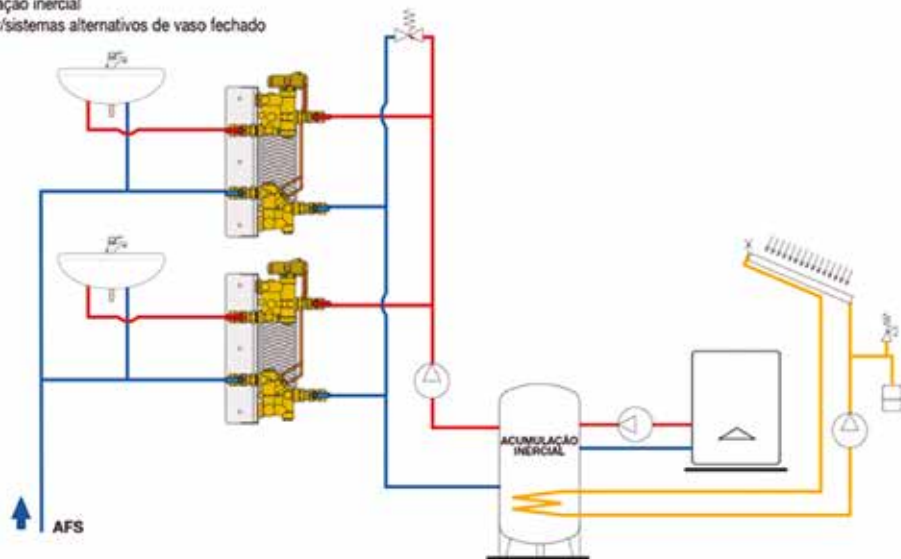
Pode-se também usar uma válvula mecânica, que abre a passagem da água pelo trocador ao sentir o fluxo de demanda no lado do apartamento. Nesse caso, o fluxo pode ser proporcionado no trocador de calor por uma motobomba ou por uma válvula reguladora de fluxo, que equaliza a vazão nos diversos trocadores de calor.

Pode-se ainda ter um controle e acionamento elétrico, como na Figura 80. A Figura 82 mostra um sistema da empresa Caleffi, com válvula mecânica. Nesse caso, uma única bomba central de circulação é usada, evitando a implantação de uma ligação elétrica adicional para a bomba e controle do sistema como no caso das bombas secundárias, solenoides e chaves de fluxo.

Fig. 82
Estação de aquecimento de água por trocadores de calor da empresa Caleffi



Acumulação inercial
Gerador/sistemas alternativos de vaso fechado



Independentemente da forma de interligação e controle, os trocadores de calor devem ser isolados termicamente e possuir portas para manutenção ou acesso para sua retirada e limpeza. Nesse caso, recomenda-se sua instalação sempre com válvulas de isolamento e uniões para facilitar sua remoção.

No final, pode-se dizer que as opções com trocadores de calor em cada apartamento simplificam a recirculação central e evitam o uso de dois hidrômetros por apartamento. Por outro lado, essas opções levam a uma maior complexidade na distribuição do calor em cada unidade e a uma redução de desempenho.

5.12 – Trocadores de calor e estações compactas de aquecimento de água

Nos modelos “4” e “2” da seção 5.11, os trocadores de calor são responsáveis pela transferência de calor de um circuito central para a água de uso nos apartamentos. A eficiência do processo é extremamente dependente do desempenho dos trocadores. Vale a pena então revisar alguns conceitos básicos relativos a tais equipamentos.

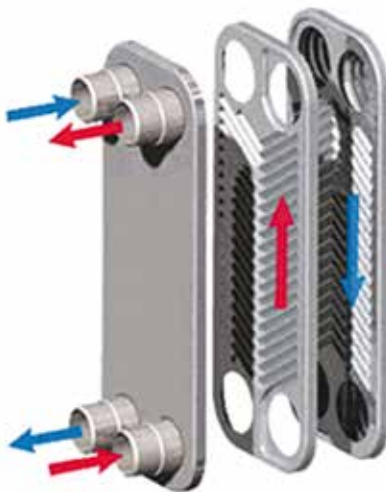
Os trocadores de calor podem ter diversas tecnologias. Em indústrias é muito comum o chamado casco e tubo, onde um fluido percorre o interior do tubo e outro fluido percorre o exterior do tubo e, conseqüentemente, a parte interior de um vaso de contenção, o chamado casco. Poderíamos dizer que os reservatórios térmicos com serpentinas são um caso particular de um trocador casco e tubo, onde o casco passa a ser o próprio reservatório térmico.

Entretanto, hoje são muito utilizados os chamados trocadores de calor a placa. Nesse caso, placas metálicas com certa corrugação são unidas para formar canais consecutivos para a água a ser aquecida e para a água a ser resfriada. Os trocadores de calor a placa podem ter juntas de vedação, comuns em unidades de grande porte, onde se pode desmontar o equipamento para limpeza.

As placas também podem ser unidas por um processo de brasagem. Nesse caso, não há como abrir o equipamento para limpeza. Os trocadores de calor a placa são eficientes e compactos, com a desvantagem de apresentar maior perda de carga em relação a outros modelos.

Fig. 83

Trocador de calor a placas (fonte: Southwestern Thermal Technology)



Independentemente da tecnologia, existem algumas variáveis básicas na escolha e seleção de trocadores de calor como:

- **a vazão do fluido do lado quente**
- **a vazão do fluido do lado frio**
- **o tipo de fluido (água, óleo térmico etc)**
- **a temperatura de entrada do lado frio**
- **a temperatura de entrada do lado quente**
- **a perda de carga máxima admissível**
- **a pressão de trabalho**
- **a carga térmica**

Fig. 84

Trocador de calor a placas da empresa SWEP



A forma mais eficiente de operar um trocador de calor é no chamado modo contra-corrente, em que os fluidos se movem em sentidos opostos.

No caso das instalações prediais e nas aplicações discutidas nesse manual, o ponto crucial é saber qual a carga térmica, isto é, o quanto de aquecimento o equipamento deverá prover. Digamos que desejamos um equipamento para aquecer 20 litros/minuto, com água fria entrando a 20°C e saindo a 42°C.

Isso leva a uma carga térmica de:

$$Q = m \times C_p \times (T_q - T_f)$$

Onde

Q é a potência térmica requerida, em kW

m é a vazão mássica, em kg/s

C_p é o calor específico da água, igual a 4,186 kJ/kg°C

T_q é a temperatura da água quente em °C e

T_f é a temperatura da água fria em °C.

Se considerarmos o exemplo acima e usando a densidade da água como 1000 kg/m³, teremos:

$$Q = 0,33 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4,186 \text{ kJ / kg}^\circ\text{C} \times (42^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q = 30,4 \text{ kW}$$

Dessa forma, nosso trocador de calor necessitará transferir 30,4 kW de calor para conseguirmos o aquecimento desejado.

Enquanto a equação acima determina a carga térmica, a troca de calor depende das características do trocador, especialmente da sua área de troca, e também da diferença de temperatura entre os fluidos quente e frio e das vazões de trabalho. Quanto maior o diferencial de temperatura, maior é a troca de calor.

Assim, na escolha do trocador, além das vazões de trabalho e da carga térmica, a temperatura dos fluidos é muito importante. Não podemos

alterar a temperatura de entrada da água fria, mas podemos alterar a temperatura da água quente. Quanto mais quente o fluido na entrada do trocador, mais calor será transferido. Por outro lado, maiores serão as perdas nas tubulações de circulação e menor será a eficiência dos coletores solares.

Outro aspecto importante é que não há como especificar um trocador de calor sem a informação explícita dos níveis de temperatura adotados. Por exemplo, tem sido comum a divulgação de informações de que o trocador de calor está dimensionado para 3 banhos ou para 30 kW. Entretanto, qualquer informação desse gênero deve ser acompanhada dos níveis de temperatura considerados. Na Europa, por exemplo, é comum dimensionar os trocadores considerando-se água quente entrando a 65°C e água fria entrando a 10°C. Nenhuma dessas condições é desejável e/ou realista para as condições discutidas em edificações no Brasil.

Os fornecedores de trocadores de calor possuem softwares específicos para cálculo de desempenho e dimensionamento de seus trocadores. Dessa forma, a escolha dos trocadores deve passar por critérios realistas que possibilitem a máxima troca de calor entre os dois fluidos. A eficiência de um coletor solar é inversamente proporcional à sua temperatura de trabalho. Assim, trocadores de calor subdimensionados podem levar a uma baixa transferência de calor à água de banho e também forçar o sistema de aquecimento solar a trabalhar a uma temperatura mais alta, reduzindo seu desempenho.

Os trocadores de calor são os componentes principais das chamadas estações compactas de água quente. Essas estações, como mostrado na Figura 85, são relativamente comuns na Europa, onde são empregadas em diversas situações em que se deseja o aquecimento indireto de água para banho (como em circuitos fechados de aquecimento de ambiente com opção de aquecimento de banho e redes distritais de aquecimento).

Existem várias opções de controle de detalhes hidráulicos de tais instalações e uma discussão em pormenores dessas opções foge ao escopo do presente trabalho. Mas, de uma forma geral, as estações possuem um trocador de calor e mecanismos de controle do fluxo no “lado quente”, de forma a acionar o fluxo quando houver demanda no “lado frio”. Além disso, é comum haver um controle do fluxo do lado quente para

permitir que a temperatura de retorno para o sistema de aquecimento seja relativamente baixa, o que aumenta a eficiência de caldeiras com condensação de gases e também dos sistemas de aquecimento solar, e ainda diminui as perdas de calor.

A figura 85 mostra um modelo de estação da empresa Emmeti disponível no Brasil. Além da Emmeti, outras empresas possuem produtos semelhantes, como Alfa Laval e Caleffi.

Vale ressaltar que a função da estação deve ser não somente a de transferir a energia necessária, mas também a de controlar o fluxo no lado do circuito da água quente solar, de forma a permitir a menor temperatura de retorno possível para o sistema de aquecimento solar.

Infelizmente, tem-se visto sistemas com pouco ou nenhum controle nesse sentido. Nesses sistemas, existe uma grande mistura do reservatório térmico do aquecimento solar e as bombas de circulação do circuito de aquecimento demandam potências extremamente elevadas. O resultado potencial da falta de cuidado nos projetos de engenharia é uma economia muito aquém do esperado com o sistema de aquecimento solar e, em alguns casos, até um consumo de energia maior.

Não existe um padrão para tais estações e o nível de sofisticação e funções variam de forma significativa entre os modelos e fornecedores disponíveis.

Fig. 85

Estação da empresa Emmeti, denominada Energybox



5.13 - Sistemas de circulação de prumada

Os sistemas de aquecimento centrais de médio e grande porte devem possuir sistemas de recirculação de prumadas que têm a função de manter água quente em toda distribuição hidráulica, aumentando o nível de conforto do usuário e reduzindo o consumo de água.

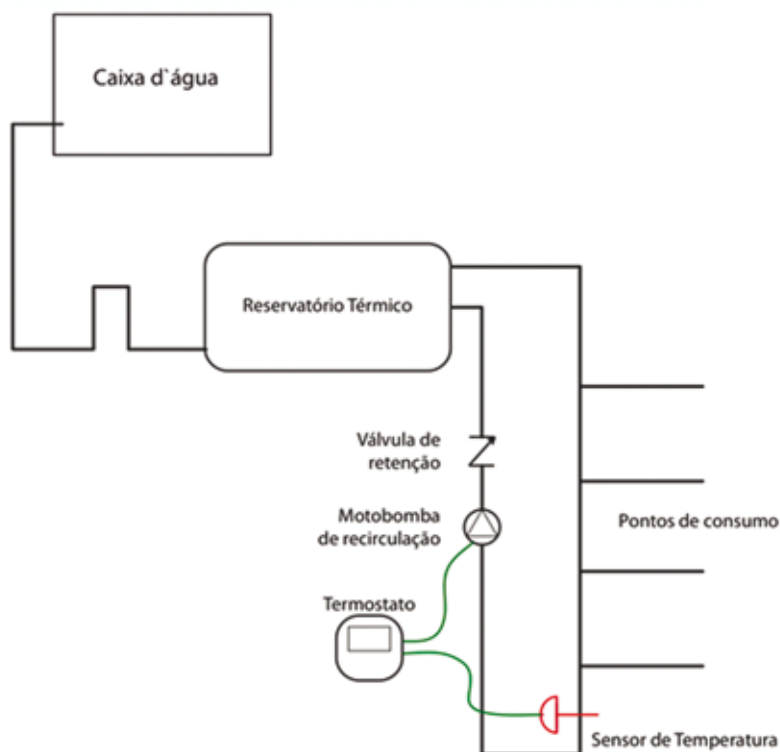
Em uma rede hidráulica de água quente, mesmo com isolamento térmico adequado, haverá perda de calor e a água em seu interior vai

esfriar. Como as distâncias entre o(s) Reservatório(s) Térmico(s) e os pontos de consumo são grandes, é necessário recircular essa água de volta para o(s) RT(s) e alimentar a prumada com água quente, evitando que o usuário tenha que esperar a água quente chegar ao ponto de consumo e desperdiçar uma grande quantidade de água. Este tempo de espera pode representar vários minutos.

Esta recirculação é construída com uma tubulação de diâmetro pequeno que parte do ponto de consumo mais distante até o(s) RT(s). Uma das formas de projetar o sistema de recirculação de água é a inserção de uma motobomba acionada por um termostato que monitora a temperatura da água na prumada.

Seu funcionamento pode ser atrelado também a um programador horário que iniba o acionamento da motobomba em períodos em que não há consumo de água quente, como mostra a Figura 86.

Fig. 86
Desenho
esquemático
do anel de
recirculação

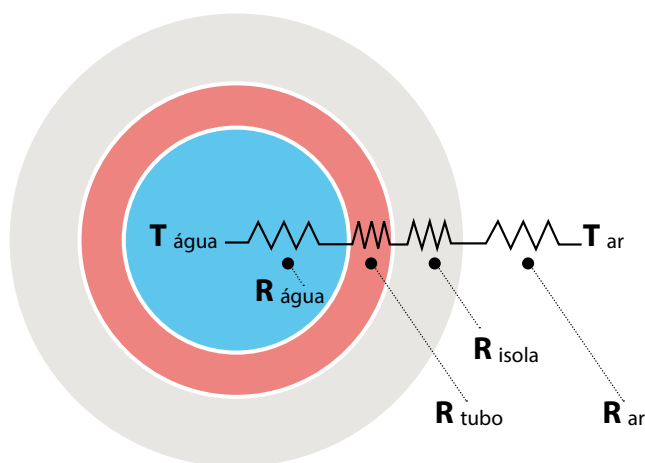


Existem outros sistemas de circulação de prumada, como os que usam pressurizadores de prumada e válvulas solenoides nos trocadores de calor instalados nas entradas de cada apartamento. Estes sistemas são mais complexos e exigem maior manutenção.

5.14 – Isolamento térmico da tubulação

O isolamento térmico das tubulações possui um importante papel na redução das perdas de calor, tanto no circuito primário, isto é, no sistema de geração de água quente solar, como no circuito secundário de distribuição de água quente. Infelizmente, é comum vermos prumadas inteiras sem nenhum isolamento, principalmente com o aumento do uso de tubulações de material polimérico. Assim, para entender as consequências da perda de calor, há de se fazer primeiro uma pequena revisão sobre perda de calor em tubulações.

A maioria das tubulações de circuito primário e prumadas do circuito secundário estão expostas em colunas verticais (shafts). No caso das prumadas, geralmente temos tubulações de água quente e água fria no mesmo espaço, frequentemente até mesmo com contato entre as duas. Mas se imaginamos a tubulação de água quente em contato somente com o ar, temos um circuito de perdas térmicas de acordo com a Figura 87.



Figs. 87
Diagrama de perdas térmicas de uma tubulação

Nesse diagrama, faz-se uma analogia com circuitos elétricos, onde temos um circuito em série com as resistências térmicas do processo. Assim como na situação análoga elétrica, o aumento da resistência térmica total reduz a transferência de energia entre dois pontos - nesse caso, reduz a transferência de calor. A partir da água, há uma resistência à transferência de calor causada pela convecção de calor do fluido para a parede do tubo. Depois, há a resistência causada pela condução de calor na parede do tubo, a resistência ligada à condução pelo isolamento térmico e novamente a convecção de calor entre a parede externa do isolamento e o ar externo ao tubo. Se não houvesse isolamento térmico, então essa resistência não existiria.

Existem ainda as perdas por radiação, mas elas são pequenas nas temperaturas envolvidas nas tubulações. Os mecanismos de convecção dependem da velocidade do fluido, tanto no caso da água no tubo, quanto no caso do ar exterior ao isolamento. Assim, se houver vento sobre a tubulação, as perdas serão maiores. Dessa forma, a perda depende da diferença de temperatura e das resistências térmicas, seguindo a equação:

$$Q = \frac{m \times C_p \times (T_{\text{água}} - T_{\text{ar}})}{\sum R}$$

Vamos considerar, então, o efeito do isolamento térmico a partir de alguns valores típicos de coeficientes convectivos de transferência de calor. A Tabela 8 apresenta os valores adotados para os cálculos a seguir. Os valores convectivos são típicos para água em movimento a 1,1 m/s e ar com baixa velocidade, típico de tubulações em shaft.

Tabela 8
 Perda de calor típica em tubulações com e sem isolamento térmico

Bitola	COBRE Classe E				PPR PN20				CPVC			
	dext (mm)	dint (mm)	perda sem isol. (W/m)	perda com isol. (W/m)	dext (mm)	dint (mm)	perda sem isol. (W/m)	perda com isol. (W/m)	dext (mm)	dint (mm)	perda sem isol. (W/m)	perda com isol. (W/m)
1"	28	26,8	15,4	7,4	32	23	15	7,5	28	23	13,5	6,9
2"	54	52,2	29,6	12,2	63	45,6	36,1	12,3	54	44,2	23,3	11,0
3"	79,4	77,0	43,6	16,9	90	65	33,7	16	88,9	73,1	34,0	16,0
4"	104,4	102,0	57,3	21,5	110	79,8	38,7	18,6	114,3	93,9	40,2	19,3

	Cobre	PPR	CPVC
Condutividade Térmica (W/m.K)	400	0,22	0,14
Temperatura da água quente (°C)		50	
Temperatura do ar (°C)		25	
Coefficiente convectivo água-tubo (W/m ² .K)		5000	
Coefficiente convectivo tubo/isol.-ar (W/m ² .K)		7	
Isolante térmico (quando presente)	polietileno expandido, espessura 10 mm		
Condutividade Térmica do isolante (W/m.K)		0,035	

Tabela 9

Dados usados nos cálculos da Tabela 8

Podemos notar, a partir dos dados da tabela, dois aspectos iniciais. Primeiro, existe uma redução significativa das perdas de calor quando o tubo é isolado, mesmo que o valor de isolamento térmico adotado seja o que poderíamos considerar como o mínimo necessário, ou seja, 10 mm em polietileno expandido.

Segundo, pode-se também notar que a diferença de perda de calor sem isolamento entre o tubo de cobre e os tubos poliméricos não é tão significativa quanto se poderia imaginar quando se leva em consideração apenas a condutividade térmica dos materiais. Isso se deve ao fato de que em um ambiente com baixa velocidade do ar, a resistência convectiva do tubo para ar tem efeito significativo, tornando-se a resistência térmica mais importante do processo.

De qualquer forma, se considerarmos um sistema em uma edificação de 20 andares, com 12 m de tubos de 4" (bitola nominal), 36 m de 3", 12 m de 2" e 63 m de tubo de 1" (assumindo-se recirculação), teríamos, por exemplo, para a tubulação em PPR uma perda de calor de cerca de 3.000 W, algo que consumiria 2.160 kWh por mês.

Isso seria equivalente a R\$ 756/mês (ou R\$ 9.072/ano) a uma tarifa de R\$ 0,35/kWh ou 247 m³ de gás natural por mês (com 9.400 kcal/m³ e 80% de eficiência de queima), o que, com um preço de R\$ 3,30/m³, levaria a um gasto adicional de R\$ 815/mês ou R\$ 9.782/ano. Esses valores seriam reduzidos para 1/3 do valor original com a inclusão do isolamento térmico.

Apesar de o benefício ser óbvio, há de se perguntar por que é tão comum vermos sistemas hidráulicos de água quente inteiros sem isolamento térmico. E só para que se tenha uma ideia de valores de isolamen-

to, a Tabela 10 apresenta os valores mínimos de isolamento exigidos pela norma ASHRAE 90.1-2010 (Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings), a norma de referência norte-americana para edifícios residenciais altos e que é comumente usada como referência para recomendações de eficiência energética de edifícios residenciais.



Fig. 88
Isolamento térmico de polietileno expandido Elumaflex para tubulações internas

Portanto, é um grave erro achar que usando tubos poliméricos não é necessário o uso de isolamento térmico. Todas as tubulações de água quente, independente do material, devem ser isoladas termicamente.

Dados Técnicos Elumaflex	
Material	Polietileno Expandido - Células fechadas
Condutividade térmica	0,035 Kcal /mh°C
Resistência Térmica	-40°C a 90°C
Absorção de água	0,40% vol. - DIN 53428

Nesse caso, a menor espessura de isolamento exigida pela norma é de 25 mm. E não há redução de espessura para tubos não metálicos de espessura menor que a determinada para o chamado schedule 80, o que significa que, na prática, não há redução de espessura mínima de isolamento térmico para tubos não metálicos.

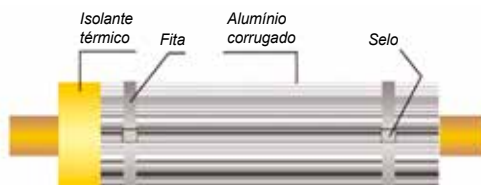
Temperatura do fluido	Bitola Nominal do Tubo				
	< 1"	1" a < 1½"	1½" a < 4"	4" a < 8"	> 8"
41°C – 60°C	25mm	25mm	38mm	38mm	38mm

Tabela 10 - Valores convertidos a partir de dados em polegadas

Além de edificações sem isolamento térmico no sistema de distribuição de água quente, também se observa com relativa frequência sistemas de aquecimento solar sem isolamento térmico nas tubulações do circuito primário, algo não indicado independentemente do material usado nas tubulações. Isso porque a tubulação do circuito primário está

exposta ao ar com maior velocidade de deslocamento, algo particularmente importante em edificações multifamiliares.

Também se deve tomar cuidado especial no uso de espumas de polietileno expandido com filmes de proteção UV. A prática tem demonstrado que muitos desses materiais não resistem efetivamente às intempéries. Dessa forma, recomenda-se uma proteção mecânica ao isolamento mais robusta, como o alumínio corrugado (Figura 89 à direita).



5.15 - Dilatação das tubulações de água quente

Algumas patologias encontradas em prumadas e barriletes de água quente, não somente em tubulações de cobre, devem-se ao fato de que alguns projetistas hidráulicos não consideram a movimentação térmica das tubulações, deixando de especificar a aplicação de **juntas de expansão, luvas guia e luvas ponto fixo**.

Dependendo do tipo de SAS adotado em novas edificações, poderemos ter grandes trechos de prumadas e barriletes de água quente em que a dilatação térmica deverá ser considerada pelo projetista hidráulico, determinando claramente em projeto os pontos de instalação de **juntas de expansão** (ou liras, apesar da maior perda de carga nesta adoção), **luvas ponto fixo** para determinar a área de influência (o trecho a ser considerado pela dilatação) e as **luvas guia** que têm a função de conduzir a dilatação linear da tubulação.

Vale lembrar que o isolamento térmico é muito importante também para guiar a dilatação térmica das tubulações que conduzem a água aquecida, desde que elementos (conexões) para absorver essas movimentações tenham sido projetados e corretamente instalados.

Fig. 89
Isolamento térmico com lâ de vidro e proteção mecânica contra interpéries, à esquerda com filme aluminizado e à direita com alumínio corrugado.

5.16 - Sistemas de controle e monitoramento

A função do sistema de controle e monitoramento é extrair o máximo de rendimento do Sistema de Aquecimento Solar, assim como evitar que se atinjam condições extremas que possam provocar prejuízos e danos aos usuários.

Um sistema de controle mal ajustado pode não aproveitar toda a energia útil disponível que se pode obter e também dissipar a energia já armazenada previamente.

A principal função do controlador é acionar a motobomba do circuito primário e, para isso, é necessário medir a temperatura dos coletores solares e do reservatório térmico. A motobomba é acionada sempre que a temperatura dos coletores esteja acima da temperatura do reservatório térmico e mantida em funcionamento até que esta diferença seja muito pequena ou nula.

O ajuste recomendado para um sistema de aquecimento solar convencional é:

- » **Diferença entre a temperatura dos coletores solares e o reservatório térmico maior ou igual a 8°C: motobomba acionada.**
- » **Diferença entre a temperatura dos coletores solares e o reservatório térmico menor ou igual a 4°C: motobomba desligada.**

O controlador tem ainda outras funções:

- » **Limite de temperatura do reservatório térmico;**
- » **Proteção contra congelamento dos coletores solares pelo acionamento da motobomba;**
- » **Controle do sistema de aquecimento auxiliar por temperatura e programação horária;**
- » **Armazenamento das temperaturas máximas e mínimas de cada sensor;**
- » **Armazenamento de dados ao longo do tempo (temperaturas, acionamento de motobombas, acionamento de SAA etc.): estes dados podem ser extraídos do controlador e analisados para aumentar a eficiência do sistema;**

» Monitoramento do consumo de água quente ao longo do tempo (histograma de consumo)

Existem diversos tipos de controladores e sistemas de monitoramento com diferentes níveis de complexidade. Alguns deles possuem até interface para computadores e saída para internet para possibilitar um monitoramento remoto pelo instalador ou fabricante a fim de identificar possíveis problemas com bastante antecedência.



Fig. 90, esquerda
Exemplo de controlador solar – marca Steca

Fig. 91, direita
Controlador Microsol da Full Gauge

Fig. 92
Sistema de monitoramento Sitrad da Full Gauge com interface para o controlador Microsol Plus.





CAPÍTULO 6

Comissionamento e Manutenção

6.1 – Comissionamento

Cumpridas todas as etapas de dimensionamento, projeto, aquisição e instalação, é de fundamental importância que todo o SAS seja verificado e ajustado conforme foi projetado. Nesta etapa, o Responsável pela obra deve verificar se os itens definidos nas etapas anteriores foram instalados conforme projeto e então ajustar o sistema conforme pré-estabelecido:

1. Contagem e verificação dos equipamentos principais conforme projeto (modelo, volume, potência etc.);
2. Tubulação e isolamento térmico (diâmetro, fixação, proteção etc.);
3. Alimentação da rede elétrica (tensão e capacidade) e gás;
4. Arranjo hidráulico dos coletores solares, RT(s), aquecimento auxiliar, anel de recirculação etc.;
5. Motobomba(s) (vazão, pressão de trabalho, tensão e corrente);
6. Sistema de aquecimento auxiliar (fonte de alimentação, ajuste de termostato, programador horário etc.)
7. Configurar o Quadro de Comando e o Controlador Diferencial de Temperatura (leitura de sensores, ajuste para acionar a motobomba, anticongelamento, temperatura máxima no RT etc.)
8. Abastecer o sistema com água;
9. Retirar todo ar do sistema, atuando as válvulas de dreno e eliminadoras de ar, se necessário;
10. Verificar a pressão de trabalho do sistema e possíveis vazamentos;
11. Energizar o quadro de comando e acionar as motobombas em manual;
12. Medir a pressão de trabalho das motobombas e manobrar os respectivos registros globo para ajustar a vazão especificada em projeto;
13. Verificar e testar o acionamento do aquecimento auxiliar e ajustar o termostato e programador horário, se existente;
14. Apresentar todo o sistema e seu funcionamento ao Responsável pelo uso e manutenção do sistema (Cliente);
15. Entregar todas as documentações ao Cliente, tais como:
 - 15.a. Manual de uso e operação do SAS;
 - 15.b. Projeto executivo (plantas, especificação técnica etc.);
 - 15.c. ART – Anotação de Responsabilidade Técnica;
 - 15.d. Nome, endereço e telefone da empresa responsável pela

instalação e garantia do sistema.

Ao concluir o comissionamento do sistema, o Cliente deve assinar um termo de entrega da obra, comprovando ter recebido as instruções de funcionamento e a documentação do SAS.

Um Sistema de Aquecimento Solar bem dimensionado, projetado e instalado pode não funcionar adequadamente se não for configurado para trabalhar conforme suas especificações.

6.2 - Manutenção preventiva

Apesar de os sistemas de aquecimento solar necessitarem de muito pouca manutenção, esta é vital para garantir o seu pleno funcionamento. Por muitas vezes, a avaria de itens simples como um controlador ou uma bomba comprometem toda a economia que o sistema poderia gerar.

A seguir, apresentamos alguns dos principais itens que devem ser vistoriados periodicamente na manutenção preventiva:

Vidros: os vidros devem ser limpos somente com água corrente quando sujos e, no mínimo, duas vezes ao ano, preferencialmente no início da manhã, no final da tarde ou ainda em dias sem insolação, evitando assim choques térmicos na cobertura ótica e demais componentes. Coletores com cobertura plástica de policarbonato não devem ser jamais esfregados ou limpos com qualquer produto químico. Use apenas jato moderado de água com auxílio de uma mangueira.

Vedação do Coletor: quando for feita a vistoria dos vidros, verificar também a sua vedação, pois a infiltração de água nos coletores é o principal fator de envelhecimento precoce do equipamento. A vedação pode ser refeita quando a empresa instaladora troca a guarnição de borracha, ou com a aplicação de silicone neutro, dependendo da característica construtiva do coletor.

Suportes em geral: é muito importante sempre manter todos os suportes pintados para protegê-los da ação de intempéries.

Reservatórios: devem ser vistoriados periodicamente (uma vez a cada 6 meses) a fim de garantir que permaneçam estanques e sem vazamentos. Normalmente, um vazamento implica na necessidade de

troca do reservatório.

Telhados: também é muito importante verificar as vedações nos pontos de apoio dos suportes, pois normalmente os telhados trabalham com coeficientes de dilatação diferentes dos suportes metálicos, ocorrendo assim a possibilidade de infiltração de água das chuvas. Em caso de necessidade, aplicar uma manta asfáltica ou silicone para refazer a vedação.

Motobombas, Válvulas e Painel de Controle: devem ser vistoriados mensalmente a fim de garantir que estejam funcionando de forma adequada. Qualquer sintoma de aumento de consumo de energia no sistema de backup pode indicar falha destes componentes.

6.3 - Manutenção corretiva

Nos casos de manutenção corretiva, indicamos acionar sempre o fabricante ou a empresa instaladora. Antes disso, recomenda-se a instalação de painéis sinóticos ou sistemas de monitoração ativos, que permitem a indicação de problemas imediatamente, de forma que a assistência técnica possa ser acionada. O mais comum é que se tenha pelo menos uma indicação de operação da motobomba de circulação hidráulica e as temperaturas no circuito primário. Dessa forma, caso haja uma falha de controle ou na motobomba, essa falha poderá ser corrigida rapidamente, evitando-se grande perda de economia de energia do sistema.

A Figura 92 mostra um desses sistemas que permitem a monitoração do sistema de forma remota por meio da interligação do sinal dos controladores do sistema com um computador. Esse computador pode ser, por exemplo, um equipamento que esteja na portaria da edificação. De qualquer forma, faz-se necessário o treinamento dos operadores para que eles possam identificar as falhas e tomar uma ação no sentido de corrigi-las.

Crédito de imagens

Capa	Heliotek
C/capa	Heliotek e Jelly Fish
Fig. 3	Prédio do Setor Hoteleiro em Salvador/BA - Soletrol
Fig. 4	Sistema de Aquecimento Solar em Belo Horizonte - Tuma
Fig. 5	Conjunto Habitacional da CDHU em Mogi das Cruzes/SP - Heliotek
Fig. 6	Prédio em Barueri/SP - Heliotek
Fig. 7	Reservatórios Solares - Cumulus
Fig. 13	Sistema Solar em Chipre
Fig. 14	Sistemas Solares da Chromagem em Israel e Tuma no Brasil
Fig. 15	Sistemas Solares da Tuma no Brasil
Fig. 16	Conjunto Habitacional da CDHU em Mogi das Cruzes/SP - Heliotek
Fig. 21	Conjunto Habitacional Mangueira no Rio de Janeiro/RJ - Heliotek
Fig. 34	Banco de Imagens do Google
Fig. 36	Conjunto Habitacional da CDHU na Cidade Tiradentes/SP - Procobre
Fig. 37	Conjunto Habitacional da CDHU na Cidade Tiradentes/SP - Procobre
Fig. 38	Sistemas Solares na Grécia da HE (à esquerda) e Ezink (à direita)
Fig. 42	Programador Horário Kienzle e Reservatório Solar da Heliotek
Fig. 43	Instalação Solar em Berlim na Alemanha
Fig. 44	Instalação Solar de um Edifício em Toronto/Canadá - Enerworks
Fig. 45	Instalação Solar de um Edifício em BH/MG - Enalter
Fig. 46	Instalação Solar de um Edifício em BH/MG - Phanto
Fig. 52	Geradora de Água Quente Logano - Bosch
Fig. 53	Geradoras de Água Quente a Gás - Bosch
Fig. 54	Bombas de Calor Jelly Fisch (à esquerda) e Heliotek (à direita)
Fig. 56	Reservatório Térmico - Soletrol
Fig. 61	Válvulas da empresa Caleffi
Fig. 70	Hidrômetro de Água Quente Itron UNIMAG
Fig. 71	Válvula misturadora termostática da empresa Honeywell
Fig. 81	Chave de Fluxo da CONAUT (à esquerda) e da TEXIUS (à direita)

- Fig. 82 Estação de Aquecimento de Água por Trocadores de Calor da Caleffi
- Fig. 83 Trocador de Calor a Placas (fonte: Southwestern Thermal Technology)
- Fig. 84 Trocador de Calor a Placas da SWEP
- Fig. 85 Estação da Empresa Emmeti, denominada Energybox
- Fig. 88 Isolamento Térmico Polipex
- Fig. 89 Isolamento Térmico com Proteção Mecânica da Isover
- Fig. 90 Controlador Solar – Steca
- Fig. 91 Controlador Solar – Full Gauge
- Fig. 92 Sistema de Monitoramento Sitrad da Full Gauge

Referências Bibliográficas

Inserção de Sistemas de Aquecimento Solar em Empreendimentos Sociais –
Studio Equinócio – 15/04/11

**Termo de Referência: Sistemas de Aquecimento Solar de Água (SAS)
para o Programa Minha Casa Minha Vida**
Caixa Econômica Federal (CEF)

Aquecimento Solar e Programa Minha Casa Minha Vida
Luciana Carvalho - 2011

Programa de Capacitação para Projetistas em Aquecimento Solar de Grande Porte
ABRAVA/DASOL – 2012

FINEP. Projeto SolBrasil
Rede Brasil de Capacitação em Energia Solar. Manual do Professor

Solar Energy , Thermal Processes
John A. Duffie, William A. Beckman , 1974

Um Banho de Sol para o Brasil – Cidades Solares
Délcio Rodrigues e Roberto Matajs do Instituto Vitae Civilis

Site do PROCEL - PROCEL INFO
<http://www.procelinfo.com.br>

Site do GBC Brasil
<http://www.gbcbrazil.org.br/?p=referencialCasasApresentacao>

Fundação Vanzolini
http://www.vanzolini.org.br/conteudo_104.asp?cod_site=104&id_menu=758

ABRAVA / DASOL
www.dasolabrava.org.br/informacoes-2/projeto/

INMETRO - Informação ao Consumidor
<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

Normas

ABNT/NBR 15569	Sistemas de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação
ABNT/NBR 15747-1	Sistemas solares térmicos e seus componentes - Coletores solares - Parte 1: Requisitos gerais
ABNT/NBR 10185	Reservatórios térmicos para líquidos destinados a sistemas de energia solar - Determinação de desempenho térmico
ABNT/NBR 5626	Instalação predial de água fria
ABNT/NBR 7198	Projeto e execução de instalações prediais de água quente
ABRVA RN 4-2003	Proteção contra congelamento de coletores solares
ABNT/NBR 5419	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
ABNT/NBR 15220-3	Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social
RAC	Requisito de Avaliação da Conformidade para sistema e equipamentos para aquecimento solar de água do PBE/INMETRO vigente
ABNT/NBR 6123	Forças devidas ao vento em edificações
ABNT/NBR 5410	Instalações elétricas de baixa tensão
ABNT/NBR 13103:2013	Instalação de aparelhos a gás para uso residencial – Requisitos

Projetando Sistemas de Aquecimento Solar para Habitações Multifamiliares



Em nome do



Ministério Federal do Meio Ambiente,
da Proteção da Natureza
e da Segurança Nuclear

da República Federal da Alemanha



International Copper
Association Brazil
Copper Alliance



Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization
Organisation Latino-Américaine d'Énergie
Organización Latino-Americana de Energia

