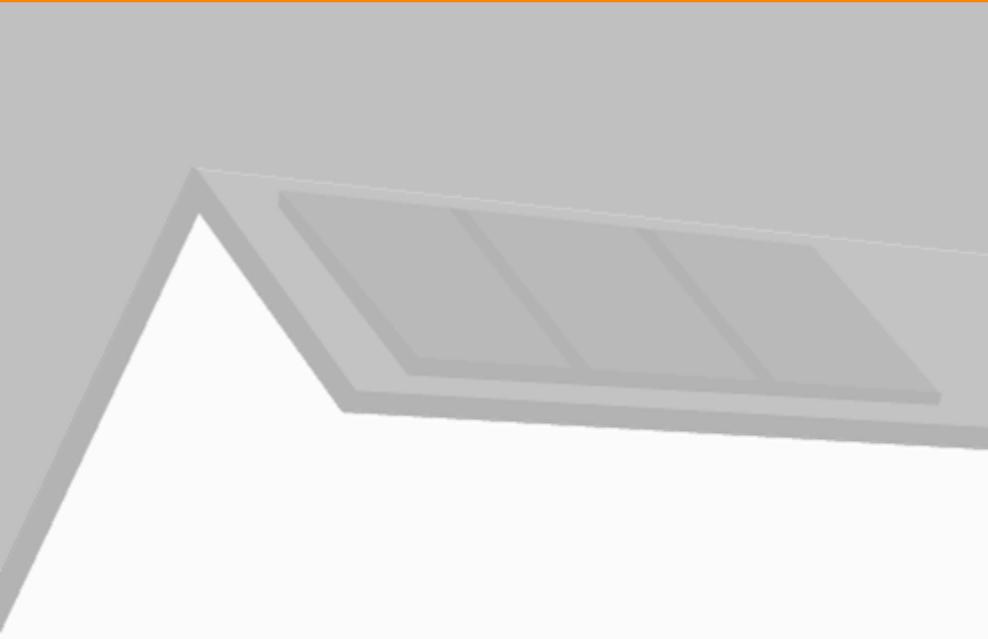


Manual SolTerm

versão 5.1



Compatível com o Sistema
de Certificação de Edifícios
Decretos-Lei nos. 78, 79 e
80 /2006 de 4 de Abril



ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS SOLARES
TÉRMICOS E FOTOVOLTAICOS

SolTerm5

Manual de Instalação e Utilização do software SolTerm

Software

Versão: 5.1.3 - 12 Maio 2010

Autores: Ricardo Aguiar, Ricardo Encarnação Coelho
e Maria João Carvalho

Manual

Versão: 1.9 - 12 Maio 2010

Autores: Ricardo Aguiar e Ricardo Encarnação Coelho
Revisão: Maria João Carvalho, João Farinha Mendes

Edição

Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.
Unidade de Análise Energética e Alterações Climáticas
Lisboa, Maio 2010

Distribuição em CD-ROM
ISBN 978-972-676-205-8



ÍNDICE

1. CONCEITO GERAL	5
2. INSTALAÇÃO	6
3. LICENCIAMENTO	7
4. ASSISTÊNCIA	8
5. OPERAÇÃO BÁSICA	9
5.1. <i>CONCEITOS ESSENCIAIS</i>	9
5.2. <i>ÍCONES DE ACÇÃO COMUNS</i>	10
5.3. <i>LANÇAMENTO DO SOLTERM</i>	10
5.4. <i>SUCCESSÃO DE PASSOS TÍPICA NA OPERAÇÃO DO PROGRAMA</i>	10
6. INTERFACE CLIMA E LOCAL	13
6.1. <i>SELECÇÃO DA ZONA DE INTERESSE</i>	13
6.2. <i>CLIMATOLOGIA</i>	14
6.3. <i>DETALHES LOCAIS</i>	14
6.4. <i>ACESSO A DADOS HORÁRIOS</i>	16
7. INTERFACE SISTEMAS TÉRMICOS	17
7.1. <i>INSTRUÇÕES GERAIS</i>	17
7.2. <i>CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS</i>	18
7.3. <i>CAMPO DE COLECTORES SOLARES</i>	23
7.4. <i>COLECTORES SOLARES TÉRMICOS</i>	24
7.5. <i>DEPÓSITOS E PERMUTADORES</i>	29
7.6. <i>TUBAGENS</i>	32
7.7. <i>FLUIDO CIRCULANTE NO CIRCUITO PRIMÁRIO</i>	33
7.8. <i>CARGAS TÉRMICAS (CONSUMOS)</i>	34
7.9. <i>SISTEMA DE APOIO</i>	43
7.10. <i>“KIT” SOLAR TÉRMICO</i>	45
8. INTERFACE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	47
8.1. <i>INSTRUÇÕES GERAIS</i>	47
8.2. <i>PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO</i>	47
8.3. <i>MÓDULOS FOTOVOLTAICOS</i>	48
8.4. <i>ARMAZENAMENTO</i>	49
8.5. <i>INVERSORES</i>	50
8.6. <i>GERADOR AUXILIAR</i>	51
8.7. <i>CARGAS ELÉCTRICAS (CONSUMOS)</i>	51
8.8. <i>CONTROLO</i>	53

9. INTERFACE ANÁLISE ENERGÉTICA	55
<i>9.1. INSTRUÇÕES GERAIS</i>	<i>55</i>
<i>9.2. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS</i>	<i>55</i>
<i>9.3. OPTIMIZAÇÃO POR CRITÉRIOS ENERGÉTICOS</i>	<i>59</i>
10. INTERFACE ANÁLISE ECONÓMICA	61
<i>10.1. CONCEITOS E INSTRUÇÕES GERAIS</i>	<i>61</i>
<i>10.2. DADOS TÉCNICO-ECONÓMICOS</i>	<i>61</i>
<i>10.3. PREÇOS E CUSTOS DA ENERGIA</i>	<i>62</i>
<i>10.4. CENÁRIOS ECONÓMICO-FINANCEIROS</i>	<i>62</i>
<i>10.5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÓMICO-FINANCEIRA</i>	<i>64</i>
<i>10.6. OPTIMIZAÇÃO ECONÓMICO-FINANCEIRA</i>	<i>66</i>
11. INTERFACE BENEFÍCIOS AMBIENTAIS	67
12. OPERAÇÃO AVANÇADA	68
<i>12.1. EDIÇÃO DIRECTA DOS BANCOS DE DADOS</i>	<i>68</i>
<i>12.2. CONFIGURAÇÕES AVANÇADAS DO SOFTWARE</i>	<i>68</i>
<i>12.3. DADOS METEOROLÓGICOS ADICIONAIS</i>	<i>69</i>
13. REFERÊNCIAS	71

Nota do Editor: A informação apresentada neste Manual, e em particular as figuras que mostram aspectos da interface, podem variar em alguns detalhes em relação à versão do software distribuído, sem prejuízo da correcção e pertinência das explicações aqui providenciadas.

1. Conceito Geral

O SolTerm é um programa de análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, especialmente ajustado às condições climáticas e técnicas de Portugal.

A análise de desempenho de um sistema solar é feita no SolTerm via simulação energética sob condições quasi-estacionárias: isto é, são simulados os balanços energéticos no sistema em intervalos curtos (5 minutos), durante os quais se considera constante o estado do ambiente e o do sistema.

Nestas simulações são usadas informações sobre:

- configuração / dimensionamento do sistema
- estratégias de controlo e operação
- radiação solar horizontal e temperatura ambiente em base horária
- obstruções, sombreamentos, albedo das redondezas, turbidez da atmosfera
- características técnicas dos componentes (colectores, armazenamento, etc.)
- consumo (ou “carga”) do sistema em base horária média mensal

Estas informações são armazenadas segundo categorias, algumas em bancos de dados que podem ser geridos e expandidos pelo utilizador. O SolTerm traz já consigo na instalação um conteúdo inicial nestes bancos de dados, em que se realçam os dados meteorológicos - 308 Anos Meteorológicos de Referência, i.e. um por cada Concelho de Portugal - e os dados dos colectores e “kits” de tecnologia solar térmica, que à data de lançamento da versão estejam ensaiados e certificados segundo regras europeias da marca Solarkeymark¹ ou Certif². No entanto os restantes bancos de dados (depósitos/permutadores, colectores fotovoltaicos, baterias, ...) também já incluem um conteúdo inicial substancial.

A partir dos resultados das simulações de um sistema é possível obter o seu pré-dimensionamento - aliás são fornecidas no programa algumas ferramentas de optimização automática sob vários critérios energéticos. O software disponibiliza também análise económica e análise de benefícios Energia-Ambiente, designadamente do uso evitado de energia fóssil e das emissões de gases com efeito de estufa evitadas pelo uso dos sistemas solares. O programa produz relatórios da climatologia, das análises de desempenho energético, económico e ambiental.

O SolTerm constituiu-se como referência para cálculo de incentivos governamentais à energia solar; e actualmente é o software a ser utilizado na contabilização da contribuição de sistemas de energias renováveis para o balanço energético de edifícios, *no contexto do Sistema de Certificação de Edifícios, com o qual esta versão 5 foi especificamente compatibilizada.*

¹ <http://www.estif.org/solarkeymark/schemerules.php>

² <http://www.certif.pt/marcas.asp>

2. Instalação

O SolTerm funciona sobre o sistema operativo Microsoft Windows© em ambiente interactivo. Não existem a esta data versões para outros sistemas operativos.

A instalação faz-se numa pasta à escolha do utilizador, simplesmente copiando o conteúdo do CD-ROM de distribuição do SolTerm para uma pasta criada pelo utilizador no seu computador. Para minimizar problemas de compatibilidade, o SolTerm apenas deposita informação na pasta escolhida: não é registado no Windows Registry nem instala quaisquer ficheiros na pastas de sistema do Windows©. Também não são instalados atalhos automaticamente. A desinstalação pode pois ser feita simplesmente apagando a respectiva pasta.

Existem dois ficheiros executáveis que correm o programa, **Solterm.exe** (sistemas solares térmicos) e **ST_PV.exe** (sistemas solares fotovoltaicos), sendo possível lançá-los independentemente ou então passar de um para outro durante a operação. Em geral inicia-se lançando o **Solterm.exe**.

A instalação contém pastas com os bancos de dados climáticos, de detalhes locais, de componentes, de configurações de sistema, e de consumos, bem como este mesmo Manual e a Licenças de Utilização, com designações auto-explicativas.

O programa está optimizado para uma configuração típica dos computadores, designadamente uma resolução gráfica mínima '1024 x 768' pixeis, definições de cor mínimas '16 bit', tamanho de letra 'normal' e pixeis de tamanho 'normal' (i.e. 96 dpi). O programa funciona sob outras configurações, mas o seu aspecto poderá em alguns casos ser confuso e ter partes ilegíveis, em particular se alterado o tamanho dos pixeis e/ou de letra acima de 'normal'. O SolTerm dá uma ajuda para alterar estas várias configurações, sob a opção de menú 'Configuração', ver Operação Avançada. Existe a possibilidade de guardar automaticamente as alterações ao Projecto em que se está a trabalhar. O programa não é sensível à definição de símbolo decimal (vírgula ou ponto) do sistema operativo.

Nota para utilizadores de versões anteriores

O LNEG já não dá suporte ao SolTerm 5.0.

Se está a fazer um upgrade do SolTerm 5.0 para o SolTerm 5.1.1, o procedimento é o seguinte:

1. Por segurança faça um backup da pasta do SolTerm 5
2. Apague as pastas 'ST colectores', 'ST cargas', 'ST projectos' e 'Sombras'
3. Coloque o ficheiro 'update_to_ST_5.1.exe' na pasta do SolTerm 5 e corra programa.

Vai perder as informações sobre obstruções e cargas térmicas, bem como as definições de colectores térmicos da *release* 5.0, uma vez que são incompatíveis com as da presente *release* 5.1. Vai ainda perder os 'Projectos' definidos na *release* anterior.

Se está a fazer uma actualização de qualquer das versões SolTerm 5.1 para a mais recente 5.1.3, basta substituir o ficheiro 'SolTerm_5.exe' na pasta do SolTerm 5.

3. Licenciamento

A licença do SolTerm permite o uso do programa e dos seus bancos de dados por tempo ilimitado. No entanto não se toma qualquer responsabilidade pelo uso inadequado, ou incapacidade de uso, dos dados e resultados do software.

A licença do SolTerm 5 não concede o acesso automático e gratuito a novas versões (*upgrades*). No entanto as variantes de versão que corrigem *bugs* ou implementam algumas capacidades adicionais (*releases*) são distribuídas sem custos por correio electrónico ou podem ser descarregadas do website do LNEG.

Cada cópia do SolTerm é licenciada a um utilizador único, para um único posto (i.e. computador). Os dados dessa pessoa (nome e entidade) são usados na personalização da sua cópia do programa. Essa personalização aparece no ecrã de entrada, no ecrã de versão do software, no background da interface do programa e nos relatórios emitidos. Contudo versões especiais multi-utilizador podem ser elaboradas e licenciadas a pedido. Por outro lado, é possível pedir a transmissão de licença para outro utilizador da mesma entidade e/ou a mudança do computador onde está instalado o programa.

A informação resumida que aqui se dá, não dispensa a leitura integral da licença, que figura no ficheiro [Licença_SolTerm_5.pdf](#) também distribuído com o software.

4. Assistência

O software tem assistência técnica gratuita por dois anos. Por norma, a assistência é prestada via o correio electrónico [solterm.suporte @ lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt) , por ordem de chegada das mensagens. Não é excluído o atendimento presencial ou telefónico, mas também não é de forma alguma assegurado, pois depende muito da disponibilidade diária de recursos no LNEG. Apenas há compromisso para a assistência via correio electrónico.

Salienta-se ainda que o conceito de assistência técnica inclui por exemplo dificuldades de instalação e resolução de *bugs* do software em si, mas não inclui treino na operação do programa, formação em climatologia, em simulação numérica, em análise de desempenho de sistemas solares ou noutros assuntos, nem ajuda na interpretação de resultados, excepto em casos muitíssimo pontuais em que isso seja considerado razoável. Esse tipo de informação e formação é prestado regra geral em cursos de pós-graduação e mestrados, e em seminários e cursos de formação específicos de projectistas e instaladores de sistemas.

Para relatar e obter ajuda em problemas de operação, bem como para sugestões de melhoramentos, etc., use o endereço de email [solterm.suporte @ lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt) .

5. Operação básica

5.1. Conceitos essenciais

Para analisar o desempenho de um sistema solar há basicamente que estabelecer a configuração (“layout”), e.g. no caso de um sistema térmico, se é tipo “kit” ou não, qual a colocação de depósitos, permutador, número de cargas a satisfazer o clima do lugar (incluindo o recurso solar nominal para o Concelho escolhido, mas também a temperatura e eventualmente outros detalhes do local da instalação, tais como sombras) os componentes específicos, tais como modelos de colector ou módulo, de depósito ou acumulador, permutador de calor, sistema de apoio (“backup”), etc., as cargas a satisfazer (consumos térmicos ou eléctricos), e ainda algumas características como orientação dos colectores / módulos, das tubagens, modos de controlo, etc. A seguir ao referir “componentes” estaremos a considerar também em sentido lato as cargas.

Estas informações constituem um “Projecto”. Os Projectos são guardados numa base de dados na pasta ‘\ST Projectos’ (sistemas térmicos) ou ‘\PV Projectos’ (sistemas fotovoltaicos). O utilizador pode gerir estas bases de dados manualmente ou através do SolTerm - em particular, pode guardar, carregar, acrescentar, modificar e apagar Projectos.

Existem também bases de dados de uso interactivo para o clima e os componentes (colectores, depósitos, cargas, ...). No entanto as definições de certos componentes não podem ser modificadas, com realce para os colectores térmicos certificados e as cargas térmicas padrão do RCCTE. As interfaces de definições de componentes e cargas podem ser lançadas através de ícones gráficos na interface ou então através da barra de menús.

Definido o clima e detalhes locais, estabelecida a configuração do sistema com os componentes específicos e outras definições necessárias conforme os casos, e atribuídas as cargas, pode avançar-se para a simulação energética. Uma vez concluída pode fazer-se análise económica e análise dos benefícios em termos de redução de consumos de energia fóssil e emissões de gases com efeito de estufa evitadas.

Destas análises podem extrair-se Relatórios em texto simples, numa pasta ‘Relatórios’. Os relatórios abrem nas ferramentas básicas de edição de texto ou ‘bloco de notas’ do sistema Windows: “write.exe” ou “notepad.exe” (não é portanto necessário ter instalado, nomeadamente, o Microsoft Office). Estes programas têm as capacidades habituais de ‘imprimir’, ‘guardar’, etc. Os Relatórios podem ser acedidos através de ícones gráficos na interface ou então através da barra de menús.

De entre as configurações do próprio software, realça-se a capacidade de guardar (ou não) automática e regularmente o Projecto em que se está a trabalhar, o que é útil para não perder alterações mas também pode ser indesejado, conforme o estilo de trabalho do utilizador.

Em termos práticos é por vezes útil criar subpastas dentro das pastas das bases de dados - por exemplo no caso de Projectos, para os organizar por anos, locais ou clientes. Contudo estas subpastas são invisíveis para o SolTerm. Assim para o SolTerm aceder a estas informações, digamos sobre certo Projecto ou componente, é preciso copiar o ficheiro correspondente para a pasta mãe.

Finalmente refere-se que na release 5.1 - e ao contrário da release 5.0 - as interfaces para sistemas térmicos e para sistemas fotovoltaicos são separadas. No entanto é possível lançá-las reciprocamente, isto é lançar a interface para sistemas fotovoltaicos a partir da interface para sistemas térmicos e vice-versa.

5.2. Ícones de acção comuns

Um conjunto de acções frequentes é acedido através de certos ícones que desde já se apresentam. Para facilitar a interacção estes ícones mudam de aspecto quando se “clicom” ou simplesmente se passa sobre eles o ponteiro do rato.



Guardar um relatório (“file”)



Abrir uma interface específica para edição de componentes;
por exemplo, de colectores, depósitos, cargas térmicas ou eléctricas (“open”)



Guardar as alterações feitas (“save”)



Sair de uma interface sem guardar as alterações entretanto feitas (“cancel”)



Sair de uma interface (“exit”)



Apagar um ficheiro contendo definições (“delete”).

5.3. Lançamento do SolTerm

Corra o programa SolTerm.exe. O ecrã de abertura informa-o da versão e mostra a sua personalização. Decorrem alguns segundos enquanto o programa verifica ficheiros e configurações e inicializa dados internamente, e depois é emitido um aviso de prontidão. Poderá então clicar a interface para iniciar de imediato a utilização; de qualquer forma o próprio software avançará para interface inicial.

5.4. Sucessão de passos típica na operação do programa

A interface inicialmente apresentada é a designada por “Clima” nas lâminas do topo da interface. Neste contexto, por clima entende-se essencialmente o recurso solar e a temperatura ambiente. Além disso é possível definir certas propriedades adicionais do local que afectam, em especial, o clima radiativo. São, designadamente: a turbidez da atmosfera, o albedo do entorno (reflectividade) e as obstruções presentes no horizonte.

Na interface figuram um mapa de Portugal, uma lista de séries meteorológicas utilizáveis, e gráficos climatológicos. O utilizador pode mudar em qualquer altura a zona do seu interesse; o mapa apresentá-la-à em evidência, bem como aos respectivos gráficos climatológicos. Inicialmente o banco de dados de Clima contém Anos Meteorológicos de Referência para 308 Concelhos de Portugal. O utilizador pode eventualmente acrescentar os seus próprios dados, ver *Operação Avançada*.



Através deste ícone na interface é possível definir os detalhes locais: turbidez atmosférica, albedo, obstruções. Estes detalhes são arquivados no Projecto. O banco de detalhes locais contém de início apenas dois perfis de obstruções do horizonte, um a 3° e outro a 20° de altura angular constante.

Após definir a zona e os detalhes do local, passa-se para as definições relativas ao sistema solar, clicando na lâmina ‘Sistemas térmicos’ (ou ‘Sistemas fotovoltaicos’). Surge a interface correspondente com um diagrama do (sub)tipo de sistema, com os diversos componentes (incluindo, em sentido lato, as cargas ou consumos térmicos ou eléctricos).

Passando com o apontador do rato por cima de cada componente este fica realçado; clicando, fixa-se essa selecção; voltando a clicar em qualquer parte da interface, liberta-se de novo a selecção de componentes. Um pequeno ícone (“cadeado”) aparece quando um componente está seleccionado. Com um componente realçado e/ou seleccionado, a zona por baixo do diagrama apresenta as suas características, algumas fixas, outras que podem ser ajustadas pelo utilizador. Em geral escolhe-se o modelo do componente, por exemplo a marca e modelo de colectador solar.



Este ícone permite aceder a um editor específico para certos componentes, designadamente colectores térmicos, kits térmicos, depósitos/permutadores térmicos, colectores fotovoltaicos, acumuladores, inversores e sistemas de apoio. Usar estes editores de modelos só é necessário se o modelo desejado do componente não existir já na base de dados.

Para as especificações de consumos de energia / água quente existem quatro opções: um editor geral para definição de consumos e gestão da base de dados de especificações de consumos; dois editores para o caso particular de consumos associados a piscinas interiores e exteriores; e um editor para especificação rápida dos consumos no âmbito do Sistema de Certificação de Edifícios (ver botão marcado “RCCTE”, através do qual aliás também é possível ajustar e completar dimensionamentos para cálculos regulamentares no mesmo contexto).

O utilizador deve percorrer os vários componentes do diagrama, seleccionando modelos para cada um e fornecendo as diversas outras informações que constituem o Projecto.

O software apresenta de início valores típicos “por defeito” em todas as posições; regra geral estes constituem apenas isso mesmo, e não valores oficiais ou regulamentares. Contudo, como mencionado acima, no contexto do Sistema de Certificação de Edifícios são atribuídos certos valores regulamentares e recomendados - ver detalhes mais adiante.

Note-se que por defeito as alterações feitas a um Projecto não são guardadas automaticamente assim que são feitas. O utilizador deve gerir a base de dados de Projectos na barra à esquerda da interface, incluindo guardar as modificações a Projectos, adicionar novos Projectos ou apagar Projectos existentes. Entretanto o software vai tentando recordar ao utilizador se fez alterações ao Projecto corrente que eventualmente necessitem de ser guardadas. Contudo, sob o Menú ‘Configurações’ pode especificar-se a actualização automática do Projecto (e a frequência com que isso é feito).

Concluído o Projecto, selecciona-se nas lâminas do topo a opção ‘Análise Energética’ e o programa faz de imediato uma simulação detalhada do último tipo de sistema que seleccionou, i.e. um balanço térmico ou eléctrico do sistema para um ano representativo. A interface apresentará contudo apenas

os resultados mensais. Terminada a simulação, apresentam-se também alguns valores e índices de desempenho globais (anuais).

Na zona debaixo dos resultados obtidos com o Projecto corrente é dada a possibilidade de explorar automaticamente a optimização do sistema segundo vários critérios energéticos. Contudo só se recomenda essa opção depois de estarem bem compreendidos os critérios em causa, ver *Operação Avançada*.



Este ícone permite guardar num Relatório os resultados da análise energética. Este relatório é guardado na pasta ‘\Relatórios’, num ficheiro de texto simples (extensão “.txt”). No entanto o software também abre de imediato o mesmo Relatório num ‘bloco de notas’ do sistema Windows, pelo que a partir daí pode imprimir ou guardar o ficheiro com outro nome e/ou noutra pasta.

O dimensionamento do sistema é feito explorando em ciclo uma sequência de (re)definição e/ou ajuste de componentes seguido de simulação energética e análise dos resultados, até se estar satisfeito com o desempenho obtido para o Projecto.

Satisfeito (em termos energéticos) com o Projecto que definiu, no caso de sistemas térmicos o utilizador pode depois aceder à interface de “Análise Económica”, usando outra das lâminas do topo. A análise económica e financeira é muito sensível aos cenários especificados: por exemplo ao preço da energia substituída, inflação, taxas de juro, etc. Estas análises podem ser guardadas num Relatório, de forma semelhante às análises energéticas.

Interpretando os resultados da análise económica e financeira é possível - e frequentemente aconselhável - vir a fazer outros ajustes ao Projecto, em particular no tamanho do campo de colectores, por vezes também noutras características como a capacidade de armazenamento ou o tipo de sistema de apoio.

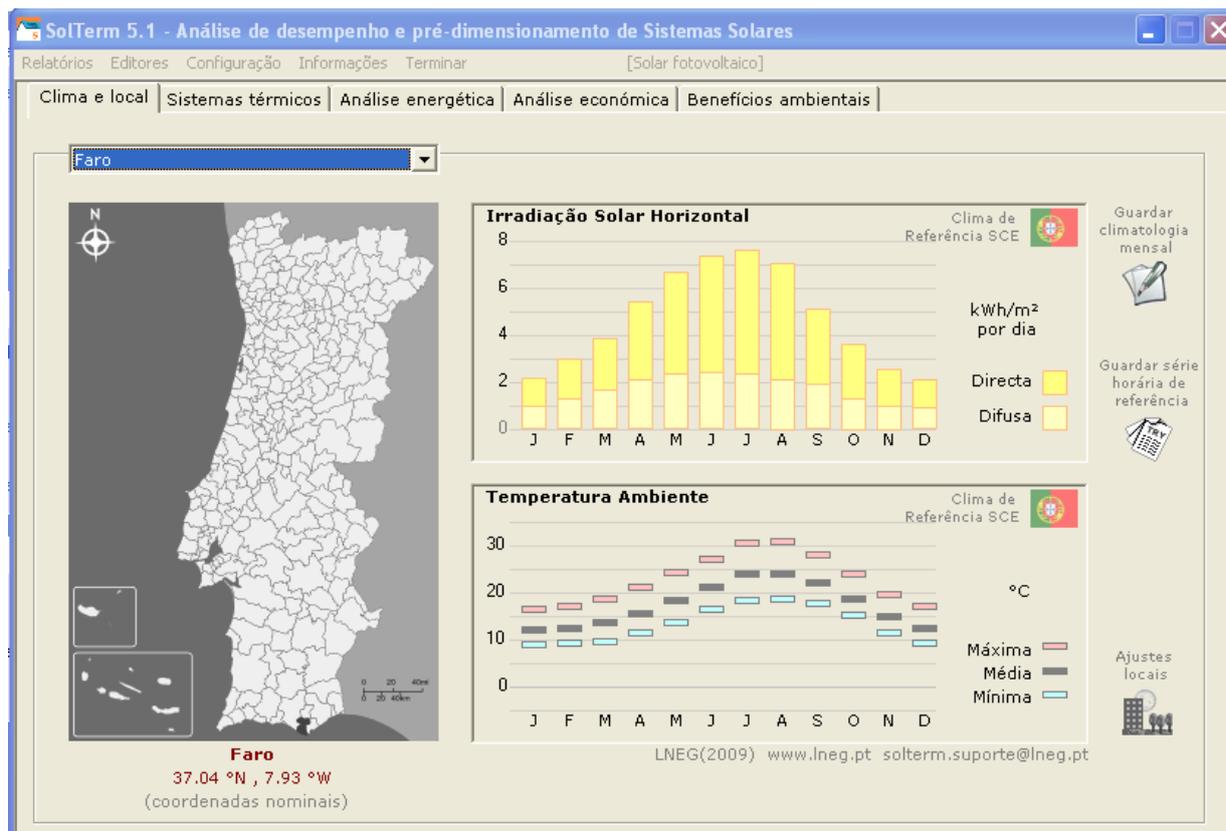
Finalmente, a partir da carga, da energia fornecida pelo sistema solar, e do tipo e características do sistema de apoio, é possível através da lâmina do topo ‘Benefícios Ambientais’ uma estimativa da redução de consumos de combustíveis fósseis e das emissões de gases com efeito de estufa evitadas. Estas estimativas podem ser guardadas num Relatório.

Ao (re)iniciar o SolTerm, o software carrega por defeito o último Projecto em que se esteve a trabalhar. O cenário para a análise económica e financeira de sistemas térmicos não faz é claro parte do Projecto de um sistema solar, mas para conveniência do utilizador os últimos valores utilizados são também guardados e recuperados pelo SolTerm em associação com o Projecto.

N.B. Apenas a vertente de solar térmico da *release 5.1* tem modificações substanciais e funcionalidades acrescentadas relativamente à *release 5.0*.

6. Interface CLIMA E LOCAL

Neste contexto, por Clima entende-se toda a informação relativa a recurso solar e a temperatura ambiente que permite simular o desempenho dos sistemas solares. Os detalhes locais referem-se a características particulares do local onde é instalado o sistema solar, e incluem albedo das redondezas, sombras e obstruções do horizonte, e turbidez da atmosfera (conteúdo em poeiras e aerossóis).



6.1. Selecção da zona de interesse

Na interface figuram um mapa de Portugal, uma lista de séries meteorológicas utilizáveis, e gráficos climatológicos. O utilizador pode mudar em qualquer altura a zona do seu interesse; o mapa apresentá-la-à em evidência, bem como aos respectivos gráficos climatológicos.

O mapa é demasiado pequeno para permitir a selecção directa com o rato (alguns Concelhos portugueses são de facto muito pouco extensos): a selecção é feita na caixa-menú acima do mapa. Como a lista de Concelhos é longa, é em geral mais rápido escrever na caixa os caracteres iniciais da área de interesse para aceder à zona da lista que interessa.

O software recorda a zona seleccionada para cada Projecto.

N.B. Um Projecto inclui a definição de uma zona geográfica, pelo que ao carregar um Projecto (incluindo o inicialmente apresentado pela interface), muda a zona seleccionada. Isto é importante não só pelo recursos solar em si mas porque também as cargas térmicas dependem do clima, em

particular da temperatura ambiente (N.B. o balanço térmico das piscinas exteriores é especialmente sensível ao clima).

6.2. Climatologia



Este ícone abre um Relatório com a climatologia (i.e. médias mensais de longo prazo). Este ficheiro é denominado 'Climatologia.txt' e por defeito fica guardado na pasta '\Relatórios' do SolTerm. Em geral não é necessário examinar estes dados. O Relatório também pode ser obtido via a barra de menús.

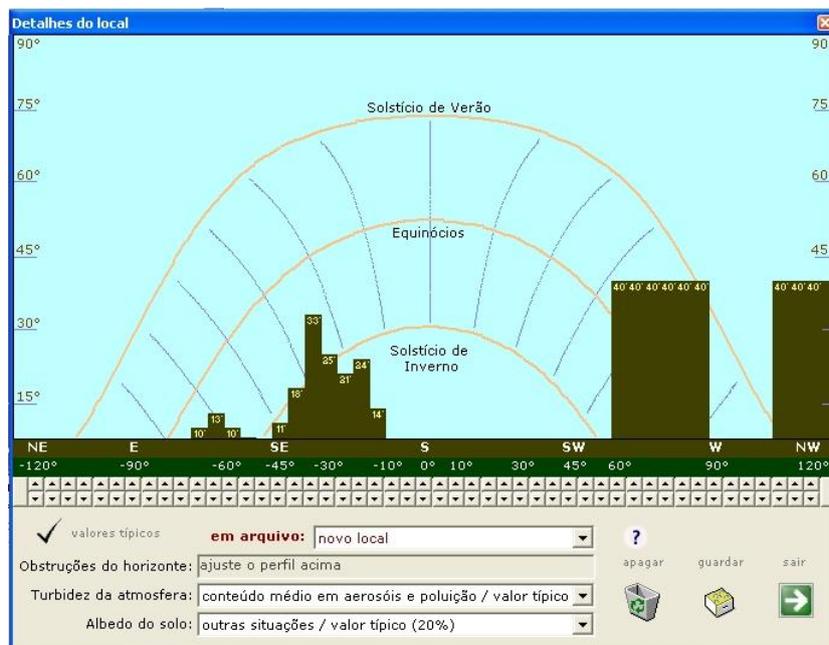
6.3. Detalhes locais

A climatologia não inclui o efeito localizado de em sombras e obstruções, albedo e transparência da atmosfera. Essas são informações que permitem ajustar em alguma medida a informação que é providenciada para dada zona (em geral um Concelho), para um local concreto nessa zona (e.g. uma rua numa localidade).



Através deste ícone é possível definir esses detalhes locais. Estes detalhes são arquivados no Projecto. O banco de detalhes locais contém de início apenas dois perfis de obstruções do horizonte, um a 3° e outro a 20° de altura angular constante.

A interface respectiva tem o aspecto que se mostra abaixo. Mostra uma planificação do domo celeste, olhando para Sul, ao centro; o zénite fica ao longo do topo. Para informação, está também marcado o percurso aparente do sol nos solstícios e equinócios.



O efeito principal das obstruções no horizonte é evidentemente eliminar a radiação directa (i.e. proveniente do disco solar). Sob céu nublado a radiação difusa é relativamente uniforme no hemisfério celeste e a redução da radiação difusa é aproximadamente proporcional à fracção do hemisfério que está obstruída. Contudo sob céu limpo a radiação difusa não é homogénea e existem zonas mais brilhantes junto ao horizonte e à volta do disco solar que podem ser muito afectadas por obstruções.

O SolTerm 5.1 permite definir e guardar máscaras de obstruções entre NE e NW - a zona que na prática interessa para fins de recurso solar - em bandas de 5°.

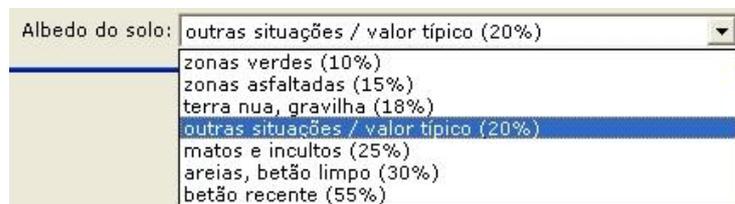
Por defeito o SolTerm 5 usa uma máscara a 3° de altura angular constante. Isto tem um efeito prático desprezável, uma vez que os dados de radiação solar em arquivo para altura solar inferior a 3° constituem menos de 0,2% de todo o recurso solar. Inclui-se ainda uma outra máscara de obstruções com 20° de altura angular constante.

Os perfis ou “máscaras” de obstruções do horizonte são definidas com os botões de ajuste na base do esquema.

Na interface pode-se gerir a base de dados de máscaras de detalhes locais.

Além da máscara de obstruções do horizonte podem ainda ajustar-se o albedo (i.e. a reflectividade do entorno) e a turbidez da atmosfera, nos menus em lista ('listboxes') abaixo do esquema.

O albedo tem por defeito o valor típico de 20%. Isto é apropriado para a maioria dos casos. Outras opções de maior e menor reflectividade estão disponíveis.

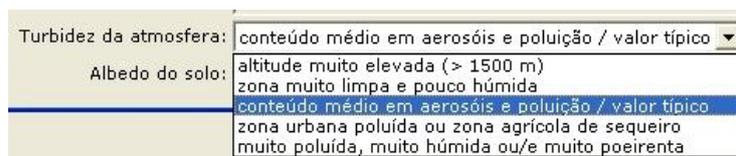


Naturalmente que o albedo varia ao longo do ano e o SolTerm não permite dar conta disso. No entanto, o impacto no recurso solar desta variação sazonal só é significativo em termos práticos para colectores ou módulos colocados na vertical e/ou em situações com neve de Inverno; ou então muito perto de um grande espelho de água, como uma albufeira. Seja como for, a medição e especificação de albedos sazonais é uma actividade especializada e muito onerosa que só se justifica para grandes sistemas em situações muito especiais.

A turbidez da atmosfera traduz basicamente a carga em aerossóis e poeiras, seja de origem humana ou natural. No caso de Portugal são essencialmente fumos e partículas de chaminés e escapes de veículos; poeira levantada em actividades agrícolas; minúsculos grãos de sais marinhos e poeiras do deserto do Sahara que podem ser transportados por centenas de quilómetros. Bruma ou nevoeiro aumentam a turbidez. Mas em geral no Inverno a atmosfera está mais limpa que no Verão, em especial pelo efeito de limpeza da precipitação.

A turbidez reduz em particular a radiação directa; no entanto há alguma compensação em termos de radiação global pois em paralelo há um certo aumento da radiação difusa.

Tecnicamente o SolTerm usa como parâmetro a chamada ‘turbidez atmosférica de Linke para massa de ar 2’. Para uma situação média em carga de aerossóis e poeiras, esta turbidez vale cerca de 3. Como se trata de um tema muito especializado, na interação com o software o utilizador indica apenas um de cinco níveis qualitativos e internamente o software atribui os valores sazonais típicos correspondentes. O nível ‘conteúdo médio’ é atribuído por defeito.



O impacto no recurso solar da turbidez pode ser significativo em termos práticos para situações mais extremas (alta montanha, zonas muito poluídas) e para colectores concentradores de elevada concentração. Mas nos restantes casos a alteração do desempenho do sistema solar, em relação à situação ‘por defeito’, é muito pequena e seja como for desprezável face a outras incertezas envolvidas na simulação.

6.4. Acesso a Dados Horários



Este ícone permite aceder ao clima nominal do Concelho, isto é à série meteorológica de valores horários usada pelo SolTerm, em texto simples. Em geral não é necessário examinar estes dados.

O formato é de texto simples e com um cabeçalho que explica ele próprio o significado dos parâmetros apresentados. Este formato inclui apenas radiação global e difusa e temperatura ambiente, contudo é de salientar que os ficheiros climáticos originais, guardados na pasta ‘Clima’ contêm vários outros parâmetros, entre os quais se salientam os destinados à simulação térmica e de iluminação natural em edifícios.

O banco de dados de Clima distribuído como parte do SolTerm, contém Anos Meteorológicos de Referência (conhecidos por TRY de acordo com a sigla inglesa correspondente a Typical Reference Year) para 308 Concelhos de Portugal, compatíveis com o Sistema de Certificação de Edifícios, vd. Dec.-Lei nos. 78, 79 e 80 /2006, de 4 de Abril. **Existem limitações ao uso destes dados fora do âmbito dos software SolTerm ou RCCTE/STE, ver as informações de Licença e Copyright.**

O utilizador pode contudo remover e/ou acrescentar os seus próprios dados a estes conteúdos iniciais - ver *Operação Avançada*. No entanto para fins regulamentares os TRY originais devem ser usados (e portanto conservados na pasta ‘Clima’).

7. Interface SISTEMAS TÉRMICOS

7.1. Instruções gerais

Clicando a lâmina “Sistemas Térmicos” no topo da interface geral do software, acede-se à interface específica para sistemas solares térmicos. É aqui que se define o sistema solar térmico em si, fornecendo tanto informações gerais de configuração e controlo, como informações específicas sobre componentes, ligações, consumos, sistema de apoio, etc.

Em conjunto com a selecção de clima e de máscara de sombras, estas informações constituem Projectos de sistemas térmicos. Estes Projectos são guardados numa base de dados (localizada na pasta “ST Projectos”), que o utilizador pode gerir - em particular, pode guardar, carregar, acrescentar, modificar e apagar Projectos. As ferramentas para gerir a base de dados de Projectos ficam no topo de uma barra à esquerda da interface.

Em baixo na mesma barra selecciona-se o tipo ou configuração geral de sistema: por exemplo, kit solar térmico, sistema com depósito, etc.

A zona da interface à direita em cima contém um diagrama do (sub)tipo de sistema, com os diversos “componentes” - neste contexto, em sentido lato designaremos também por “componente” neste Manual as definições de consumos, do sistema de apoio, e informações sobre o fluido e caudal de circulação no anel primário.

Passando com o apontador do rato por cima de cada componente este fica realçado; clicando, fixa-se essa selecção; voltando a clicar em qualquer parte da interface, liberta-se de novo a selecção de componentes. Um pequeno ícone em baixo à direita (cadeado) indica quando há algum componente seleccionado.

Com um componente realçado e/ou seleccionado, a zona por baixo do diagrama apresenta características do componente, que são então ajustadas pelo utilizador. Nos casos de colectores térmicos, depósitos/permutadores, “kits” térmicos, e perfis de consumos, há modelos fixos de componentes, que podem ser definidos através de um editor próprio, acessível através de um ícone desta interface (em geral na forma de uma pequena mala de ferramentas).

O utilizador deve percorrer os vários componentes do diagrama, seleccionando modelos e fornecendo as diversas informações que constituem o Projecto. Se desejar alterar o clima e/ou os detalhes do local, deve ir à interface respectiva, fazê-lo, e voltar à interface de Projecto de Sistema.

Note-se que embora o software apresente de início valores típicos “por defeito” em todas as posições, estes constituem apenas isso mesmo, e não valores oficiais, regulamentares ou de outra forma recomendados.

Os modelos de componentes (colectores, depósitos, etc.) são seleccionados em menus que apresentam uma lista do que existe em arquivo.

No entanto é possível modificar ou adicionar um modelo de componente, através do ícone que dá acesso ao editor interactivo de colectores.

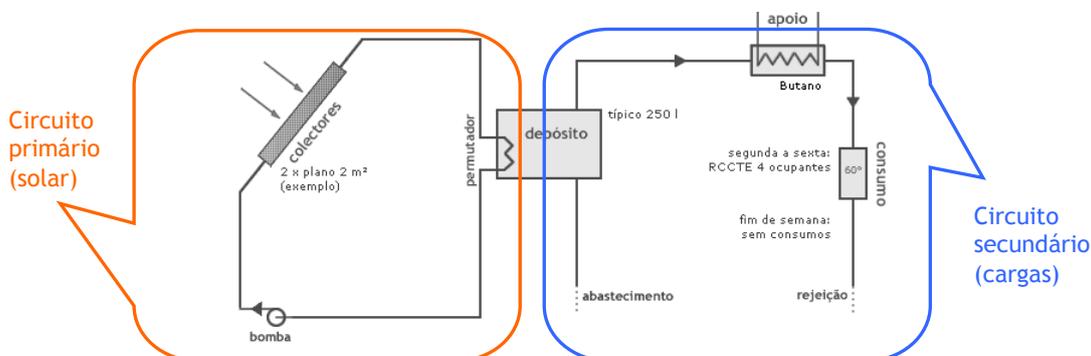
O software não guarda automaticamente definições de componentes novos / alterados nem em geral incorpora automaticamente um componente novo / alterado num Projecto em que se esteja a

trabalhar (o programa alerta para isto mesmo no aspecto e legenda do botão de “sair” da interface). É que a edição /alteração de componentes não faz parte do fluxo básico de trabalho com o SolTerm, em que a situação mais habitual é já estarem disponíveis nas bases de dados os modelos de colectores, depósitos, etc. que se pretende usar num Projecto. Assim, os editores de componentes são ferramentas autónomas que servem para gerir as bases de dados de componentes - aliás, é possível fazer modificações e acrescentar componentes novos directamente nos ficheiros arquivados nas pastas das várias bases de dados (com nome iniciado por “ST” para componentes de solar térmico), sem passar pelos editores interactivos. Estes ficheiros de componentes têm um formato de texto puro, auto-explicativo, comentado, e para utilizadores experientes pode ser até mais expedito trabalhá-los com um editor de texto normal do que via os editores interactivos.

Por defeito, as alterações feitas a um Projecto *não são* guardadas automaticamente assim que são feitas. O utilizador deve gerir a base de dados de Projectos na barra à esquerda da interface, incluindo guardar as modificações a Projectos, adicionar novos Projectos ou apagar Projectos existentes. No entanto o software vai tentando recordar ao utilizador se fez alterações ao Projecto corrente que eventualmente queira ver guardadas; e existe a possibilidade de guardar automaticamente as alterações ao Projecto em que se está a trabalhar, ver o menu “Configuração”.

7.2. Configurações de sistemas solares térmicos

A configuração básica de um sistema solar térmico inclui: um circuito primário (solar) constituído por um campo de colectores ligado por um permutador a um depósito, e um circuito secundário que interliga tomadas de água quente no depósito, cargas térmicas (consumos de energia na forma de água quente, com ou sem reaproveitamento da água em si) e abastecimento de água ao depósito. Neste circuito secundário existe por regra um sistema de apoio que complementa a energia de origem solar de forma a atingir a energia requerida pelas cargas térmicas.



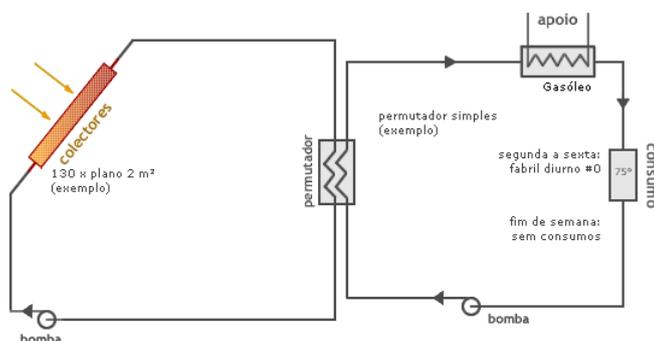
É claro que os sistemas solares concretos incluem muitos mais componentes e interligações, como sensores de temperatura, válvulas, sistemas de enchimento e de purga, outros permutadores, outros depósitos, bombas, vasos de expansão, etc. Contudo, como as simulações de operação feitas pelo SolTerm se baseiam essencialmente em balanços energéticos, *não lhe é necessário considerar estes detalhes para obter boas estimativas de desempenho térmico*.

Assim esta configuração básica presta-se a apenas algumas variações - de facto não muitas, se forem seguidas regras de boas práticas - e o SolTerm admite as principais (cf. selecção de configurações à esquerda na interface).

Claro que haverá sistemas com configurações mais complexas que as disponíveis no SolTerm 5 - mas nesses casos justifica-se, em vez de usar um programa como o SolTerm, um estudo via simulação dinâmica detalhada (uma via naturalmente bem mais trabalhosa, demorada e onerosa).

Variante “sem depósito”

Uma primeira variante é que o circuito primário e secundário estejam ligados directamente por permutador, sem a intervenção de um depósito.



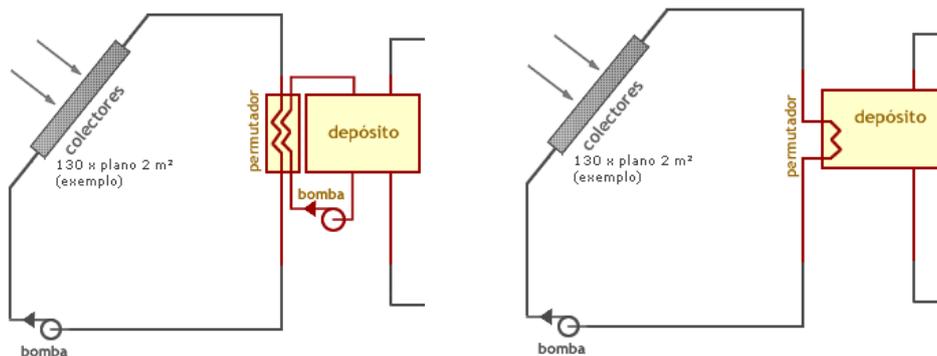
Isto pode ser adequado em especial quando há recirculação da água no circuito secundário, por exemplo ao fornecer calor para processos industriais, para aquecimento ambiente ou de piscinas.

Neste caso a fracção solar do sistema (contribuição do sistema solar em si para o consumo solicitado, vd. discussão pormenorizada na secção 10) dependerá muito dos perfis sazonal e diário da carga térmica: se estiver em fase com os perfis sazonais e diário de radiação solar (“consumos alinhados com o Sol”) então a fracção solar pode ser elevada, mas se os consumos forem principalmente elevados no Inverno e/ou à noite o sistema solar terá um desempenho modesto, e será mais adequada a configuração básica com depósito. O caudal de água a definir no editor de consumos deverá ser o mais próximo possível do caudal recomendado para colector de forma a penalizar o menos possível o rendimento da instalação. A variação da carga térmica deverá ser feita preferencialmente através da diferença entre as temperaturas de abastecimento e de consumo.

Variante “com depósito”

Esta variante é em geral a mais interessante do ponto de vista energético e frequentemente também do ponto de vista económico.

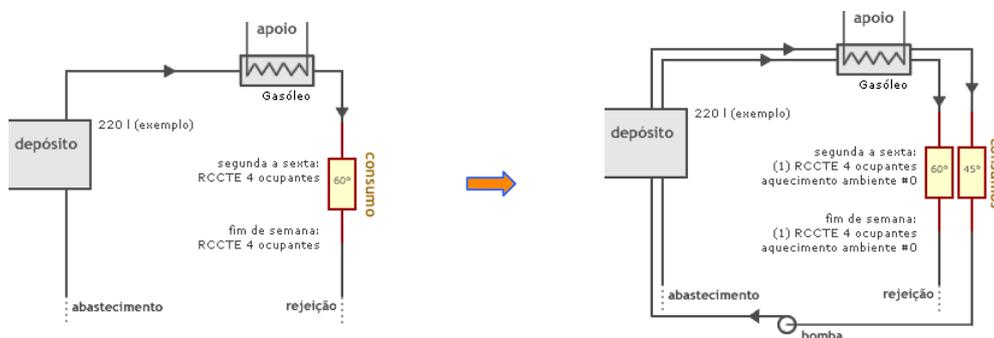
O circuito primário alimenta em energia um depósito, via um permutador (regra de boa prática). O permutador pode ser externo ou interno (e neste caso há vários subtipos, vd. discussão mais adiante).



Do depósito é retirada energia consoante as necessidades (N.B. é indiferente para o SolTerm que seja tipo aberto ou tipo pressurizado uma vez que a limitação de pressão é de 1 atm e consequentemente a temperatura máxima admitida no depósito é de 99°C).

Esta remoção de energia pode ser feita por circulação da água contida no depósito ou via permutadores de calor; assim, o circuito primário pode admitir várias cargas térmicas independentes (“combi systems”). O SolTerm permite um máximo de duas (na versão 5.1), uma vez que como se promove a estratificação de temperaturas dentro do depósito e portanto se tenta retirar a energia da camada superior (boas práticas), em geral não é adequado ou inclusivé possível ter mais que dois sistemas de remoção de calor / água nessa camada.

A prioridade no fornecimento de energia é dada à primeira das cargas especificadas na interface respectiva (carga marcada (1), cf. esquemas).



Características do consumo

Segunda a Sexta	Sábado e Domingo
(1) RCCTE 4 ocupantes	RCCTE 4 ocupantes
<input type="checkbox"/> 2ª prioridade	

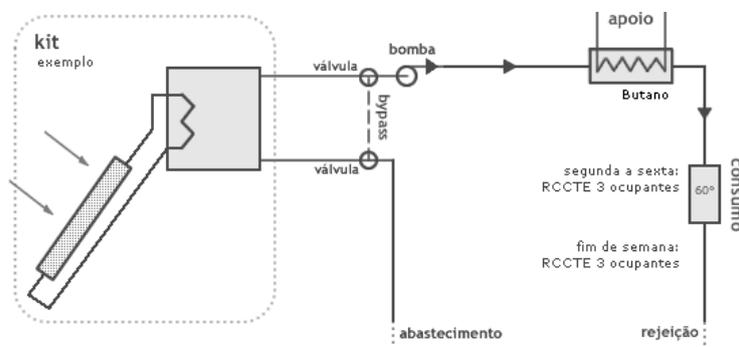
Características do consumo

Segunda a Sexta	Sábado e Domingo
(1) RCCTE 4 ocupantes	RCCTE 4 ocupantes
<input checked="" type="checkbox"/> aquecimento ambiente #0	aquecimento ambiente #0

Como a remoção de energia do depósito pode ser feita por permutadores, é concebível que haja também realimentação de água numa ou duas das cargas.

Dentro da configuração de sistemas com depósito existe o caso de sistemas, ditos tipo “kit”, em que os componentes colector / permutador / depósito estão integrados. Como em geral são utilizados na preparação de águas sanitárias domésticas, o SolTerm admite neste caso apenas uma carga no circuito secundário. Estes sistemas são referidos em mais detalhe na secção 8, ver adiante.

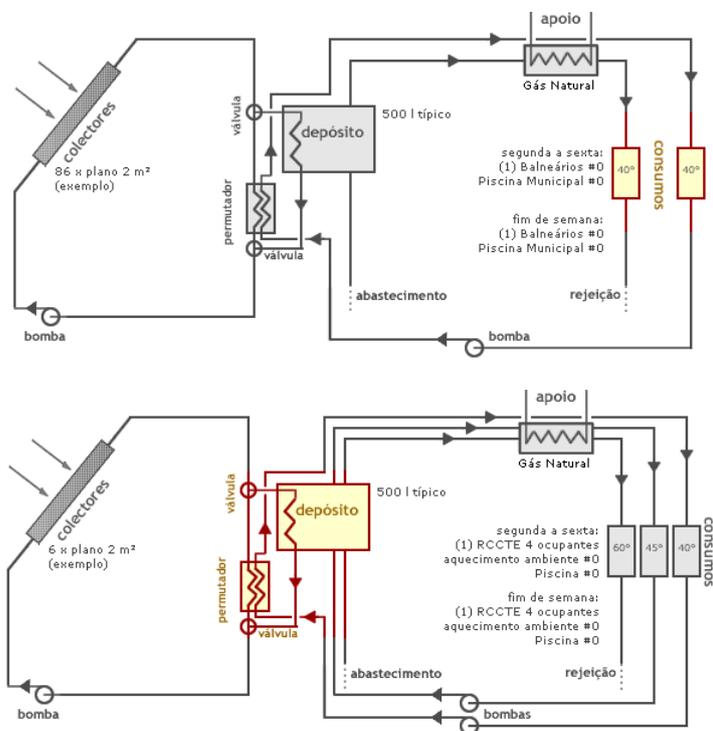
Variante “Kit Doméstico”



É uma solução económica, fiável e de fácil instalação, mais adequada a pequenos sistemas. Nesta variante apenas é possível trabalhar com uma carga de cada vez. Funciona com qualquer carga definida nos editores mas apenas o somatório da energia total diária definida para cada mês é considerada, sendo a distribuição horária do consumo de água quente ignorada.

Variante “multi”

Esta configuração, a mais complexa, inclui duas a simulação de duas formas de proceder à passagem da energia recolhida nos colectores solares para as cargas térmicas: uma via depósito / permutador e outra via permutador simples.



Tal variante pode ser interessante por exemplo quando há uma carga prioritária como aquecimento de águas sanitárias e outras cargas de menor prioridade, como máquinas de lavar loiça e roupa que aceitem água quente, ou eventualmente sazonais, tais como aquecimento ambiente na estação fria e aquecimento de piscinas exteriores na estação quente.

- Características do consumo

Segunda a Sexta		Sábado e Domingo		
(1) RCCTE 4 ocupantes	RCCTE 4 ocupantes		ligação a depósito com permutador	
<input checked="" type="checkbox"/> aquecimento ambiente #0	aquecimento ambiente #0			
<input checked="" type="checkbox"/> Piscina #0	Piscina #0		ligação a outro circuito via permutador	
<input checked="" type="checkbox"/> existem válvulas misturadoras				
(1) a primeira carga é prioritária; prioridade seguinte à temperatura de abastecimento mais baixa				
		 RCCTE	 Piscinas	 Editor geral

A operação do sistema é *crucialmente dependente da prioridade dos consumos*. No SolTerm 5 a primeira das cargas térmicas ligadas ao depósito é prioritária e será sempre satisfeita, se isso for possível considerando o nível de radiação solar e a energia presente na camada superior do depósito; se não for possível a outra ou outras cargas não são também atendidas, e a energia solar eventualmente recolhida é acumulada.

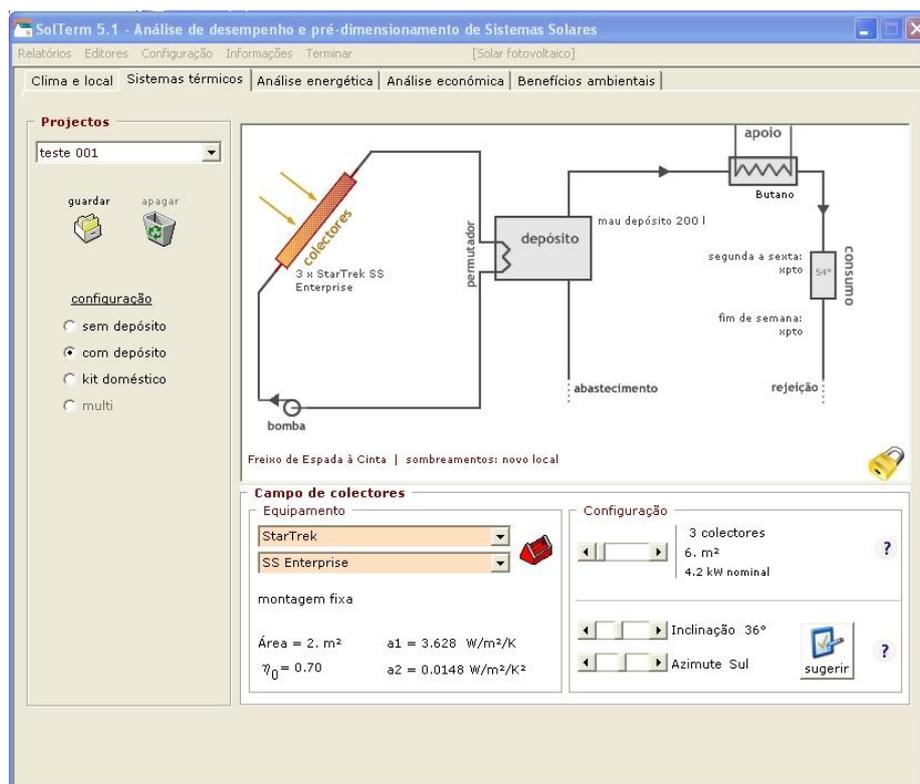
Na configuração em que há apenas duas cargas, se a carga prioritária está satisfeita através da energia já acumulada no depósito, então a outra pode ser ligada (através de permutador) para aproveitar a energia solar que eventualmente esteja a ser recolhida.

Finalmente, na configuração mais complicada em que há três cargas, quando a carga prioritária já está satisfeita, a carga secundária que vai ser atendida é escolhida tendo em conta a maximização da eficácia na recolha de energia solar. Isto traduz-se na selecção da carga que corresponde a uma temperatura de abastecimento de água aos colectores mais baixa.

O SolTerm é instalado carregado com alguns exemplos destas configurações típicas (mas não de todas as variantes concebíveis). Uma forma expedita de configurar um sistema solar é tomar uma dessas configurações e alterá-la de acordo com o caso entre mãos. Após estabelecida a configuração desejada, devem ser ajustados os vários componentes, como se refere nas secções seguintes.

7.3. Campo de colectores solares

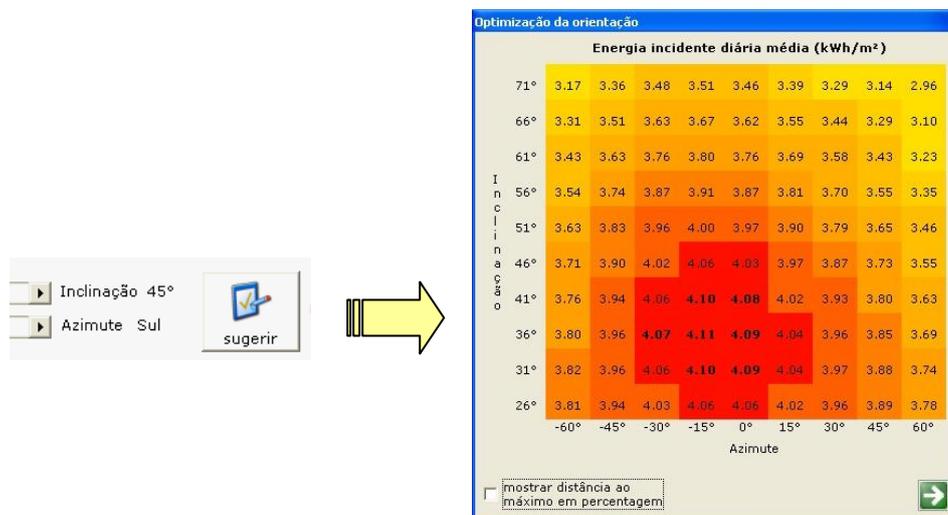
A interface do Painel necessita especificação do modelo de colector a utilizar, número de colectores que constituem o painel, e informações sobre orientação dos colectores em inclinação (em relação à horizontal) e azimute (sendo 0° a direcção Sul e sendo positivo ao rodar no sentido horário a partir de Sul). No caso de montagem fixa, pede-se a inclinação e o azimute da abertura do colector, cf. Figura abaixo; no caso de seguimento do sol com um eixo horizontal, pede-se apenas a direcção desse eixo; nos outros tipos de seguimento não é necessário fornecer informações.



Na variante “sem depósito” o programa pode apresentar ainda uma opção de pré-optimização do número de colectores do Projecto, mas trata-se apenas de fornecer um ponto de partida razoável: o utilizador deve ter em conta múltiplos critérios para determinar a dimensão do painel.

A potência indicada é um valor nominal correspondente a 700 W/m² de colector instalado, atribuído de acordo com o Projecto Europeu NEGST, e destina-se a comparações de potência instalada, nomeadamente com outros equipamentos não-solar térmico.

A opção de sugestão da orientação percorre uma gama de orientações calculando a radiação anual média incidente - as obstruções são consideradas -, e apresentando os resultados num gráfico. Dadas as incertezas no recurso solar e as imperfeições nos algoritmos envolvidos, *não tem demasiada importância escolher precisamente a orientação que corresponde ao valor de irradiação anual mais elevado*: todas as orientações a 95% desse “ótimo” algorítmico (uma gama em geral bastante larga, tipicamente ±15° tanto em inclinação como em azimute) devem ser consideradas na prática equivalentes. O programa atribui zonas de cor conforme a redução de radiação em relação a esta gama de orientações óptimas (segundo este critério), que está marcada a vermelho.



A selecção da opção “mostrar distância ao máximo em percentagem” substitui os valores absolutos por valores percentuais. Por exemplo um valor de 2% para certa orientação indica que se perde 2% de energia recolhida quando se orienta o painel nessa direcção em vez de dentro da gama de orientações óptimas. São assim indicados apenas os desvios que implicam perdas superiores a 1%.

De qualquer forma a gama de melhores orientações é apenas uma sugestão inicial. É que a orientação óptima deve ser escolhida fazendo simulações tentativas do sistema, pois depende não apenas do recurso solar e das obstruções mas também de outros factores, em especial dos perfis sazonais e diários de consumo.

7.4. Colectores solares térmicos

A base de dados de colectores térmicos com que o SolTerm é distribuído contém os modelos de colectores com a marca SolarkeyMark ou Certif, ensaiados segundo a norma europeia e portuguesa actual (EN 12975:2006), presentes no mercado nacional, e de que o LNEG tem conhecimento à data de lançamento deste Manual. À data de edição deste Manual, uma lista actualizada está colocada em http://www.ineti.pt/projectos/projectos_frameset.aspx?id=13812. N.B.: Este endereço mudará a médio prazo com a alteração do website institucional do LNEG.



É possível adicionar outros modelos de colectores, certificados ou não, através do editor próprio, acessível clicando no ícone respectivo. Esta funcionalidade é agora examinada. Os dados a introduzir constam dos relatórios de ensaio dos colectores ou, em geral mas nem sempre, também nos certificados de colectores.

Características geométricas

O Solterm 5.1 apenas requer área do plano de abertura.

Características térmicas

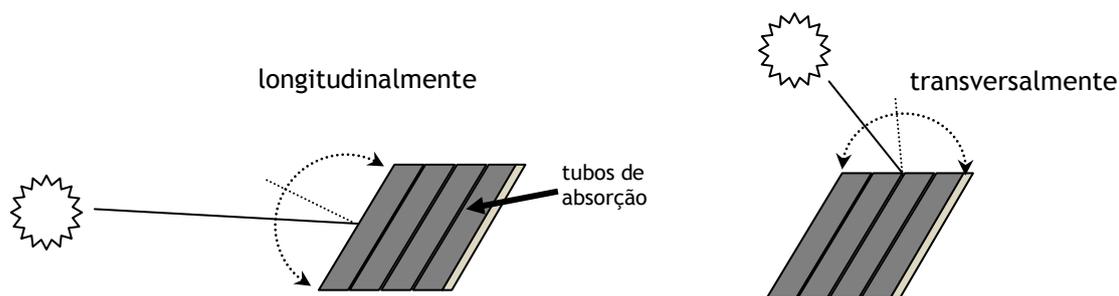
As características térmicas são descritas pelos coeficientes a_1 e a_2 de ensaio relativos à área de abertura. Caso o colector não tenha sido ainda ensaiado pelas Normas mais recentes, deve colocar a_2 a zero e introduzir apenas a_1 , que corresponderá nesse caso ao parâmetro habitualmente designado na literatura técnica como “ $F'\eta_0$ ” na descrição simplificada (linear) da curva de rendimento do colector.

Características ópticas

Em versões e *releases* anteriores do SolTerm distinguam-se dois grandes grupos de colectores térmicos, planos sem concentração e os restantes tipos, que podiam ir de colectores concentradores parabólicos, com óptica CPC, tubos de vácuo, etc. Diferentes algoritmos e pressupostos (e.g. sobre a distribuição da radiação difusa no domo celeste) eram usados para cada caso.

Beneficiando de recentes desenvolvimentos do estado-da-arte científico e das metodologias de ensaio, o SolTerm 5.1 não necessita de distinguir tipos de colectores e dá-lhes um tratamento totalmente igual. Isto resulta numa muito melhor capacidade de avaliação e comparação do desempenho energético dos diversos modelos de colector.

Na base desta nova metodologia está a caracterização óptica de qualquer colector simplesmente pelos seus modificadores de ângulo de incidência longitudinais e transversais. O modificador de ângulo de incidência (na sigla inglesa IAM, “incidence angle modifier”) dá conta da fracção de energia solar que não é absorvida (pelos tubos de circulação da água e eventuais alhetas) quando a radiação não está a incidir na perpendicular ao plano de abertura do colector. Trata-se de um factor de correcção que é um rácio entre o rendimento do colector medido com a radiação incidente vinda de certa direcção e o rendimento medido com a radiação incidente perpendicular ao colector. Portanto por definição vale 1 para incidência perpendicular e 0 para incidência rasante.



Excepto para casos muito especiais, uma muito boa aproximação do IAM é o produto entre os IAM medidos nas direcções transversal e longitudinal relativamente ao alinhamento dos tubos de absorção.

A partir do modificador de ângulo IAM e do rendimento óptico (η_0) relativo à área de abertura, é possível caracterizar como o colector absorve a radiação directa e difusa (celeste e reflectida) em cada instante.

Para colectores planos em boa aproximação o modificador de ângulo longitudinal é igual ao transversal. Quase sem excepção é uma função monótona decrescente, com pendente suave até à gama de 40° a 60° mas que depois cai cada vez mais rapidamente tendo valores já abaixo de 0.05 para incidências acima de 85° . Na Norma de ensaio actual é admitido que uma certa curva de expressão simples permite dar conta deste comportamento; a curva é ajustada medindo um único valor do modificador de ângulo, para uma incidência de 50° . Portanto, para colectores planos já ensaiados, regra geral o que se deve fazer é seleccionar o ângulo de 50° na interface e depois ajustar até ao valor de IAM medido, constante no relatório de ensaio. É a situação que se mostra na figura seguinte.

Editor de colectores térmicos

Em arquivo:
 Marca: Modelo:

Características ópticas (ensaio)
 Rendimento óptico, η_0

Modificadores de ângulo
 transversal longitudinal

Gráfico de Rendimento Óptico vs. Ângulo de Incidência

Ângulo de incidência (°)	Rendimento Óptico (η)
0°	1.00
5°	0.99
10°	0.99
15°	0.98
20°	0.97
25°	0.96
30°	0.95
35°	0.94
40°	0.92
45°	0.90
50°	0.88
55°	0.84
60°	0.80
65°	0.74
70°	0.65
75°	0.48
80°	0.05
85°	0.05
90°	0.05

seleccione e ajuste os valores obtidos em ensaio

Características térmicas (ensaio)
 a_1
 a_2

Geometria do colector
 Área de Abertura

Seguimento do sol
 sem seguimento (fixo)
 eixo de rotação horizontal
 eixo de rotação inclinado, alinhado N-S
 biaxial

Certificação
 este colector está certificado
 Certificado:
 Referência:
 Entidade:

Mas de uma forma geral podem ser conhecidos valores de IAM sob mais ângulos de incidência. No SolTerm 5.1 essa especificação pode ser feita a intervalos de 5°. Quando há mais que o valor conhecido a 50° - nesse caso três valores é o mínimo desejável -, a função que representa o IAM é uma interpolação linear entre os pontos conhecidos (incluindo 1 e 0, para incidência normal e rasante).

Mesmo sabendo que em boa aproximação o IAM transversal é igual ao longitudinal em colectores planos, o utilizador deverá repetir para as duas situações a especificação do perfil de IAM: conforme o caso inserir o valor único a 50° ou então inserir o IAM para pelo menos três valores de ângulos de incidência ensaiados.

Para colectores não planos, o modificador de ângulo transversal em geral também se comporta como acima foi descrito; mas em geral não o modificador de ângulo longitudinal. Com frequência o IAM longitudinal não será uma função monótona decrescente e por vezes acontece mesmo que para certa gama de ângulos de incidência apresenta valores superiores à unidade. Isto que significa que um tal colector absorve mais energia recebendo radiação solar sob esses ângulos inclinados do que sob incidência perpendicular ao plano de abertura.

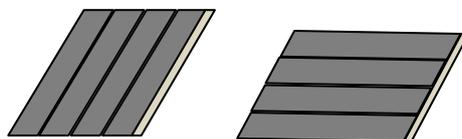
Hoje em dia ainda são raros os certificados e até os ensaios de colectores que reportam o IAM transversal e longitudinal, mas essa é a tendência para o futuro. Para colectores não planos em que não se tenha informação de IAM transversal, recomenda-se a adopção de um valor de IAM de 0,98 a incidência 50° para ambas as direcções. Salienta-se entretanto que os certificados em geral contêm menos informação que o relatório de ensaios no qual se baseiam, pelo que este deve ser consultado.

A base de dados de colectores distribuída com o SolTerm 5.1 foi construída como acima discutido. Por isso para vários modelos de colectores contém mais informação do que a estritamente constante

nos respectivos certificados. Os dados técnicos fornecidos pelo **SolTerm 5.1** incluem todos os colectores certificados presentes no mercado português que chegaram ao conhecimento do LNEG à data de elaboração deste Manual (Setembro de 2009), com dados técnicos aferidos com base em informação oficial, segundo as regras SolarKeyMark e Certif, e com a aprovação dos representantes das marcas.

As definições deste banco de dados original de colectores não podem ser editadas com o **SolTerm**. Para definir um novo colector há que libertar a edição da interface com o botão etiquetado “definir novo colector com base neste”, à direita em cima na interface.

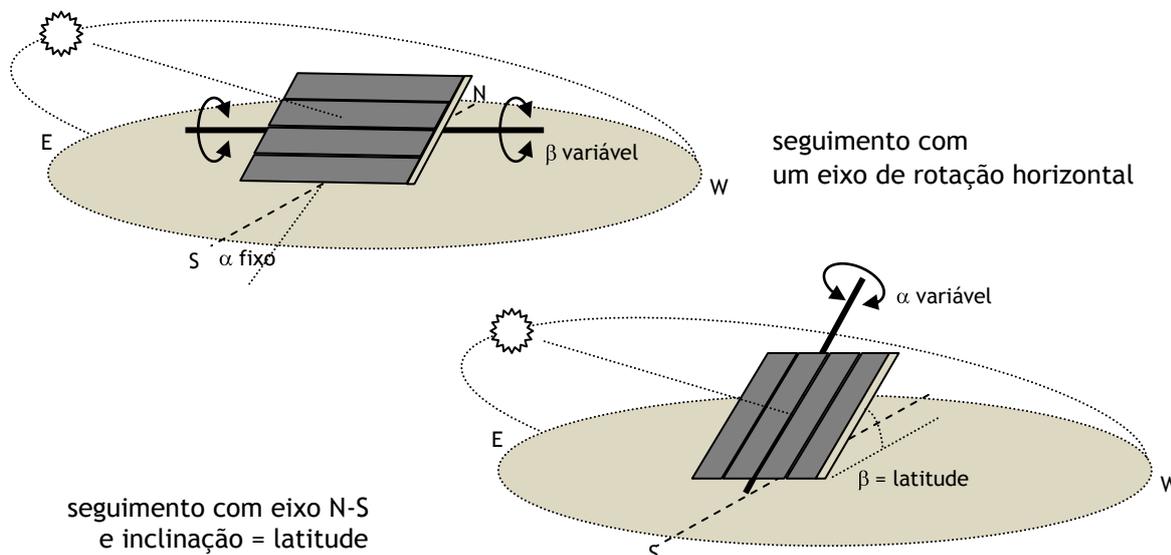
Finalmente nota-se que por vezes um mesmo colector pode ser montado em duas configurações diferentes (vd. figura abaixo), conforme a direcção dos absorvedores. É necessário fazer duas inserções distintas na base de dados para estas duas situações: todos os parâmetros geométricos e térmicos serão iguais, apenas os dados de IAM longitudinal e transversal terão de ser trocados.

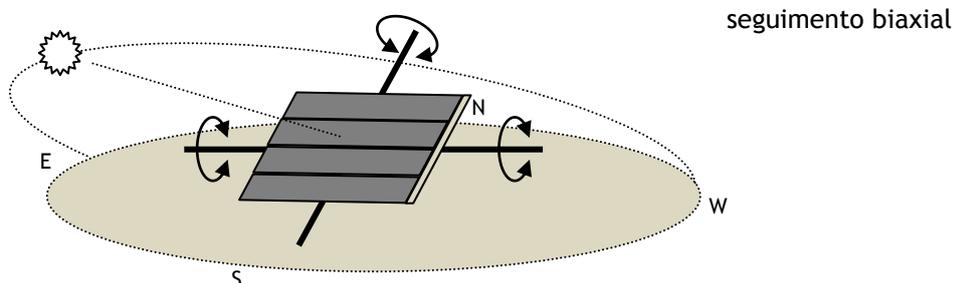


Seguimento do Sol

Embora quase sempre os colectores térmicos sejam instalados numa montagem fixa, o **SolTerm 5.1** dá a possibilidade de seguimento do Sol a um ou dois eixos, variando a inclinação α e/ou a orientação β do plano de absorção, de forma a ter a direcção dos raios solares directos o mais perpendicular possível ao plano de absorção. Esta opção, há muito explorada para painéis fotovoltaicos e colectores parabólicos em grandes sistemas térmicos, começa a ser explorada também no solar térmico de menor dimensão. Outro caso em que é útil esta capacidade do **SolTerm 5.1** é quando os tubos e alhetas de absorção rodam dentro da própria estrutura do colector (nesse caso os modificadores de ângulo introduzidos devem ser os que tenham sido ensaiados com o sistema de seguimento desactivado).

A versão 5.1.1 permite três tipos de seguimento: com um eixo de rotação horizontal, e qualquer orientação azimutal do eixo; com um eixo de rotação alinhado na direcção Norte-Sul, com inclinação igual à latitude; e seguimento com dois eixos.





Mais uma vez, para um mesmo modelo de coletor que seja montado sem e com seguimento, o SolTerm necessita de inserções distintas na base de dados.

Note-se que em colectores com sistema de seguimento do Sol através de um eixo de rotação horizontal, alinhado com os tubos absorvedores, o modificador de ângulo transversal não influencia o desempenho óptico (por isso o SolTerm atribui-lhe o valor 1). Da mesma forma no caso do seguimento biaxial nenhum dos modificadores de ângulo é relevante, uma vez que os raios solares ficam sempre perpendiculares à abertura do coletor.

Note-se ainda que no caso do seguimento do sol com um eixo de rotação horizontal, ou com dois eixos, não é necessário fazer inserções distintas na base de dados de um mesmo coletor conforme a orientação dos absorvedores.

Gravação das definições

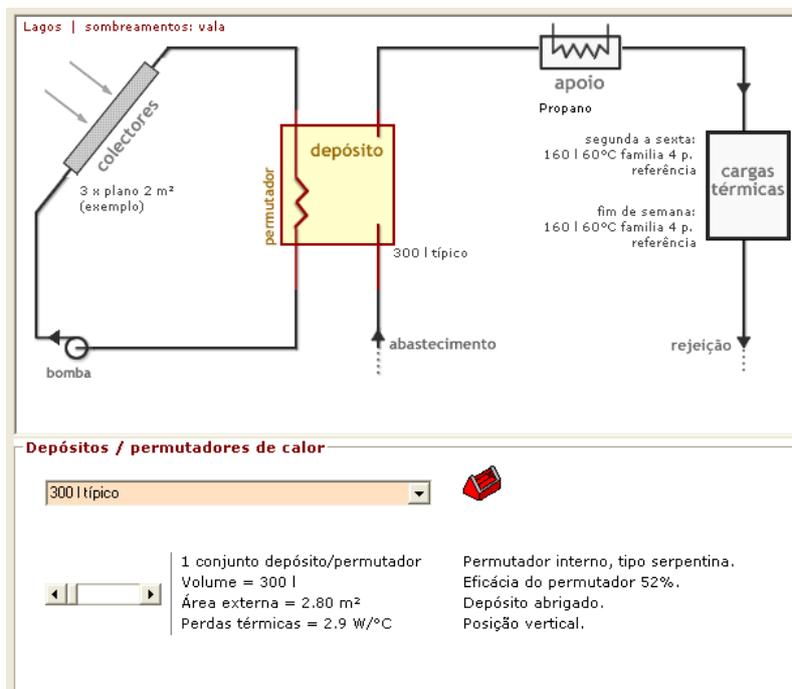
Após a introdução de todas as informações do coletor, há que guardá-las em ficheiro, dando o nome da marca e modelo nas respectivas caixas de texto. O software não permite dar o mesmo nome de uma combinação marca / modelo já existente na base de dados original.

Apagar definições

O software só permite apagar uma marca/modelo de coletor que o próprio utilizador adicionou à base de dados original. Para apagar uma marca/modelo existente na base de dados original o utilizador pode ir à pasta “\ST colectores” e apagar o ficheiro correspondente, que é fácil identificar pelo nome. Desta forma pode ser conseguida, por exemplo, uma personalização do SolTerm 5 que só apresenta colectores de dada marca.

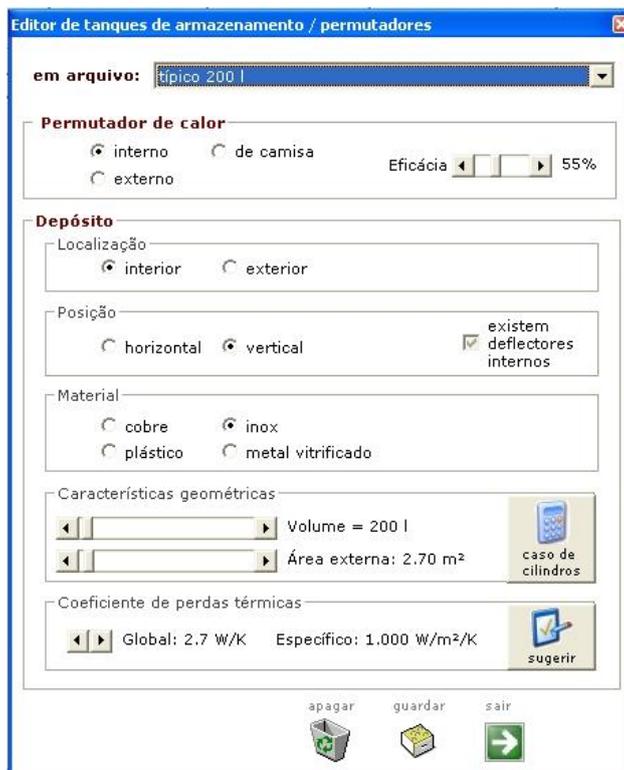
7.5. Depósitos e permutadores

Por conveniência algorítmica e prática, o SolTerm considera o conjunto depósito/permutador como um componente. No entanto é possível especificar apenas características de permutador, designadamente para sistemas sem depósito.



A base de dados com que o SolTerm é distribuído contém modelos de depósitos / permutador típicos, apenas para exemplo. De facto não há neste momento obrigatoriedade de certificação dos depósitos / permutadores especificamente para utilização em sistemas solares, e nem um método de ensaios que seja utilizado com regularidade.

É possível adicionar modelos de depósitos / permutador através do editor próprio, acessível clicando na pequena caixa de ferramentas à direita do menu-lista respectivo.



Há três tipos de permutador admitidos, sendo que o importante é realmente a sua eficácia. No entanto quando se especifica um permutador tipo “camisa” considera-se que a estratificação térmica do depósito é destruída (o que é prejudicial ao desempenho do sistema).

A localização do depósito é importante para o cálculo das perdas térmicas. Em geral um depósito colocado no exterior terá mais perdas térmicas, designadamente de Inverno. Considera-se que um depósito colocado no interior de um edifício estará sob uma temperatura média ambiente de 21 °C.

A posição do depósito é importante para a estimativa das condições de estratificação térmica. Um depósito colocado na vertical terá vantagem em termos de estratificação. Considera-se que existem em todo o caso deflectores internos ou outro sistema que tenta preservar a estratificação térmica.

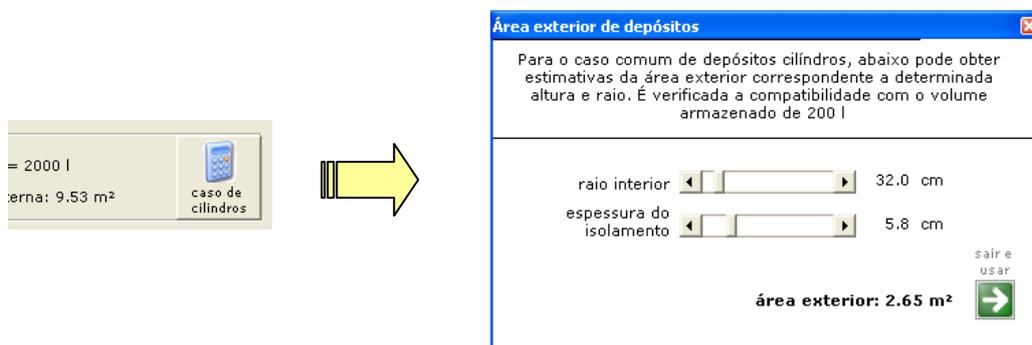
O material de que é feito o depósito é também importante para a estimativa das condições de estratificação térmica. São considerados quatro tipos de material: cobre (significando materiais bons condutores de calor); plástico (significando materiais maus condutores de calor); inox e metal vitrificado (ambos na categoria de médios condutores de calor). As condições de estratificação só podem ser estimadas por monitorização ou simulação muito detalhada de cada modelo de depósito, o que é raríssimo na prática. Pelo que, dadas as incertezas envolvidas, a escolha disponibilizada da condutibilidade térmica é adequada e suficiente.

Nota técnica

Os depósitos tipo “cobre”, “inox” e “plástico”, admitem uma temperatura máxima da água de 99 °C. Não se considera a capacidade extra de armazenar energia que concedem os depósitos pressurizados. Quanto aos depósitos tipo “vitrificado”, considera-se um máximo de temperatura de armazenagem de 85 °C, já que acima deste nível é conhecida a existência de degradação rápida do revestimento (não obstante poderão existir no mercado depósitos vitrificados de tecnologia superior que suportem temperaturas mais elevadas sem dano; nesse caso especificar “inox”).

A informação sobre o volume e área do depósito é naturalmente crucial para a simulação térmica do sistema solar. A área a especificar é a área externa do depósito, i.e. isolamento e protecção mecânica consideradas. De facto, o coeficiente de perdas térmicas é medido nos ensaios vulgares para o conjunto do depósito (em unidades W/K), e o valor específico que aparece mencionado ($W/K/m^2$) é relativo a essa área externa. Na ausência de informação, deve ser adoptado o valor recomendado de $1 W/K/m^2$.

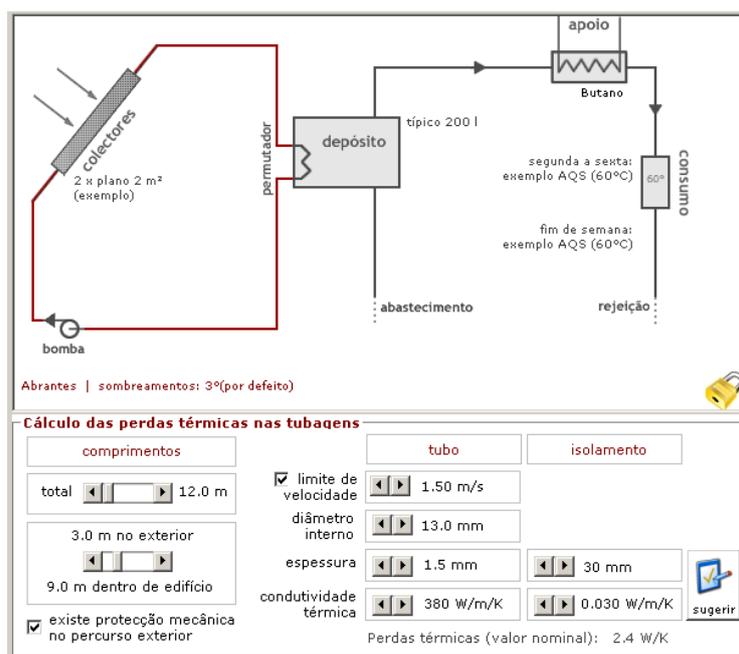
Existe no SolTerm uma ferramenta que facilita o cálculo para o caso de depósitos cilíndricos, ver o botão com um ícone “calculadora”. Trata-se de uma estimativa - a área externa deve figurar nos catálogos e/ou ser medida. Em todo o caso esta ferramenta pode ser útil. Há limitações aos parâmetros inseridos, por compatibilidade com o volume de armazenamento declarado.



Também o SolTerm não permite depósitos com volumes armazenados acima de 5000 l e/ou com áreas exteriores superiores a $60 m^2$. Se houver que lidar com volumes de armazenamento superiores a 5000 l há que especificar vários depósitos na interface principal e reajustar a área externa de acordo (mas isto deverá ser raro). Se estipular dois ou mais depósitos para o sistema solar então o algoritmo de cálculo considerará uma estratificação, energia armazenada e perdida igual em cada depósito, por isso os valores totais serão múltiplos do número de depósitos escolhido.

7.6. Tubagens

A interface para o componente “Tubagens” refere-se apenas às perdas térmicas no transporte de calor entre colectores e depósitos, e à especificação do limite de velocidade na tubagem (que não tem qualquer influência no cálculo); as características dos fluidos circulantes e caudais são especificadas noutra interface, ver a secção seguinte. É necessário introduzir comprimentos e diâmetros de tubagem, espessura de isolante e condutibilidades térmicas dos vários materiais.



O comprimento “total” referido é a extensão do circuito primário, isto é, da tubagem entre o depósito até aos colectores e desde os colectores, de volta ao depósito. A fracção deste circuito que é percorrida dentro do edifício é também pedida, mas é um parâmetro a que o desempenho do sistema é pouco sensível, se o isolamento for adequado.

Em princípio teria também influência a fracção de distância percorrida na horizontal e na vertical. Mas na prática o desempenho do sistema é mesmo muito pouco sensível a esse detalhe: são portanto admitidos internamente valores típicos.

Além da extensão do circuito primário, as perdas térmicas são especialmente sensíveis à área exposta, i.e. que irradia energia - e portanto à secção total da tubagem - e à espessura do isolante. Deve pois ter-se especial cuidado ao fornecer ao programa diâmetro de tubagem metálica e de espessura de isolante correctos, também da condutibilidade térmica do isolante.

Contudo o desempenho do sistema é pouco sensível à espessura exacta do tubo metálico e ainda menos à sua condutibilidade térmica. Assim os valores de espessura admitidos na interface são apenas os relativos a tubo de Cobre segundo a Norma Europeia, mais comuns em Portugal, designadamente 1,0 e 1,5 mm. Quanto aos valores de condutibilidade térmica, encontram-se naturalmente nas tabelas dos fabricantes. Valores típicos, fornecidos também pelo SolTerm no botão “sugerir”, podem ser encontrados em www.npl.co.uk/reference_data.

O valor de perdas (em W/K) apontado na interface é um valor nominal, uma vez que depende da situação de operação do sistema, sendo por isso (re)calculado na simulação a cada passo de tempo.

Já o valor do limite de velocidade é uma ferramenta de uso opcional, sem influência no cálculo ou no caudal recomendado, que serve de auxiliar ao utilizador para o alertar sobre este parâmetro quando são alterados:

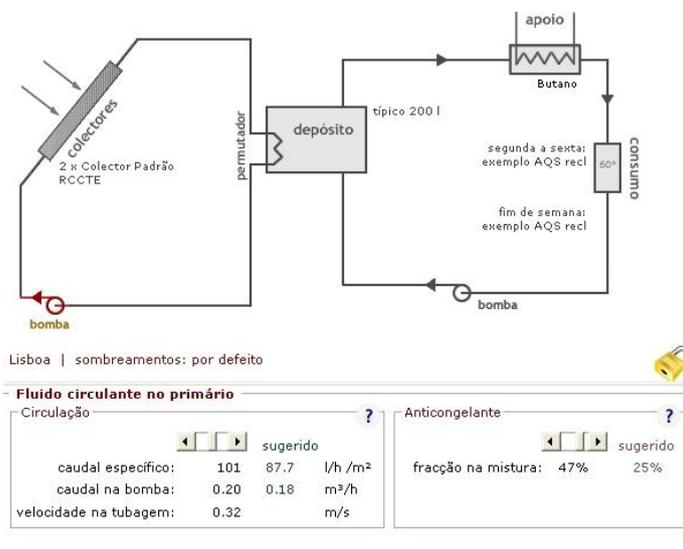
- o caudal da bomba circuladora;
- o número de colectores;
- o diâmetro interno da tubagem.

Se a opção desta ferramenta estiver seleccionada então o utilizador vai ser avisado de cada vez que o limite de velocidade na tubagem escolhido for ultrapassado. Essa mensagem sugere a acção correctiva que se deve tomar em cada um dos três parâmetros. A opção de usar esta ferramenta bem como o valor do limite de velocidade não serão gravados em cada Projecto, pelo que de cada vez que um Projecto é carregado o limite volta ao valor padrão de 1,5 m/s.

7.7. Fluido circulante no circuito primário

É necessário dar ao software informação sobre a circulação de fluido no circuito primário (solar), traduzida em dois parâmetros: caudal e composição da mistura.

Sob o ponto de vista de balanços energéticos, o principal efeito do anticongelante, com capacidade calorífica menor que a água, é aumentar um pouco a temperatura do circuito primário e assim promover as perdas térmicas, mas ligeiramente. Uma outra consequência é a redução da densidade do fluido no primário, com efeitos no caudal, também ligeiros. O desempenho do sistema é assim muito pouco sensível aos detalhes da mistura contida no circuito primário. A sugestão do SolTerm, 25% de anticongelante na mistura, é adequada à gama de temperaturas mínimas extremas nas zonas urbanas de Portugal. A especificação de outros valores é possível; no entanto a diferença que se obterá em termos de desempenho térmico, relativamente à obtida com a sugestão do SolTerm, será de forma geral inferior a 0,2%.



O desempenho do sistema é mais sensível à especificação do caudal. Este caudal pode variar muito, desde valores muito baixos, de poucos litro/m² (de área de colector) por hora, em sistemas ditos “de passagem única”, até valores da ordem das dezenas de litro/m² por hora em certos sistemas em regime de circulação forçada. Em todo o caso tem de ser especificado para efeitos de cálculo, mesmo para o caso de sistemas em regime de convecção natural, em que não pode ser directamente controlado pelo projectista.

O SolTerm sugere um valor baseado nas características dos colectores, incluindo um critério de limitação da temperatura máxima atingida nos colectores (para não incentivar as perdas térmicas, embora haja considerações de segurança e longevidade).

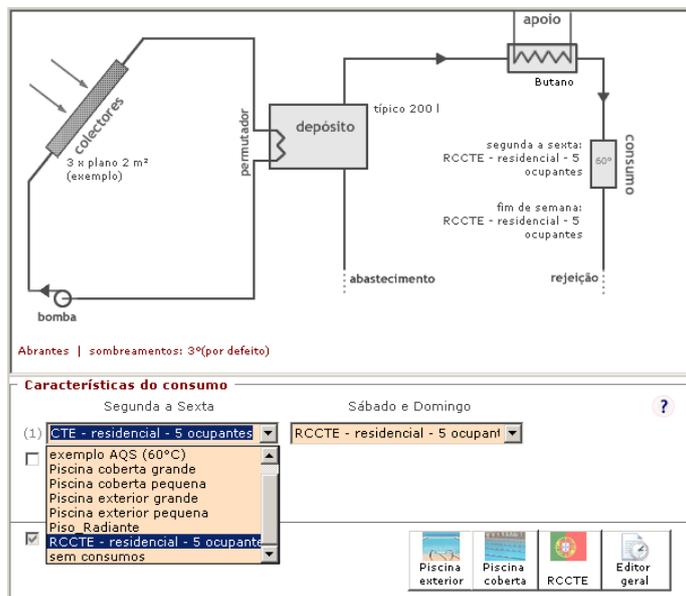
A presente release 5.1 do SolTerm permite um controlo mais fácil da velocidade na tubagem, apresentando esse valor no interface da bomba circuladora, bem como o caudal total na bomba circuladora (m^3/h). Adicionalmente, e conforme explicado acima, pode ser especificada uma velocidade de projecto (N.b: não é guardada no 'Projecto' do sistema), acima da qual aparecem mensagens de aviso nos interfaces da bomba circuladora, colectores e tubagem. Essas mensagens de aviso dão também sugestões para a correcção do excesso de velocidade da tubagem. Note-se que isto não tem influência no cálculo térmico. Deve adoptar um valor na gama de velocidades recomendada para as instalações de pequeno e médio porte, digamos entre 0,4 e 0,6 m/s, mas podem existir casos com tubagem maior que permitam uma velocidade de escoamento mais alta devido à redução da perda de carga associada (que deve estar abaixo dos 40 mm de coluna de água por metro linear de tubo). Também deve ser tido em conta o ruído de escoamento que em ambiente residencial, acima de 1,5 m/s, pode provocar incómodos relevantes. O aumento da percentagem de anticongelante diminui a perda de carga e consequentemente promove as condições do escoamento laminar que é mais silencioso. Trata-se antes de mais opções do projectista.

Em sistemas sem depósito o mais adequado para a eficácia do permutador é ter um caudal no circuito primário igual ao que é solicitado pela carga térmica (circuito secundário) - e isto é o que o SolTerm assumirá. Na prática esta opção provoca uma perda de rendimento no campo de colectores à medida que o caudal no circuito primário se afasta do caudal ideal dos colectores. É por isso conveniente que esse acerto do caudal seja feito do lado da carga e não do lado dos colectores. Para que a carga varie de mês a mês pode ser especificada uma temperatura de abastecimento diferente para cada mês e uma temperatura de consumo mais ajustada a esta opção. Deve ser encontrado um equilíbrio entre a situação real e a simulação para que a simulação contabilize correctamente a energia que é entregue pelo sistema solar.

Finalmente, em sistemas "multi" é conveniente para os cálculos de balanço térmico admitir um caudal constante quando o campo de colectores está ligado ao segundo circuito de carga através de permutador. Neste caso o SolTerm usa o caudal máximo solicitado pelo consumo, pois é adequado para evitar temperaturas de operação do painel muito elevadas.

7.8. Cargas térmicas (consumos)

A informação sobre consumos, ou "cargas térmicas" é das mais importantes para analisar o desempenho de um sistema solar. Trata-se contudo de uma variável que não se refere ao sistema em si, mas à utilização futura do sistema, em condições em grande medida desconhecidas - ou pelo menos incontroláveis - pelo projectista. Juntamente com a especificação do recurso solar, a especificação das cargas térmicas constitui a maior fonte de incerteza para a estimativa de desempenho do sistema em termos de valores absolutos de energia fornecida. De facto estas duas fontes de incerteza "exógenas" são tão significativas que controlam a incerteza global das estimativas de desempenho em qualquer software de simulação. Aliás, atingido já um certo nível mínimo na representação do sistema, estas circunstâncias tornam fútil o exercício de tentar melhorar significativamente estimativas de desempenho à custa da integração obsessiva de detalhes "endógenos" cada vez mais finos do sistema solar. Deve pois ser posto o maior cuidado na especificação das cargas térmicas.



O SolTerm 5 armazena definições de cargas mensais numa base de dados, que podem ser chamadas através dos dois menús-lista na interface. É possível especificar cargas para os dois períodos complementares de “Segunda-feira a Sexta-feira” e “Fim de Semana” (Sábado e Domingo), o que é conveniente por exemplo para sistemas industriais que não operam ao fim de semana, para segundas habitações não usadas durante os dias úteis, etc. Pode inclusive ser especificada a ausência de consumos para um dos períodos da semana (mas não para os dois em simultâneo). Através da sazonalidade dos perfis de consumo (valores diários médios mensais) é possível também abordar os casos de casas de férias, piscinas, aquecimento ambiente, etc.

O SolTerm permite a especificação hierárquica de cargas, isto é, ter várias cargas que são chamadas sucessivamente conforme a prioridade do utilizador, a energia armazenada disponível, o nível de temperatura exigido nas cargas e a temperatura da água de abastecimento. É o caso por exemplo de sistemas que asseguram aquecimento de águas sanitárias e também aquecimento ambiente ou de piscina.

As definições de cargas podem ser editadas directamente nos ficheiros da pasta “\ST cargas” ou via as ferramentas interactivas que o SolTerm proporciona.

Uma vez que as cargas térmicas são, em maior ou menor grau, sempre dependentes do clima, as definições de cargas no SolTerm 5.1 são independentes do clima. São definidos ou directamente os volumes de consumo de água quente a certa temperatura (usar o ‘Editor geral’) ou os parâmetros da aplicação energética a partir dos quais se podem calcular as necessidades térmicas - por exemplo no caso de piscinas, a área, volume, condições de utilização, etc. Estas definições de necessidades térmicas são depois convertidas pelo SolTerm 5.1 em necessidades energéticas, tendo em conta o clima do lugar. Pode assim uma mesma definição de cargas ser reutilizada em vários Projectos, sob vários climas.

Nota para utilizadores da anterior *release* 5.0

Esta capacidade de portabilidade das definições de cargas na *release* 5.1 independentemente do clima não está presente na *release* 5.0 - o que a experiência mostrou ter causado inúmeros mal-entendidos, erros e dificuldades de utilização no software. No entanto esta alteração também implica que as definições de cargas da *release* 5.0 não podem ser reaproveitadas para a presente *release*.

Editor geral

Nesta ferramenta o perfil horário pode ser especificado em termos absolutos (consumo absoluto efectuado a cada hora) ou relativos (consumo diário absoluto e percentagem deste efectuada a cada hora), podendo alternar-se entre as duas versões da forma que o utilizador considerar mais conveniente. No entanto como a representação interna dos consumos apenas vai até ao décimo de litro - o que até já está para além do que é realista... - ao alternar entre as duas versões é em geral necessário reacertar as percentagens de consumo horário até perfazerem 100% do consumo diário.

definição geral de cargas térmicas

Piscina exterior

Piscina coberta

RCCTE

Editor geral

Editor de consumos de águas quentes

em arquivo: exemplo AQS (60°C)

Hora	Volume	Energia
0 - 1		
1 - 2		
2 - 3		
3 - 4		
4 - 5		
5 - 6		
6 - 7	5 l	= 0.3 kWh
7 - 8	40 l	= 2.2 kWh
8 - 9	30 l	= 1.6 kWh
9 - 10	5 l	= 0.3 kWh
10 - 11		
11 - 12		
12 - 13		
13 - 14		
14 - 15		
15 - 16		
16 - 17		
17 - 18	5 l	= 0.3 kWh
18 - 19	30 l	= 1.6 kWh
19 - 20	40 l	= 2.2 kWh
20 - 21	30 l	= 1.6 kWh
21 - 22	10 l	= 0.5 kWh
22 - 23	5 l	= 0.3 kWh
23 - 24		

Total diário: 10.9 kWh = 200 l

limpar dados

repetir dados de Janeiro em todos os meses

consumos horários especificados como:

valores absolutos litros de água aquecida

percentagem do valor diário kWh

Temperaturas da água (°C)

abastecimento (caso de Abrantes)

origem do abastecimento:

reciclagem de água consumida

água da rede

outra água nova

Editor de consumos de águas quentes

em arquivo: exemplo AQS (60°C)

Hora	% do total diário
0 - 1	
1 - 2	
2 - 3	
3 - 4	
4 - 5	
5 - 6	
6 - 7	2.5%
7 - 8	20.0%
8 - 9	15.1%
9 - 10	2.4%
10 - 11	
11 - 12	
12 - 13	
13 - 14	
14 - 15	
15 - 16	
16 - 17	
17 - 18	2.5%
18 - 19	15.0%
19 - 20	20.0%
20 - 21	15.0%
21 - 22	5%
22 - 23	2.5%
23 - 24	

Total diário (l):

Janeiro 200

Fevereiro 200

Março 200

Abril 200

Maio 200

Junho 200

Julho 200

Agosto 200

Setembro 200

Outubro 200

Novembro 200

Dezembro 200

limpar dados

repetir dados de Janeiro em todos os meses

consumos horários especificados como:

valores absolutos litros de água aquecida

percentagem do valor diário kWh

Os consumos horários podem ser especificados directamente em kWh o que se traduzirá em litros de água quente consumida a certa temperatura. Escolher esta opção de especificação nada implica no cálculo de cargas (excepto que na interface é necessário acertar algumas décimas associadas a arredondamentos na passagem de kWh para litros de água quente e vice-versa).

A hora usada é a hora solar. A simulação de desempenho é pouco sensível à diferença entre hora solar e hora legal; em todo o caso, como recomendação geral, os valores que sejam estimados para hora legal podem ser atribuídos à hora solar anterior.

A opção “repetir em todos os meses” permite fazer isso mesmo, i.e. repetir um mesmo perfil horário para todos os meses - tomando como modelo as especificações para Janeiro.

Além dos perfis diários médios, é necessário especificar pelo menos as temperaturas da água no anel secundário (i.e. do consumo). Em primeiro lugar, a temperatura nominal de consumo. Se o sistema solar dispõe de água para fornecer acima desta temperatura nominal, assume-se que ela é misturada com água fria como necessário; senão é aquecida pelo sistema de apoio, como necessário. No caso do Sistema de Certificação de Edifícios, a temperatura nominal a atribuir é de 60 °C.

Nota técnica

O SolTerm 5 não permite a extracção de água do depósito para a levar ao consumo a uma temperatura superior a 99 °C (ou 85 °C no caso de depósitos do tipo “vitrificado”). A energia correspondente à eventual diferença de temperatura de armazenamento no topo do depósito acima deste limiar é contabilizada como desperdiçada. Em configurações sem depósito a restrição é maior: o limiar de temperatura considerado é a temperatura de consumo.

É necessário depois especificar a temperatura da água que entra no depósito; o SolTerm permite a especificação ao nível mensal. Os sistemas solares podem ou não reaproveitar a água que sai das cargas térmicas. Caso se trate por exemplo de aquecimento de águas sanitárias, para lavagens, cozinha, etc., a água não reentra no sistema solar. Mas no caso por exemplo de sistemas industriais ou climatização ambiente por piso radiante, é comum recircular a água. Em sistemas só com permutador, sem depósito, as boas práticas relativas à eficiência e longevidade do sistema exigem que se faça a recirculação desta água.

No caso de rejeição da água na carga térmica, o sistema é alimentado por água vinda de um circuito hidráulico exterior, sendo que o mais frequente é vir da rede de abastecimento público. A temperatura de alimentação desta “água nova” é outra das variáveis exógenas que condicionam o desempenho do sistema e contudo são em grande medida desconhecidas e incontroláveis. De facto o sistema solar não visa simplesmente aquecer água a determinado nível de temperatura, mas sim aquecer água desde a temperatura de entrada até à temperatura de consumo. Assim a carga térmica é dependente também da temperatura da água de abastecimento (já agora, menciona-se que é uma das vias pela qual o Aquecimento Global vai favorecer o desempenho dos sistemas solares térmicos). A temperatura da “água nova” que entra no sistema solar depende das temperaturas e tempos de percurso da água na extracção, no seu transporte, armazenamento e distribuição. Tudo factores quase sempre desconhecidos nas situações práticas.

Para reflectir a prática de recirculação da água consumida dever-se-á escolher a opção “reciclagem de água consumida” na área da origem do abastecimento do editor geral. Neste caso também é possível definir diferentes valores mensais para a temperatura “de retorno”, embora o mais comum realmente seja que esta seja fixa. E é realmente frequente poder conhecer a temperatura de retorno, por exemplo em sistemas de climatização ou no aquecimento de piscinas cobertas.

Para reflectir a prática de rejeição da água na carga térmica poder-se-á escolher uma de duas opções na área da origem do abastecimento do editor geral: “água da rede” ou “outra água nova”.

No caso do Sistema de Certificação de Edifícios, a temperatura a atribuir para a água de abastecimento é de 15 °C. Usando o editor “RCCTE” (ver a seguir) esta opção é automática e coloca todo o consumo diário às 18h, mas se o utilizador quiser construir um perfil de consumo horário diferente, poderá fazê-lo neste editor geral escolhendo a opção “outra água nova” e especificando a temperatura de 15°C (apesar de se tratar de água da rede). Desde que o volume de água total diário seja idêntico esta opção também é válida no âmbito do RCCTE (ver considerações feitas em *Editor*

RCCTE). Noutros Projectos o utilizador pode também especificar outras temperaturas para a água nova conforme a situação.

Para os casos de abastecimento com água da rede deve-se escolher a opção “água da rede” na origem do abastecimento. Os valores recomendados pelo **SolTerm**, correspondem a temperaturas mensais médias do solo, estimadas para 2 m de profundidade. O editor irá mostrar as temperaturas da rede para o clima presentemente seleccionado no momento da edição da carga. No momento da simulação as temperaturas consideradas serão as correspondentes ao clima seleccionado nesse instante, pelo que o mesmo ficheiro de consumos, que em si contém informação sobre os litros de água consumidos (mesmo que editado em unidades de kWh), vai dar origem a um valor diferente de energia solicitada. Por exemplo: para uns mesmos, digamos, 2000 l de água quente a 45 °C, a carga térmica será menor no Concelho de Évora do que no concelho da Covilhã, visto que neste a água da rede em média estará mais fria.

Editor “RCCTE”

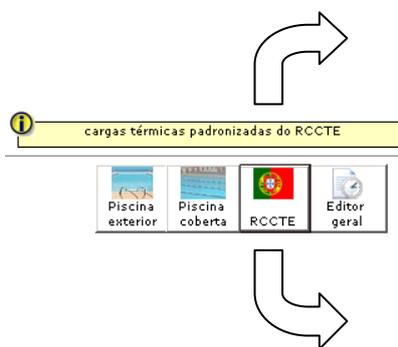
No contexto do Sistema de Certificação de Edifícios, transposição em Portugal da Directiva Europeia para a Eficiência Energética em Edifícios, existe a necessidade de calcular a contribuição de sistemas solares para a preparação de águas quentes sanitárias (AQS), designadamente do valor E_{solar} mencionado no Decreto-Lei no. 80/2006, de 4 de Abril - cf. o seu Anexo VI.

Embora seja possível usar as várias ferramentas do **SolTerm** para definir um Projecto que conduza ao cálculo de E_{solar} , esta versão 5 providencia desde logo uma maneira expedita de o fazer em apenas quatro passos muito simples:

- (i) escolher o Concelho;
- (ii) escolher o modelo de colector solar térmico;
- (iii) usar o presente “Editor RCCTE” para atribuir de forma muito simples os consumos padrão (e de forma automática outros parâmetros de dimensionamento regulamentares e/ou típicos ou de boas práticas); e
- (iv) fazer uma Análise Energética.

Desta forma todo o processo de cálculo de E_{solar} pode levar menos de um minuto.

No RCCTE são especificados certos *valores regulamentares*, designadamente um consumo diário de água, cuja temperatura é elevada desde 15°C a 60°C, de 40 l por ocupante de edifícios residenciais, ou de 100 l para edifícios de serviços (sujeitos ao RCCTE). Para edifícios residenciais, o número de ocupantes é calculado em função do número de alojamentos no edifício - e.g. um único no caso de uma vivenda unifamiliar, ou o número de fracções no caso de um condomínio residencial - e da tipologia desses alojamentos. (N.B. Se houver várias tipologias num mesmo edifício o depósito atribuído é o adequado à tipologia com mais ocupantes.) Para edifícios de serviços, os consumos são ajustados em função dos dias de encerramento semanal.



Consumos regulamentares de águas quentes (RCCTE)

Parâmetros a declarar

edifício residencial edifício de serviços

descrição sumária do edifício

9 alojamentos 35 ocupantes

Tipologias presentes: 0 T0 2 T1 0 T2 4 T3 3 T4 0 T5 0 T6

Consumos diários de referência

Temperatura da água de abastecimento: 15°C
 Temperatura nominal de consumo: 60°C

Para preparação de águas quentes: **1400 l (kWh)**

guardar sair (apenas)

Consumos regulamentares de águas quentes (RCCTE)

Parâmetros a declarar

edifício residencial edifício de serviços

dias de encerramento

encerra 1 dia por semana

Consumos diários de referência

Temperatura da água de abastecimento: 15°C
 Temperatura nominal de consumo: 60°C

Para preparação de águas quentes: **100 l, 313 dias por ano (kWh)**

guardar sair (apenas)

Ainda no contexto deste cálculo, para além dos parâmetros expressamente indicados no diploma, existe um conjunto de valores recomendados, que *devem ser adoptados na ausência de melhores informações*. São eles: (i) a temperatura da água da rede de abastecimento pública; (ii) o perfil diário de consumo de águas quentes domésticas (em termos de valores horários percentuais do valor diário); (iii) o coeficiente de perdas térmicas de depósitos de água quente; (iv) a eficiência de permutadores, consoante o seu tipo (em qualquer situação, para usar os valores recomendados, use os botões legendados “recomendar” presentes na interfaces).

Entretanto e como referido, nesta ferramenta é possível ajustar de forma expedita o restante do Projecto. Ao confirmar a opção “compatibilidade RCCTE”, o SolTerm especifica um número de colectores correspondendo a 1 m²/ocupante, um número de depósitos igual ao número de alojamentos e especifica um depósito típico com um volume um pouco acima do consumo por alojamento (ou de forma equivalente no caso de um edifício de serviços, viz. considera 2,5 “ocupantes” e um depósito). Ajusta ainda os valores recomendados antes mencionados, bem como ainda outros que são necessários para completar um Projecto, como por exemplo orientação de colectores, caudais de circulação, comprimentos e características de tubagens.

Ao sair desta ferramenta pode empregar-se algum tempo a examinar e ajustar melhor detalhes do Projecto para o caso concreto em apreço - designadamente (i) o modelo de depósito, (ii) as características das tubagens do circuito primário e (iii) a orientação dos colectores - ou seguir-se logo para a Análise Energética e calcular E_{solar} , que é o valor anual indicado pelo SolTerm na coluna de valores “Fornecido”, cf. secção 9.

Este processo expedito só funciona quando a configuração de sistema solar considerada é a designada “com depósito” ou “kit”, por razões de boas práticas. No entanto é possível usar os consumos e outras definições efectuadas automaticamente via a opção “RCTTE”, nos Projectos de outros tipos de sistema solar térmico.

Notas técnicas

- 1 - O ajuste da área de colectores é feito tendo em conta certos limites de razoabilidade - a bem dizer até para além do que as boas práticas aconselhariam - nomeadamente 800 m² ou, no caso de kits, um máximo de 20 em paralelo. Perto ou para além destes limites é aconselhável usar vários sistemas solares e não um só, e portanto dividir o Projecto em outros mais pequenos em dimensão das cargas e colectores.
- 2 - Recorda-se que para o RCCTE a contabilização da energia solar tem de ser feita usando material certificado (designadamente colectores ou kits), o que o software recordará ao utilizador. Se esse tipo / modelo de material não foi seleccionado antes de iniciar o uso desta opção de cálculo rápida, o mais expedito é voltar a usá-la após a selecção do material adequado (em vez de tentar ajustar o Projecto *a posteriori*).

Editores de “Piscina coberta” e “Piscina exterior”

Os editores de definições de piscinas e cálculo das necessidades de aquecimento associadas são os mais complexos: o cálculo do balanço térmico de piscinas necessita uma grande variedade de informações.

No SolTerm 5.1 o objectivo que rege o cálculo da carga térmica é a obtenção de uma certa temperatura *diurna mínima* da água da piscina. Para isso faz-se o balanço térmico médio mensal da piscina e determina-se o aporte de energia que o sistema solar necessita dar com um método iterativo. Note-se que na prática há meses em que não é necessário aquecer a piscina (e.g. intervalo para manutenção em piscinas interiores, meses de Inverno em piscinas exteriores); e outros em que, podendo haver aquecimento, ele não será na prática necessário (e.g. meses de Verão em piscinas exteriores bem geridas em climas mais quentes). Por isso a fracção solar dos sistemas para piscinas pode muitas vezes resultar algo baixa, em particular para piscinas exteriores nos climas mais quentes.

O balanço térmico da piscina é calculado tendo em conta a Norma NP 4448:2006 (versão portuguesa do ISO 12596:1995), que leva em conta as componentes de perdas evaporativas, absorção de radiação solar, ganhos metabólicos, transferências radiativas no infravermelho, transferências convectivas e aquecimento da água nova para renovação.

O resultado do balanço térmico horário, que serve de base para a estimativa das necessidades de aquecimento, é mostrado em gráfico (N.B. capacidade nova relativamente à anterior *release* 5.0). Esta apresentação visual do balanço térmico permite ao utilizador compreender a dimensão e origem dos ganhos e perdas térmicas. Assim é frequentemente possível obter alguma redução das cargas térmicas examinando o gráfico e alterando parâmetros da piscina, tais como a aplicação de cobertura em piscinas exteriores, ou controlo da temperatura e humidade da nave de piscinas cobertas.

Entretanto a estimativa das necessidades de aquecimento mensais para o clima no momento seleccionada, pode ser visualizada no canto inferior esquerdo do editor, para conveniência do

utilizador. No entanto quando se proceder à análise energética a carga térmica é recalculada de novo com o clima que estiver escolhido nessa ocasião.

Como se mencionou já brevemente, para piscinas exteriores é frequente que os ganhos solares sejam suficientes para manter a temperatura diurna da água acima da temperatura mínima definida, especialmente no Verão e se houver aplicação de cobertura durante a noite. Nesse caso não haverá necessidades de aquecimento a contabilizar (vd. também notas técnicas).

A temperatura de injeção de água quente na piscina é assumida ser 37°C, e a de retorno dos filtros de 1°C abaixo da temperatura alvo da água. Trata-se de valores nominais usados apenas para converter necessidades térmicas de aquecimento em volumes de água quente; na prática não importará que os valores de operação reais sejam algo diferentes.

Notas técnicas

- 1 - Note-se que os consumos associados a uma piscina resultam em parte do clima do lugar; na *release* 5.1 (e contrariamente à *release* 5.0) está garantida a consonância entre o clima/zona seleccionada no Projecto para cálculo do recurso solar e para cálculo das cargas térmicas.
- 2 - No SolTerm 5 a temperatura da piscina é deixada subir acima da temperatura alvo quando isso se deve aos ganhos solares directos na superfície da piscina; a piscina actua neste caso armazenando calor; e isto permite estender o período em que não é necessário o seu aquecimento por outros meios. Enquanto a temperatura da piscina for superior à temperatura alvo não é necessária - e portanto não é contabilizada - a energia proveniente do sistema solar. Este efeito não era levado em conta em versões anteriores do SolTerm, e resulta em estimativas de necessidades energéticas ainda mais de acordo com a prática.
- 3 - É muito citada uma regra geral de bom dimensionamento de sistemas solares para piscinas que consiste em tentar dimensionar a área de colectores de tal forma que em pelo menos um dos meses de Verão não seja necessário recorrer ao sistema de apoio. Isto pode ser feito simulando o sistema solar com áreas crescentes até que isto suceda (vd. secção 9). No entanto, em piscinas exteriores, e nas condições climáticas habituais em Portugal, é de esperar que muitas vezes esta abordagem não seja eficaz. É que precisamente durante o pico do Verão muitas destas piscinas não necessitam de aquecimento adicional ao dos ganhos solares próprios.
- 4 - Os algoritmos da NP 4448:2006 admitem que a piscina não está estratificada. A estratificação da temperatura, designadamente com a formação uma camada de água mais quente no topo da piscina, aumenta muito as perdas térmicas, mesmo quando moderadas por uma cobertura. Quando a piscina está a ser utilizada por nadadores a estratificação fica destruída, mas de contrário devem assegurar-se a intervalos regulares tempos de convecção forçada na piscina, para destruir a estratificação.

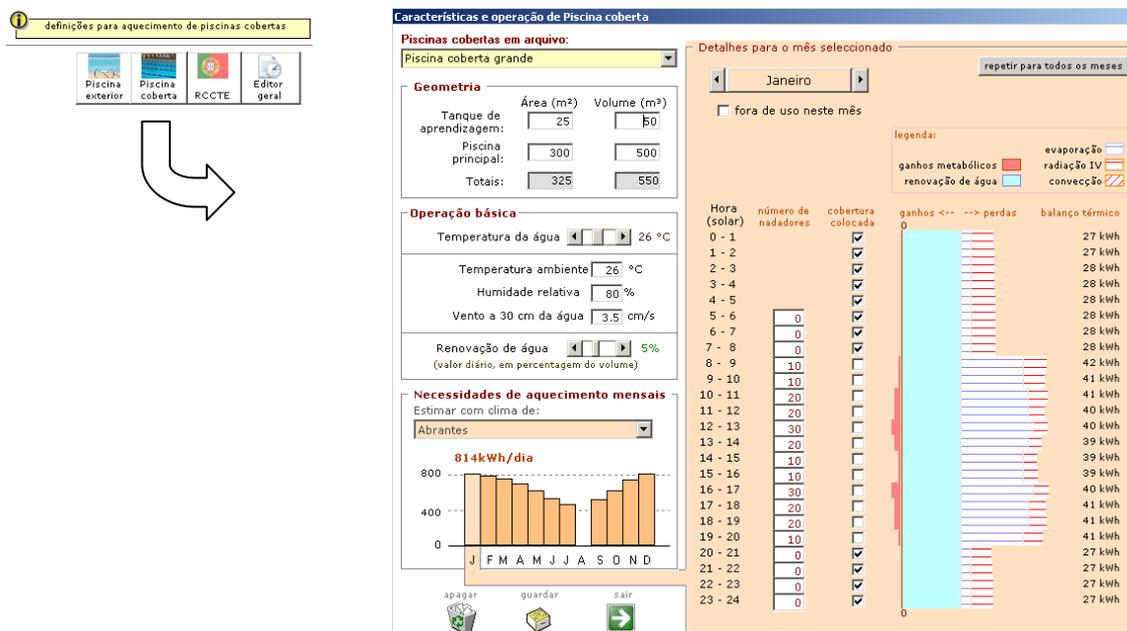
O software pede a introdução de

- geometria - área do plano de água e volume da piscina e do (eventual) tanque de aprendizagem (caso de piscinas cobertas) ou do tanque para crianças (caso de piscinas exteriores);
- taxa de renovação de água - i.e. volumes de abastecimento de água nova, que compensam as perdas por evaporação, remoção por nadadores e o usado para limpeza de filtros;
- variáveis climáticas - no caso de piscinas cobertas, temperatura, humidade relativa do ambiente na nave (hall) da piscina e vento à altura de 30 cm acima do plano de água - é assumido que estes valores são constantes, e.g. são controlados por um sistema de climatização; no caso de piscinas exteriores, pede-se a magnitude do vento a 2 m do plano de água, e a temperatura e humidade ambiente são obtidas do Ano Meteorológico de Referência para o Concelho;

- temperatura alvo para a água da piscina - no caso de piscinas cobertas trata-se de um valor constante, cujas gamas se encontram na legislação segundo cada tipo de utilização; no caso de piscinas exteriores, corresponde a uma temperatura média diurna considerada aceitável;
- no caso de piscinas exteriores é ainda solicitada a transmissividade à radiação solar da (eventual, mas aconselhada) cobertura do plano de água.

Em seguida para cada mês é necessário inserir dados horários sobre

- uso da piscina nesse mês - a carga será nula (na prática, é residual) se a piscina estiver fora de uso, por qualquer motivo como férias ou manutenção programada;
- frequência da piscina - número de nadadores;
- períodos em que a cobertura do plano de água está colocada.



definições para aquecimento de piscinas cobertas

Características e operação de Piscina coberta

Piscinas cobertas em arquivo: Piscina coberta grande

Geometria

Tanque de aprendizagem: 25 50

Piscina principal: 300 500

Totais: 325 550

Operação básica

Temperatura da água: 26 °C

Temperatura ambiente: 26 °C

Humidade relativa: 80 %

Vento a 30 cm da água: 3,5 cm/s

Renovação de água: 5% (valor diário, em percentagem do volume)

Necessidades de aquecimento mensais

Estimar com clima de: Abrantes

81.4 kWh/dia

Detalhes para o mês seleccionado Janeiro

fora de uso neste mês

repetir para todos os meses

legenda: ganhos metabólicos, evaporação, radiação IV, renovação de água, convecção

Hora (solar)	número de nadadores	cobertura colocada	ganhos <--> perdas	balanço térmico
0 - 1				27 kWh
1 - 2				27 kWh
2 - 3				28 kWh
3 - 4				28 kWh
4 - 5				28 kWh
5 - 6	0			28 kWh
6 - 7	0			28 kWh
7 - 8	0			28 kWh
8 - 9	10			42 kWh
9 - 10	10			41 kWh
10 - 11	20			41 kWh
11 - 12	20			40 kWh
12 - 13	30			40 kWh
13 - 14	20			39 kWh
14 - 15	10			39 kWh
15 - 16	10			39 kWh
16 - 17	30			40 kWh
17 - 18	20			41 kWh
18 - 19	20			41 kWh
19 - 20	10			41 kWh
20 - 21	0			27 kWh
21 - 22	0			27 kWh
22 - 23	0			27 kWh
23 - 24	0			27 kWh

A interface apresenta um gráfico mensal de necessidades de aquecimento (à esquerda em baixo) e, ainda, para o mês correntemente seleccionado, um balanço energético médio que permite visualizar:

- ganhos metabólicos - provenientes das perdas de calor corporal associadas ao metabolismo dos utilizadores;
- perdas por renovação da água;
- perdas/ganhos por evaporação;
- perdas por radiação infra-vermelha;
- perdas/ganhos por convecção.

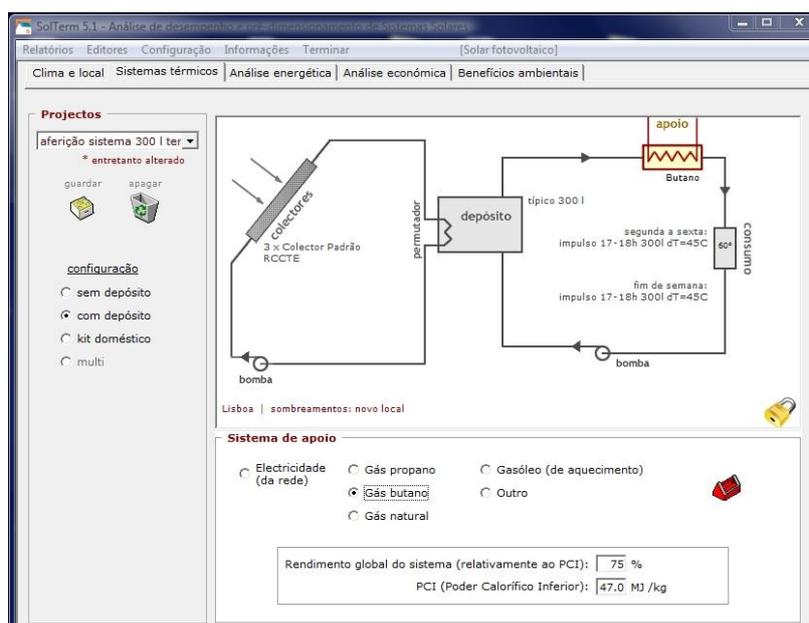
Em piscinas cobertas, quando a temperatura ambiente está acima da temperatura da água, existe um ganho de calor por convecção na piscina. Isto diminui a carga da piscina em si sobre o sistema de água quente mas claro que isto se faz à custa de um aumento da carga do sistema de climatização, que passa ele próprio a aquecer parte da piscina. A temperatura e humidade relativas suficientemente altas podem em combinação provocar ganhos na evaporação, o que significa que um ar excessivamente húmido condensa (no seu ponto de orvalho) quando em contacto com a superfície da água (que está a uma temperatura mais baixa), acabando mais uma vez por estar o sistema de climatização a aquecer a piscina.

Em piscinas exteriores, a representação dos ganhos solares no balanço energético é importante na medida em que permite perceber que em certas situações, no clima português, é possível que não existam necessidades de aquecimento. Deixando a opção de “aquecimento neste mês” desactivada é possível verificar qual será a temperatura média diurna da água sem aquecimento (regime livre). O utilizador poderá concluir que em algumas situações, numa piscina exterior que seja usada nos meses de Verão, fim da Primavera e início do Outono, com pouco vento e clima favorável, o uso eficaz de uma cobertura permite naturalmente atingir uma temperatura média diária considerada confortável, digamos na gama de 20 a 24 °C.

O intuito de desenvolver esta interface gráfica na release 5.1 foi precisamente o de ajudar a evitar este tipo de situações, dando toda a informação ao utilizador para que este possa decidir convenientemente.

7.9. Sistema de apoio

As informações relativas ao sistema de apoio só são importantes para a análise económica e de benefícios ambientais (redução de emissões de gases com efeito de estufa), não para o desempenho do sistema solar em si. Para a análise económica, é necessário conhecer a energia útil fornecida por sistema solar e sistema de apoio, i.e. a porção de energia final realmente entregue ao utilizador do sistema. Pelo contrário, no caso dos benefícios ambientais é necessário fazer a contabilização em termos de energia primária.



Neste contexto, quando se utiliza electricidade como fonte de energia de apoio é assumido internamente um rendimento de conversão de energia final a útil de 99%; mas quando se utiliza um combustível, é necessário fornecer ao software as características básicas do mesmo, designadamente o Poder Calorífico Inferior (PCI) e o rendimento global do sistema em relação ao PCI.

Notas técnicas

- 1 - O rendimento nominal do sistema de apoio pode ser superior a 100%, por exemplo no caso de caldeiras de condensação, uma vez que é medido relativamente ao Poder Calorífico *Inferior*.
- 2 - Deve declarar-se o rendimento médio do sistema estimado de forma realista para o seu tempo total de vida e não o rendimento em condições ideais ou para caldeiras novas.

A release 5.1 do SolTerm inclui uma interface de definição dos vários factores pertinentes pelo utilizador (N.B. funcionalidade não existente na release 5.0).

Para combustíveis trata-se do factor de emissões específicas de gases com efeito de estufa (GEE), expresso em g CO₂e/MJ; e o PCI, este expresso em MJ/kg. Existe ainda um campo para anotar a proveniência da informação.

Nota técnica

Na release 5.1 as emissões evitadas são dadas em unidades de massa de CO₂e, i.e. 'dióxido de carbono equivalente', correspondente a uma média pesada das quantidades emitidas de cada um dos três gases mais importantes neste contexto, CO₂, CH₄ e N₂O, considerando a sua actividade relativa em termos de aumento do efeito de estufa - sendo que CO₂ = 1, CH₄ = 21 e N₂O = 310. Na release 5.0 as contribuições de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso eram individualizadas.

Os valores de referência sugeridos pelo SolTerm 5.1 são retirados de diplomas com origem no Ministério da Economia e Inovação (tutela do LNEG), no entanto realça-se que existem diplomas com outros valores, além de, é claro, outras fontes de dados como tabelas dos reguladores ou de fornecedores de combustíveis.

Factores Energia-Ambiente

Queima directa de combustíveis fósseis

	Emissões de GEE	PCI	Referência
Propano:	63.0 g CO ₂ e/MJ	47.0 MJ/kg	Despacho 17313/2008 MEI
Butano:	63.0 g CO ₂ e/MJ	47.0 MJ/kg	Despacho 17313/2008 MEI
Gás Natural:	56.1 g CO ₂ e/MJ	45.1 MJ/kg	Despacho 17313/2008 MEI
Gasóleo (de aquecimento):	74.0 g CO ₂ e/MJ	42.8 MJ/kg	Despacho 17313/2008 MEI

mais info valores de referência

Electricidade da rede pública

	Emissões de GEE	Referência
	102.8 g CO ₂ e/MJ (= 370 g CO ₂ e/kWh)	Tarifas PRE - DL 33A/2005 MEI
<u>Mix energético nacional</u>	39 % de fontes renováveis	cenário PNAC 2010
<u>Perdas na transmissão</u>	9 % do consumo bruto	valor típico
<u>Rendimento médio das centrais termoeléctricas</u>	40 %	Despacho 17313/2008 MEI

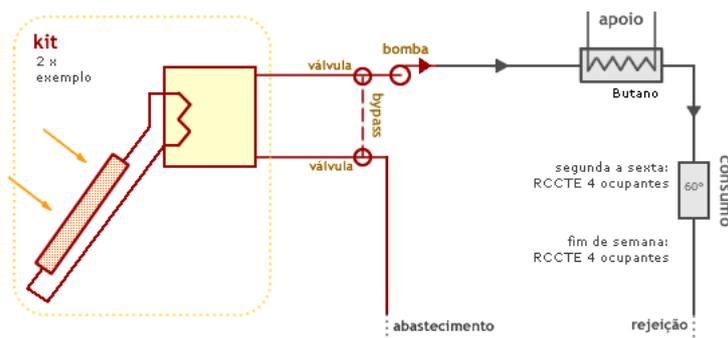
mais info valores de referência

Quanto às características da electricidade, além do factor de emissão de GEE específico, é necessário admitir um cenário para a penetração das energias renováveis no consumo bruto final, para as perdas de transmissão (i.e transporte e distribuição) e para o rendimento global médio do conjunto das várias centrais termoeléctricas. Realça-se que estes cenários estão sujeitos a interpretação - por exemplo, se é mais adequado considerar o longo prazo, o tempo de vida do sistema, ou a situação actual. Daí ser especialmente importante conservar nota da origem dos factores ou dos pressupostos considerados.

Note-se que o Projecto do sistema não inclui todas estas informações, apenas o tipo de apoio e o rendimento de queima, isto no caso de combustíveis. Assim estes coeficientes são armazenados numa tabela externa, "parameters.st5", com um formato auto-explicativo e é editável por um vulgar editor de texto. Os coeficientes são reutilizados com cada Projecto carregado pelo software (até serem alterados pelo utilizador).

7.10 “Kit” solar térmico

No caso de kits, os componentes colector / permutador / depósito estão todos integrados, e assim são ensaiados. Para analisar o seu desempenho térmico, recorre-se à descrição obtida nos ensaios segundo a norma europeia e portuguesa respectiva. Para configurar um sistema deste tipo há a especificar o modelo de kit e a orientação do sistema.



Ribeira Brava | sombreamentos: 3°(por defeito)

Kit

exemplo 

Configuração

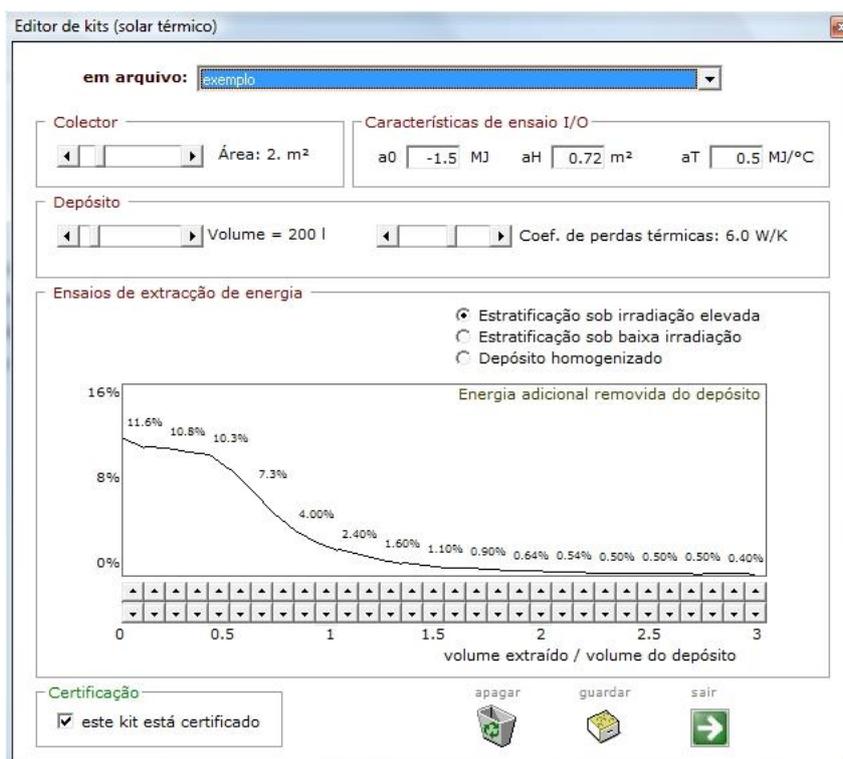
2 kits
4. m²
2.8 kW nominal

Inclinação 46°
Azimute Sul 

É possível usar vários kits em paralelo (na versão 5.1 até ao limite de 20), embora eles sejam concebidos essencialmente para aplicação em alojamentos unifamiliares. De facto para grandes instalações / consumos é mais favorável técnica e economicamente usar sistemas com depósito.

Os modelos de kit solar térmico podem ser editados através da ferramenta interactiva que o SolTerm apresenta (via o ícone “caixa de ferramentas”) ou directamente nos ficheiros de texto arquivados na pasta “ST kits”.

Além das características de área do colector e os três parâmetros a_0 , a_H , a_T do ensaio de rendimento I/O (*input / output*), é necessário ainda especificar o volume do depósito e o respectivo factor de perdas térmicas, e o resultado dos ensaios de extracção de energia sob as três condições de referência para a estratificação no depósito. Estes dados encontram-se nos relatórios de ensaio.



8. Interface SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

8.1. Instruções gerais

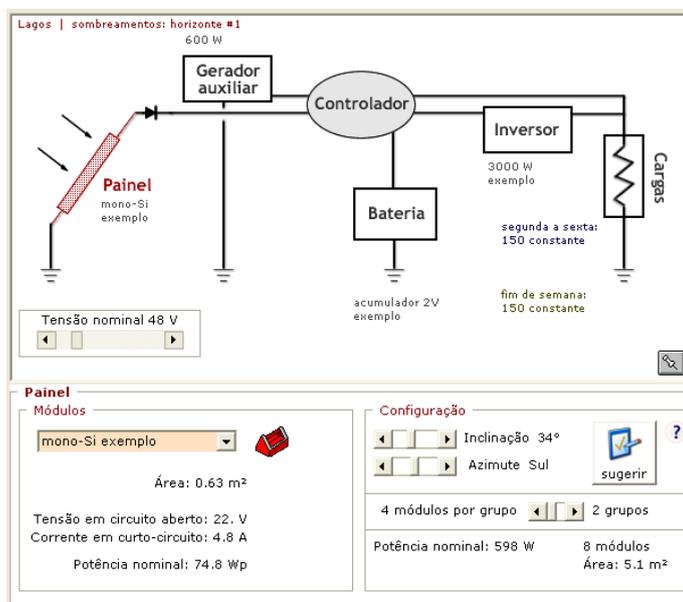
Na release 5.1 do SolTerm as vertentes térmica e fotovoltaica encontram-se separadas. São acedidas mutuamente por uma opção na barra superior de menus (N.B: isto evita certas instabilidades na interface e na reprodutibilidade de cálculos existentes na release 5.0).

A lógica da utilização da interface para sistemas fotovoltaicos é paralela à da vertente térmica, com certas adaptações específicas, que irão sendo realçadas.

Os projectos de sistemas fotovoltaicos são guardados na pasta “PV Projectos”. Os tipos de sistemas que se podem analisar são: autónomo com ou sem apoio, ou sistema de baixa tensão ligado à rede. O SolTerm 5.1 não é considerado adequado para analisar grandes centrais fotovoltaicas, que requerem configurações e simulações mais detalhadas.

8.2. Painel solar fotovoltaico

A interface do Painel necessita especificação da tensão nominal a que opera o sistema (por vezes chamada “tensão de serviço”), do modelo de módulo a utilizar, número de módulos que constituem o painel, e orientação do painel (inclinação em relação à horizontal e azimute, sendo 0° a direcção Sul e sendo positivo ao rodar no sentido horário a partir de Sul).



O número de módulos associados em série (“grupos”) é determinado pelas características do modelo de módulo e pela tensão nominal do sistema. O número destes grupos (associados em paralelo) é que é indicado pelo utilizador.

Outras características pertinentes para a operação do painel tais como quedas de tensão na protecção (diodos), sujidade, perda de eficiência com a idade do sistema, etc., são assumidas internamente segundo regras de boas práticas.

8.3. Módulos fotovoltaicos

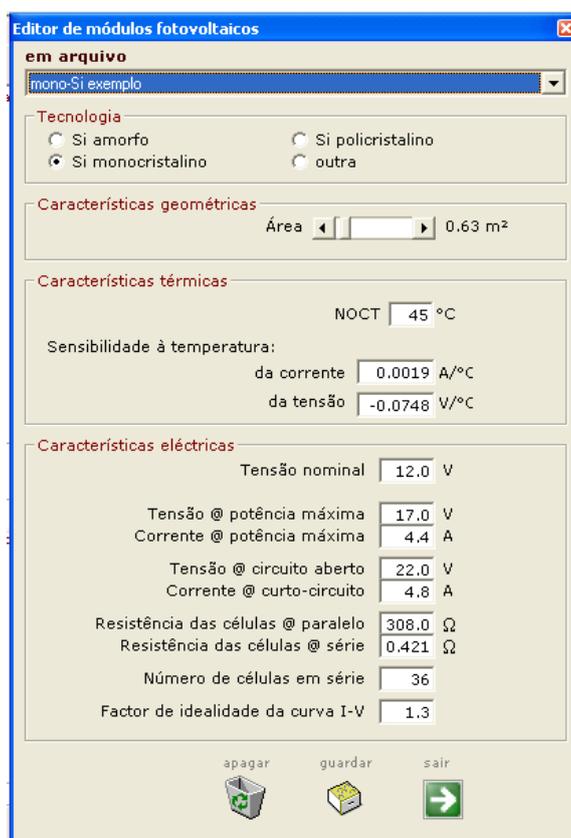
A base de dados com que o SolTerm é distribuído contém alguns modelos de módulos existentes no mercado português. Os modelos de módulos podem ser editados através da ferramenta interactiva que o SolTerm apresenta (via o ícone “caixa de ferramentas”) ou directamente nos ficheiros de texto arquivados na pasta “PV módulos”.

Para definir um novo módulo é necessário introduzir a tecnologia usada, geometria, e as características de ensaio térmicas e eléctricas respectivas.

A tecnologia usada condiciona o efeito de diferentes ângulos de incidência no painel (modificador de ângulo, determinado internamente por um modelo adequado; N.B. o SolTerm 5 considera apenas módulos planos).

A geometria consiste simplesmente na área total do painel (i.e. incluindo moldura, espaços não preenchidos, etc.).

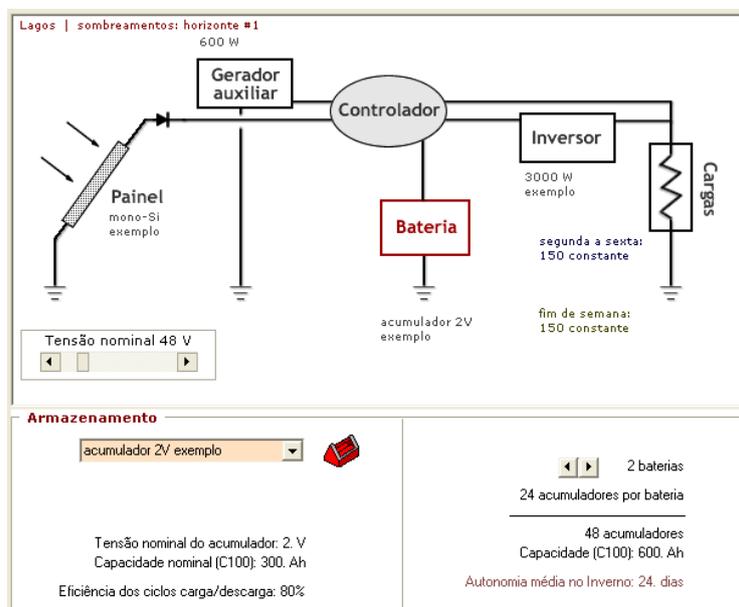
As restantes características térmicas e eléctricas devem ser procuradas na informação distribuída pelo fabricante.



em arquivo	
mono-Si exemplo	
Tecnologia	
<input type="radio"/> Si amorfo	<input type="radio"/> Si policristalino
<input checked="" type="radio"/> Si monocristalino	<input type="radio"/> outra
Características geométricas	
Área	0.63 m ²
Características térmicas	
NOCT	45 °C
Sensibilidade à temperatura:	
da corrente	0.0019 A/°C
da tensão	-0.0748 V/°C
Características eléctricas	
Tensão nominal	12.0 V
Tensão @ potência máxima	17.0 V
Corrente @ potência máxima	4.4 A
Tensão @ circuito aberto	22.0 V
Corrente @ curto-circuito	4.8 A
Resistência das células @ paralelo	308.0 Ω
Resistência das células @ série	0.421 Ω
Número de células em série	36
Factor de idealidade da curva I-V	1.3

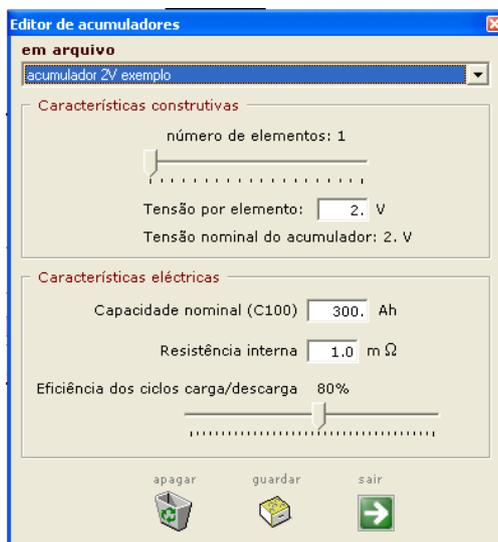
8.4. Armazenamento

Em sistemas com armazenamento de energia (sistemas autónomos) é necessário indicar o modelo de acumulador e o número de acumuladores.



O número de acumuladores agrupados em série (bateria) é determinado pela tensão nominal do sistema. Embora tecnicamente seja recomendável a utilização de acumuladores de maior capacidade, para obter maior autonomia no sistema, o software permite especificar o número de baterias a associar em paralelo. A autonomia indicada na interface é apenas um valor nominal estimado para condições médias de Inverno

Os modelos de acumulador podem ser editados através da ferramenta interactiva que o SolTerm apresenta (via o ícone “caixa de ferramentas”) ou directamente nos ficheiros de texto arquivados na pasta “PV acumuladores”. As características construtivas e eléctricas devem ser procuradas na informação distribuída pelo fabricante.

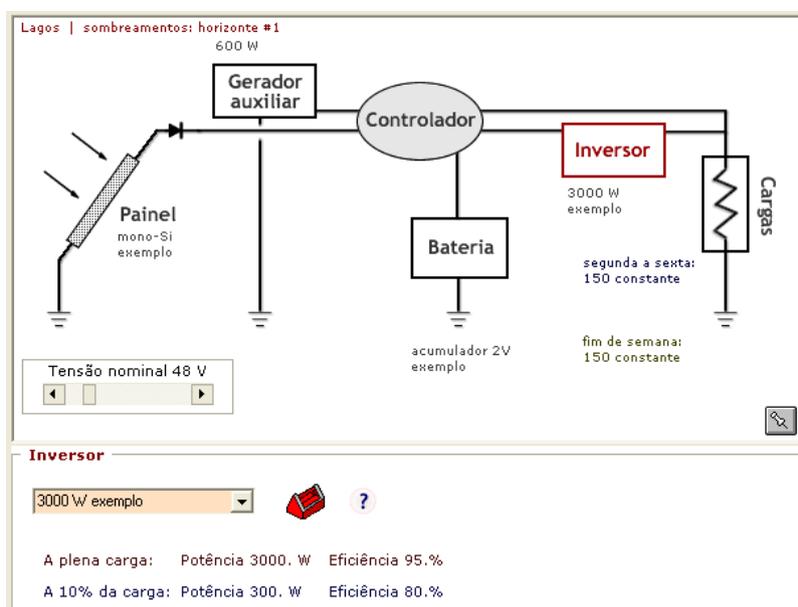


8.5. Inversores

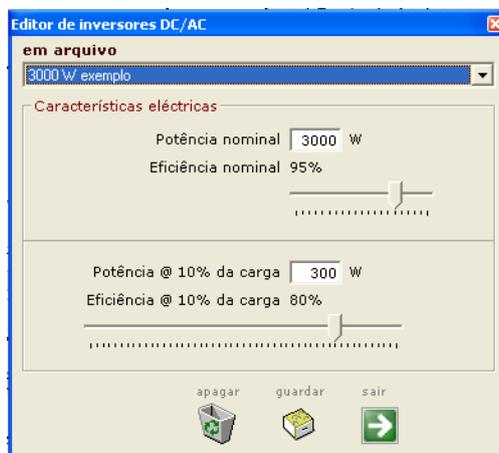
A ligação ao consumo (ou “cargas eléctricas”) é efectuada sempre via um inversor CC/CA. É possível simular um sistema CC/CC definindo e usando um inversor em que se atribuem os máximos de eficiência permitidos pelo SolTerm.

Outras características de ligação à rede tais como perdas resistivas, etc., são assumidas internamente segundo regras de boas práticas.

A base de dados com que o SolTerm é distribuído contém exemplos típicos. Os modelos de módulos podem ser editados através da ferramenta interactiva que o SolTerm apresenta (via o ícone “caixa de ferramentas”) ou directamente nos ficheiros de texto arquivados na pasta “PV inversores”.

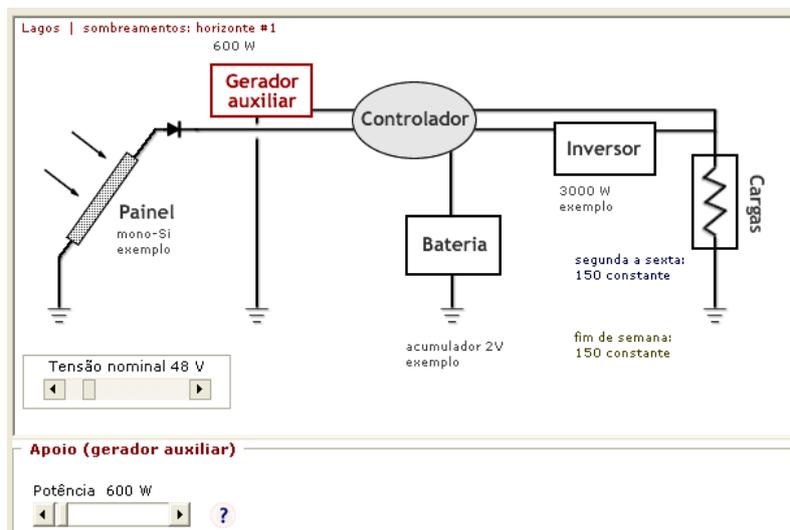


A representação dos inversores no SolTerm 5 é apenas esquemática: uma curva de eficiência linear entre 10% e 100% da potência nominal. Para definir um inversor é necessário introduzir a potência nominal e a eficiência nas condições mencionadas.



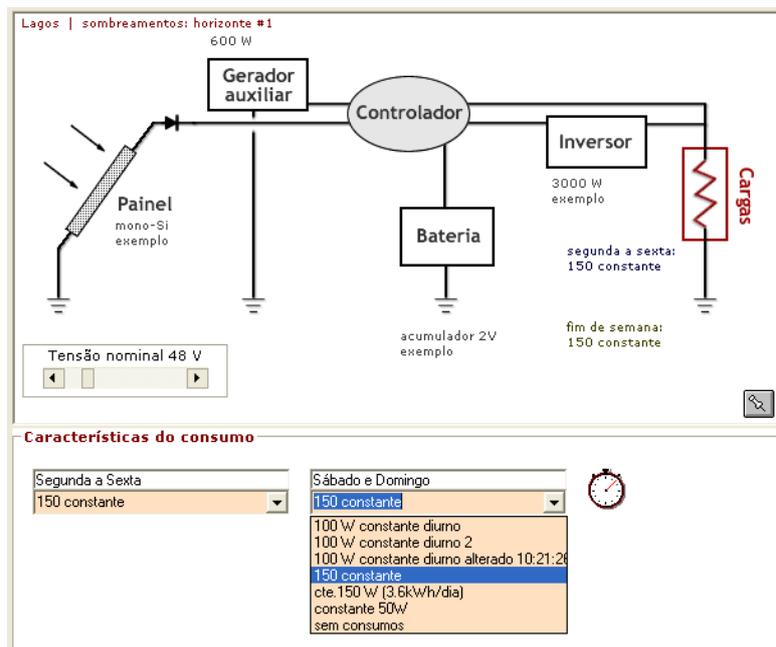
8.6. Gerador auxiliar

Para sistemas autónomos, o SolTerm permite a especificação de sum gerador auxiliar do tipo Diesel. No SolTerm 5, a característica deste gerador necessária para a simulação de desempenho é simplesmente a potência nominal.



8.7. Cargas eléctricas (consumos)

A informação sobre consumos é das mais importantes para analisar o desempenho de um sistema solar. Trata-se contudo de uma variável que não se refere ao sistema em si, mas à utilização futura do sistema, em condições em grande medida desconhecidas - ou pelo menos incontroláveis - pelo projectista. Juntamente com a especificação do recurso solar, a especificação das cargas eléctricas constitui a maior fonte de incerteza para a estimativa de desempenho do sistema em termos de valores absolutos de energia fornecida. De facto estas duas fontes de incerteza “exógenas” são tão significativas que controlam a incerteza global das estimativas de desempenho em qualquer software de simulação minimamente realista.

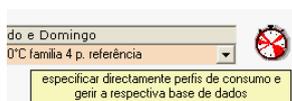


Os perfis de consumo podem ser editados directamente nos ficheiros da pasta “PV cargas” ou via a ferramenta interactiva que o SolTerm proporciona.

Nesta ferramenta o perfil horário pode ser especificado em termos absolutos: consumo absoluto efectuado a cada hora, em Watt hora (1 Wh = 3600 J).

A hora usada é a hora solar. A simulação de desempenho é pouco sensível à diferença entre hora solar e hora legal, em todo o caso os valores que tenham sido estimados para hora legal podem ser atribuídos à hora solar anterior e isso reduzirá alguma incerteza.

A opção “igual para todos os meses” permite fazer isso mesmo, i.e. repetir um mesmo perfil horário para todos os meses.



Editor de perfis de consumo de electricidade

em arquivo

150 constante

< Janeiro >

igual para todos os meses

Hora	Consumo (Wh)
0 - 1	50
1 - 2	50
2 - 3	50
3 - 4	50
4 - 5	50
5 - 6	50
6 - 7	50
7 - 8	50
8 - 9	50
9 - 10	50
10 - 11	50
11 - 12	50
12 - 13	50
13 - 14	50
14 - 15	50
15 - 16	50
16 - 17	50
17 - 18	50
18 - 19	50
19 - 20	50
20 - 21	50
21 - 22	50
22 - 23	50
23 - 24	50

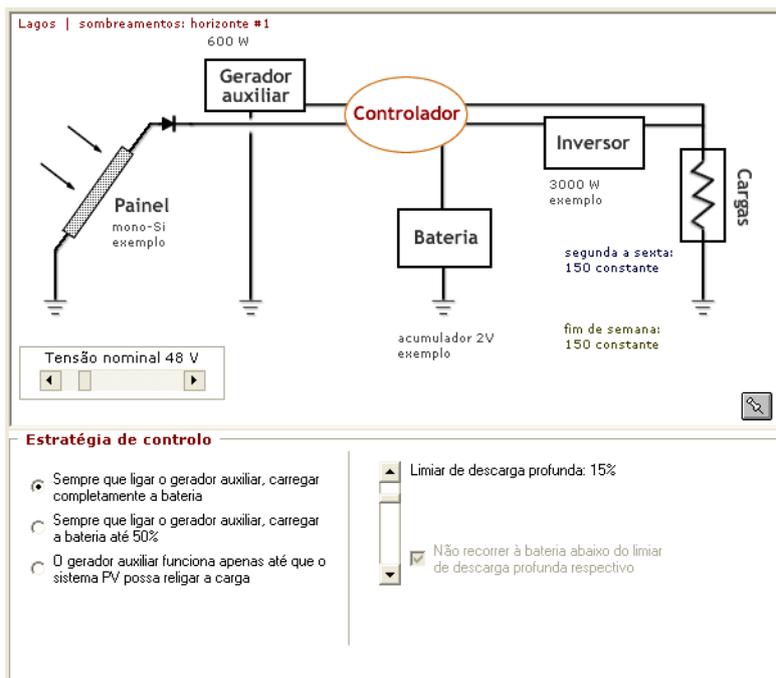
Total diário: 1200

apagar guardar sair

8.8 Controlo

Finalmente, para sistemas autónomos com gerador auxiliar, é necessário especificar uma estratégia de controlo, nomeadamente para o uso da bateria e para a intervenção do gerador auxiliar.

No caso da bateria, pede-se o limiar de descarga profunda que se estima ser aceitável; nisto há que ter em atenção a longevidade dos acumuladores.





No caso da operação do gerador auxiliar, o SolTerm disponibiliza três das estratégias mais comuns para quando ele é chamado a intervir na sequência de uma incapacidade de atender ao consumo (*loss-of-load*): continuar a operar até deixar a bateria completamente carregada, meio carregada, ou operar apenas até que haja possibilidade de reconectar a carga sem intervenção do gerador auxiliar.

9. Interface ANÁLISE ENERGÉTICA

9.1. Instruções gerais

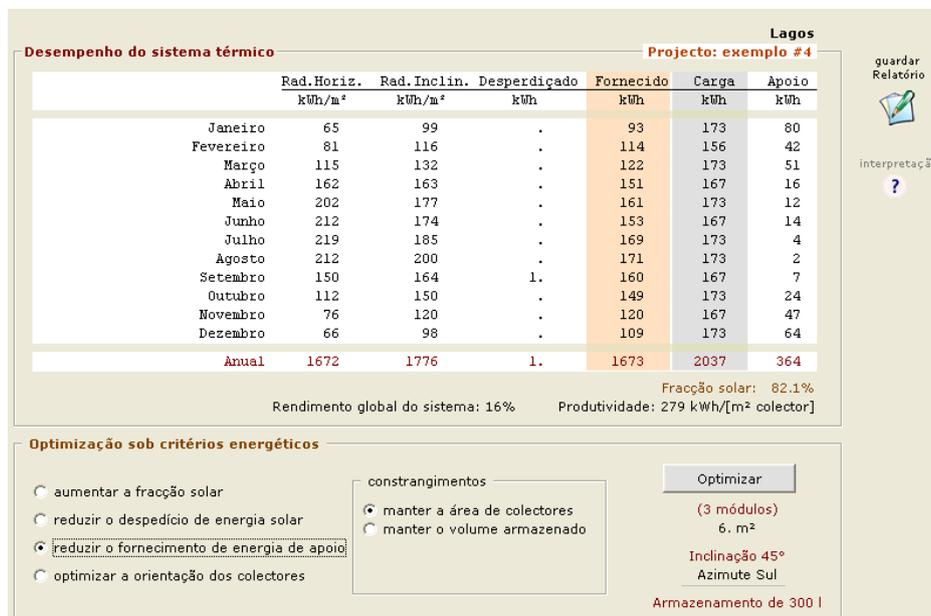
Terminada a definição de um Projecto térmico ou fotovoltaico, o utilizador do SolTerm deve clicar sobre a lâmina “Análise Energética” para executar uma simulação do sistema, que lhe fornecerá uma análise de desempenho.

Para conseguir um bom pré-dimensionamento trata-se de usar um processo iterativo, alternando sucessivamente entre simulação e afinamento dos detalhes do Projecto.

A simulação que o SolTerm 5 efectua é em passos de tempo de 5 em 5 minutos, durante um ano, usando a informação meteorológica do Ano Meteorológico de Referência seleccionado. Contudo, na interface são apresentados apenas valores mensais, já que os valores na escala de 5 minutos constituem uma massa de dados difícil de analisar - e é aliás um esforço irrelevante na maioria das situações práticas. No entanto para a vertente térmica o software produz um ficheiro de desempenho horário, colocado na pasta do software, designado “performance.csv”.

Além de valores mensais relativos a balanços energéticos, o SolTerm apresenta ainda alguns parâmetros de desempenho ao nível anual. Quase sempre são estas a informação mais útil a vigiar, pelo menos nas primeiras iterações da análise.

9.2. Interpretação dos resultados



No caso de sistemas térmicos, a interface apresenta as seguintes colunas de valores mensais, bem como o valor anual:

- **Rad.Horiz.** - energia acumulada (mensal ou anual) da radiação solar global na horizontal à superfície, por unidade de área (kWh/m²). A radiação global é a soma das componentes

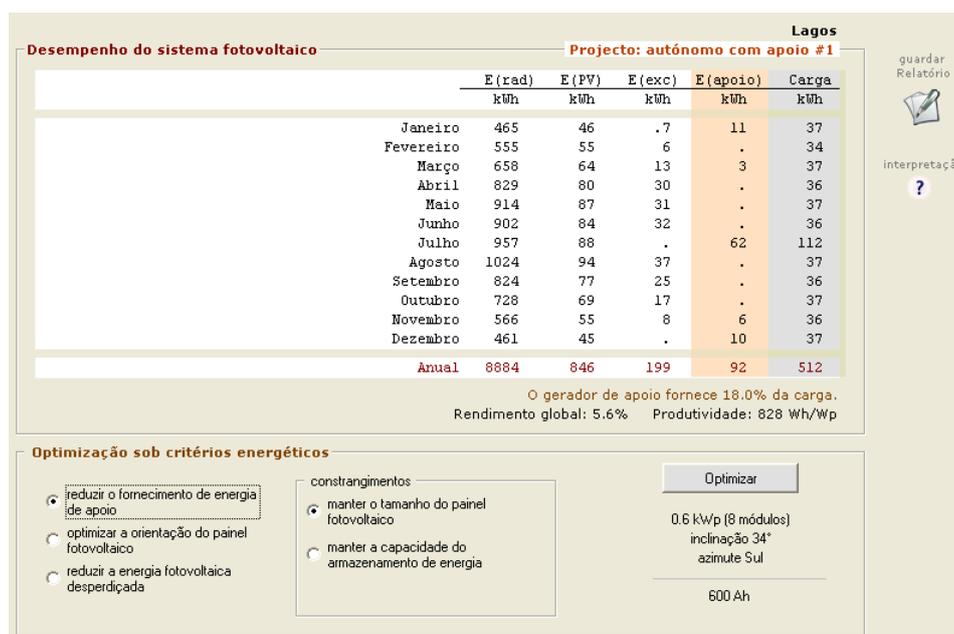
directa (vinda da direcção do Sol) e difusa (vinda do hemisfério celeste e reflectida do solo e superfícies junto ao solo) da radiação.

- **Rad.Inclin.** - energia acumulada (mensal ou anual) da radiação solar global à face dos colectores solares, por unidade de área (kWh/m^2), portanto num plano inclinado. Note-se que este valor não tem incluído o efeito dos modificadores de ângulo de incidência.
- **Desperdiçado** - energia acumulada (mensal ou anual) que o sistema solar recolhe mas tem de dissipar (kWh). O desperdício de energia recolhida surge quase sempre por se ultrapassarem limites de temperatura de armazenamento de água em situações em que o consumo é pequeno ou nulo. Este valor não deve ser confundido com as perdas térmicas em depósitos, tubagens, etc.
- **Fornecido** - energia acumulada (mensal ou anual) que o sistema fornece para consumo (kWh). Trata-se de energia final útil, i.e. efectivamente entregue. Este valor é designado por E_{solar} nos Regulamentos Energéticos para Edifícios, vd. Decreto-Lei no. 80/2006, de 4 de Abril.
- **Carga** - valor acumulado (mensal ou anual) da energia solicitada para consumo (kWh).
- **Apoio** - energia acumulada (mensal ou anual) entregue para consumo pelo sistema de apoio, ou auxiliar, para complementar a energia fornecida pelo sistema solar (kWh). Trata-se de energia final útil; o valor de energia final correspondente será superior, e ainda mais o valor de energia primária.

Quanto aos índices anuais, são apresentados os seguintes:

- **Fracção solar** - trata-se da percentagem de energia útil fornecida para consumo a partir de radiação solar (razão “Fornecido” / “Carga” em valores anuais). É portanto a contribuição do sistema solar em si para o consumo solicitado. A fracção solar é a principal medida de avaliação de desempenho em sistemas solares térmicos. Em geral procura-se atingir uma fracção solar (anual) entre 40% e 90%. Abaixo desta gama o sistema estará em geral subdimensionado; acima desta gama é frequente que esteja sobredimensionado. No entanto, trata-se apenas de valores guia para situações típicas. Em muitos casos, tais como cargas nocturnas ou cargas fortemente sazonais (concentradas no Verão ou no Inverno), esta indicação não é adequada. De qualquer modo é sempre insuficiente usar a fracção solar anual como critério único de dimensionamento.
- **Rendimento do sistema** - trata-se da razão entre a energia de origem solar fornecida para consumo e a disponível à face dos colectores (“Fornecido”/[“Rad.Inclin.” x “área do painel”] em valores anuais). É portanto uma medida da eficácia do sistema solar em transferir energia da radiação solar para a carga. Embora não seja um dos índices habitualmente apresentados, é uma indicação interessante como guia para dimensionamentos, porque é menos dependente dos detalhes do consumo, e em particular menos do nível de recurso solar, do que a fracção solar ou a produtividade. Um sistema bem dimensionado terá tipicamente rendimentos entre 20% e 60%, conforme as características do clima e da carga térmica. Mais uma vez, esta gama é indicativa e não é adequada por exemplo para cargas fortemente sazonais, predominantemente nocturnas, etc.
- **Produtividade** - trata-se de uma energia específica, a energia de origem solar fornecida para consumo por unidade de área dos colectores (“Fornecido”/ “área do painel” em valores anuais). Este índice é apresentado frequentemente, contudo é muito dependente dos detalhes do consumo, e em particular do nível de recurso solar. Valores muito baixos, digamos abaixo de $200 \text{ kWh}/\text{m}^2$, indicam de facto quase sempre um dimensionamento incorrecto; contudo valores elevados não são garantia de um bom dimensionamento. A

questão é a de que seria possível obter uma elevada produtividade subdimensionando o painel e sobredimensionando o armazenamento (independentemente da racionalidade económica da solução, é claro). A principal utilidade deste índice é pois a comparação entre soluções diversas para um mesmo sistema (i.e. diferentes equipamentos propostos para um mesmo local e consumo).



No caso de sistemas fotovoltaicos, a interface apresenta as seguintes colunas de valores mensais, bem como o valor anual:

- **E(rad)** - energia diária média na radiação solar global à face do painel fotovoltaico (kWh), portanto em geral num plano inclinado. Este valor não tem incluído o efeito do “modificador de ângulo”.
- **E(pv)** - energia diária média na radiação solar convertida pelos módulos do painel fotovoltaico (kWh).
- **E(exc)** - energia média diária que o painel fotovoltaico converte mas que o sistema tem de dissipar (kWh). O desperdício de energia recolhida surge quando a capacidade máxima de armazenamento foi atingida e há radiação solar disponível mas não há solicitação do consumo.
- **E(sist)** (N.B. no caso de sistemas autónomos sem apoio ou ligados à rede) - energia diária média que o sistema fornece para consumo (kWh). Trata-se de energia final útil, i.e. efectivamente entregue, no caso de sistemas autónomos com apoio; e de energia final no caso de sistemas ligados à rede, uma vez que a simulação do sistema vai apenas até ao primeiro transformador de elevação de tensão.
- **E(apoio)** (N.B. apenas no caso de sistemas autónomos com apoio) - energia média diária fornecida para consumo pelo sistema de apoio, ou auxiliar, para complementar a energia fornecida pelo sistema solar (kWh). Trata-se de energia final útil; o valor de energia final correspondente será superior, e ainda mais o valor de energia primária.
- **Carga** - valor diário da energia solicitada para consumo (kWh).

Quanto aos índices anuais são sempre apresentados:

- **Produtividade** - trata-se de uma energia específica, a energia de origem solar fornecida para consumo por unidade de potência nominal instalada (“E(sist)”/ “potência nominal do painel” em valores anuais). Este índice é apresentado frequentemente, contudo é muito dependente dos detalhes do consumo, do nível de recurso solar e da tecnologia utilizada nos módulos. Valores muito baixos, digamos abaixo de 400 kWh/Wp, indicam de facto quase sempre um dimensionamento incorrecto; contudo valores elevados não são garantia de um bom dimensionamento - por exemplo, em sistemas autónomos com apoio é possível obter uma elevada produtividade subdimensionando o painel e sobredimensionando a bateria (independentemente da racionalidade económica da solução, é claro). A principal utilidade deste índice é pois a comparação entre soluções diversas para um mesmo sistema (i.e. diferentes equipamentos da mesma tecnologia propostos para um mesmo local e consumo).
- **Rendimento do sistema** - trata-se da razão entre a energia de origem solar fornecida para consumo e a disponível à face dos colectores (“E(sist)”/“E(rad)” em valores anuais). É portanto uma medida da eficácia do sistema solar em transferir energia da radiação solar para a carga. Embora não seja um índice habitualmente apresentado, é uma indicação interessante como guia para dimensionamentos, porque é menos dependente dos detalhes do consumo, e em particular menos do nível de recurso solar. Contudo é ainda dependente da tecnologia dos módulos.

Para sistemas autónomos sem gerador auxiliar é apresentado ainda a:

- **Probabilidade de perda de carga** - trata-se do número de horas em que o sistema não pôde atender à solicitação do consumo, expressa em percentagem do número de horas em que é solicitado consumo. É portanto por assim dizer uma probabilidade de falha do sistema solar, uma vez que neste caso não há gerador auxiliar que possa entrar em funcionamento. Este é o principal indicador de dimensionamento deste tipo de sistemas. Em geral procura-se atingir uma probabilidade de perda de carga entre 5% e 1%, sendo que abaixo de 1% o sobre-dimensionamento começa a ser evidente (em termos económicos antes do mais). Em todo o caso a simulação com um Ano Meteorológico de Referência não permite estimar com precisão probabilidades de perda de carga de fracções de 1% (para isso seria necessária a simulação de 10 ou mais anos). Mas mesmo estas indicações têm excepções evidentes, por exemplo quando se trata de sistemas concebidos precisamente para alta fiabilidade, tais como refrigeração de vacinas ou telecomunicações de emergência.

Para sistemas autónomos com gerador auxiliar é apresentada, em vez da probabilidade de perda de carga, a:

- **Contribuição do gerador auxiliar** - trata-se da percentagem de energia útil fornecida para consumo pelo sistema de apoio, ou auxiliar (razão “E(apoio)” / “Carga” em valores anuais). No caso destes sistemas o consumo é sempre satisfeito, pelo que não há “perda da carga”. Trata-se então da principal medida a considerar de avaliação de desempenho em sistemas solares deste tipo. Em geral procura-se atingir uma contribuição do apoio abaixo dos 10% a 1%. Acima de 10% o sistema estará em geral subdimensionado e provocará aliás demasiado desgaste do gerador auxiliar por frequentes entradas/saídas de funcionamento; abaixo de 1% é frequente que o sistema solar esteja sobredimensionado. No entanto, trata-se apenas de uma gama de valores guia para situações típicas.

9.3. *Optimização por critérios energéticos*

Com os botões colocados em baixo nesta interface “Análise energética” é possível conduzir simulações de optimização automática do dimensionamento dos sistemas, para o caso de colectores de montagem fixa. No entanto é necessário entender bem o que está em causa quando se utilizam essas ferramentas.

O (pré-)dimensionamento de um sistema pode ser feito segundo vários critérios, podendo conduzir a resultados mesmo muito diferentes. Há basicamente dois tipos de critérios: energéticos e económicos. Entretanto, há outros considerandos que também podem ser levados em conta, tais como normas e regulamentos, autonomia, fiabilidade, redução da poluição causada por sistemas a combustíveis fósseis, ou mesmo questões estéticas.

Com respeito aos critérios energéticos, a ideia básica é procurar a configuração que fornece ao utilizador, um máximo de energia de origem renovável, desperdiçando entretanto pouca ou nenhuma da energia captada.

Claro que este tipo de optimização não faz sentido para certos sistemas, por exemplo sistemas fotovoltaicos ligados à rede, onde não entram considerações de armazenamento de energia e as limitações são basicamente as ligadas ao espaço disponível para instalação de painéis. Existem ainda outras limitações: por exemplo, na prática, o tamanho físico dos componentes comercializados é discreto, isto é, existem certos modelos de painéis, acumuladores, depósitos, etc., mas não 'meio painel da marca X' ou '0,3 depósito da marca Y'.

O SolTerm 5 faz optimização energética relativamente aos valores globais anuais; note no entanto que pode haver situações em que isto não é completamente apropriado, como por exemplo sistemas utilizados essencialmente, mas não apenas, de Verão ou de Inverno. No entanto isto não é uma limitação grave, pois na prática os resultados são muito similares aos obtidos segundo valores sazonais ou mesmo mensais.

Por outro lado, o facto de se trabalhar com funções discretas faz por vezes falhar a optimização automática, uma vez que o óptimo se pode situar entre dois valores sucessivos, discretos, do parâmetro em optimização (número de colectores térmicos ou módulos fotovoltaicos, de depósitos ou baterias). Por exemplo, num projecto de sistema térmico em que se tenha especificado um modelo de depósito de 200 l, mas o óptimo de dimensionamento esteja algures cerca dos 300 l, como ao software apenas é possível adicionar sucessivos depósitos de 200 l, a optimização automática recomendará ou o dimensionamento original (200 l, subdimensionado) ou dois depósitos (400 l, sobredimensionado). Assim, *a optimização automática não substitui o bom senso e perícia do projectista.*

Em todo o caso, um (pré)dimensionamento de sistemas autónomos bem feito do ponto de vista energético tem em geral as seguintes características: o sistema fornece entre 50% e 95% da energia requerida pela carga, podendo ser de 100% nalguns meses, tipicamente os de Verão; e desperdiça menos de 2% da energia captada.

Um erro comum em dimensionamentos de sistemas autónomos é tentar que o sistema atenda a 100% da carga em múltiplos meses, ou a percentagens acima de 80% - 90% em termos anuais. Isto levará com frequência a um sobredimensionamento do colector e do armazenamento. Outra abordagem pouco eficaz é tentar obter a configuração que se traduz no máximo de produtividade, o que quase sempre leva a um subdimensionamento do colector e/ou a um sobredimensionamento do armazenamento.

Por último o utilizador do SolTerm deve ter consciência de que as estimativas de desempenho são fortemente condicionadas pela meteorologia e pelo consumo. Ora, a climatologia usada é nominal, está sempre a ser melhorada, existem microclimas, ignoram-se as alterações climáticas e a variabilidade interanual, etc. Pelo lado do consumo, também o comportamento dos consumidores é

descrito de forma simplificada; mais do que isso, a bem dizer é apenas uma estimativa, tanto em termos de consumos médios mensais, como em relação ao perfil de consumo diário. Assim, não tem sentido fazer um dimensionamento baseado exclusivamente numa optimização rígida em termos apenas energéticos (ou apenas económicos): deve prevalecer o bom senso.

Um caso especial de optimização é a da orientação dos painéis, já discutido com algum pormenor nas secções anteriores. Frequentemente a energia recebida no plano inclinado do colector fica maximizada se fôr apontado a Sul e inclinado num ângulo cerca de 5° acima da latitude. Mas isto é apenas um valor-guia, pois na prática a melhor orientação dependerá do clima específico, da estrutura de consumo, dos sombreamentos e obstruções que possam existir, e até de considerações estéticas na instalação dos colectores, junto à água do telhado.

Em todo o caso, é importante saber que o máximo obtido estará em geral num 'planalto' de optimização, isto é, podem desviar-se os painéis da inclinação e azimute 'óptimos' por alguns graus (tipicamente da ordem de 10° em inclinação e 15° em azimute) sem perda significativa de radiação solar captada.

Nas interfaces de Projecto, o SolTerm faz uma sugestão de orientação baseada apenas em energia recebida no plano inclinado; mas a optimização final deve ser feita por simulação do sistema com todas as suas condicionantes, o que portanto deve ser feito precisamente nesta interface de 'Análise Energética'.

10. Interface ANÁLISE ECONÓMICA

10.1. Conceitos e instruções gerais

Nesta interface, a que se acede pela lâmina respectiva no topo da janela do programa, é possível conduzir uma análise económica básica do Projecto, após simulação energética. Para obter resultados com sentido, é essencial que o Projecto chegue a esta fase com um dimensionamento adequado do ponto de vista energético.

Na release 5.1 apenas a vertente térmica permite executar esta análise (a vertente fotovoltaica está em reanálise devido ao surgimento entretanto de vários sistemas de incentivos).

O utilizador introduz dados técnico-económicos (lado esquerdo da interface) e um cenário económico (à direita no topo), e o tipo de análise que pretende: averiguar o interesse face a um investimento alternativo, no caso de ter capital livre disponível para investir, ou averiguar a razoabilidade de obter um empréstimo bancário para comprar e implementar o sistema.

Basicamente o software faz uma análise de *cash flow* das despesas (preço do sistema, juros de empréstimo, manutenção, substituição de peças, pagamento de energia convencional...) e dos proveitos (custos de energia convencional evitados, eventuais reinvestimentos...) para o tempo de vida do sistema. O resultado das análises de cash flow é depois interpretado.

Dado o interesse para o utilizador é apresentada também uma estimativa do custo específico (Euro/kWh) da energia solar, comparada com o preço da energia convencional.

Existe uma opção de optimização da dimensão do painel solar, se o preço do sistema lhe for em parte proporcional (o que em geral é realmente o caso).

10.2. Dados técnico-económicos

Os dados técnico-económicos são relativamente fáceis de fornecer. O preço do sistema, incentivos eventualmente existentes, e preço actual da energia convencional substituída são dados objectivos.

O preço do sistema tem muitas vezes uma componente fixa - por exemplo, entrega e montagem de equipamentos, por vezes mesmo o preço do sub-sistema de armazenamento de energia. A parte variável do preço é frequentemente proporcional à área do painel. Se só se souber o preço global do sistema pode atribuir-se à componente variável o preço de colectores individuais e incluir todos os restantes custos na componente fixa. O mesmo raciocínio aplica-se para o caso dos eventuais incentivos.

Menos objectivos, por envolverem alguma previsão, serão os dados relativos ao tempo de vida do sistema, custos de manutenção e reparação e valor do sistema no fim da sua vida útil. Por vezes estes custos podem ser objecto de um contrato, de onde a informação pode ser retirada. Admite-se que a renovação de componentes é feita, arbitrariamente, a meio do

Dados técnico-económicos do sistema	
Área do painel 4.0 m ²	
Preço do sistema solar: 3502 €	
Componente fixa	<input type="text" value="700"/> €
Componente variável	<input type="text" value="704"/> € / m ²
Incentivos: 1200 €	
Componente fixa	<input type="text" value="500"/> €
Componente variável	<input type="text" value="176"/> € / m ²
Vida útil	<input type="text" value="20"/> anos
Manutenção anual	<input type="text" value="1.5%"/> do preço do sistema
Renovação de componentes	<input type="text" value="3.0%"/> do preço do sistema
Valor residual	<input type="text" value="1.0%"/> do preço do sistema

tempo de vida do sistema. Outros custos regulares, como seguros, podem ser incluídos debaixo da “manutenção anual”.

Note-se que em princípio o preço do sistema *não deve* incluir o de eventuais sub-sistemas de apoio (como caldeiras) mas apenas o de equipamento adicional (por exemplo, de controlo) que é necessário pela adopção de energia solar. De facto, o utilizador precisaria sempre de um sistema de fornecimento de energia mesmo que não investisse em energia solar.

10.3. Preços e custos da energia

Relativamente ao preço da energia convencional, ele tem de ser fornecido pelo utilizador - o valor deve corresponder ao ano de início da operação do sistema solar. Não é possível nesta versão ter um valor atribuído automaticamente: por um lado, o preço está em constante actualização, e por outro, em casos como o gás natural ou a electricidade, não há um valor fixo de venda mas um tarifário complexo, em geral com níveis de consumo.

Quanto ao custo da energia solar, ele é determinado simplesmente tomando todos os custos do sistema solar em si ao longo do seu tempo de vida (aquisição, manutenção, mas não por exemplo juros de eventuais empréstimos) e dividindo pela energia solar produzida e entregue ao utilizador durante esse período. O valor obtido é actualizado - quer dizer, convertido para o nível de preços actual - tendo em conta os efeitos da inflação durante o tempo de vida do sistema.

Valorização da energia	
Preço actual do combustível	
1.580 €/kg (0.045 €/MJ)	
Custo da energia solar produzida	
0.052 €/kWh (0.015 €/MJ)	

10.4. Cenários económico-financeiros

A análise económica é especialmente sensível aos dados relativos aos cenários económico-financeiros.

De facto o cenário especificado pelo projectista - ou pelo cliente - tanto pode concluir pela viabilidade económica de um investimento em energia solar, como pelo seu contrário, bastando a introdução de dados irrealistas (por exemplo, optimistas ou pessimistas em demasia).

Para construir um cenário adequado não há normas ou regras muito claras. Veja-se que mesmo as projecções económicas feitas pelas entidades especializadas alcançam poucos anos no futuro e ficam frequentemente afastadas da realidade - basta lembrar as projecções do PIB ou do preço do petróleo a dois ou três anos. No caso presente a situação é ainda mais difícil já que os cenários têm um horizonte temporal de tipicamente 20 anos.

Trata-se portanto antes de mais de expectativas pessoais sobre inflação, preço da energia convencional e dos níveis de juros bancários e/ou mercado de capitais a longo prazo. Tentar-se-à que sejam valores razoáveis, mas serão necessariamente algo subjectivos. Compreende-se pois que os valores por defeito apresentados pelo SolTerm constituam nada mais que um ponto de partida.

Os dados necessários incluem sempre a inflação, a deriva do preço da energia e o rendimento de uma aplicação financeira segura - tudo em valores médios durante o tempo de vida do sistema.

A deriva do preço da energia significa o aumento percentual do preço da energia convencional (que será parcialmente substituída por energia solar), acima do nível da inflação. Assim se inflação for,

digamos, 2% ao ano, e a deriva do preço da energia for 1,5% ao ano, o aumento do preço da energia será de 3,5% ao ano. Historicamente a deriva média do preço da energia tem sido positiva, não obstante alguns anos excepcionais, como 2009. Não é pois realista especificar uma deriva nula.

Por aplicação financeira segura entende-se uma aplicação tal como depósito bancário com um risco semelhante ao de que aconteça uma falha completa e irreparável do sistema solar antes do fim do tempo de vida previsto.

Ora este risco é baixo, já que hoje em dia a fiabilidade dos sistemas é grande, até por influência da certificação de componentes e generalização da formação específica de projectistas e instaladores. Além disso existem garantias do fabricante e do instalador e manutenção anual. Finalmente, como antes se referiu os custos do sistema solar podem incluir seguros para diminuir ou mesmo anular esse risco.

Estas aplicações financeiras seguras, por serem de baixo risco, terão rendimentos pouco acima da inflação - serão tipicamente certificados de aforro, títulos do Tesouro ou depósitos a prazo. Note-se ainda que os impostos devem já estar descontados nestes rendimentos. Considerando que na Europa em média a inflação encontra-se controlada numa gama estreita, digamos de até 3% a longo prazo, não será pois realista especificar no cenário um rendimento muito maior que 3% da aplicação financeira alternativa - e decerto nunca rendimentos com dois dígitos, característicos dos produtos financeiros mais rentáveis, mas de risco elevado.

Cenário financeiro sobre 20 anos

Inflação: 1.5% ao ano
Deriva do preço da energia substituída: 2.0% acima da inflação

Rendimento de aplicação financeira segura: 2.5% ao ano

Analisar interesse quando...

há capital disponível para investir
 é necessário um empréstimo bancário

Sistema solar	Alternativa
Compra do sistema: -2301 €	Aplicação de capital: -2301 €
Manutenção: -1233 € Reparações: -124 €	
Custos de energia (apoio): -5416 € (Custos de energia evitados: 12015 €)	Custos de energia: -17430 €
De reinvestimentos: 2551 € Valor residual: 47 €	Rendimentos: 1470 € Restituição do capital: 2301 €
Balanço	Balanço
no fim do período: -9027 € (a preços actuais: -6702 €)	no fim do período: -15961 € (a preços actuais: -11850 €)

Vantagem: 6934 € (5148 € a preços actuais)

Instalação de sistema solar compensadora (nestas condições). Optimização económica

Recuperação do capital ao 9º ano

Cenário financeiro sobre 20 anos

Inflação: 1.5% ao ano
Deriva do preço da energia substituída: 2.0% acima da inflação

Rendimento de aplicação financeira segura: 2.5% ao ano
Taxa de empréstimo bancário (TAEG): 9.5% ao ano
pagável em: 8 anos

Analisar interesse quando...

há capital disponível para investir
 é necessário um empréstimo bancário

Sistema solar	Alternativa
Amortizações: -2301 € Juros: -1091 € Manutenção: -1233 € Reparações: -124 €	
Custos de energia (apoio): -5416 € (Custos de energia evitados: 12015 €)	Custos de energia: -17430 €
De reinvestimentos: 1031 € Valor residual: 47 €	
Balanço	Balanço
no fim do período: -10117 € (a preços actuais: -7512 €)	no fim do período: -17430 € (a preços actuais: -12942 €)

Vantagem: 7313 € (5430 € a preços actuais)

Instalação de sistema solar compensadora (nestas condições). Optimização económica

Compensação do empréstimo ao 13º ano

No caso de ser necessário contrair um empréstimo bancário é pedida ainda a taxa de juro (todos os custos do empréstimo incluídos) e o tempo de amortização. Note-se que alguns bancos, empresas financeiras e especialmente, alguns incentivos governamentais, oferecem taxa de juros para aquisição de sistemas de energias renováveis mais favoráveis que nas condições normais de crédito.

10.5. Interpretação dos resultados da análise económico-financeira

A análise económico-financeira parte de um simples balanço de receitas e despesas para o caso da adopção de um sistema solar e para a situação alternativa em que se continua a comprar toda a energia, da forma convencional. Este balanço é feito para o tempo de vida útil do sistema solar.

Há dois casos a distinguir: ou se dispõe de capital próprio para investir, ou é necessário um empréstimo bancário para comprar e instalar o sistema solar.

Caso se disponha de capital próprio, na adopção de energia solar, existe um pagamento inicial grande (a compra do sistema) e pagamentos anuais mais pequenos: manutenção, alguma substituição de peças, e a compra da energia que o sistema solar não pôde fornecer, dita energia de apoio convencional. Na situação alternativa, de não adopção de energia solar, o capital próprio é investido numa aplicação financeira considerada segura (ver explicação anterior deste conceito), são feitos pagamentos anuais para compra de energia, e no fim do período em causa há um retorno do capital investido, acrescido de rendimentos.

Caso não se disponha de capital próprio, na adopção de energia solar é contraído um empréstimo que paga o custo do sistema, mas os pagamentos anuais são maiores que no primeiro caso pois há a acrescentar às despesas, as amortizações e juros do empréstimo. Note-se que se podem reduzir os juros pagos reduzindo o prazo do empréstimo, mas claro que isso se faz à custa de um aumento das amortizações, o que pode não ser interessante. Na situação alternativa (não adopção de energia solar), como não há capital próprio para investir, são feitos apenas pagamentos anuais para compra de energia.

Nota técnica

Não são considerados ganhos económicos devidos à redução a emissão de gases com efeito de estufa. Os Governos têm entendido que no caso de sistemas térmicos seria dupla subsídição, uma vez que já existe uma penalização do consumo de combustíveis fósseis por via do ISPP, e benefícios fiscais. Quanto a sistemas com apoio eléctrico, as tarifas já reflectem o que as empresas produtoras pagam por licenças de emissão (ou por se manterem dentro dos limites de emissão).

Enfim, estas várias receitas e despesas são afectadas em cada ano pela inflação; as despesas de compra de energia convencional são afectadas adicionalmente pela deriva do preço desta energia. Faz-se então um balanço das receitas e despesas - em geral os custos com a compra de energia dominam e portanto o saldo virá com muita frequência negativo - e compara-se a situação de adopção de energia solar com a situação alternativa, para verificar qual a melhor opção. Para melhor apreciação podem actualizar-se os valores obtidos, isto é, pode descontar-se o efeito da inflação, mas isso não afecta os resultados da avaliação comparativa.

O software permite guardar a análise efectuada (ícone no canto superior direito da interface) produzindo um ficheiro 'Análise_Económica.txt', que fica colocado por defeito na pasta 'Relatórios'.

Esta é a lógica básica da análise, mas há um factor adicional a considerar. É que a adopção de energia solar leva a poupanças anuais com a compra de energia convencional. Em vários dos anos do período considerado estas poupanças serão superiores às despesas, de forma que se gera um *cash flow* positivo. Ora estes montantes não podem ficar parados; admite-se que são de imediato reinvestidos na aplicação financeira segura.

Uma tabela destes *cash flow* anuais é dada em anexo ao relatório de análise económica. Com ela pode também detectar-se qual o tempo de recuperação do capital investido, ou de compensação do empréstimo bancário. Mas o ponto principal é que estes reinvestimentos geram proveitos adicionais que com frequência melhoram significativamente o interesse da adopção de energia solar.

Há pelo menos dois outros pontos de vista para encarar a análise financeira. O primeiro é olhar para parâmetros clássicos de análise como o valor acrescentado líquido (VAL) e a taxa interna de rentabilidade (TIR). Por exemplo o parâmetro VAL traduz o resultado final do investimento, a preços actuais - em resumo, quanto se ganha por investir numa certa opção. No entanto, a situação presente não se conforma bem com este tipo de análise convencional: é que raramente vem positivo o saldo final das opções em confronto (adoptar ou não um sistema solar), uma vez que em geral os custos com a compra de energia dominam todo o balanço. Assim em termos estritos o VAL e as taxas de rentabilidade viriam quase sempre negativos, o que na análise convencional é interpretado como sendo investimentos a evitar. Simplesmente, há sempre que consumir energia e não há alternativa a gastar dinheiro para a obter, de uma ou outra forma.

Mesmo assim, para quem se sentir mais confortável analisando um parâmetro do tipo VAL para as alternativas em confronto, do que directamente examinando os balanços, pode definir-se um valor acrescentado líquido ainda com sentido. Para isso subtrai-se aos resultados dos balanços os custos da energia convencional que seriam suportados sem a adopção de energia solar (contas feitas em termos de preços actuais). Este VAL assim definido comporta-se como seria de esperar num VAL clássico; por exemplo, é nulo quando a aplicação financeira segura apenas permite recuperar o capital investido. Os VAL são apresentados no relatório de análise económica (mas não na interface do software).

Ainda um outro ponto de vista é a análise directa do custo da energia solar versus o preço da energia convencional. Evidentemente que a adopção de energia solar só será interessante se o seu custo específico (Euro/kWh) for pelo menos igual ao da energia convencional. Contudo isto não basta: é que enquanto os pagamentos de energia convencional são distribuídos uniformemente ao longo do período em análise, na adopção de energia solar é feito um grande pagamento à cabeça, no primeiro ano. Isso prejudica a aplicação dos capitais disponíveis; ou no caso de ser contraído um empréstimo que evita esse grande pagamento inicial, onera a opção solar com os juros desse empréstimo. Quanto maior for a inflação anual, maior será este tipo de desvantagem puramente financeira que a energia solar tem de ultrapassar.

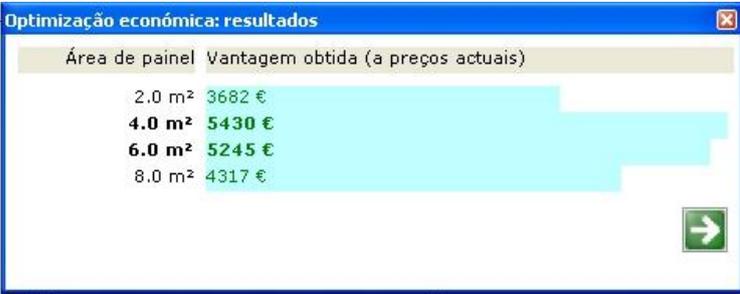
Assim para que a opção solar seja interessante (em termos estritamente financeiros) é necessário que o custo da energia solar fique significativamente abaixo do preço da energia convencional - tipicamente algo como -15% a -30%, mas dependendo é claro do cenário financeiro especificado, com ênfase para a deriva do preço da energia convencional acima da inflação.

Uma sugestão para explorar com confiança todos estes aspectos da análise financeira será colocar inicialmente as várias taxas do cenário financeiro a zero e mesmo também os valores das despesas periódicas (como a manutenção anual). Depois de examinar e compreender esta situação básica - nitidamente irrealista, sem inflação a longo prazo, preços fixos da energia convencional, ... - pode seguir-se a construção pouco a pouco de um cenário mais de acordo com a realidade.

10.6. *Optimização económico-financeira*

O software inclui uma opção de optimização. Funciona variando a dimensão do painel solar, partindo do dimensionamento inicial (que contempla apenas os aspectos energéticos), e tenta encontrar o melhor nível de proveitos.

Por vezes a gama de dimensões do painel de colectores que fornece retornos económicos maximizados é diferente do dimensionamento obtido apenas em termos energéticos. Por exemplo, quando a energia convencional é cara, pode valer a pena sobredimensionar o painel em termos técnicos e desperdiçar energia durante o Verão, mas obter uma fracção solar superior que corresponda a maiores ganhos económicos por serem maiores os consumos de energia convencional evitados no Inverno.



Área de painel	Vantagem obtida (a preços actuais)
2.0 m ²	3682 €
4.0 m²	5430 €
6.0 m²	5245 €
8.0 m ²	4317 €

A green arrow button is located in the bottom right corner of the table area.

11. Interface BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

As reduções do uso de energia fóssil e de emissões de GEE são calculadas a partir da energia primária deslocada pelo uso do sistema solar. Os factores necessários são dados na especificação do sistema de apoio, cf. secção 7.9. Para obter boas estimativas é importante não fornecer cenários irrealistas de rendimento de queima em caldeiras muito elevado, penetração de energias renováveis no mix da electricidade muito baixo, etc.

Benefícios Energia-Ambiente

Consumo de energia primária de origem fóssil evitado:	Emissões de gases com efeito de estufa evitadas:	guardar Análise 
6.17 GJ/ano = 1715 MWh/ano (144 kg de Gasóleo/ano)	457 kg CO2 equivalente/ano	
admitindo: » PCI = 42.8 MJ/kg » 75% de eficiência na caldeira		

Benefícios Energia-Ambiente

Consumo de energia primária de origem fóssil evitado:	Emissões de gases com efeito de estufa evitadas:	guardar Análise 
7.76 GJ/ano = 2156 MWh/ano	476 kg CO2 equivalente/ano	
admitindo para a rede eléctrica pública: » 9.0% de perdas » 39.0% de fontes renováveis » saldo importador nulo » 40.0% de rendimento médio das centrais termoeléctricas		

O consumo de energia fóssil evitado é dado em unidades de energia (GJ e MWh) e em kg de combustível fóssil não consumido. As emissões evitadas são dadas em unidades kg CO₂e.

O SolTerm guarda um relatório com estes dados, num ficheiro editável, designado por “Benefícios_Energia-Ambiente.txt”, e que é colocado por defeito na pasta “Relatórios”.

12. Operação Avançada

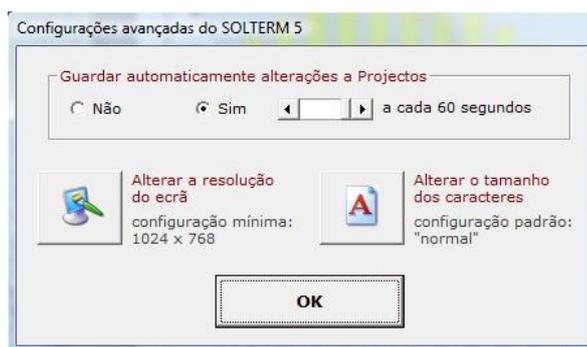
12.1. Edição directa dos bancos de dados

Os bancos de dados de componentes consistem em ficheiros de texto puro, e portanto podem ser editados directamente sem passar pela interface do SolTerm. Estes ficheiros de componentes armazenam os valores numéricos das características geométricas, energéticas, etc. sob as etiquetas de texto que as identificam. De forma similar para os bancos de dados de configurações (projectos) de sistemas, de cargas (consumos) e de detalhes locais do clima.

Os bancos de dados estão em pastas com nome auto-explicativo, uma vez que se saiba que 'PV' designa os relativos a sistemas fotovoltaicos e 'ST' designa os relativos a sistemas solares fotovoltaicos. Os dados climáticos estão na pasta 'Clima', os ficheiros de dados climáticos que quiser adicionar devem ter a extensão '.csv', ver mais pormenores adiante. Os ficheiros dos restantes bancos de dados têm extensão '.st5' no caso dos dados originais que o SolTerm fornece (e que não se aconselha serem apagados), enquanto os adicionados pelo utilizador têm a extensão 'dat'. Estes dados podem ser editados através da interface do SolTerm. Contudo podem-se também editar directamente. Neste caso o mais expedito será abrir a pasta respectiva (por exemplo 'PV acumuladores' ou 'ST cargas') copiar um já lá existente, dando-lhe um (novo) nome sugestivo e modificar os valores onde apropriado. Quando voltar a correr o SolTerm o programa reconhecerá automaticamente esse novo componente, carga, projecto, ou máscara de obstruções.

12.2. Configurações avançadas do software

No menú de topo do programa encontrará o item “Configuração”, que dá acesso a opções avançadas sobre o funcionamento do programa.



O SolTerm permite guardar automaticamente as alterações a Projectos enquanto neles se trabalha (*autosave*), com um intervalo de tempo variável entre 15 e 60 segundos. Isto permite precaver eventuais problemas com o software, quebras de corrente, esquecimento de guardar Projectos, etc., mas também pode corromper a definição de Projectos devido a enganos ou tentativas de alteração que afinal não se desejava serem guardadas. *Por defeito* o SolTerm *não se inicia em autosave*.

Os relatórios do SolTerm são emitidos em formato de texto simples (.txt), e para lê-los e imprimi-los é apenas necessário o programa “notepad.exe” que já faz parte do sistema operativo Windows. Estes

Contudo o utilizador pode adicionar dados seus à base de dados pelo processo que se segue.

Suponhamos que se quer acrescentar dados para um local denominado “o meu quintal”:

- (i) formatar a série anual de dados segundo o formato exemplificado em qualquer dos ficheiros na pasta “Clima”, constituído por um cabeçalho com informação de versão de software, toponímica, geográfica, de período abrangido e de significado dos parâmetros arquivados, mais 365 x 24 linhas com mês do ano, dia do mês e hora, seguidos dos dados meteorológicos para cada hora solar ao longo do ano. Note-se que para minimizar problemas de leitura todos os valores meteorológicos guardados são inteiros e a separação é feita por espaços. O extracto de um dos ficheiros climáticos abaixo apresentado deverá ser suficientemente claro para exemplificação. Deve ser seguida exactamente a posição das colunas.
- (ii) guardar na pasta “Clima” o ficheiro com o nome “o_meu_quintal.dat” (por regra de boas práticas são usados *underscores* em vez de espaços)
- (iii) acrescentar na pasta 'Mapas' uma imagem arbitrária (mas claro que convém ser pertinente) de 250 x 366 pixeis, formato GIF e nome dado em acordo - i.e. neste caso exemplo seria 'o_meu_quintal.gif'.

É importante notar que o SolTerm apenas necessita das colunas 1 a 3 (data e hora), e 4, 12 e 13 (temperatura ambiente, radiação global e difusa na horizontal). Todas as outras poderiam ser postas a zeros sem prejuízo da operação do SolTerm. Alguns dos dados nestas outras colunas são pertinentes para simulação térmica de edifícios, outras colunas estão reservadas para expansão futura das capacidades de software.

13. Referências

- Aguiar, R. (1996) Geração de Séries Meteorológicas Sintéticas para Portugal. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Aguiar, R. (1998) Dados Meteorológicos para Energias Renováveis e URE em Portugal (Projecto P-CLIMA). Relatório final do Projecto ALTENER XVII/4.1030/Z/98-92), INETI - DER, Lisboa.
- Aguiar (2004). Selecção de Valores Médios Mensais da Temperatura do Ar e Irradiação Solar na Estação de Arrefecimento para o RCCTE versão 2004. DER, Lisboa, Janeiro 2004. Nota Técnica INETI. 27 pp.
- Aguiar (2004). Procedimentos de Construção de Anos Meteorológicos Representativos para o RSECE - versão 2004. DER, Lisboa, Junho 2004. Nota Técnica INETI. 27 pp.
- Aguiar, R. and M. Oliveira (2002). Stochastic Typical reference years for Climate Change studies. Tyndall Conference on Climate Change and Buildings, paper 133. UMIST, Manchester, 8-9 April.
- Aguiar, R. (2005). Cenários energéticos futuros para Portugal. In: Física e Energia - Desafios e Opções Energéticas para Portugal. Workshop comemorativa do Ano Internacional da Física 2005, 18 de Fevereiro de 2005. Organização Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. http://fisica.fc.ul.pt/images/FUSAO_FCL.pdf
- Aguiar, R., Coelho, R., Horta, P., Carvalho, M.J., Testing Improved Solar Collector Performance Algorithms with Solar System Design Software. In: Proceedings of EUROSUN 2008 - 1st International Congress on Heating, Cooling and Buildings, Lisboa, Outubro, 2008, 3pp
- Bourges B. (1992) "Climatic data handbook for Europe", Kluwer Academic Publishers.
- Carvalho M.J. (1993) Métodos de avaliação do comportamento térmico de sistemas solares
Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Decreto-Lei 78/2006- Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios e transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Directiva no. 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Diário da República, de 4 de Abril de 2006, Série I-A, p. 2411.
- Decreto-Lei 79/2006- Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Diário da República, de 4 de Abril de 2006, Série I-A, p. 2416.
- Decreto-Lei 80/2006- Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Diário da República, de 4 de Abril de 2006, Série I-A, p. 2468.
- Duffie, J. e W. Beckman (1980), "Solar Engineering of Thermal Processes", John Willey and Sons.
- EN 12975-1:2006, "Thermal solar systems and components - Solar collectors - Part 1: General Requirements". CEN, Bruxelas.
- EN 12975-2:2006, "Thermal solar systems and components - Solar collectors - Part 2: Test Methods". CEN, Bruxelas.

EN 12976-1:2006, "Thermal solar systems and components - Factory Made Systems - Part 1: General Requirements". CEN, Bruxelas.

EN 12976-2:2006, "Thermal solar systems and components - Factory Made Systems - Part 2: Test Methods". CEN, Bruxelas.

Gordon, J.M and Y. Zarmi (1985) An analytic model for the long-term performance of solar thermal system with well-mixed storage, Solar Energy, vol.35, page 55

Howell Y. and Bereny J.A. (1979) Engineers guide to solar energy, Solar Energy Information Service

NP 4448:2006 (2006). "Aquecimento solar. Instalações solares térmicas para aquecimento de piscinas. Regras de dimensionamento, concepção e instalação", Norma Portuguesa (versão portuguesa do ISO TR 12596:1995). Edição IPQ, Caparica.

Rabl, A.(1985), "Active solar collectors and their applications", Oxford University Press.