



Solar Térmico

Água Quente Solar - AQS
Análise de projetos



Nelson Martins
2022



1

Objectivos

- Rever os aspectos básicos dos sistemas AQS
- Identificar aspectos chave na verificação de projectos de AQS
- Caso de estudo AQS com RETScreen®

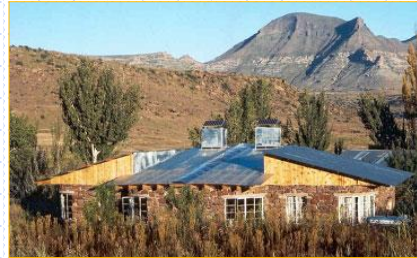


Nelson Martins
DEM-UA 2022

2

Para que serve um sistemas AQS?

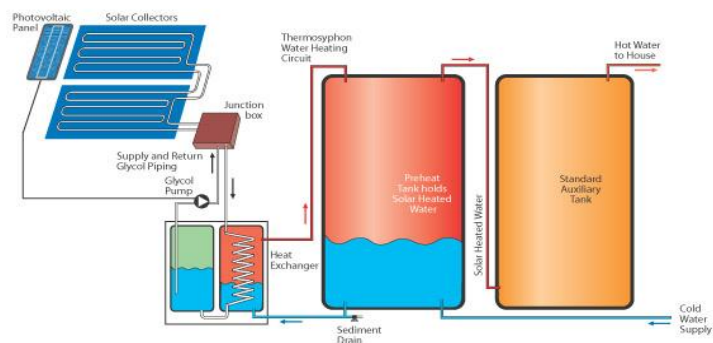
- Água quente sanitária
- Calor de Processo
- Aquecimento de piscinas
- Armazenamento de água quente



3

Componentes dos sistemas AQS

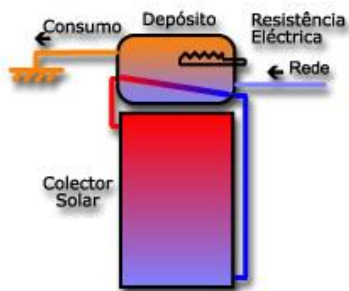
Solar Hot Water System Schematic



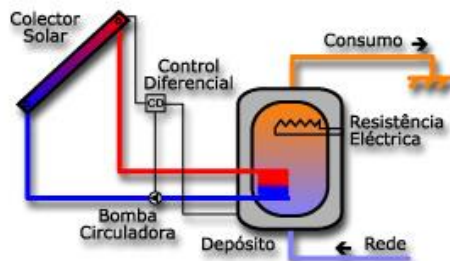
4

Duas abordagens

Esquema em Termosifão

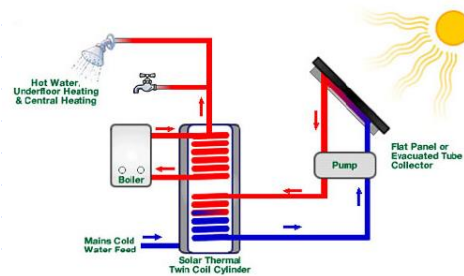
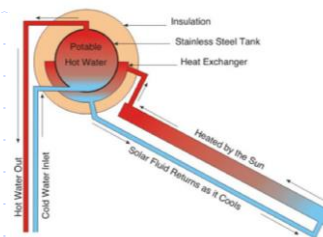


Esquema Circulação Forçada



5

Duas abordagens



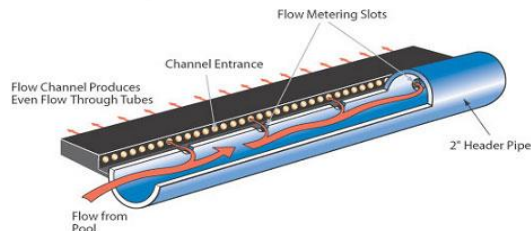
6

Colectores solares sem cobertura

(unglazed)

- Baixo custo
- Baixa temperatura
- Robustos
- Leves
- Aquecimento de piscinas

Solar Unglazed Collector



- Baixa pressão
- baixo desempenho em climas frios/ventosos

7

Colectores solares com cobertura

(glazed)

- Custo moderado
- Pressão de operação mais elevada (pode operar à pressão da rede)
- Mais pesado e frágil que os anteriores

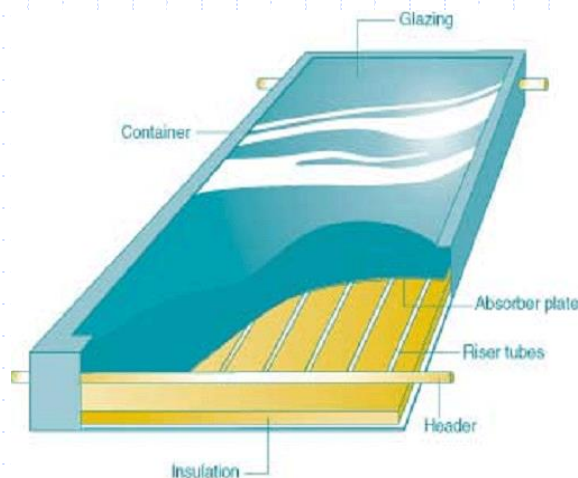
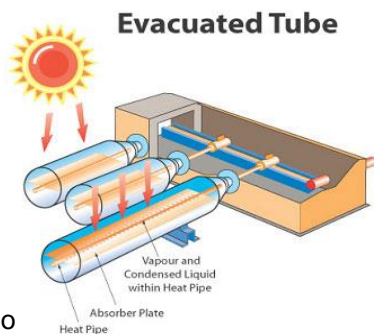


Photo Credit: NRCan

8

Colectores com tubo de vácuo

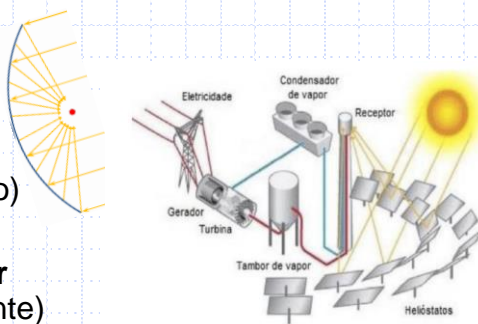
- Os mais caros
- Não têm perdas por convecção
- Temperatura mais elevada
- Frágeis
- instalação mais exigente
- Não tem problemas de congelação no Inverno



9

Concentradores parabólicos

- Alta temperatura
- Produção de **vapor** (saturado e sobreaquecido)
- **Eletricidade térmica solar** (Tecnologia ainda emergente)



Fonte: ANEEL, 2015



Central Receiver Solar Power Plant

Photo Credit: Sandia National Laboratories DOE/NREL



Parabolic-Trough Solar Power Plant

Photo Credit: Gretz, Warren DOE/NREL

10



AQS - Potencial Energético

Para sistema AQS com **6 m²**, **coletor plano coberto**, consumo de **300 l/dia**, de água quente a **60°C** e com **reservatório de 300 l**, o potencial solar é de:

21% em Tromsø, Noruega (70°N)	81% em Matam, Senegal (16°N)
40% em Yellowknife, Canada (62°N)	59% em Puerto Limón, Costa Rica (10°N)
32% em Varsóvia, Polónia (52°N)	59% em Jakarta, Indonesia (6°S)
51% em Harbin, China (46°N)	86% em Huancayo, Peru (12°S)
67% em Sacramento, USA (39°N)	69% em Harare, Zimbabwe (18°S)
39% em Tokyo, Japão (36°N)	65% em Sydney, Australia (34°S)
78% em Marrakech, Morrocos (32°N)	39% em Punta Arenas, Chile (53°S)
75% em Be'er-Sheva, Israel (31°N)	

11



Considerações de Projecto

- **Fatores de sucesso:**
 - Consumos elevados de água quente (reduz peso de custo fixos)
 - Custo da energia elevado (e.g., GN não disponível)
 - Distribuição de energias convencionais deficiente
 - Atitude ecológica
- **Consumos diurnos** requerem menos armazenamento
- **Sistemas baratos e sazonais** são muitas vezes preferíveis a sistemas mais caros, destinados a funcionar todo o ano.
- A **manutenção**, à semelhança de qualquer outro sistema técnico não deve ser ignorada.

12

AQS - Sistemas domésticos

- Em zonas abrangidas por energia fiável.
 - Podem ter um tempo de recuperação de capital longo
 - Podem fornecer entre 20 to 80% das necessidades de água quente sanitária
- Em zonas remotas, podem ser a única solução



Photo Credit: The Australian Greenhouse Office



Photo Credit: Marie Andrén, Solar Energy Association of Sweden



Photo Credit: Vadim Belotserkovsky

13

AQS - Piscinas

- Coletores planos simples (sem cobertura)
 - Piscina de Verão em climas frios
 - Prolongamento da estação em climas moderados
 - 1 a 5 anos de recuperação do capital
- Coletores com cobertura para utilização base anual, em piscinas cobertas
- Bomba de filtração pode ser usada



14

AQS - Industria/Comercio

- Hotéis e escritórios
- Hospitais
- Limpeza de veículos, lavandarias
- Gimnodesportivos, escolas
- Aquacultura
- Industria ligeira
- Restaurantes



15

AQS e o RETScreen®

Produção de energia, custo de ciclo de vida e redução de gases com efeito estufa para:

- Coletores planos descobertos, cobertos, e em vácuo
- Piscinas interiores e exteriores
- Água quente de serviço para várias aplicações (com e sem reservatório)

Necessita apenas de informação média mensal (12 pontos), contra os 8,760 necessários para simulação horária.

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project			
Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Pool example	
Project location		Longueuil, Canada	
Nearest location for weather data		St-Hubert, QC	
Annual solar radiation (flat surface)	MJ/m²	181	Complete Solar Collector
Annual average temperature	°C	5.9	
Annual average wind speed	m/s	4.4	
Desired fluid temperature	°C	27	
Number of months analysed	month	35	
Energy demand for month analysed	MJ/h	6.39	
System Characteristics			
Application type		Estimate	Notes/Range
Base Case Water Heating System		Swimming pool (outdoor)	
Heating fuel type		Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	250%	80% to 300%
Solar Collector		Estimate	Notes/Range
Collector type		Unheated	See Technical Note / See Product Catalogue
Solar water heating collector manufacturer		ABC	
Solar water heating collector model		XYZ	
Area per collector	m²	4.00	1.00 to 5.00
FI (tau alpha) coefficient	-	0.05	0.50 to 0.90
Wind correction for FI (tau alpha)	stm	0.045	0.030 to 0.050
FI UL coefficient	(W/m²)°C	15.56	8.00 to 15.00
Wind correction for FI UL	(W/m²)°C	4.37	3.00 to 5.00
Suggested number of collectors		11	
Number of collectors		7	
Total collector area	m²	28.0	
Balance of System		Estimate	Notes/Range
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	No	
Suggested pipe diameter	mm	25	8 to 25 or PVC 30 to 38
Pipe diameter	mm	25	8 to 25 or PVC 30 to 38
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	2%	2% to 10%
Horiz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector		2	0 to 20
Annual Energy Production (35 months analysed)			
Application type		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MJ/h	0.00	
Specific yield	kWh/m²	270	
System efficiency	%	45%	
Solar fraction for month analysed	%	45%	
Renewable energy delivered	MJ/h	7.57	
	GJ	27.25	Complete Cost Analysis sheet

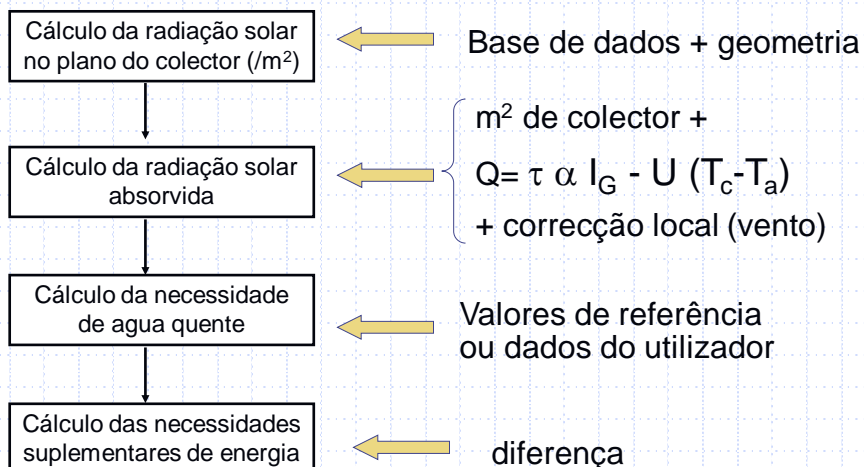
16

AQS e o RETScreen[®] (cont.)

- Necessita apenas de informação média mensal (12 pontos), contra os 8,760 necessários para simulação horária.
- **Não considera:**
 - variações diárias de carga (necessidade de água)
 - Sistemas independentes para água quente de serviço
 - Sistemas sem depósito e com um grande % solar
 - Painéis concentradores ou com orientação mecânica

17

RETScreen[®] Modelo Energético AQS



18

Conclusões

- Existem vários tipos de colectores solares (sem cobertura, com cobertura, tubos em vácuo, concentradores, seguidores etc.)
- Os principais factores de sucesso são: elevados consumos de AQ, custo elevado da energia e atitude ecologia do utilizador
- RETScreen® permite estimar:
 - Necessidades de água quente para serviço e para piscinas
 - desempenho do sistemas de aquecimento de água, com e sem armazenamento, incorporando AQS.
- RETScreen® usa valores **médios mensais de disponibilidade solar**, conseguindo aproximações idênticas às dos modelos de base horária.

19

Questões ?



Photo Credit: TN Conseil

www.etscreen.net

20



Estudo de caso 1

Considere uma residência unifamiliar, do tipo T3, localizada no Porto

Realize uma pré-avaliação técnica e económica da viabilidade de instalação de uma unidade de aproveitamento de **energia solar**, considerando que atualmente toda a energia térmica é fornecida por um cilindro elétrico (valorizada a 0.20 €/kWh).

Considere:

- Taxa média de inflação anual: 2.5% ano
- Taxa líquida anual de remuneração de capital sem risco: 1.5%
- Taxa anual de atualização do preço da energia: 5%
- Custo da instalação dos coletores solares: 600€/m²
- Custo do depósito de armazenamento: 2.5€/litro

Arbitre (justificando) os restantes dados que considerar necessários...

21



Estudo de caso 2

Considere uma escolar do tipo EB23, com **polidesportivo** e **cantina**, localizada em **Coimbra** e frequentada por **200 alunos**.

Realize uma pré-avaliação técnica e económica da viabilidade de instalação de uma unidade de aproveitamento de **energia solar**, considerando que atualmente toda a energia térmica é fornecida por uma caldeira a gasóleo (1.5 €/litro), que será substituída por uma caldeira a gás natural (0.08€/kWh ou 0.844€/m³, 1 m³ = 10.55kWh) com um custo de 3000€

Considere:

- O consumo de AQS proposto pela base de dados do RetScreen
- Taxa média de inflação anual: 4% ano
- Taxa anual de atualização do preço da energia: 6%
- Taxa líquida anual de remuneração de capital sem risco: 3.5%
- Custo da instalação dos coletores solares 700€/m²
- Custo da instalação do reservatório de AQS 2.5€/litro
- “capitalize” *Certificados de Emissão* de Carbono a 100 €/ton
- Arbitre (justificando) os restantes dados que considerar necessários...

22



Estudo de caso 2 (Perguntas)

- Qual o consumo diário de AQS considerado no estudo? A que temperatura?
- Qual o calor necessário para produção de AQS anualmente?
- Qual a orientação dos painéis solares instalados
- Quantos painéis solares foram considerados neste estudo?
- Que tipo de sistema foi considerado neste estudo?
- Qual o número de painéis sugeridos pelo RETScreen?
- Qual a capacidade de armazenamento?
- Qual a potência da bomba circuladora
- Qual a cobertura das necessidades garantida pelo sistema solar
- Qual a poupança anual associada à aquisição de combustíveis?
- Qual o investimento previsto?
- Qual a redução de emissões de GEE
- Considerando que 50% do investimento resulta de um empréstimo bancário, qual o tempo necessário para recuperar o investimento de capital próprio?
- Qual a riqueza gerada pelo projeto (em moeda do ano do investimento)