

Sistemas Eletroprodutores Híbridos



05/11/2014

Edgar Franco | edgar.franco@ipleiria.pt

- Introdução;
- Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos;
- Complementaridade entre as fontes solar e eólica;
- Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida;
- Metodologia para a realização de estudos técnico-económicos;
- Operação, monitorização e automatização dos sistemas;
- Segurança, manutenção e conservação dos sistemas;
- Impactos ambientais e socioeconómicos.

I – Introdução

3





I – Introdução

4

- Definição de “Sistema Eletroprodutor Híbrido”:
 - *Sistema dotado de mais do que um tipo de instalação eletroprodutora renovável e/ou não renovável que, dependendo da natureza e da disponibilidade dos recursos primários, deve gerar e distribuir energia elétrica de forma otimizada e a custos mínimos, a uma carga, instalação de autoconsumo ou rede elétrica, de forma isolada ou interligada a uma rede pública.*

- Caraterísticas dos “Sistemas Eletroprodutores Híbridos”:
 - Combinação de várias fontes de energias renováveis (Eólica, Solar, Hídrica, Biogás, Bioetanol, Biodiesel, Biomassa sólida, etc.) com não renováveis (Diesel, Gás-Natural, Gasolina, Fuelóleo, Carvão, etc.);
 - Podem ou não ser dotados de acumuladores de EE;
 - Dotados desde pequenas potências até algumas dezenas de MW;
 - Geralmente, o objetivo é o de proceder ao abastecimento de redes isoladas, mas poderão ser utilizados para outros fins (ex.: *smart-grids*, *pequenas instalações de autoconsumo com ou sem ligação à rede*, etc.);
 - Interesse científico: Complexidade da otimização do mix e das potências das instalações eletroprodutoras; desenvolvimento de algoritmos de decisão multiobjetivo; caraterização de consumos elétricos; caraterização de recursos renováveis; avaliação do desempenho de acumuladores de EE; etc.

● Vantagens:

- Combinação de diferentes padrões diários de produção de energia elétrica que se complementam (ex.: Eólica + Solar), através de diferentes tipos de Fontes de Energias Renováveis (FER);
- Redução das necessidades de acumulação de energia elétrica, dos consumos de combustíveis fósseis e dos impactos ambientais;
- Alimentação de sistemas isolados com níveis de fiabilidade comparáveis aos das redes interligadas.

● Desvantagens:

- Utilização de fontes primárias com disponibilidade variável e de tecnologias caras, tornando estes tipos de sistemas muito dispendiosos;
- Devido à variabilidade dos recursos primários, o fator de capacidade dos centros eletroprodutores é baixo e o custo de energia elétrica é elevado;
- Sistemas muito complexos, de operação muito difícil e suscetível a avarias, aumentando os custos de operação e manutenção.

I – Introdução

7

- Motivação para utilização em áreas remotas: Dificuldade em assegurar a viabilidade técnica e económica do fornecimento de energia elétrica através da rede pública;
- Soluções adoptadas até ao presente: Abastecimento de cargas isoladas (pequenas redes ou cargas especiais – Sistemas de Telecomunicações, Bombagem, Dessalinização de Água, Irrigação, etc.), através de grupos geradores convencionais;

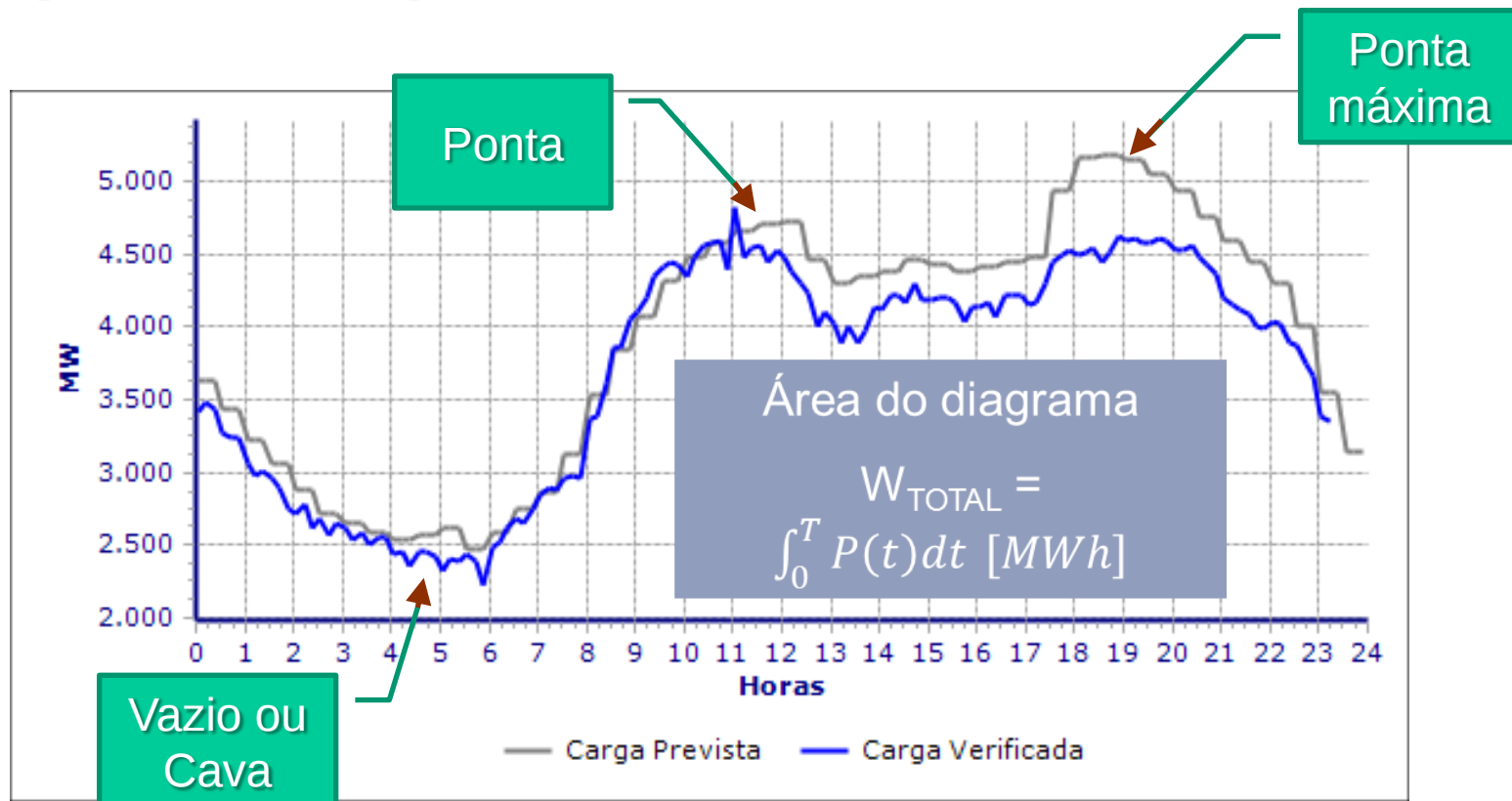


- Os geradores convencionais dispõem igualmente de forma de operação não trivial: [Oscilação dos preços do combustível](#), [logística de transporte e armazenamento](#), [necessidades de manutenção](#), [licenças para emissões de CO₂](#), etc.;
- Solução: Adopção de combinações de FER e de acumuladores de EE, complementados por grupos geradores convencionais (combustíveis fósseis).

I – Introdução

8

- Diagrama de cargas:





I – Introdução

9

- Parâmetros a considerar na análise de diagramas de carga:
 - **Potência média** = $W_{\text{TOTAL}} / (24 \text{ h})$ [kW];
 - **Fator de carga (para cargas)** = $P_{\text{MÉDIA}} / P_{\text{MÁXIMA}}$;
 - **Fator de capacidade (para instalações eletroprodutoras)**
= $P_{\text{MÉDIA}} / P_{\text{INSTALADA}}$;
 - **Utilização da potência de ponta** = $W_{\text{TOTAL}} / P_{\text{MÁXIMA}}$ [h].



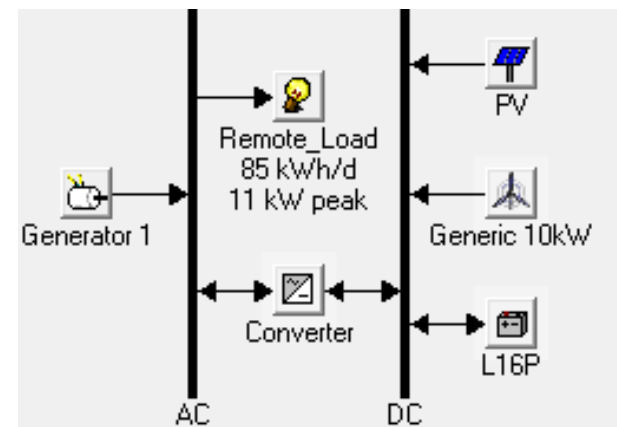
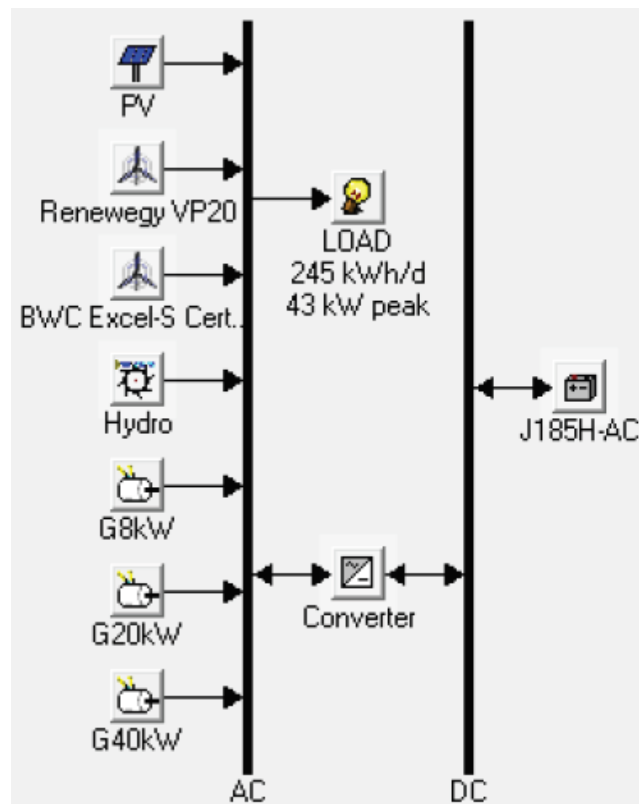
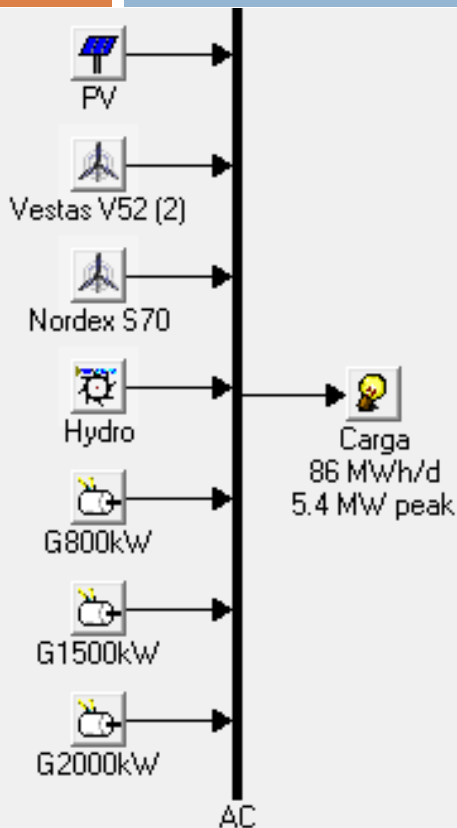
I – Introdução

10

- Equipamentos habitualmente utilizados em sistemas dotados de fontes de energias renováveis:
 - **Reguladores de carga:** Gestão do processo de carregamento e descarga de baterias (Série, Shunt, sem ou com MPPT, etc.);
 - **Retificadores:** Conversão de tensões AC de frequência variável em tensões DC (para carregamento de baterias e/ou posterior inversão para formas de onda coincidentes com as da rede elétrica a interligar);
 - **Inversores:** *Offgrid*, *Grid-Tie*, específicos para ligação individual a cada *string* ou módulo fotovoltaico, para sistemas de bombagem, etc. De onda sinusoidal modificada ou pura, etc.;
 - **Conversores bidirecionais:** Permitem a retificação de tensões AC para carregamento de acumuladores e a inversão de tensões DC para abastecimento de cargas através da energia armazenada nos mesmos;
 - **Combinações de equipamentos anteriores:** Inversor, retificador ou conversor bidirecional com regulador de carga incorporado, conversor AC-AC para aplicações eólicas, inversores com possibilidade de comando e gestão de funcionamento de geradores convencionais, etc.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

11





IPL

escola superior de tecnologia e gestão
instituto politécnico de leiria

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

12

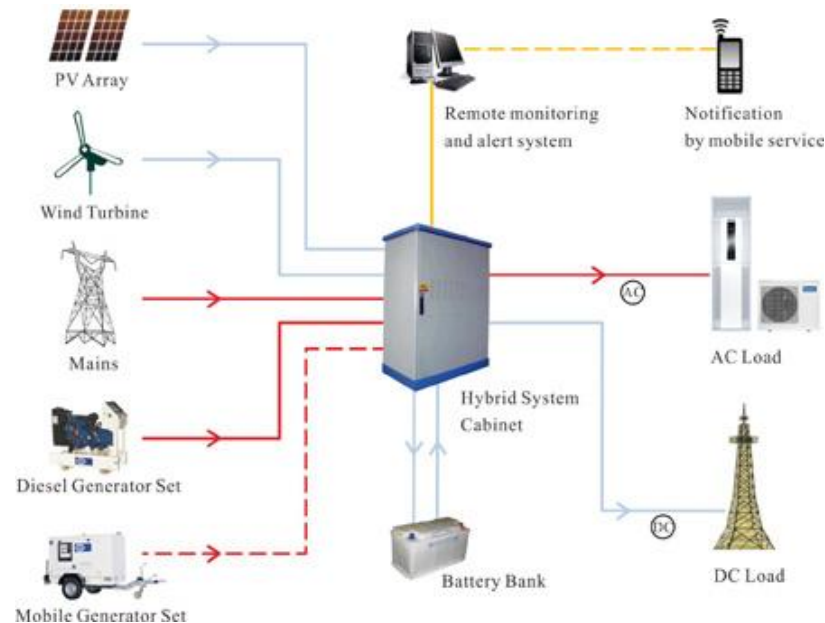
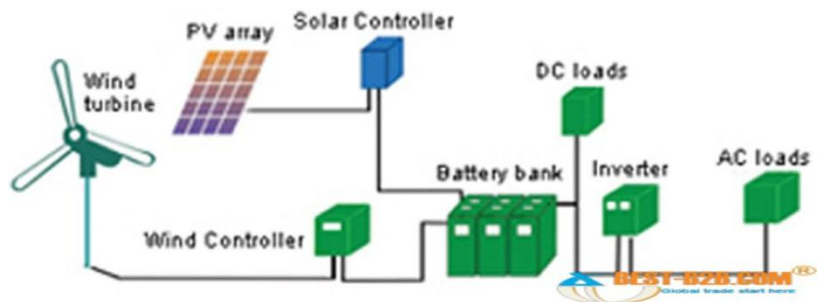
- Formas de classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos:
 - Quanto à potência instalada;
 - Quanto à existência de interligação com a rede pública;
 - Quanto à prioridade;
 - Quanto à configuração;
 - Quanto à composição.

- Quanto à potência instalada:
 - **Grande dimensão ($\geq 100\text{kW}$):**
 - Habitualmente apenas dispõem de barramentos AC;
 - Habitualmente não dispõem de acumuladores de EE.
 - **Média dimensão (10-100kW):**
 - Muitas vezes dispõem de barramentos DC, onde são ligados acumuladores de EE e, eventualmente, alguns dos geradores;
 - Habitualmente dispõem de barramentos AC onde é injetada a maior parte da energia gerada e, a partir dos quais, são alimentadas as cargas.
 - **Pequena dimensão ($\leq 10\text{kW}$):**
 - Habitualmente dispõem de barramentos DC, onde são ligados acumuladores de EE, uma parte dos geradores e algumas das cargas;
 - Frequentemente dispõem ainda de barramentos AC, onde são ligados outra parte dos geradores e, a partir dos quais, são alimentadas parte das cargas.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

14

- Quanto à existência de interligação com a rede pública:



- Sistemas isolados:** Fornecimento de EE à carga, de forma independente (dotados de acumuladores de EE e/ou geradores convencionais);
- Sistemas interligados:** Fornecimento de EE à carga e à rede (no caso de excedente de produção); e fornecimento de EE à carga auxiliado pela rede (no caso de déficit de produção).

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

15

- Quanto à prioridade:

- **Prioridade aos recursos não renováveis:**

- Produção proveniente das FER: Utilizada para abastecimento da carga nos períodos de menor procura (na qual os grupos termoelétricos operam a baixa eficiência), **ou** como complemento aos geradores convencionais;
- Eventual excesso de produção proveniente das FER: Geralmente armazenado em acumuladores de EE para utilização futura;
- Energia gerada pelas FER: Tipicamente inferior à média diária de consumo.

- **Prioridade aos recursos renováveis:**

- Grupos convencionais: Utilizados como sistemas de reserva, que abastecem a carga nos casos de baixa produção pelas FER e em picos de consumo;
- Carga média diária: As FER e os acumuladores de devem apresentar contribuições significativas para o abastecimento da mesma.

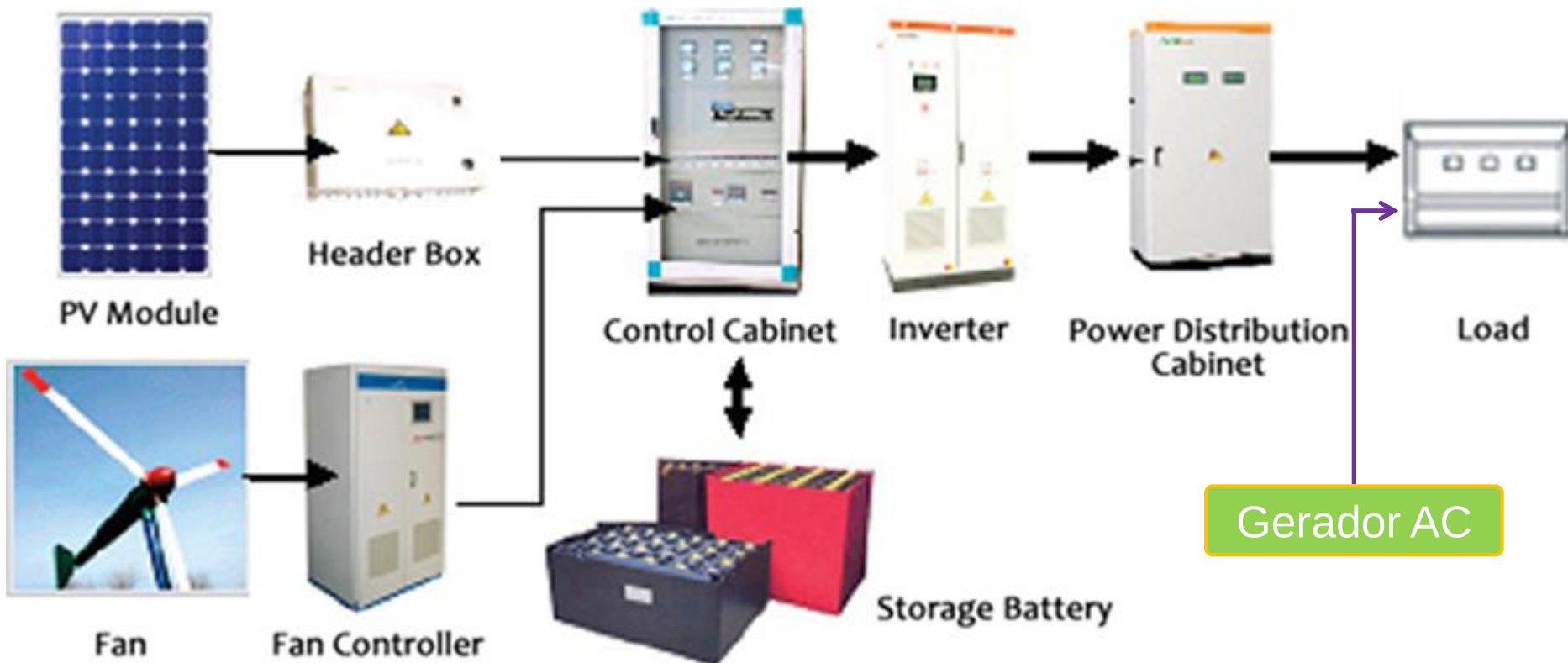
- **Dependência do local de implantação, ordem de grandeza da carga a abastecer e viabilidade técnica e económica:**

- Dimensionamento dos sistemas híbridos entre os 2 extremos anteriores.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

16

- Quanto à configuração (Série e paralelo):
 - **Série:**
 - A transmissão da energia até as cargas CA é realizada em sequência:



II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

17

- Quanto à configuração (Série e paralelo):
 - **Série:**
 - A transmissão da energia até as cargas CA é realizada em sequência;
 - Podem ou não ser dotados da possibilidade de realização de seccionamento, em que, no caso de disporem, o seu modo de funcionamento é caracterizado por:
 - As cargas de CA podem ser alimentadas diretamente por grupos geradores convencionais, ou por inversores/conversores bidirecionais, mas não pelos 2 ao mesmo tempo;
 - O seccionamento entre o gerador e o inversor/conversor bidirecional pode efetuar-se de modo manual ou automático;
 - Se for automático, verifica-se a necessidade de se prever um sistema de controlo que monitorize a carga, a geração renovável e o estado de carga dos acumuladores de EE.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

18

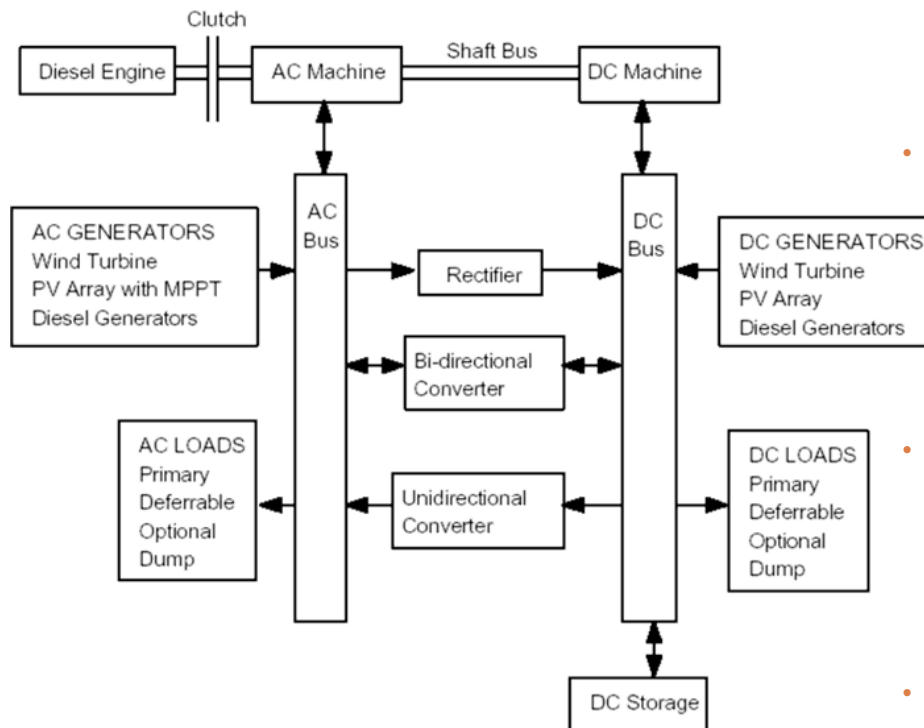
- Quanto à configuração (Série e paralelo):
 - **Série – Sistemas dotados da possibilidade de seccionamento:**
 - Vantagens:
 - Ambas as fontes (renováveis ou não) podem abastecer diretamente as cargas, portanto, em caso de falta ou necessidade de manutenção de uma, a outra é acionada;
 - Pelo facto de o gerador injetar diretamente a sua potência do lado AC, verifica-se um aumento na eficiência global do sistema, devido ao facto de a potência não circular pelo inversor/conversor bidirecional.
 - Desvantagens:
 - No caso de seccionamento manual: Interrupção momentânea do fornecimento de EE aquando da comutação entre as fontes;
 - No caso de seccionamento automático: A interrupção é imperceptível (pelo facto de ser realizada num período de tempo muito curto);
 - Os geradores convencionais e o inversor ou conversor bidirecional necessitam de ser projetados para a potência de ponta máxima prevista.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

19

- Quanto à configuração (Série e paralelo):

- Paralelo:**



- Sistemas onde pode ser realizada a injeção da potência produzida, em simultâneo (operação conjunta de geradores e inversores), nos barramentos AC e DC;
- Necessidade de se preverem sistemas de conversão bidirecional para efetuar a transmissão de potência dos barramentos DC para AC e de AC para DC, em função dos valores de potência gerada e absorvida;
- Necessidade de equipamento para efetuar a regulação de carga dos acumuladores de EE (podendo ser incorporados no conversor bidirecional);
- Necessidade de sincronismo entre geradores e conversor direcional, para acerto de formas de onda.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

20

- Quanto à configuração (Série e paralelo):

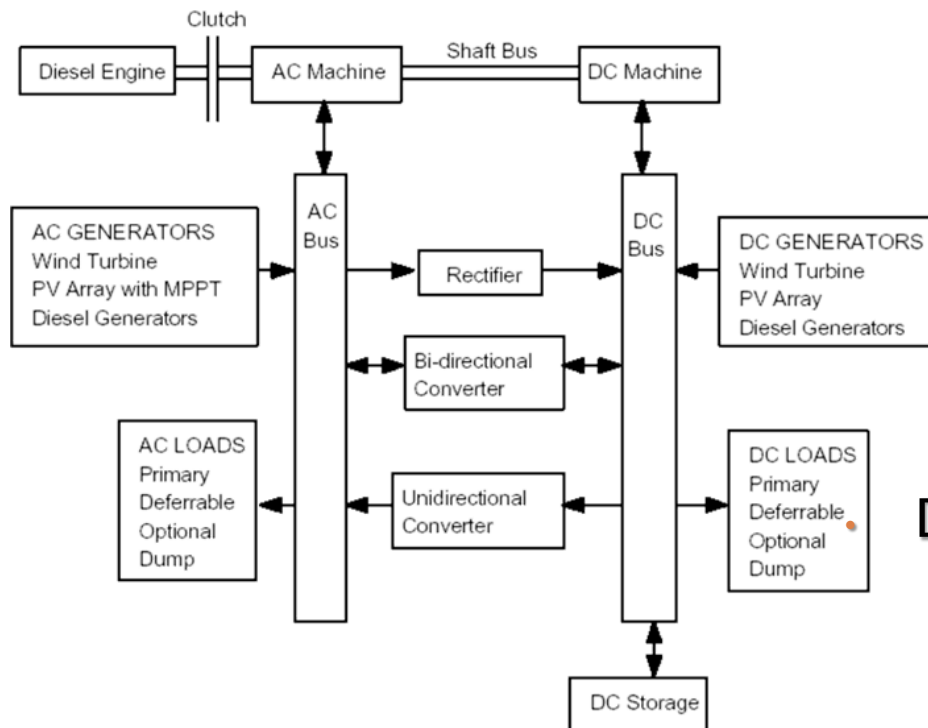
- Paralelo:**

- Vantagens:**

- Aumento da eficiência dos geradores;
- Minimização das necessidades de manutenção e aumento da vida útil dos geradores;
- Redução dos valores de potência instalada dos geradores, acumuladores de EE e, consequentemente, dos custos de investimento.

- Desvantagem:**

- Necessidade de um sistema de controlo complexo, que garanta o sincronismo das formas de onda de tensão dos geradores e conversores.



- Quanto à composição (mais comuns):
 - **Eólico-Diesel;**
 - **Fotovoltaico-Diesel;**
 - **Fotovoltaico-Eólico-Diesel;**
 - **Fotovoltaico-Eólico;**
 - **Nota 1:** Também é comum a adoção de outro tipo de gerador convencional ou renovável ao invés de grupos Diesel;
 - **Nota 2:** A qualquer um dos sistemas anteriores se pode acrescentar a possibilidade de se disporem de acumuladores de EE, de proceder à combinação com recursos hídricos.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

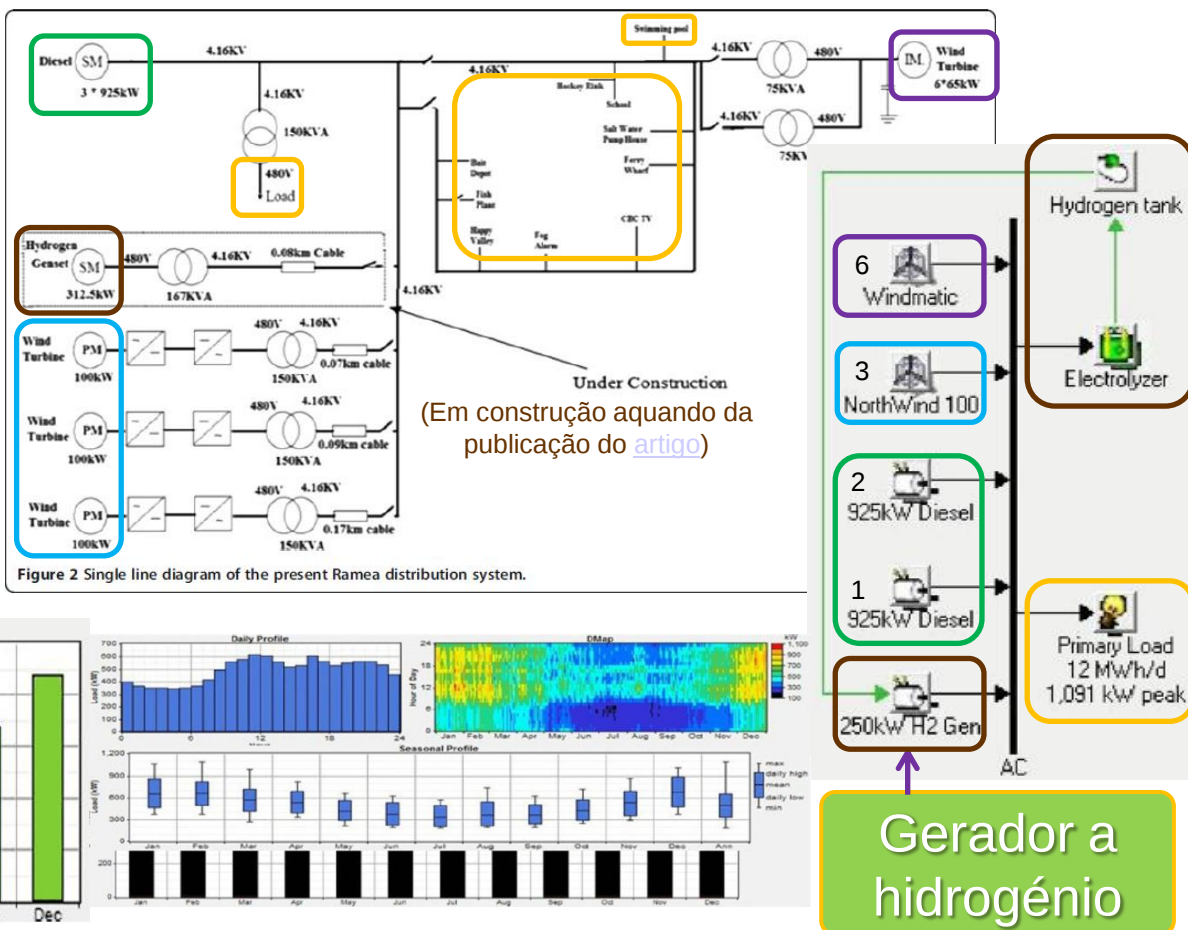
22

- Quanto à composição – Características principais:
 - Eólico-Diesel:
 - Utilizados em zonas dotadas de bons recursos eólicos, possibilitando a economia de combustível;
 - Possibilidade de operação do gerador Diesel num ponto de operação com melhor rendimento;
 - Quando combinado com equipamentos que procedem à acumulação de EE, melhora a economia de combustível e a operação do gerador Diesel;
 - Possibilidade de abastecimento das cargas prioritárias no caso de falta de combustível ou no caso do gerador Diesel se encontrar fora de serviço (para manutenção);
 - No caso da utilização de acumuladores de EE, o gerador Diesel deverá ser dimensionado por forma a optimizar o investimento e a operação do sistema híbrido, caso contrário, deverá ser dimensionado para permitir o abastecimento da potência máxima prevista;
 - Configuração mais adequada para sistemas de média e grande dimensão.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

23

- Quanto à composição – Caraterísticas principais:
 - Eólico-Diesel – Exemplo Ilha Ramea - Canadá:



II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

24

- Quanto à composição – Características principais:

- Fotovoltaico-Diesel:

- Utilizados quando a carga a abastecer se verifica maioritariamente durante o dia;
- Possibilitam uma economia de combustível que pode chegar a 70%;
- Possibilidade de operação do gerador num ponto de operação com melhor η ;
- A introdução de um gerador Diesel num sistema FV reduz para $\sim 1/3$ a capacidade ótima em termos de acumuladores de EE, reduzindo o investimento inicial;
- No caso da utilização de acumuladores de EE, o gerador Diesel deverá ser dimensionado por forma a optimizar o investimento e a operação do sistema híbrido, caso contrário, deverá ser dimensionado, **mediante o critério de fiabilidade considerado**, ou para permitir o abastecimento da potência máxima prevista durante o período noturno, **ou** para abastecimento da potência de ponta máxima prevista para a carga a abastecer;
- O sistema fotovoltaico deve ser dimensionado por forma a optimizar o investimento e a operação do sistema híbrido (tipicamente o resultado desse dimensionamento permite alimentar 100% dos consumos médios diários no verão e de 50% dos consumos médios diários no inverno).

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

25

- Quanto à composição – Características principais:
 - Fotovoltaico-Diesel – Exemplo:



II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

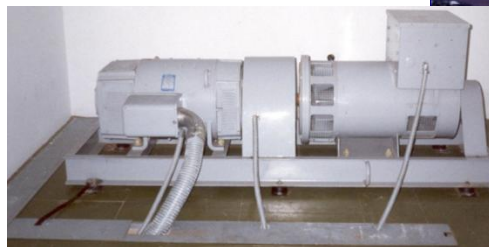
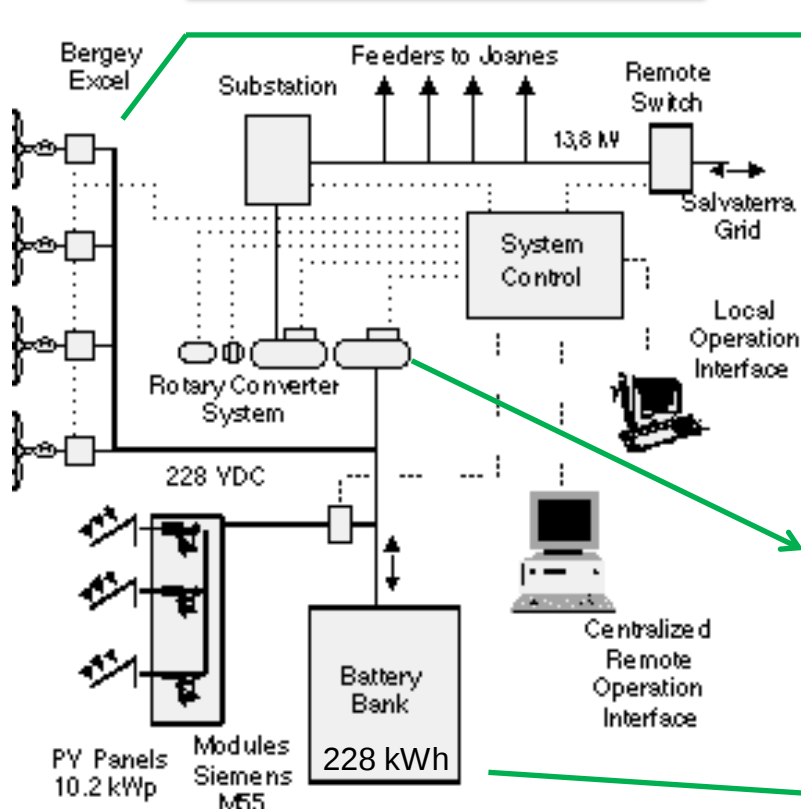
26

- Quanto à composição – Características principais:
 - Fotovoltaico-Eólico e Fotovoltaico Eólico-Diesel:
 - Em muitas regiões, registam-se velocidades de ventos mais elevadas no início e no final do dia, o que complementa a produção fotovoltaica, que apenas se verifica no período diurno;
 - Para que o sistema seja dimensionado por forma a optimizar o investimento e a operação do sistema híbrido, tipicamente verifica-se um excesso de produção algo significativo, que pode ser aproveitado para bombagem de água, eletrólise de hidrogénio, ou armazenamento em acumuladores de EE;
 - Os aproveitamentos Eólico e Fotovoltaico devem ser dimensionados de modo a garantir a optimização do investimento e da operação do sistema híbrido;
 - No caso de se prever a utilização de acumuladores de EE, o gerador Diesel deve ser dimensionado por forma a optimizar o investimento e a operação do sistema híbrido, caso contrário, deverá ser dimensionado para abastecimento da potência de ponta máxima prevista.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

27

- Quanto à composição – Características principais:
 - Fotovoltaico-Eólico – Exemplo em Joanes Marajó Brasil:



Produção anual: 120MWh (45% consumo)

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

28

- Quanto à composição – Características principais:
 - Biogás-Eólico, Biogás-Fotovoltaico ou Biogás-Eólico-Fotovoltaico:
 - Semelhante aos sistemas híbridos a Diesel, mas com a vantagem de se tratar de um sistema eletroprodutor completamente renovável;
 - Sistemas potencialmente interessantes para aplicações em comunidades rurais isoladas, com geração de biogás;
 - A partir de Biogás, a produção de EE é tipicamente realizada por:
 - Microturbinas para potências superiores a 30kW;
 - Células de combustível ([MCFC](#) ou [SOFC](#)), para potências inferiores a 30kW (aumentando o custo e a complexidade do sistema).
 - Tipicamente, as microturbinas de Biogás encontram-se combinadas com unidades de cogeração;
 - Necessidade de sistema de armazenamento de gás;
 - Dimensionamento análogo aos dos sistemas dotados de gerador Diesel.

II – Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos

29

- Quanto à composição – Características principais:
 - **Hídrico / Eólico:**
 - Habitualmente não aplicável, visto que as zonas com bom recurso hídrico se situam em vales, onde o recurso eólico não é favorável.
 - **Hídrico / Fotovoltaico:**
 - Interessante, devido à complementaridade sazonal;
 - Regularidade de recurso hídrico: Aumento da fiabilidade do sistema;
 - O sistema fotovoltaico deve ser dimensionado por forma a [optimizar o investimento e a operação do sistema híbrido](#) (tipicamente o resultado desse dimensionamento permite alimentar 100% dos consumos médios diários no verão e de 50% dos consumos médios diários no inverno);
 - O aproveitamento hídrico deve ser dimensionado por forma a [optimizar o investimento e a operação do sistema híbrido](#) (tipicamente o resultado desse dimensionamento permite alimentar o consumo de médio diário de energia no inverno);
 - Necessidade de acumuladores de EE ou grupos Diesel, para períodos de seca (Verão), para o caso do recurso hídrico dispor de baixa potência e para o acompanhamento a variações bruscas de carga.

III – Complementaridade entre as fontes solar e eólica

30



III – Complementaridade entre as fontes solar e eólica

31

- Desvantagem dos sistemas eletroprodutores renováveis de um só tipo: Variabilidade do recurso;
- Fonte solar: Facilmente previsível e com disponibilidade durante o período diurno;
- Fonte eólica: Menos previsível, mas habitualmente com maior disponibilidade durante o período noturno;
- Combinando as fontes eólica e solar: Diminuição da variabilidade da produção de energia elétrica:



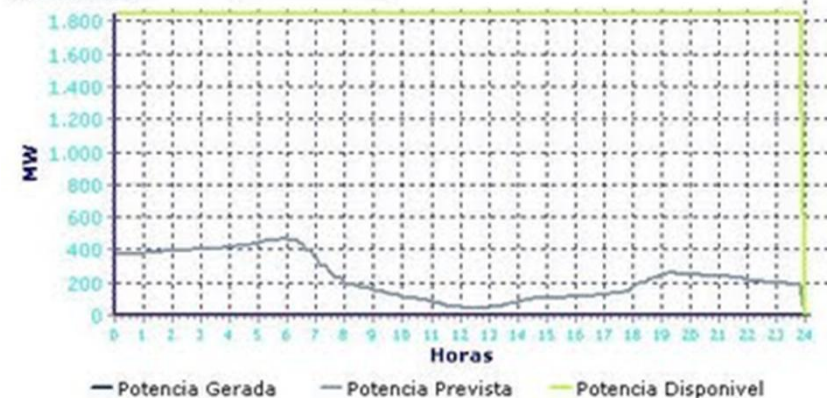
Diagrama de Produção Eólica

Data para análise

13-08-2009

Executar >>

Parques Eólicos com Telemedidas

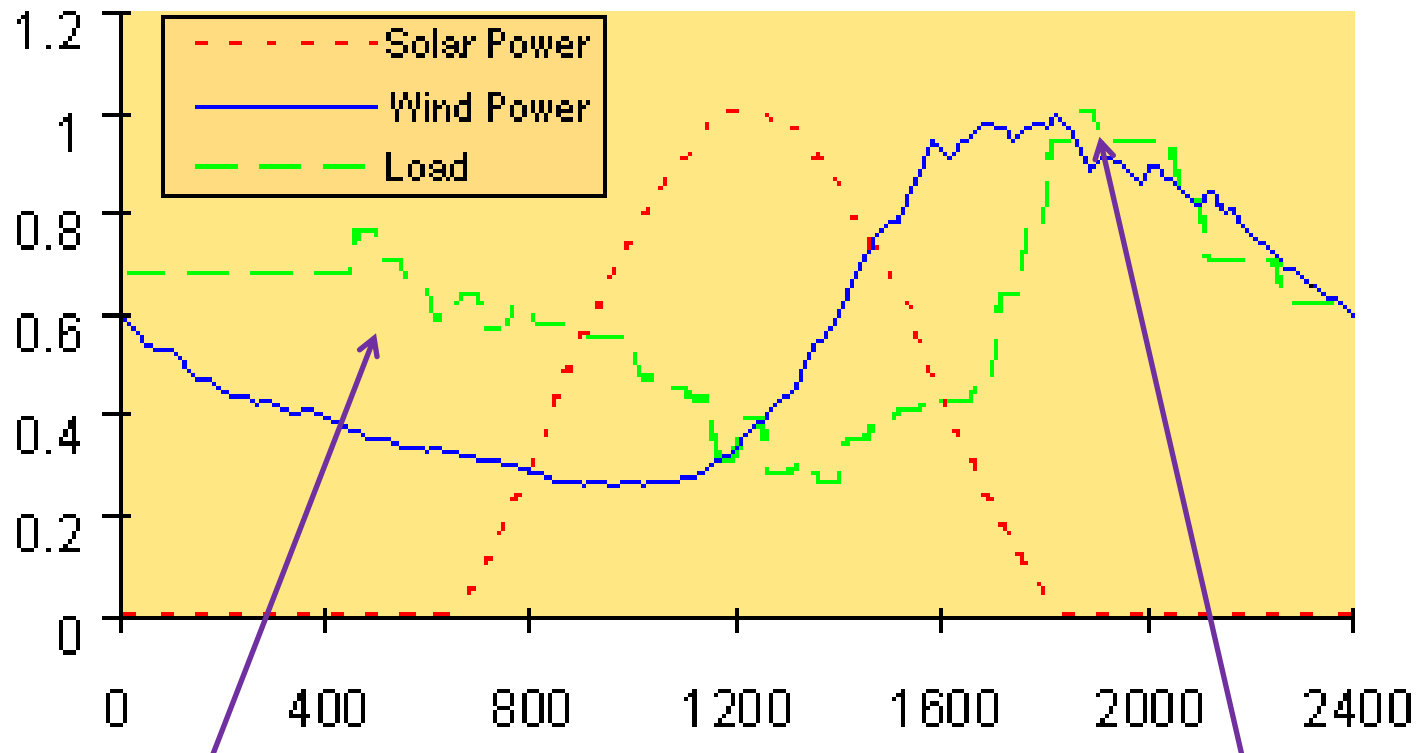


III – Complementaridade entre as fontes solar e eólica

32

- Exemplo da combinação das fontes eólica e solar:

Normalized Power



Necessidade de se disporem de acumuladores de EE e/ou geradores.

III – Complementaridade entre as fontes solar e eólica

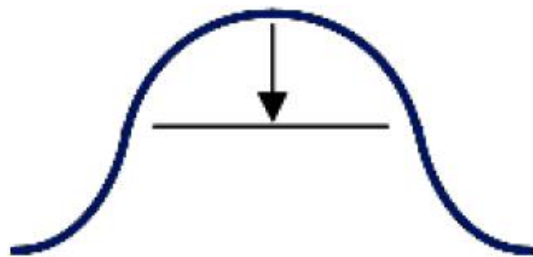
33

- Vantagens da combinação dos dois tipos de aproveitamentos:
 - Diminuição da sazonalidade de produção de EE;
 - Aumento do fator de capacidade: Diminuição do período de retorno do investimento, induzido pela diminuição do custo unitário da eletricidade;
 - Diminuição da produção de EE por parte dos geradores convencionais;
 - Diminuição das necessidades de acumulação de EE (em sistemas até 100kW);
 - Diminuição das emissões de CO₂ e, por conseguinte, do impacto ambiental.

III – Complementaridade entre as fontes solar e eólica

34

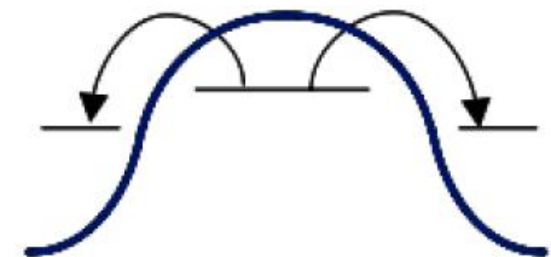
- Utilização de técnicas de Gestão da Procura (DSM) para acomodação da variabilidade dos recursos renováveis:
 - Recordando os objetivos, referentes à padronização de consumos, dos programas de DSM:**



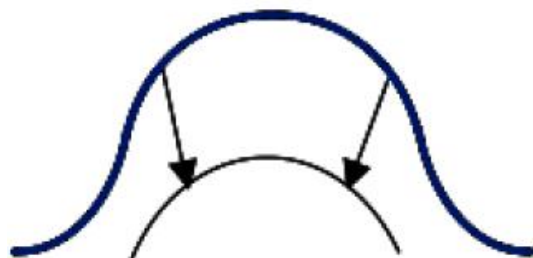
Corte de pontas



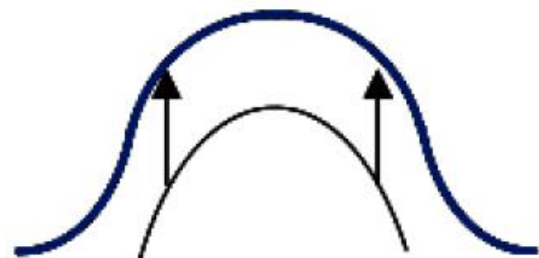
Enchimento de vales



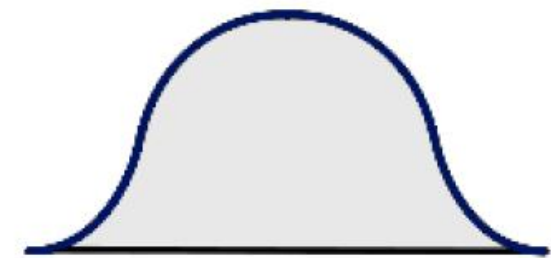
Desvio de consumos



Conservação estratégica



Crescimento estratégico



Flexibilização dos diagramas de carga

III – Complementaridade entre as fontes solar e eólica

35

- Utilização de técnicas de Gestão da Procura (DSM) para acomodação da variabilidade dos recursos renováveis:
 - Exemplo da acomodação da energia eólica:**

DIAGRAMA DE CARGA DOS DIAS CARACTERÍSTICOS

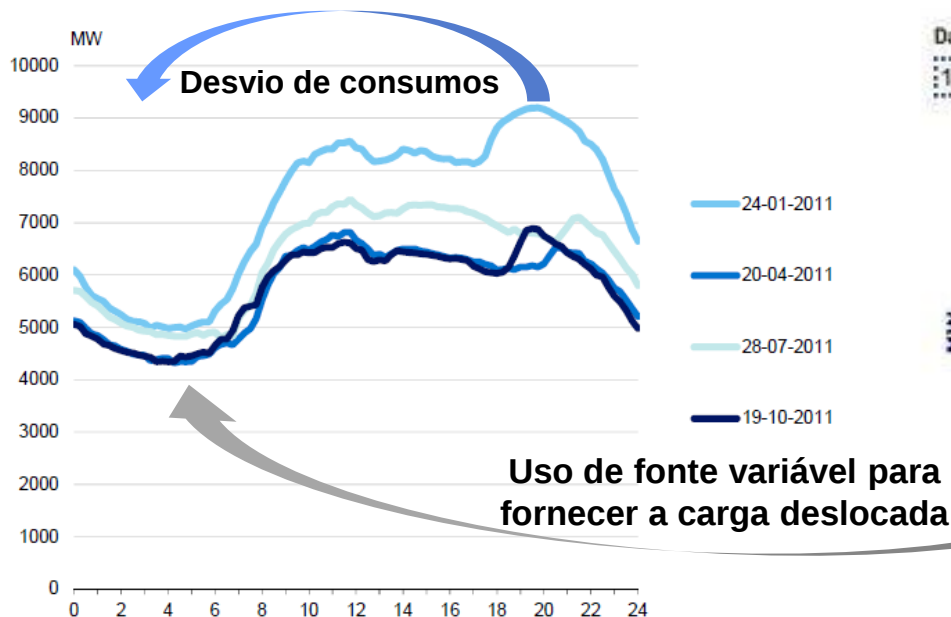


Diagrama de Produção Eólica

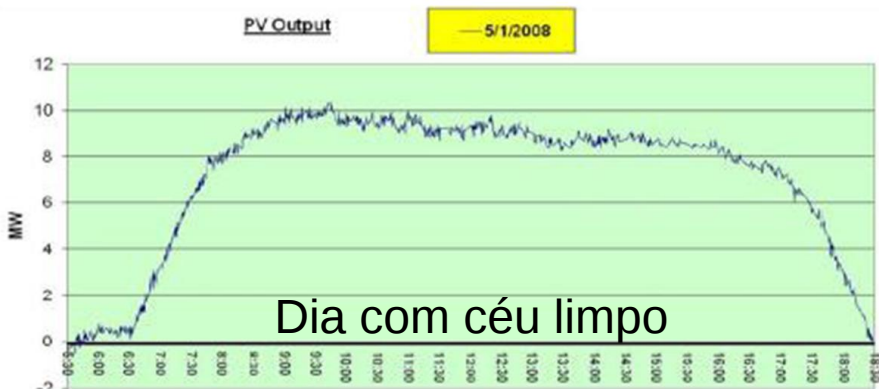


Programa de “Desvio de consumos”

III – Complementaridade entre as fontes solar e eólica

36

- Utilização de técnicas de Gestão da Procura (DSM) para acomodação da variabilidade dos recursos renováveis:
 - Exemplo da acomodação da energia solar:**



Os programas de DSM podem desempenhar um papel importante para proceder a ajustes de carga em tempo real, em função da disponibilidade solar, evitando a colocação em funcionamento de centrais térmicas ou de alguns dos seus grupos geradores!

Programa de “*Flexibilização do diagrama de cargas*”!
(Em tempo real)

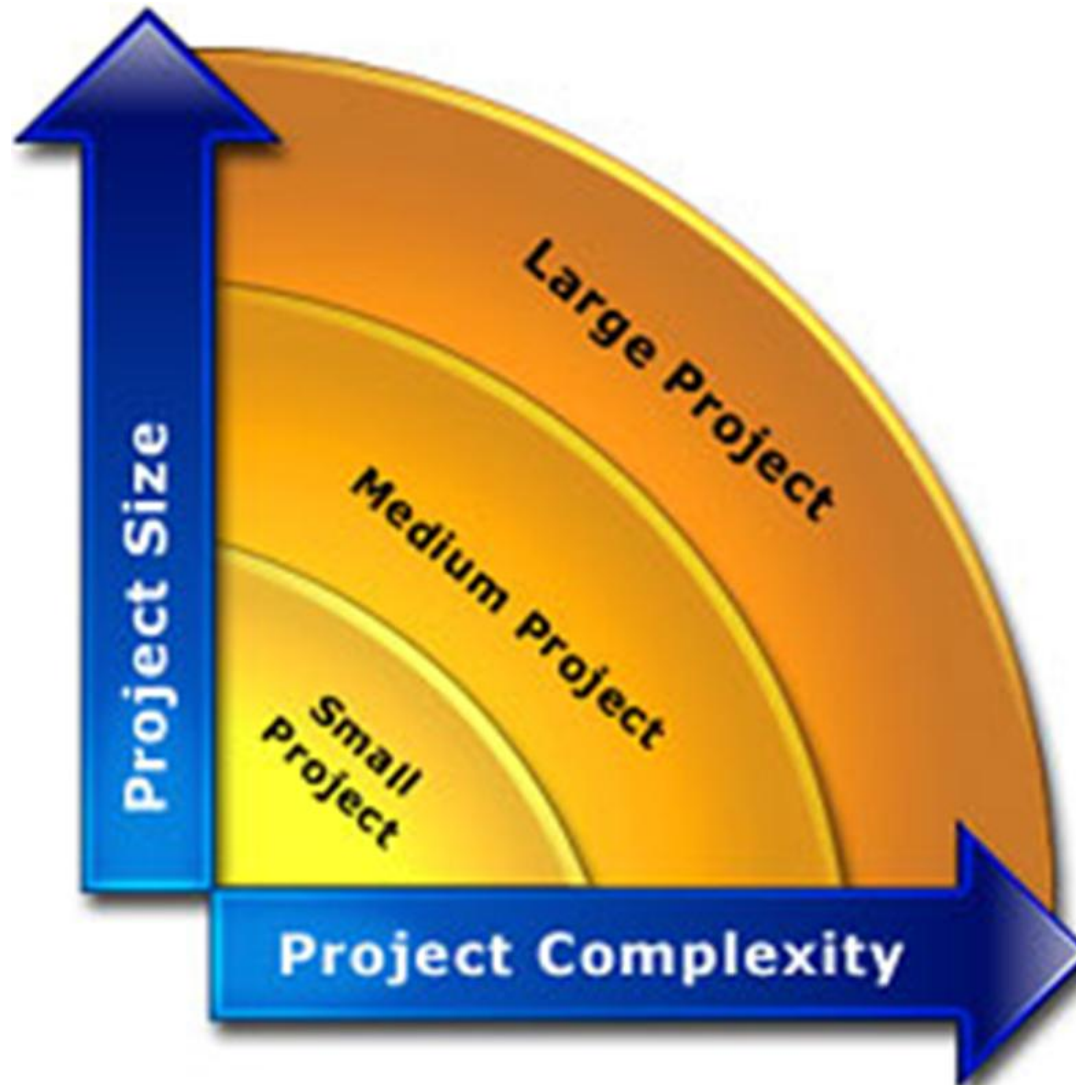


IPL

escola superior de tecnologia e gestão
instituto politécnico de leiria

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

37



IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

38

- De um modo geral, o dimensionamento dos sistemas eletroprodutores híbridos é realizado de acordo com os seguintes passos:
 - Caraterização das cargas elétricas a abastecer;
 - Caraterização dos recursos energéticos renováveis;
 - Caraterização dos recursos energéticos não-renováveis;
 - Averiguação da necessidade/viabilidade económica de armazenamento de EE;
 - Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos a testar no [problema de optimização](#);
 - Simulação (tipicamente, através de um *software*).
- Critérios de seleção:
 - Técnicos (ex.: Os aproveitamentos que são ou não possíveis de implantar, etc.);
 - Económicos;
 - Ambientais;
 - Fiabilidade.
- Fatores de incerteza: Necessidade de se proceder a [análises de sensibilidade](#) a várias variáveis: Preços dos combustíveis, custos dos equipamentos, incerteza na caraterização das fontes primárias.

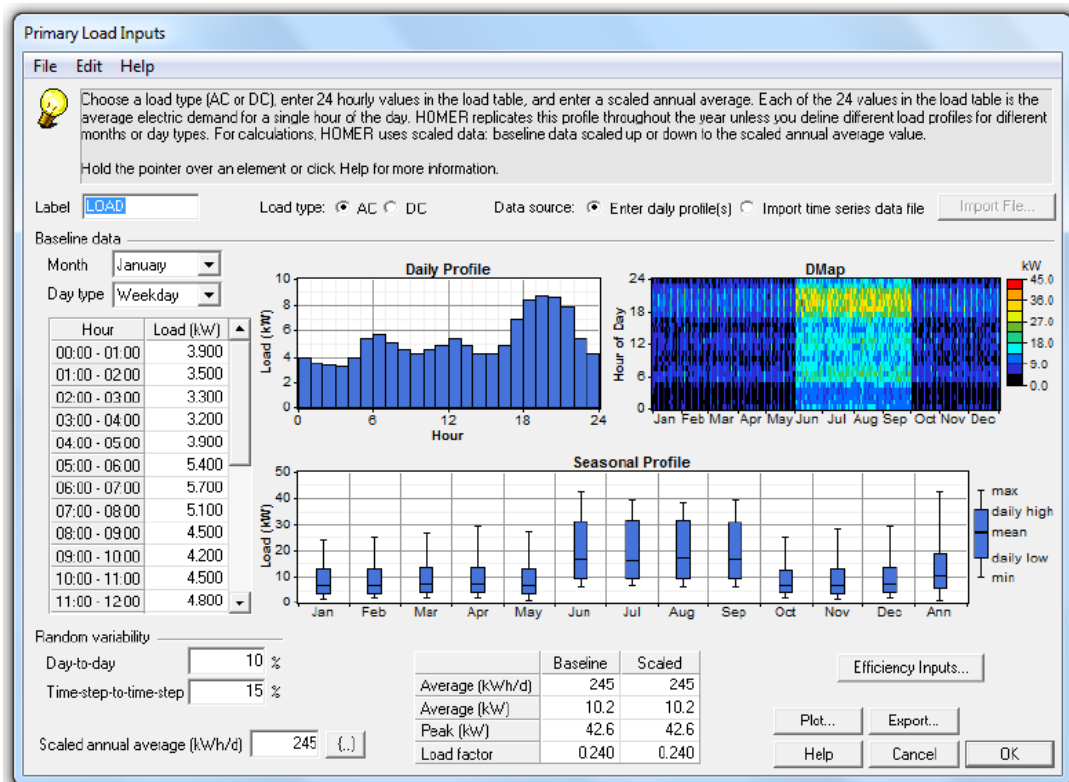
Nos exemplos apresentados a partir de agora, o *software* utilizado é o Homer®

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

39

- Caraterização das cargas elétricas a abastecer:
 - Caso se disponha do diagrama de cargas da rede a abastecer: Introdução direta dos dados do diagrama de cargas no *software*:

Hour	Usage pattern 1 [kWh]	Usage pattern 2 [kWh]	Usage pattern 3 [kWh]
1	3,9	8,58	12,48
2	3,5	7,7	11,2
3	3,3	7,26	10,56
4	3,2	7,04	10,24
5	3,9	8,58	12,48
6	5,4	11,88	17,28
7	5,7	12,54	18,24
8	5,1	11,22	16,32
9	4,5	9,9	14,4
10	4,2	9,24	13,44
11	4,5	9,9	14,4
12	4,8	10,56	15,36
13	5,4	11,88	17,28
14	4,8	10,56	15,36
15	4,2	9,24	13,44
16	4,2	9,24	13,44
17	4,8	10,56	15,36
18	6,9	15,18	22,08
19	8,4	18,48	26,88
20	8,7	19,14	27,84
21	8,6	18,92	27,52
22	7,8	17,16	24,96
23	5,4	11,88	17,28
24	4,2	9,24	13,44



1.: Dias de semana, entre Outubro e Maio;
2.: Fins de semana, entre Outubro e Maio;
3.: Todos os dias, entre Junho e Setembro

- Na falta do diagrama de cargas: Slides seguintes!

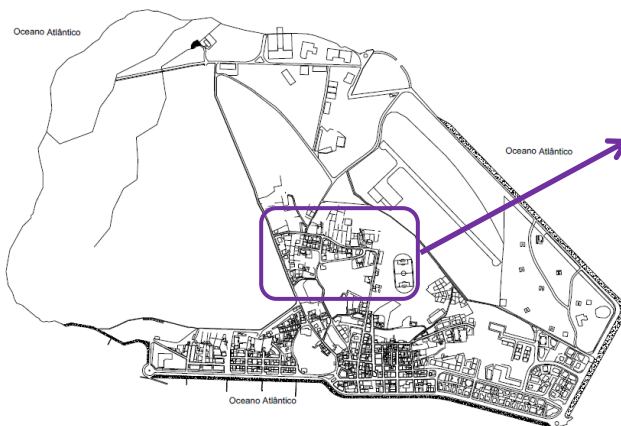
IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

40

- Caraterização das cargas elétricas a abastecer:
- Caso não se disponha do diagrama de cargas da rede a abastecer:

- 1.º Passo: Levantamento da quantidade de instalações a abastecer e das respetivas potências de ponta:

Número	Instalação de Utilização
1	Igreja c/ centro paroquial
2	Cemitério s/ exames médico-legais
3	Junta de freguesia
4	Estação dos CTT
5	Centro de saúde
6	Farmácia
7	Casa do povo
8	Associação desportiva e recreativa
9	Consultórios médicos
10	Escritórios para fins liberais
11	Campo de futebol
12	Mini mercados
13	Pedaria
14	Cafés-restaurante
15	Hotel de 3 estrelas com 30 quartos
16	Viveiro (peixes e marisco)
17	Creche/jardim escola
18	Escola de ensino básico
19	Escola técnico-profissional
20	Agências bancárias
21	Agências de seguros
22	Postos de forças de segurança - GNR
23	Postos de forças de segurança - Polícia Marítima
24	Secção de bombeiros voluntários
25	Farol
26	Posto de turismo
27	Estabelecimentos comerciais
28	Oficina de serralharia
29	Oficina auto
30	Centro de dia
31	Estação rodoviária
32	Posto de abastecimento de combustível s/ estação de serviço
33	Posto de abastecimento de combustível c/ estação de serviço
34	Indústrias de secagem de peixe
35	Elétrico
36	Mercado de peixe c/ lota
37	Doca para barcos de pesca e recreio
38	Estaleiro de reparação/construção naval
39	Unidades industriais de transformação de pescado
40	Armazéns frigoríficos para conservação de pescado
41	Habitacoes Coletivas
42	Carpintaria / marcenaria
43	Adega cooperativa
44	Clube de diversões noturnas
45	Centro de inspeções automóveis
46	Pavilhão multusos
47	Centro de lavagens de automóveis
48	Aviário
49	Suínicultura
50	Cunicultura
51	Câmara municipal
52	Piscinas municipais
53	Hospital
54	Biblioteca
55	Matadouro
56	Museu
57	Tribunal
58	Aerodromo
59	Cabeleireiro
60	Centro emissores de rádio / tv
61	Parque de camping
62	Central elétrica
63	Central mini-hídrica
	Habitacoes individuais



IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

41

- Caraterização das cargas elétricas a abastecer:
 - Caso não se disponha do diagrama de cargas da rede a abastecer:
 - 2.º Passo: Soma das potências de cada tipo de instalação, considerando os respetivos fatores de simultaneidade:

Instalação de Utilização	N.º de instalações n_0	N.º de instalações em funcionamento em dias de semana n_k	S_k [kVA]	$n_k S_k$ [kVA]	Σn_k	$\Sigma n_k S_k$ [kVA]	K_s			$K_s \Sigma n_k S_k$ [kVA]
							$0.2 + \frac{0.8}{\sqrt{\Sigma n_k}}$	$0.5 + \frac{0.5}{\sqrt{\Sigma n_k}}$	1	
Habitacões Individuais	448	407	8	3256	441	3544	0.24	-	-	844
8 Habitacões Colectivas	6 Habitacões/cada	48	26	8						
	Serviços Comuns	8	8	10						
	2 Lojas	16	16	10	845					464
Cabeleireiro	2	2	25	50						
Cafés-restaurante	5	5	25	125						
Clube de diversão noturna	2	1	40	40						
Estabelecimentos comerciais	8	8	10	80						
Farmácia	3	3	15	45						
Mercado de peixe c/ lota	1	1	50	50						
Mini mercados	7	7	25	175						
Padaria	4	4	30	120						
Agências bancárias	3	3	30	90						
Agências de seguros	3	3	20	60						
Associação desportiva e recreativa	1	1	25	25						
Biblioteca	1	1	30	30						
Câmara municipal	1	1	25	25						
Campo de futebol	1	0	80	0						
Casa do povo	1	1	15	15						
Cemitério s/ exames médico-legais	1	1	5	5						
Centro de dia	1	1	40	40						
Centro de exposições	1	1	30	30						
Centro de saúde	1	1	30	30						

Que valores são estes?



Ver slide seguinte



IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

42

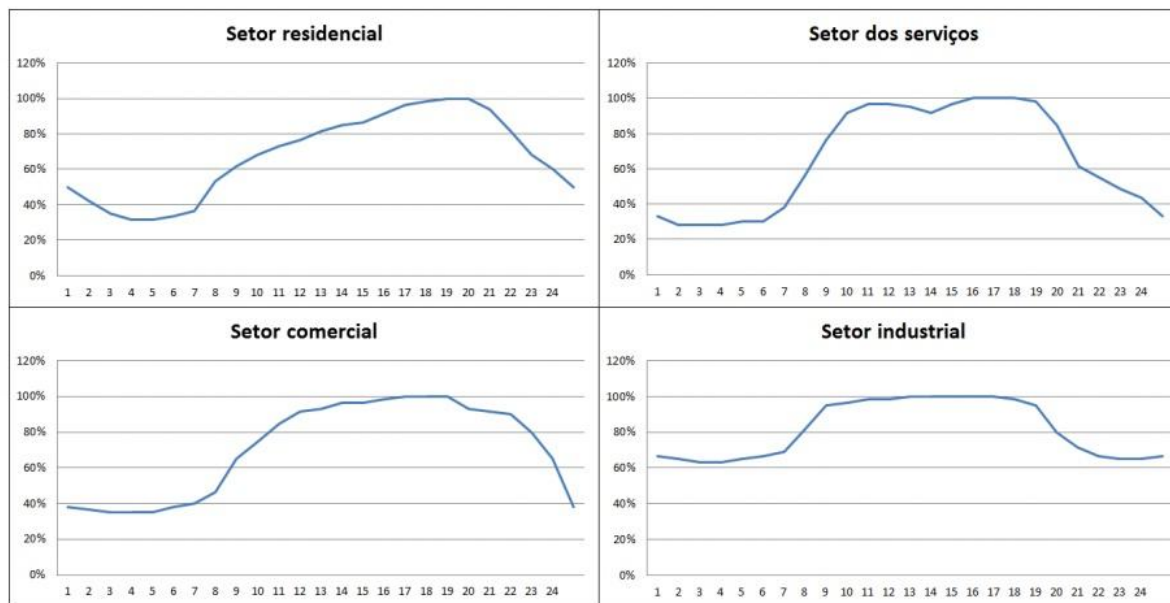
- Caracterização das cargas elétricas a abastecer:
 - Caso não se disponha do diagrama de cargas da rede a abastecer:
 - 3.º Passo: Estimativa das potências de ponta para cada setor de consumo:

Setor	Residencial	Comercial	Industrial	Serviços	Iluminação Pública
N.º Instalações a abastecer em dias de semana	441	47	23	57	9692
N.º Instalações a abastecer nos fins de semana	504	28	16	32	9692
Potência de ponta, por setor, em dias de semana	844 (25,40%)	464 (13,97%)	1208 (36,36%)	758 (22,81%)	48 (1,46%)
Potência de ponta, por setor, em dias de fim de semana	954 (33,16%)	319 (11,09%)	517 (17,96%)	1039 (36,11%)	48 (1,68%)
Potência global, dias de semana, Início do projeto	3820 kVA				
Potência global, fins de semana, Início do projeto	3308 kVA				
Potência global, dias de semana, Horizonte do projeto	5970 kVA				
Potência global, fins de semana, Horizonte do projeto	5170 kVA				

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

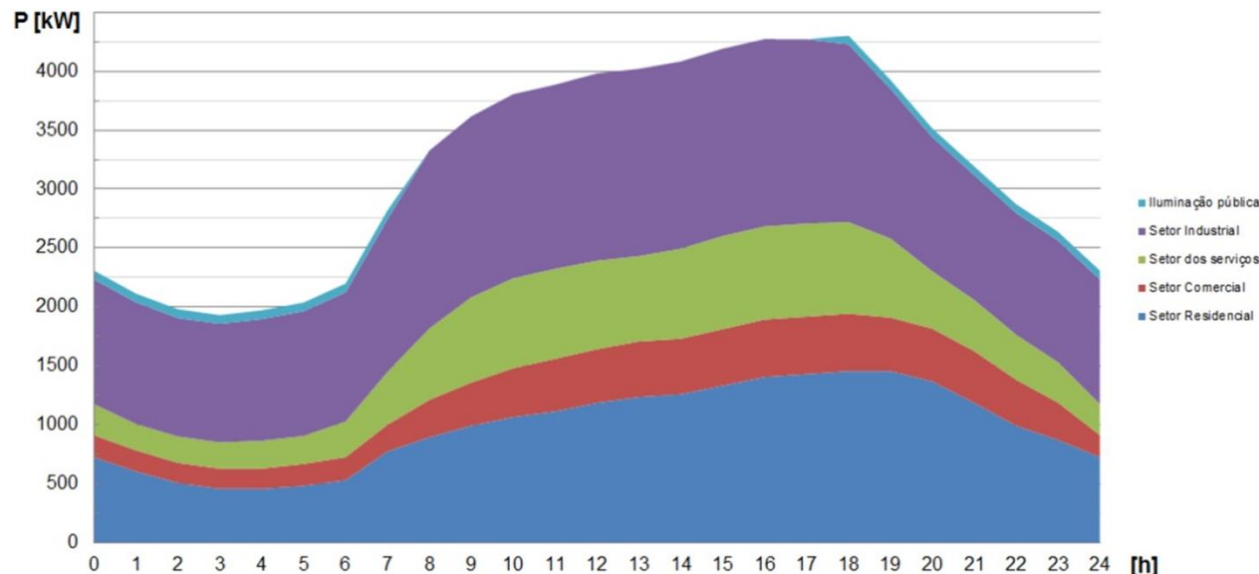
43

- Caraterização das cargas elétricas a abastecer:
 - Caso não se disponha do diagrama de cargas da rede a abastecer:
 - 4.º Passo: Consulta de diagramas de carga publicados na literatura separados por diferentes setores de consumo:



- 5.º Passo: Obtenção do diagrama de carga por setor: Produto da potência de ponta (estimada), pela percentagem de carga a cada hora do dia, para dias de semana e de fim de semana.

- Caraterização das cargas elétricas a abastecer:
 - Caso não se disponha do diagrama de cargas da rede a abastecer:**
 - 6.º Passo: Soma dos diagramas de carga de cada setor, de modo a obter Diagrama agregado:
 - Necessidade de se prever uma taxa anual de crescimento de carga: No caso do software utilizado não dispor dessa possibilidade, devem-se estimar diagramas de carga para horizonte do projeto:



- 7.º Passo: [Introdução do diagrama de cargas no software.](#)

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

45

Caraterização dos recursos energéticos renováveis:

Tabela 2.1: Registo médio histórico de caudais na localização 1.

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Q [L/s]	2052	1956	1608	1416	816	768	528	816	1404	1860	2040	2100

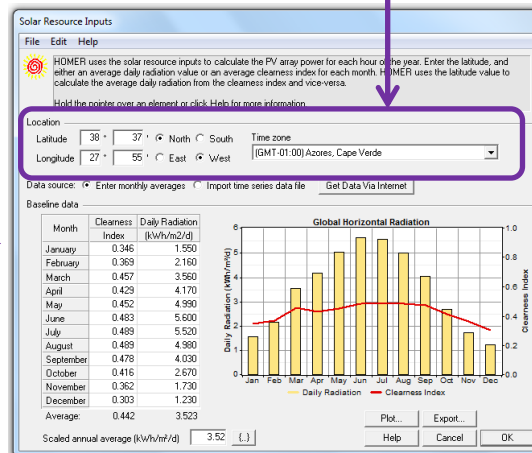
Tabela 2.2: Dados históricos relativos à média mensal de radiação solar, fator de claridade e temperatura.

Month	Clearness Index	H _h [kWh/m ² /day]	T [°C]
Jan	0,57	1,55	6,5
Fev	0,53	2,16	7,1
Mar	0,45	3,56	9,6
Abr	0,52	4,17	10,6
Mai	0,52	4,99	13,6
Jun	0,47	5,6	17,3
Jul	0,49	5,52	18,9
Ago	0,46	4,98	19,4
Set	0,46	4,03	16,9
Out	0,49	2,67	13,7
Nov	0,53	1,73	9,1
Dez	0,64	1,23	6,7
Year	0,49	3520	12,5

Tabela 2.3: Dados históricos relativos à média mensal de valores de velocidade do vento.

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
v [m/s]	6,42	6,55	6,30	5,46	4,35	4,63	4,75	6,32	6,48	6,85	7,64	6,98

Definição da localização geográfica e do fuso horário



Solar Resource Inputs

HOMER uses the solar resource inputs to calculate the PV array power for each hour of the year. Enter the latitude and either an average daily radiation value or an average clearness index for each month. HOMER uses the latitude value to calculate the average daily radiation from the clearness index and vice-versa.

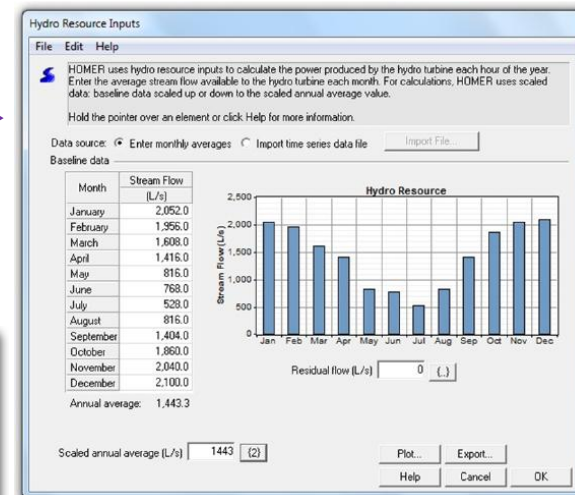
Location
Latitude: 38° North South Time zone: GMT-01:00 Azores, Cape Verde
Longitude: 27° East West

Data source: Enter monthly averages Import time series data file Get Data Via Internet

Baseline data

Month	Clearness Index	Daily Radiation [kWh/m ² /d]
January	0.346	1.550
February	0.369	2.160
March	0.457	3.560
April	0.429	4.170
May	0.452	4.990
June	0.460	5.600
July	0.499	5.520
August	0.498	4.980
September	0.478	4.030
October	0.416	2.670
November	0.362	1.730
December	0.303	1.230
Average	0.442	3.523

Scaled annual average (kWh/m²/d) 3.52



Hydro Resource Inputs

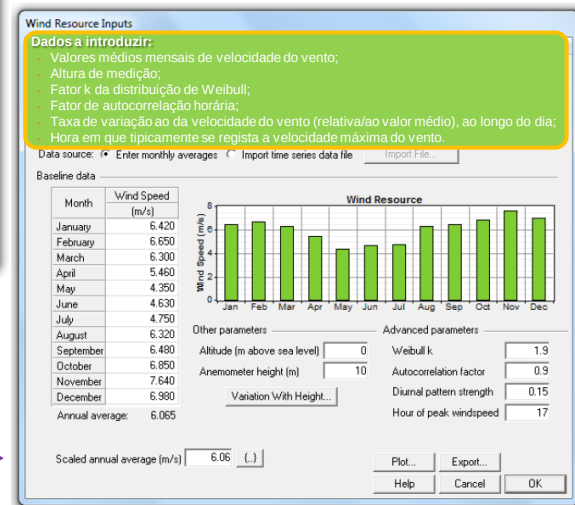
HOMER uses hydro resource inputs to calculate the power produced by the hydro turbine each hour of the year. Enter the average stream flow available to the hydro turbine each month. For calculations, HOMER uses scaled data: baseline data scaled up or down to the scaled annual average value.

Data source: Enter monthly averages Import time series data file

Baseline data

Month	Stream Flow [L/s]
January	2,052.0
February	1,956.0
March	1,608.0
April	1,416.0
May	816.0
June	768.0
July	528.0
August	816.0
September	1,404.0
October	1,860.0
November	2,040.0
December	2,100.0
Annual average	1,443.3

Scaled annual average [L/s] 1443



Wind Resource Inputs

Dados a introduzir:
Valores médios mensais de velocidade do vento;
Altura de medição;
Fator k da distribuição de Weibull;
Fator de autocorrelação horária;
Taxa de variação ao da velocidade do vento (relativa ao valor médio), ao longo do dia;
Hora em que tipicamente se regista a velocidade máxima do vento.

Data source: Enter monthly averages Import time series data file

Baseline data

Month	Wind Speed [m/s]
January	6.420
February	6.550
March	6.300
April	5.460
May	4.350
June	4.630
July	4.750
August	6.320
September	6.480
October	6.850
November	7.640
December	6.980
Annual average	6.065

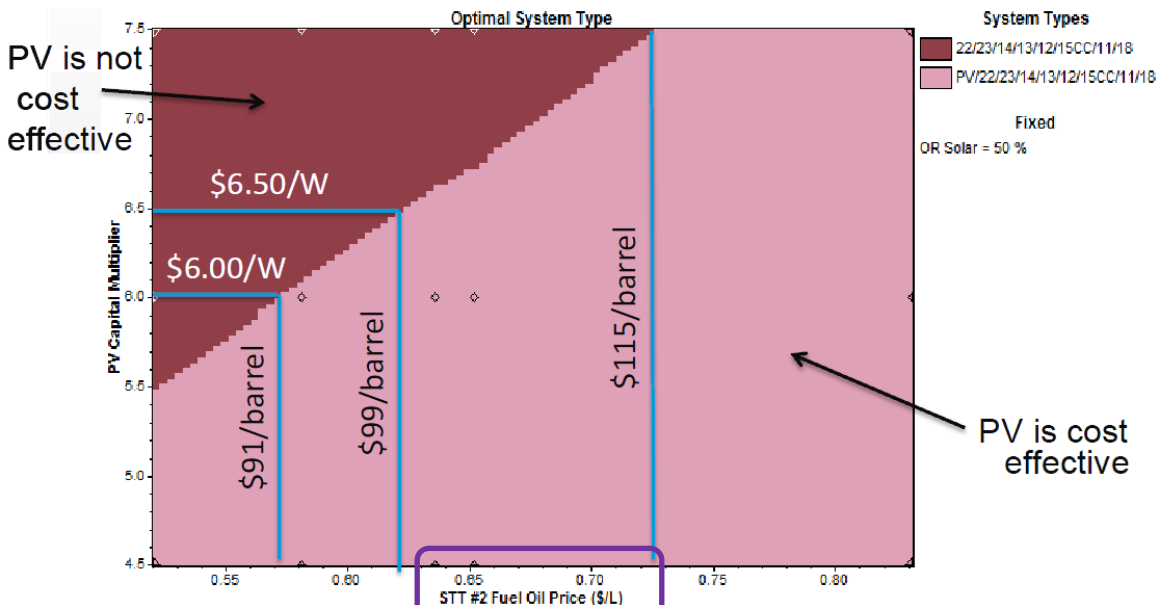
Scaled annual average [m/s] 6.06

Other parameters: Altitude (m above sea level) 0, Anemometer height (m) 10, Variation With Height...
Advanced parameters: Weibull k 1.9, Autocorrelation factor 0.9, Diurnal pattern strength 0.15, Hour of peak windspeed 17

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

46

- Caraterização dos recursos energéticos não renováveis:



Diesel Inputs

File Edit Help

Enter the fuel price. The fuel properties can only be changed when creating a new fuel (click New in the Generator Inputs or Boiler Inputs window).
Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

Price (\$/L) {4}

☐ Limit consumption to (L/yr) {1}

Fuel properties:

Lower heating value: 43.2 MJ/kg
Density: 820 kg/m³
Carbon content: 88 %
Sulfur content: 0.33 %

Help Cancel OK

Sensitivity Values

Variable: Diesel Price
Units: \$/L
Link with: <none>

Values:

1	0.600
2	0.750
3	1.000
4	1.500
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Clear

Help Cancel OK

- **Averiguação da necessidade/viabilidade económica de acumulação da EE:**
 - **Sistema híbrido com 5,95MW de potência de ponta:**
 - Habitualmente é técnica e economicamente inviável a adopção de equipamentos para acumulação de EE;
 - Necessidade de se preverem grupos geradores convencionais com potência instalada $\geq$ potência de ponta.
 - **Sistema híbrido com 55kW de potência de ponta:**
 - Habitualmente é técnica e economicamente viável a adoção de equipamentos para acumulação de EE;
 - Não necessidade de se preverem grupos geradores convencionais com potência instalada $\geq$ potência de ponta;
 - Necessidade de conversor bidirecional com potência nominal **superior** à potência de ponta.

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:

- Centrais mini-hídricas:

- Necessidade de determinação da potência extraível para os locais onde é possível/propícia a sua instalação;

$$P = g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

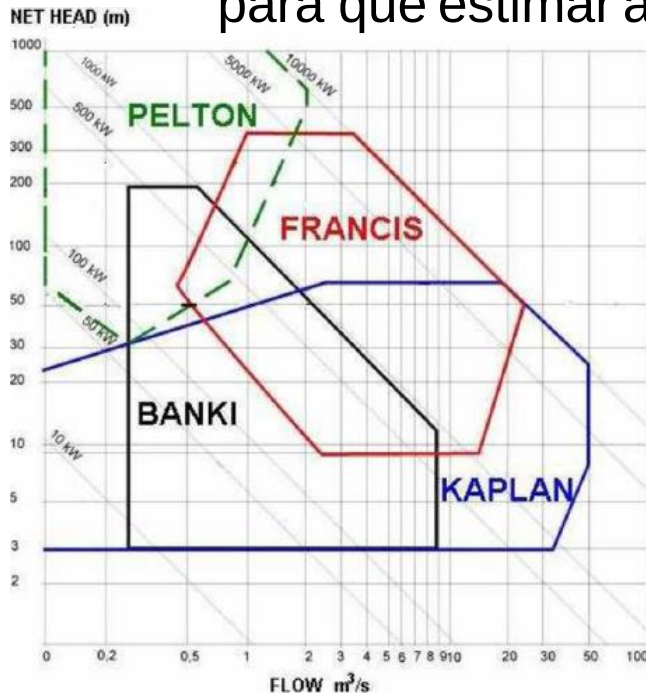
$$P \text{ [kW]} = 8,12 \times Q \text{ [m}^3\text{/s]} \times H \text{ [m]}$$

Em que:

- P é a potência nominal que se pode extrair do aproveitamento [W];
- g é a constante de aceleração gravítica [cerca de $9,81 \text{ m/s}^2$];
- ρ é a densidade da água [cerca de 1000 kg/m^3];
- H é a altura de queda máxima [m];
- Q é o caudal nominal [$\text{m}^3\text{/s}$];
- η é o coeficiente de eficiência do sistema (dado pelo produto da eficiência da turbina pela eficiência do gerador) [%].

- Em centrais mini-hídricas, um estudo recente refere que o rendimento médio (η) das centrais mini-hídricas instaladas e em operação em Portugal ronda os 82,8% (ver fig. 62 da [ref](#)).

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Centrais mini-hídricas:
 - De seguida, é necessário proceder à seleção do tipo de turbina hidráulica mais adequada, em função do caudal e altura de queda;
 - É ainda necessário atender aos limites de exploração das turbinas, para que estimar a energia produzida, em função do caudal:



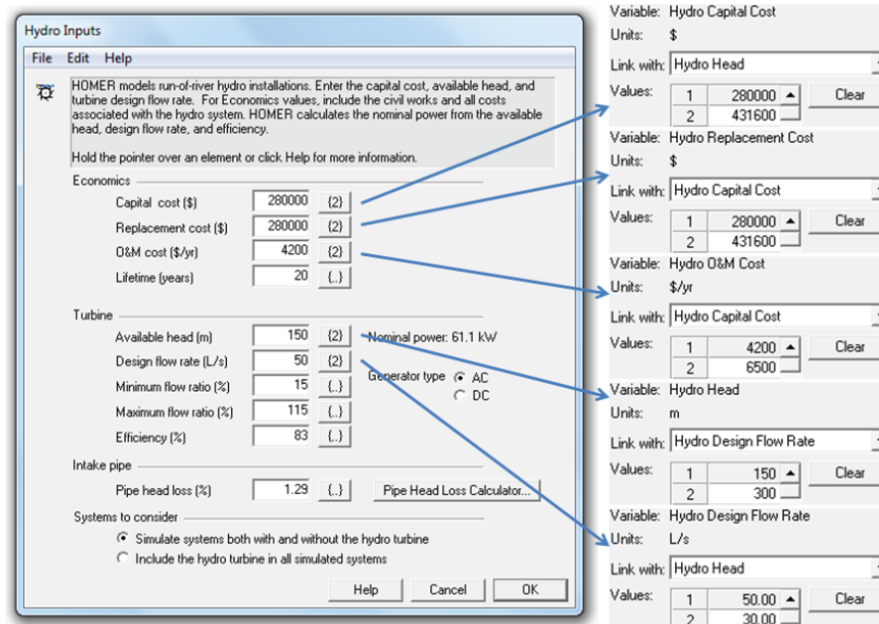
Turbina	$\alpha_1 = \frac{Q_{min}}{Q_n}$	$\alpha_2 = \frac{Q_{max}}{Q_n}$
Pelton	0,1 – 0,2	1,15
Francis	0,3 – 0,4	1,15
Kaplan de rotor regulado	0,4	1
Kaplan de dupla regulação	0,25	1,25
Kaplan de distribuidor regulado	0,75	1

- Exemplo: Um turbina do tipo “Pelton” dispõe a capacidade de turbinar caudais desde 15% até 115% o seu caudal nominal (Q_n).

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

50

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Centrais mini-hídricas:
 - Estimativa do investimento total para cada “local candidato” à instalação do aproveitamento:



The image shows the 'Hydro Inputs' dialog box in the HOMER software. The dialog box is divided into several sections: 'Economics', 'Turbine', 'Intake pipe', and 'Systems to consider'. The 'Economics' section includes fields for Capital cost (\$), Replacement cost (\$), O&M cost (\$/yr), and Lifetime (years). The 'Turbine' section includes fields for Available head (m), Design flow rate (L/s), Minimum flow ratio (%), Maximum flow ratio (%), and Efficiency (%). The 'Intake pipe' section includes a field for Pipe head loss (%). The 'Systems to consider' section has radio buttons for 'Simulate systems both with and without the hydro turbine' and 'Include the hydro turbine in all simulated systems'. To the right of the dialog box, there are four variable settings for 'Hydro Capital Cost', 'Hydro Replacement Cost', 'Hydro O&M Cost', and 'Hydro Head'. Each variable has a 'Link with' dropdown menu and a 'Values' table with two rows and a 'Clear' button. Arrows point from the 'Hydro Inputs' dialog box to the variable settings on the right.

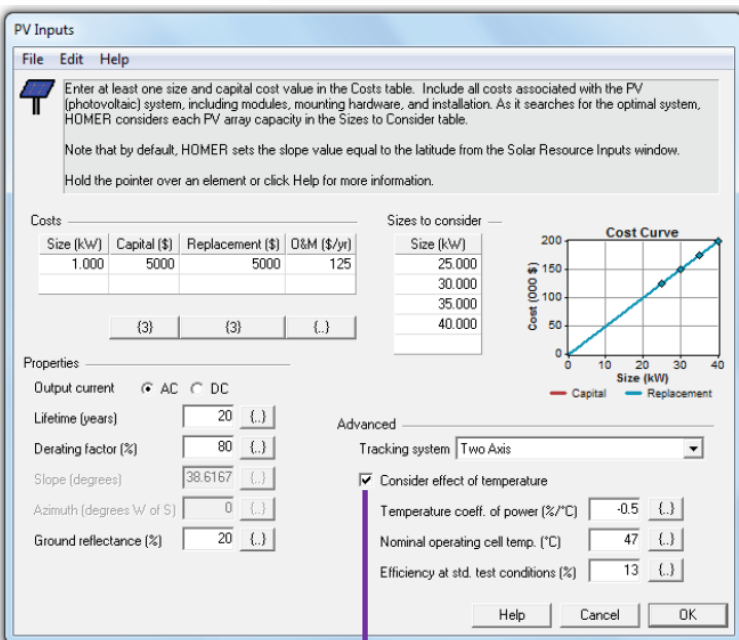
Variable	Link with	Units	Value 1	Value 2
Hydro Capital Cost	Hydro Head	\$	280000	431600
Hydro Replacement Cost	Hydro Capital Cost	\$	280000	431600
Hydro O&M Cost	Hydro Capital Cost	\$/yr	4200	6500
Hydro Head	Hydro Design Flow Rate	m	150	300
Hydro Design Flow Rate	Hydro Head	L/s	50.00	30.00

- Aquando da resolução do problema de optimização do estudo é selecionado o melhor local ou, caso se verifique a sua inviabilidade técnica/económica, nenhuma das soluções é selecionada.

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

51

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Parques Fotovoltaicos:
 - Atribuição de diversos valores de potência para o aproveitamento, sendo selecionada a potência óptima aquando da resolução do problema de optimização do estudo em apreço:



PV Inputs

File Edit Help

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the PV (photovoltaic) system, including modules, mounting hardware, and installation. As it searches for the optimal system, HOMER considers each PV array capacity in the Sizes to Consider table.

Note that by default, HOMER sets the slope value equal to the latitude from the Solar Resource Inputs window.

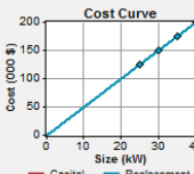
Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1.000	5000	5000	125

Sizes to consider

Size (kW)
25.000
30.000
35.000
40.000

Cost Curve



Properties

Output current: ☒ AC ☐ DC

Lifetime (years): 20

Derating factor (%): 80

Slope (degrees): 38.6167

Azimuth (degrees W of S): 0

Ground reflectance (%): 20

Advanced

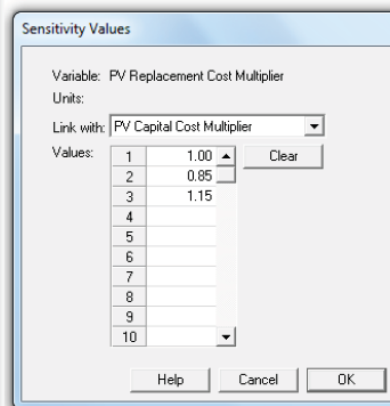
Tracking system: Two Axis

☒ Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power (%/°C): -0.5

Nominal operating cell temp. (°C): 47

Efficiency at std. test conditions (%): 13



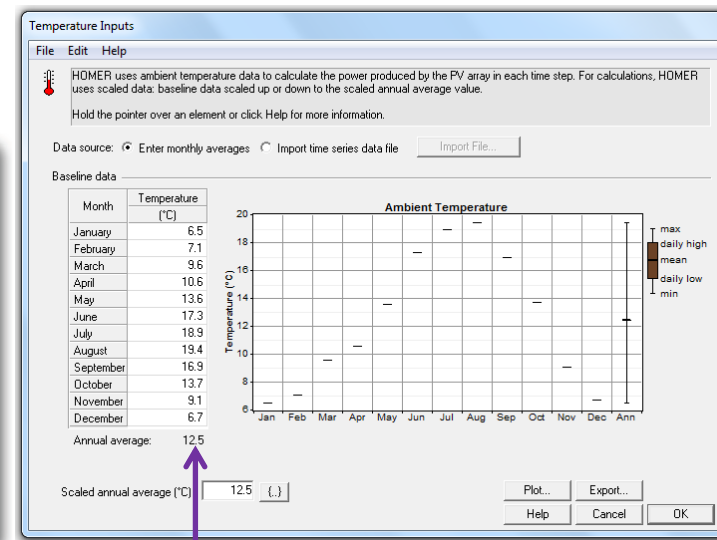
Sensitivity Values

Variable: PV Replacement Cost Multiplier

Units:

Link with: PV Capital Cost Multiplier

Values:	1.00	0.85	1.15
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



Temperature Inputs

File Edit Help

HOMER uses ambient temperature data to calculate the power produced by the PV array in each time step. For calculations, HOMER uses scaled data: baseline data scaled up or down to the scaled annual average value.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Data source: ☒ Enter monthly averages ☐ Import time series data file

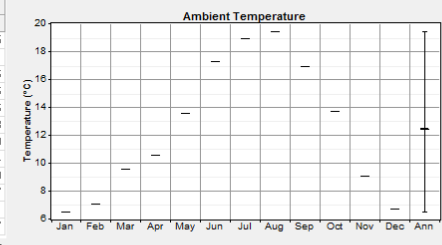
Baseline data

Month	Temperature (°C)
January	6.5
February	7.1
March	9.6
April	10.6
May	13.6
June	17.3
July	18.9
August	19.4
September	16.9
October	13.7
November	9.1
December	6.7

Annual average: 12.5

Scaled annual average (°C): 12.5

Ambient Temperature graph



Só após a ativação da opção assinalada é que se torna possível inserir os valores da temperatura média mensal, através do Menu "Inputs" e da opção "Temperature..."

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Parques Fotovoltaicos:
 - Atribuição de diversos valores de potência para o aproveitamento, sendo selecionada a potência óptima aquando da resolução do [problema de optimização do estudo](#) em apreço;
 - No caso se verificar a viabilidade técnica/económica da adopção de um aproveitamento FV verifica-se ainda a necessidade de proceder ao dimensionamento do respetivo gerador (i.e. de encontrar uma combinação válida em termos de n.ºs de strings em série e em paralelo compatíveis com os limites de tensão e de corrente de entrada (do lado DC) dos inversores:

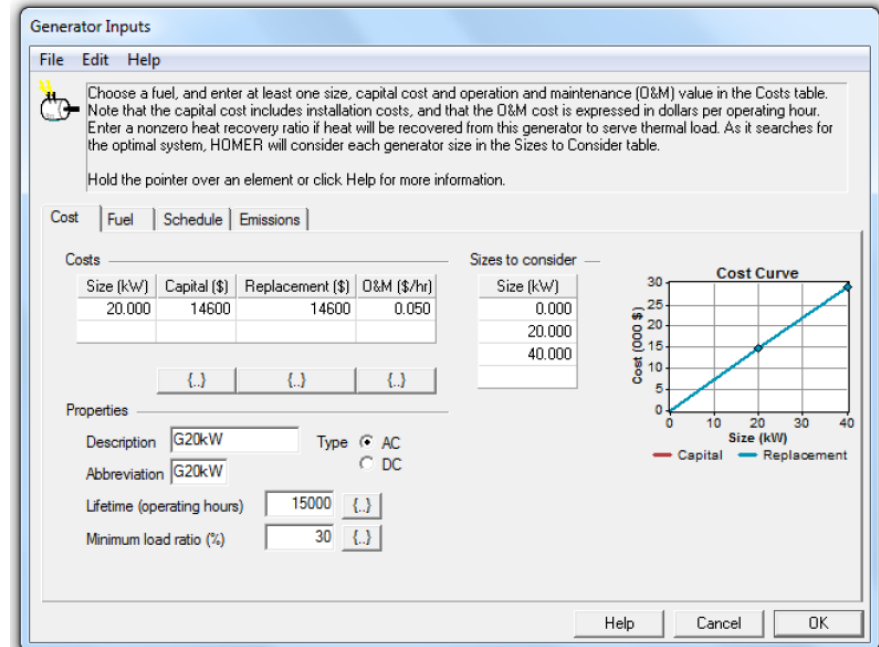
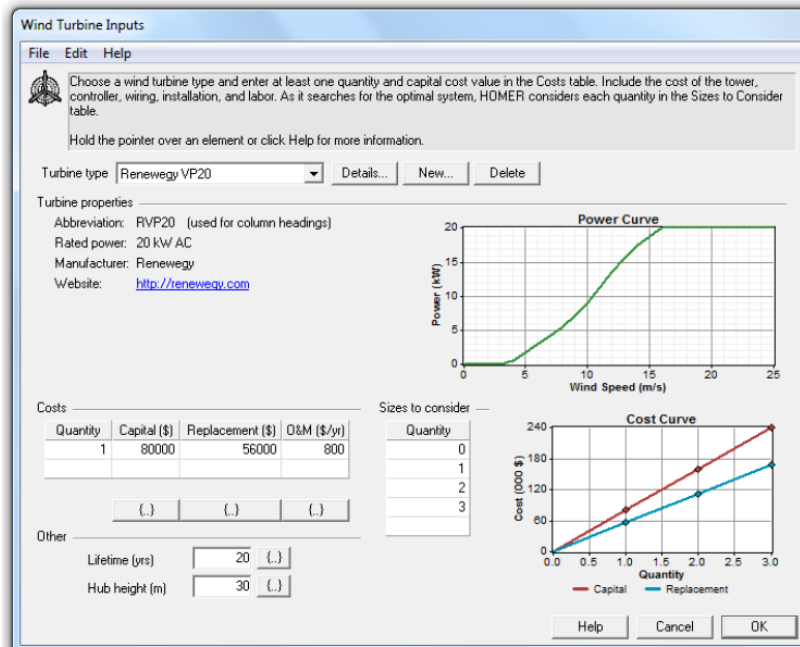
Vista geral de inversores				
	Sunpower E20 7504 / 7508	Potência de pico	Coefficiente da potência nominal	Factor de utilização da energia
✓ 2 x SC 1000MV-11	268 x 14 (A)	2,50 MWp	81 %	99,6 %

✓ Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis			
Configuração		Entrada A	
Inversor:	SC 1000MV-11	Gerador fotovoltaico:	Sunpower E20
Entradas independentes:	1	Quantidade de módulos FV (entrada):	3752
Potência máx. CC (cos φ = 1):	1,02 MW	Potência de pico (entrada):	1,25 MWp
Potência CC mín.:	450 V	Tensão FV típica:	704 V ✓
(tensão de rede 15 kV)		Tensão FV mín.:	655 V ✓
Tensão CC máx. (FV):	1000 V	Tensão FV máx.:	1001 V ✓
Corrente máx. de CC:	2484 A	Corrente máx. do gerador FV:	1632,1 A ✓

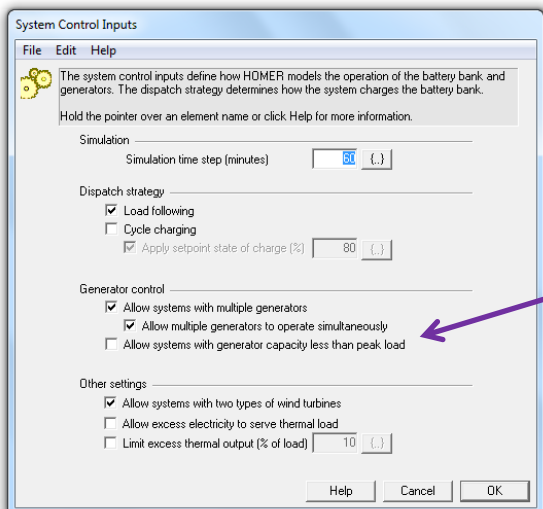
IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

53

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Outros tipos de centrais renováveis e não renováveis:
 - Definição de marca/modelo do gerador a instalar, testando a instalação de várias unidades, sendo selecionada a potência óptima (n.º de geradores a instalar) aquando da resolução do problema de optimização do estudo em apreço:



- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Centrais convencionais (Diesel, Biogás, etc.):



System Control Inputs

The system control inputs define how HOMER models the operation of the battery bank and generators. The dispatch strategy determines how the system charges the battery bank. Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

Simulation
Simulation time step (minutes): 60

Dispatch strategy
☒ Load following
☐ Cycle charging
☒ Apply setpoint state of charge (%): 80

Generator control
☒ Allow systems with multiple generators
☒ Allow multiple generators to operate simultaneously
☐ Allow systems with generator capacity less than peak load

Other settings
☒ Allow systems with two types of wind turbines
☐ Allow excess electricity to serve thermal load
☐ Limit excess thermal output (% of load): 10

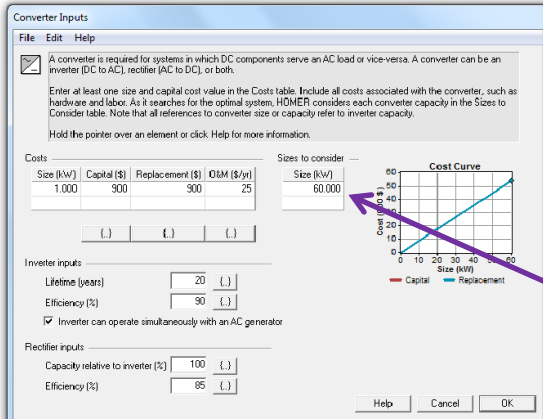
Buttons: Help, Cancel, OK

Com mais de 100kW:

- Necessidade de atribuição de um valor de potência instalada para os grupos geradores a instalar, não inferior à potência de ponta da carga, no horizonte do projeto;

Com menos de 100kW:

- Possibilidade de utilização de geradores com potência nominal inferior à potência de ponta (compensação através de equipamentos com capacidade de acumulação de EE);
- Necessidade de proceder ao dimensionamento dos conversores para a potência de ponta (neste caso, 55kW).



Converter Inputs

☒ A converter is required for systems in which DC components serve an AC load or vice-versa. A converter can be an inverter (DC to AC), rectifier (AC to DC), or both.

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the converter, such as hardware and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each converter capacity in the Sizes to Consider table. Note that all references to converter size or capacity refer to inverter capacity. Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Costs			
Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$/yr)	O&M (\$/yr)
1,000	900	300	25

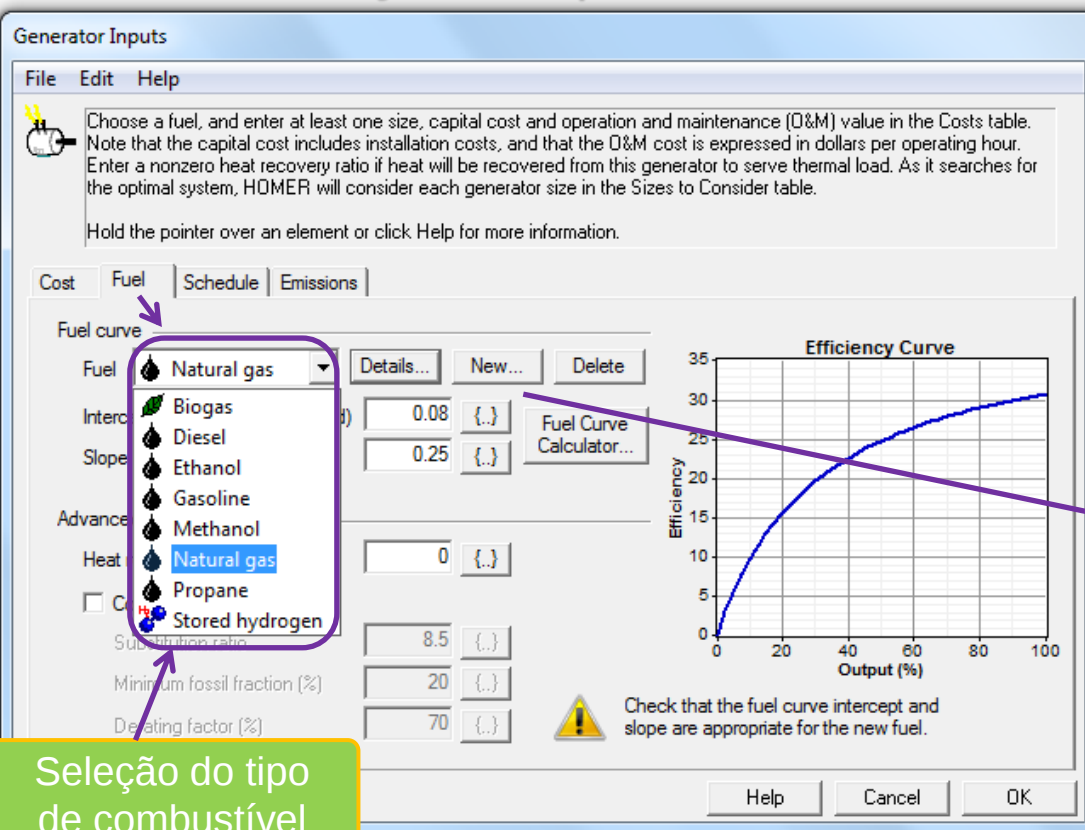
Sizes to consider
Size (kW): 60,000

Input inputs
 Lifetime (years): 20
 Efficiency (%): 90
☒ Inverter can operate simultaneously with an AC generator

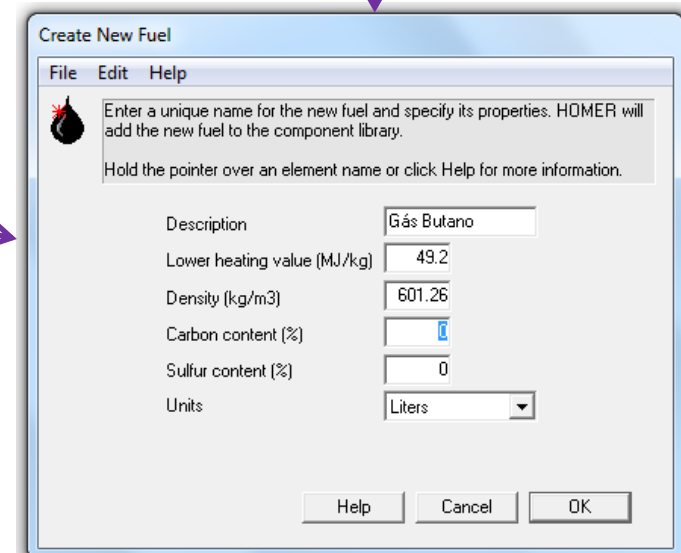
Rectifier inputs
 Capacity relative to inverter (%): 100
 Efficiency (%): 85

Buttons: Help, Cancel, OK

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Centrais convencionais (Diesel, Biogás, etc.):
 - Definição do tipo de combustível e introdução de dados de consumo.



Definição de um outro tipo de combustível não incluído na base de dados do *software*



Seleção do tipo de combustível

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

56

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Centrais convencionais (Diesel, Biogás, etc.):
 - Definição do tipo de combustível e introdução de dados de consumo.

Ex. dados de consumo de gerador Diesel (Generator Joe)

Generator Specifications

Show measurements in: ☐ English ☒ Metric

Centurion "P"™ Series, 30 kW (38 kVA) 60 Hz, or 25 kW (31.7 kVA) 50 Hz SKU GJCP-030D305, Model 30 CP3, (Open, No Enclosure)

Engine: Perkins	Fuel: diesel	Cooling: liquid	RPM: 1800	Emissions: Tier 4i Emissions
Eng Model: GP65795	Cylinder(s): 4	Horse Power: 48.8	Displace: 2.2 Liter	Governor: electronic
Alternator: Newage Stamford	Alt Model: BCI 184 H	Alt Type: brushless	Alt Reconnect: 12 lead	Phase: three phase Freq: 60/50
Volt Regulator: AVR	Volt Accuracy: ±0.25%	Freq Accuracy: 2%	Volt/Freq Selector: no	Circuit Breaker:
Mount: open skid	Idle Control: no	Control Panel: analog/digital	Panel Model: Standard	Primary Voltage: 277/480 VAC
Remote Start: no	Choke: N/A	Year Manufactured: 2011	Batteries: not included	Starting: electric
Day Tank: single wall	Size:	Fuel Use Load (Engine 1): 50% 4.5 75% 6.8 100% 9.1 Litres/Hr		
Base Tank: single wall	Size:	Run Time: 83.3 55.6 41.7 Hours		
Typical Tank:	Size: 378.5 Litres			
Engine 2:		Fuel Use Load (Engine 2): 50% 0 75% 0 100% 0.0 Litres/Hr/		
Engine Model 2: 1.0 DN		Run Time: 0.0 0.0 0.0 Hours		

Generator Inputs

File Edit Help

Choose a fuel, and enter at least one size, capital cost and operation and maintenance (O&M) value in the Costs table. Note that the capital cost includes installation costs, and that the O&M cost is expressed in dollars per operating hour. Enter a nonzero heat recovery ratio if heat will be recovered from this generator to serve thermal load. As it searches for the optimal system, HOMER will consider each generator size in the Sizes to Consider table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Cost Fuel Schedule Emissions

Fuel curve

Fuel: Details... New... Delete

Intercept coeff. (L/hr/kW rated) Fuel Curve Calculator...

Slope (L/hr/kW output)

Advanced

Heat recovery ratio (%)

☐ Cofire with biogas

Substitution ratio

Minimum fossil fraction (%)

Derating factor (%)

Fuel Curve Calculator

Enter the generator's fuel consumption data and HOMER will calculate the two fuel curve input values. You must enter at least two points on the fuel curve. When you click OK, HOMER will copy the values to the Generator Inputs window.

Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

Generator size (kW)

Output Power (kW)	Fuel Consumption (L/hr)
1	12.5
2	18.75
3	25
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Calculated fuel curve parameters

Intercept: -0.004 L/hr/kW

Slope: 0.368 L/hr/kW

Erro de interpretação da curva de combustível. **Solução:**

- Dividir a potência por 2;
- Multiplicar o consumo por 0,65.

Fuel Curve Calculator

Enter the generator's fuel consumption data and HOMER will calculate the two fuel curve input values. You must enter at least two points on the fuel curve. When you click OK, HOMER will copy the values to the Generator Inputs window.

Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

Generator size (kW)

Fuel consumption data

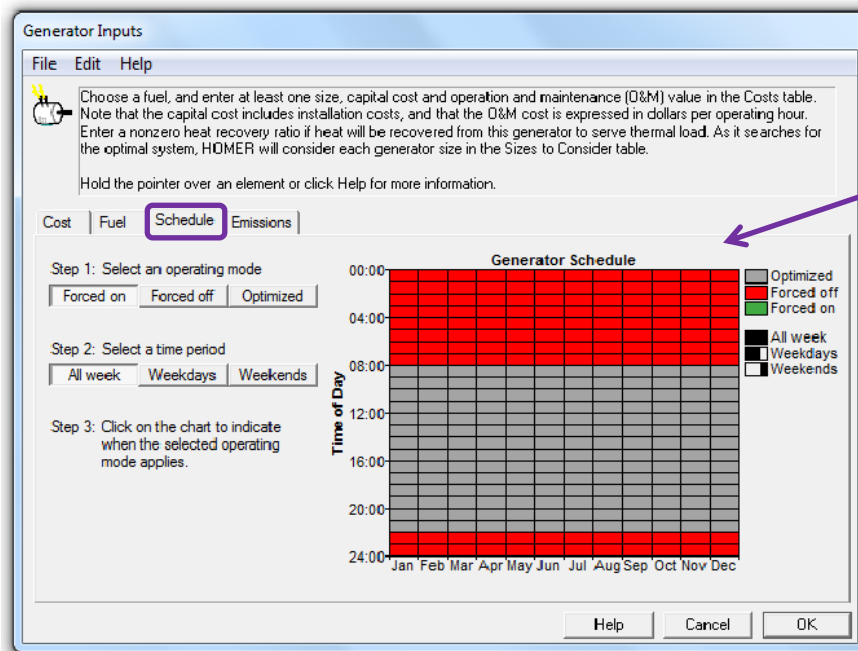
Output Power (kW)	Fuel Consumption (L/hr)
1	6.25
2	9.1
3	18.75
4	25
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Calculated fuel curve parameters

Intercept: 0.03283 L/hr/kW

Slope: 0.3266 L/hr/kW

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - **Centrais convencionais (Diesel, Biogás, etc.):**
 - Restrições relacionadas com ruído noturno – Necessidade de desligar os geradores durante a noite:



Inibição de funcionamento
das 22 às 8h!

- **Necessidade de equipamentos para acumulação de EE!**

- **Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:**

- **Baterias de acumuladores:**

- **Fórmula para dimensionamento:**

$$C_T = K_f \times \frac{W \times n}{V_{bat} \times L_d \times 1 - A_{DD}}$$

- **Em que:**

- C é a capacidade do banco de baterias [Ah];
- K_f é um fator de folga (tipicamente compreendido entre 1,05 e 1,1);
- W é a quantidade energia elétrica que se pretende armazenar [kWh];
- n é o número de dias de reserva do banco de baterias;
- V_{bat} é a tensão de operação do banco de baterias [V];
- L_d é a profundidade de descarga máxima da bateria (entre 0 e 1);
- A_{DD} é a taxa de autodescarga diária (compreendida entre 0 e 1).

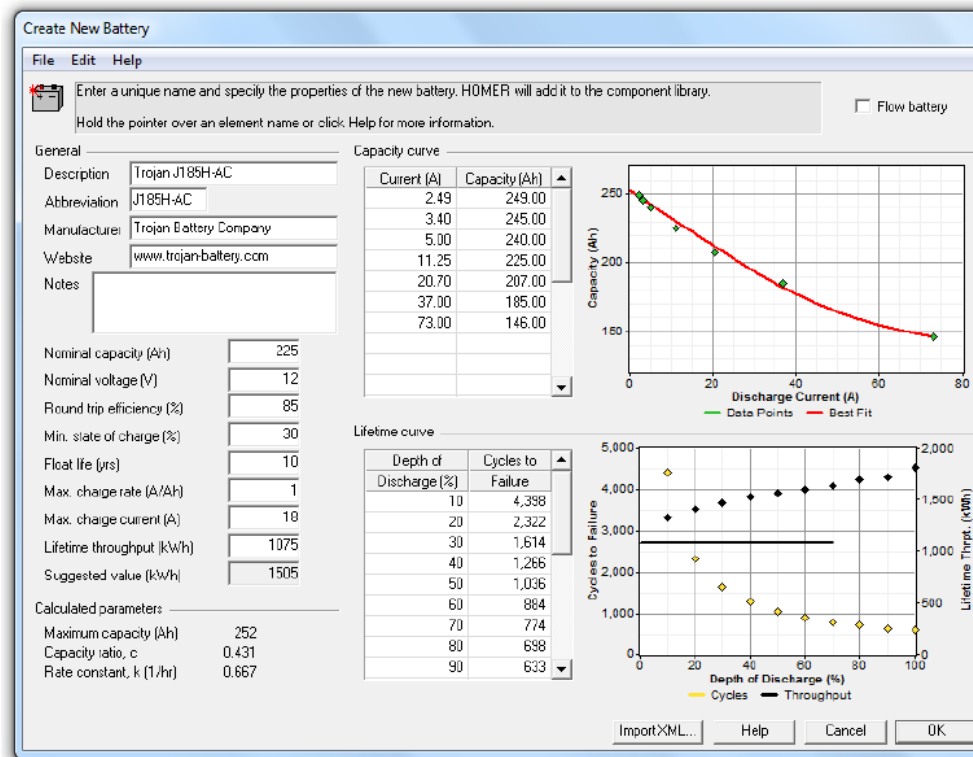
- **Averiguação da solução economicamente mais interessante:**

- Hoppecke 2V, 3000Ah (6 series batteries): 6×\$1764,65 per unit, 3,52\$/Ah
- Rolls Solar AGM, 12V, 290Ah: \$1202,69 per unit, 4,15\$/Ah
- Universal UB8D 12V, 250Ah: \$496,61 per unit, 1,99 \$/Ah
- Rolls Solar 6000, 6V, 600Ah (2 series batteries): 2×\$488,60 per unit, 1,62\$/Ah
- Trojan J185H-AC 12V, 225Ah: \$346,60 per unit, 1,54 \$/Ah ←

IV – Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida

59

- Seleção e Dimensionamento dos tipos de aproveitamentos:
 - Baterias de acumuladores:
 - Introdução dos dados técnicos (extraídos dos catálogos de fabricantes), no *software*:



V – Metodologia para a realização de estudos técnico-económicos



- **Motivação:** Elevados custos de investimento para instalação de FER → **Necessidade de planeamento;**
- **Passos a considerar para realização do estudo económico:**
 - Estimativa dos custos de cada tipo de sistema;
 - Resolução do problema de optimização (tipicamente através de *softwares*);
 - Seleção, de entre as melhores soluções, qual será adoptada, considerando os fatores de incerteza e as restrições requeridas ou definidas.

- Estimativa dos custos de cada tipo de sistema:
 - **No caso de centrais fotovoltaicas**, equipamentos para acumulação de EE (eventualmente) e conversores (inversores, retificadores e/ou conversores bidirecionais), sendo tipicamente introduzido o valor [em €/kW], no *software* de simulação;
 - **No caso de centrais mini-hídricas** é tipicamente introduzido o montante total do investimento [em €], no *software* de simulação;
 - **No caso de geradores renováveis e não renováveis a testar em unidades** (ex.: aerogeradores, geradores Diesel, etc.) é tipicamente introduzido o custo de cada unidade geradora a testar [em €], no *software* de simulação.

- Obtenção “do mix e das potências óptimas para as instalações eletroprodutoras”: Problema de optimização, em que, mediante um ou vários objetivos definidos numa “função objetivo” e em restrições pré-definidas, se obtém a indicação de quais as instalações renováveis e não renováveis a instalar e do valor óptimo de potência a atribuir a cada gerador;
- Exemplos de problemas de otimização:

$$\min Z = Invest. + \sum_{i=0}^N Custos_O\&M_i + \sum_{i=0}^N Custos_eletr + \sum_{i=0}^N Imp_ambiental$$

Sujeito a:

$Fração_renovável_i \geq 50\%$;
 $Produção_fotovoltaica_i \geq 10\%$;
 $Produção_eólica_i \geq 20\%$;
 $Energia_não_fornecida \leq 5\%$
 $Produção_Diesel_i \geq 0\%$, $Energia_não_fornecida_i \geq 0\%$
 $N = 20$, $i \in \{0; \dots; N\}$

N.: Ano do horizonte do projeto;
 i.: Ano a analisar;
 j.: Hora do dia a analisar.

$$\min Z = Investment + \sum_{i=0}^N O\&M_costs_i + \sum_{i=0}^N Elect_costs + \sum_{i=0}^N Env_impact$$

Subject to:

$Renewable_fraction_i \geq 50\%$;
 $PV_generation_i \geq 20\%$;
 $Wind_generation_i \geq 10\%$;
 $Diesel_generation_j = 0$, for $j \in \{0; \dots; 8\} \cup \{22; \dots; 24\}$
 $Energy_not_supplied \leq 5\%$
 $Diesel_generation_j \geq 0\%$, $Energy_not_supplied \geq 0\%$
 $N = 20$, $i \in \{0; \dots; N\}$, $j \in \{0; \dots; 24\}$.

É requerido que os geradores Diesel se encontrem desligados entre 22h e as 8h...
 Necessidade de equipamentos para acumulação de EE!

V – Metodologia para a realização de estudos técnico-económicos

64

- Resolução do problema de optimização, considerando o “espaço de pesquisa” definido pelo utilizador, as restrições impostas e os fatores de incerteza:

Search Space

This table displays the values of each optimization variable. HOMER builds the search space, or set of all possible system configurations, from this table and then simulates the configurations and sorts them by net present cost. You can add and remove values in this table or in the Sizes to Consider table in the appropriate input window.

Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

	PV Array (kW)	RVP20 (Quantity)	B10kW (Quantity)	G8kW (kW)	G20kW (kW)	G40kW (kW)	J185H-AC (Strings)	Converter (kW)
1	25.000	0	0	0.00	0.00	0.00	14	60.00
2	30.000	1	1	8.00	20.00	40.00		
3	35.000	2	2	16.00	40.00	80.00		
4	40.000	3	3					
5			4					
6			5					
7								
8								
9								
10								

Show Winning Sizes >> Help Cancel OK

Constraints

File Edit Help

Constraints are conditions that systems must meet to be feasible. Infeasible systems do not appear in the sensitivity and optimization results. Operating reserve provides a margin to account for intra-hour deviation from the hourly average of the load or renewable power output. HOMER calculates this margin for each hour based on the operating reserve inputs.

Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

Maximum annual capacity shortage (%) (.)

Minimum renewable fraction (%) (.)

Operating reserve

As percent of load

Load in current time step (%) (.)

Annual peak load (%) (.)

As percent of renewable output

Solar power output (%) (.)

Wind power output (%) (.)

Note: HOMER calculates the total required operating reserve for each time step by multiplying each of these four inputs by the load or output value for that time step and adding the results.

Primary energy savings

☐ Minimum primary energy savings (%) (.)

Reference electrical efficiency (%) (.)

Reference thermal efficiency (%) (.)

Help Cancel OK

Sensitivity Inputs

This table displays the values of each sensitivity variable (variable for which you have specified multiple values). Click Help for more information.

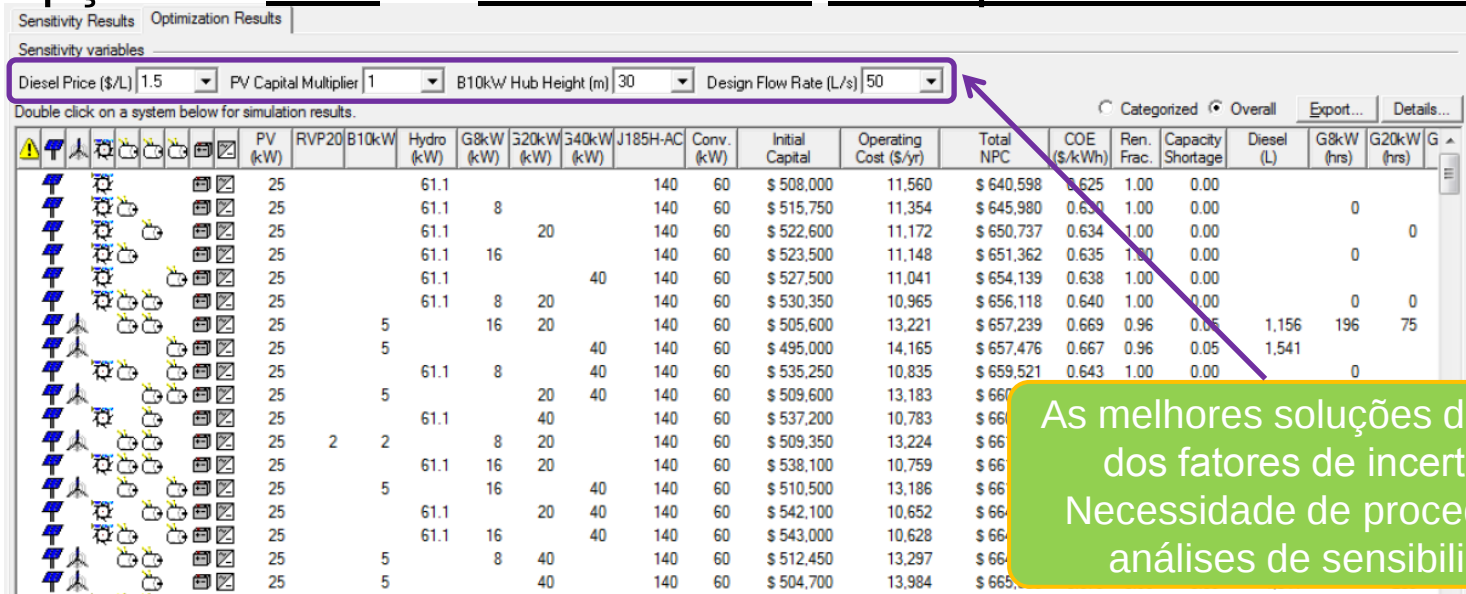
	Stream Flow (l/L/s)	Diesel (\$/L)	PV Cap. (Mult.)	PV Repl. (Mult.)	310kW Cap (Mult.)	B10kW (Height)	Hydro (Capital \$)	Hydro (Repl. \$)	Hydro (O&M \$/yr)	Hydro (Head (m))
1	36.1	0.600	1.00	1.00	1.00	20.0	280,000	280,000	4,200	150
2	21.7	0.750	0.85	0.85	1.10	30.0	431,600	431,600	6,500	300
3		1.000	1.15	1.10						
4		1.500								
9										
10										

Help Cancel OK

V – Metodologia para a realização de estudos técnico-económicos

65

- Seleção, de entre as melhores soluções, qual será adoptada:
 - **Dependendo do local (e dos respetivos recursos primários):**
O resultado do problema de optimização pode resultar na adopção de uma ou várias fontes eletroprodutoras renováveis:



Sensitivity Results Optimization Results

Sensitivity variables

Diesel Price (\$/L) 1.5 PV Capital Multiplier 1 B10kW Hub Height (m) 30 Design Flow Rate (L/s) 50

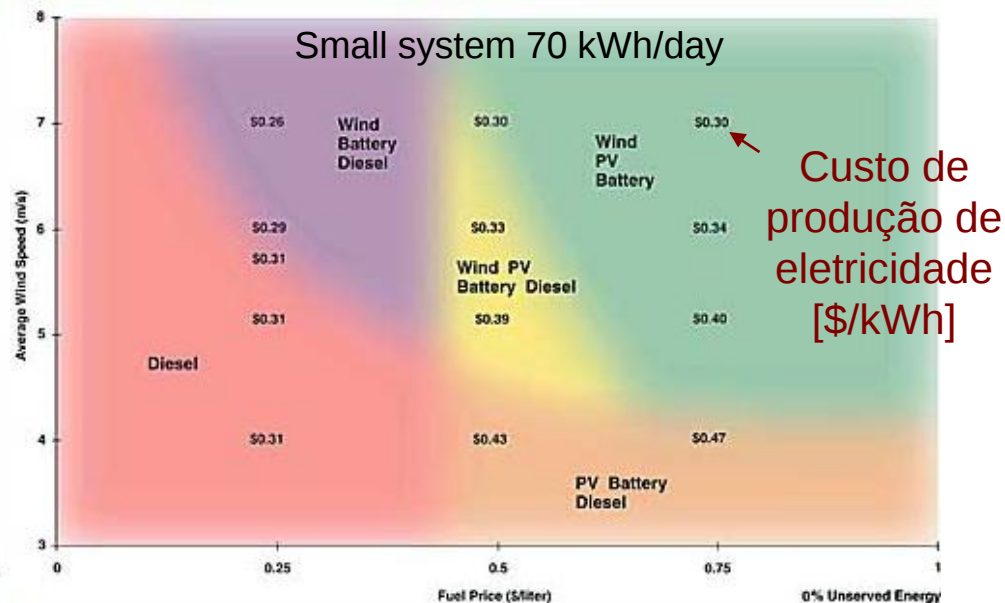
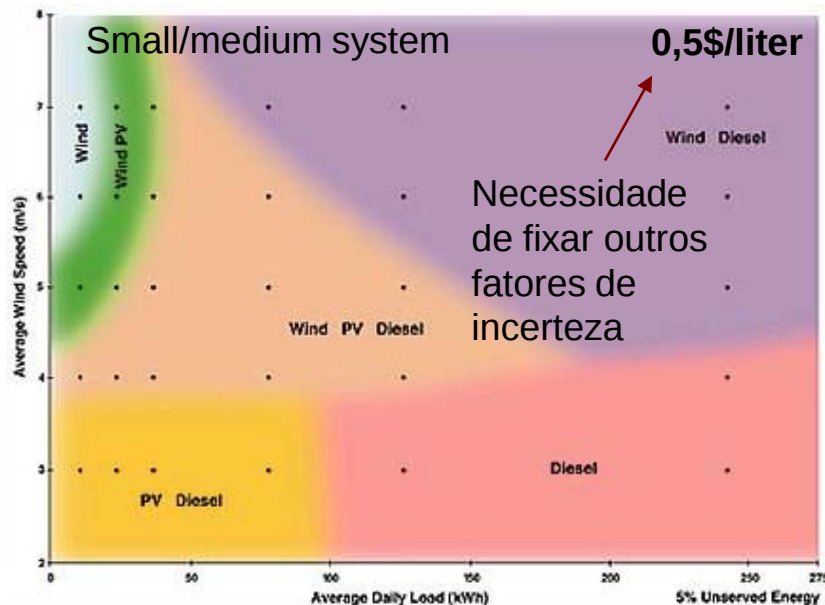
Double click on a system below for simulation results.

	PV (kW)	RVP20 (kW)	B10kW (kW)	Hydro (kW)	G8kW (kW)	320kW (kW)	340kW (kW)	J185H-AC (kW)	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	G8kW (hrs)	G20kW (hrs)
	25			61.1				140	60	\$ 508,000	11,560	\$ 640,598	0.625	1.00	0.00			
	25			61.1	8			140	60	\$ 515,750	11,354	\$ 645,980	0.630	1.00	0.00		0	
	25			61.1		20		140	60	\$ 522,600	11,172	\$ 650,737	0.634	1.00	0.00			0
	25			61.1	16			140	60	\$ 523,500	11,148	\$ 651,362	0.635	1.00	0.00		0	
	25			61.1			40	140	60	\$ 527,500	11,041	\$ 654,139	0.638	1.00	0.00			
	25			61.1	8	20		140	60	\$ 530,350	10,965	\$ 656,118	0.640	1.00	0.00		0	0
	25		5		16	20		140	60	\$ 505,600	13,221	\$ 657,239	0.669	0.96	0.05	1,156	196	75
	25		5				40	140	60	\$ 495,000	14,165	\$ 657,476	0.667	0.96	0.05	1,541		
	25			61.1	8		40	140	60	\$ 535,250	10,835	\$ 659,521	0.643	1.00	0.00		0	
	25		5			20	40	140	60	\$ 509,600	13,183	\$ 660,000	0.660	0.96	0.05			
	25			61.1		40		140	60	\$ 537,200	10,783	\$ 660,000	0.660	0.96	0.05			
	25	2	2		8	20		140	60	\$ 509,350	13,224	\$ 660,000	0.660	0.96	0.05			
	25			61.1	16	20		140	60	\$ 538,100	10,759	\$ 660,000	0.660	0.96	0.05			
	25		5		16		40	140	60	\$ 510,500	13,186	\$ 660,000	0.660	0.96	0.05			
	25			61.1		20	40	140	60	\$ 542,100	10,652	\$ 660,000	0.660	0.96	0.05			
	25			61.1	16		40	140	60	\$ 543,000	10,628	\$ 660,000	0.660	0.96	0.05			
	25		5		8	40		140	60	\$ 512,450	13,297	\$ 660,000	0.660	0.96	0.05			
	25		5			40		140	60	\$ 504,700	13,984	\$ 665,000	0.665	0.96	0.05			

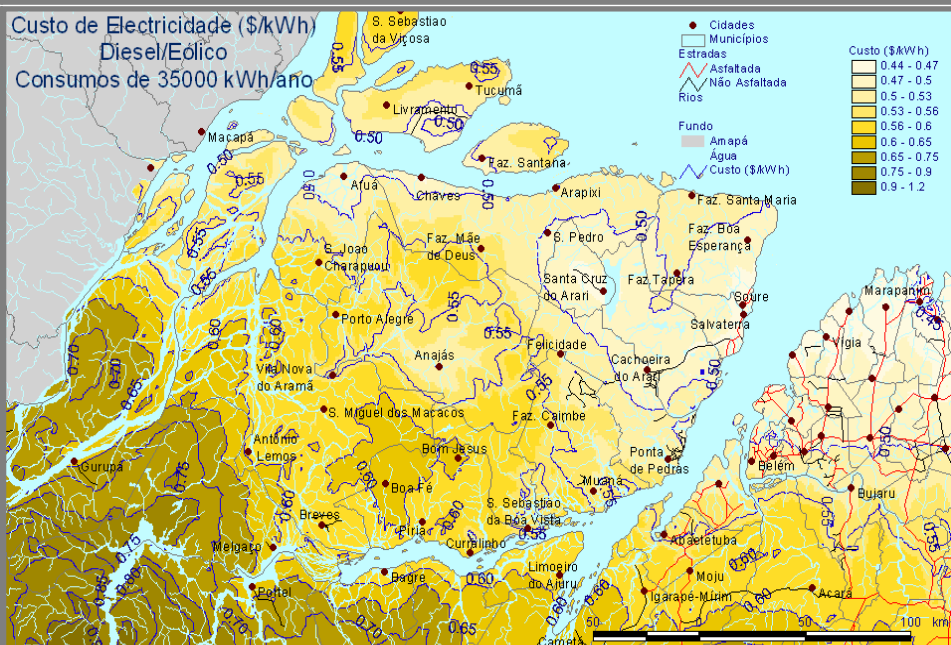
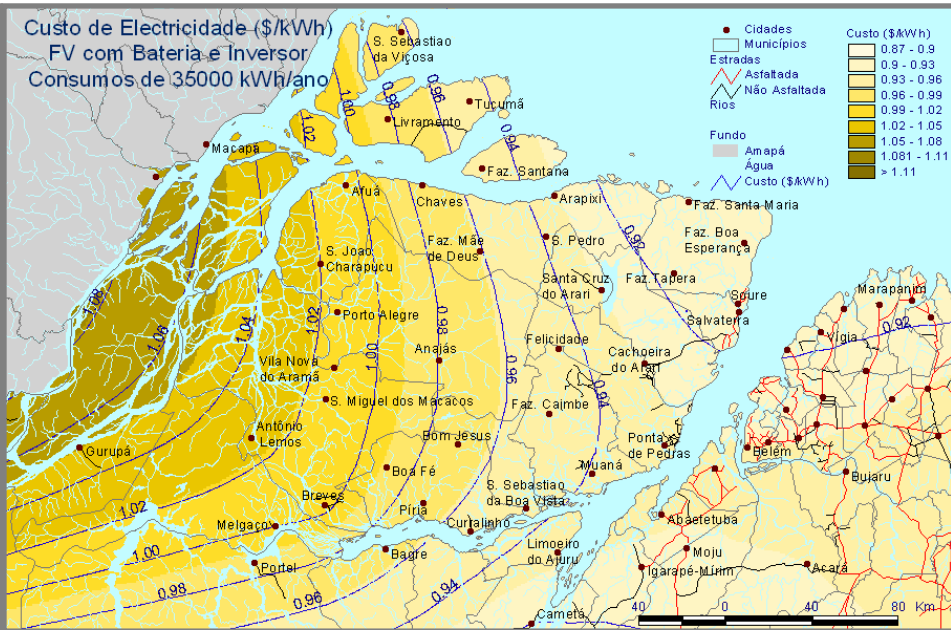
As melhores soluções dependem dos fatores de incerteza...
Necessidade de procederem a análises de sensibilidade!

- As versões trial 2,68 e 2,81 do Homer®, “esquecem-se” das restrições aquando da simulação;
- Conforme se pode verificar nesta janela de resultados, correspondente à do problema de optimização da direita, em que o melhor resultado não cumpre com as restrições acerca das frações mínimas a serem asseguradas por produção sob fonte solar e fonte eólica;
- Deste modo, o utilizador necessita de procurar, manualmente, as melhores soluções que cumpram as restrições!

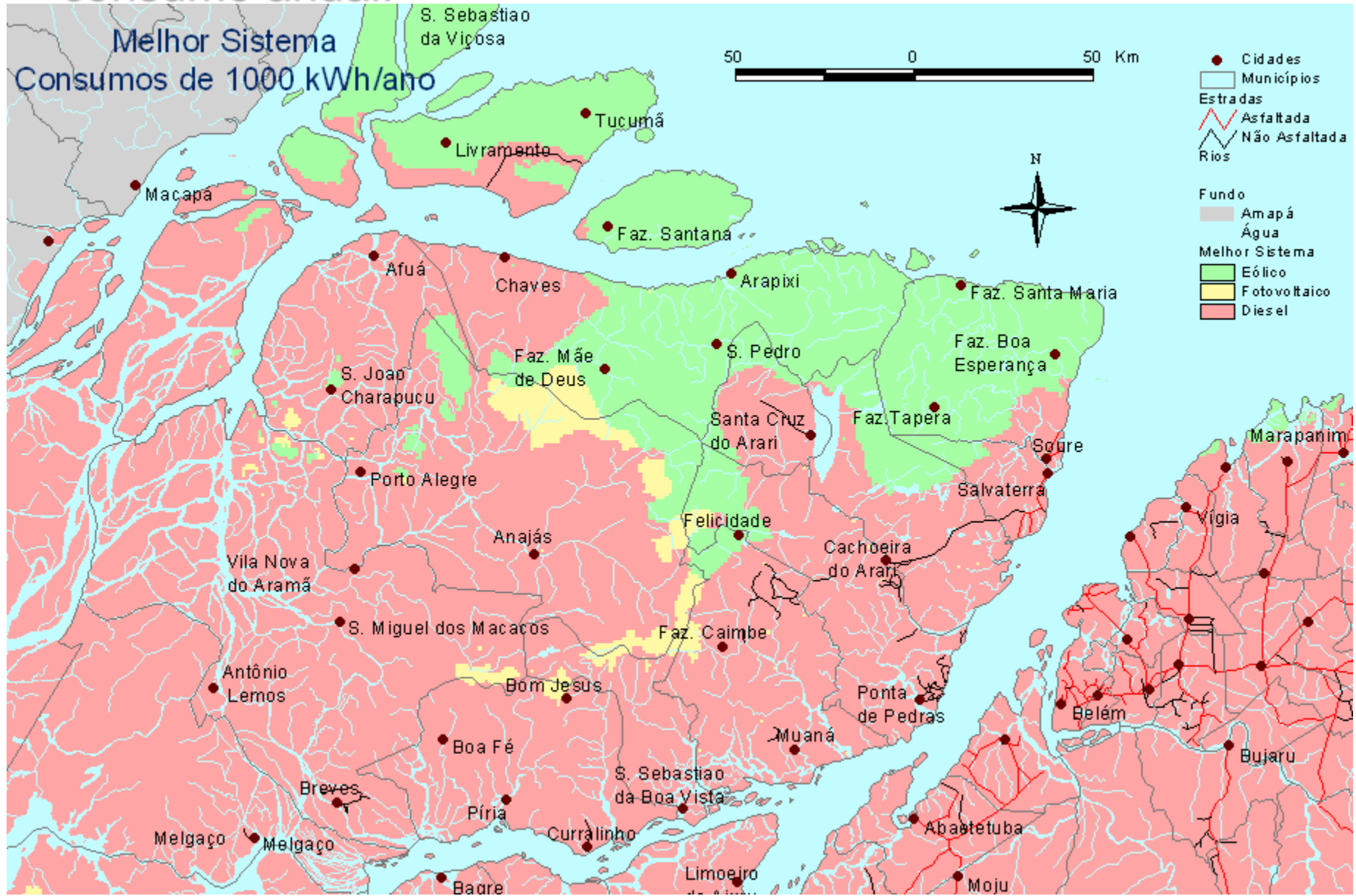
- A **combinação óptima** define qual a composição do sistema híbrido a adoptar e as potências a atribuir a gerador, em função dos fatores de incerteza definidos (ex.: custo do combustível, disponibilidade de vento, preços dos sistemas eletroprodutores, etc.);
- Necessidade de se procederem a análises de sensibilidade:



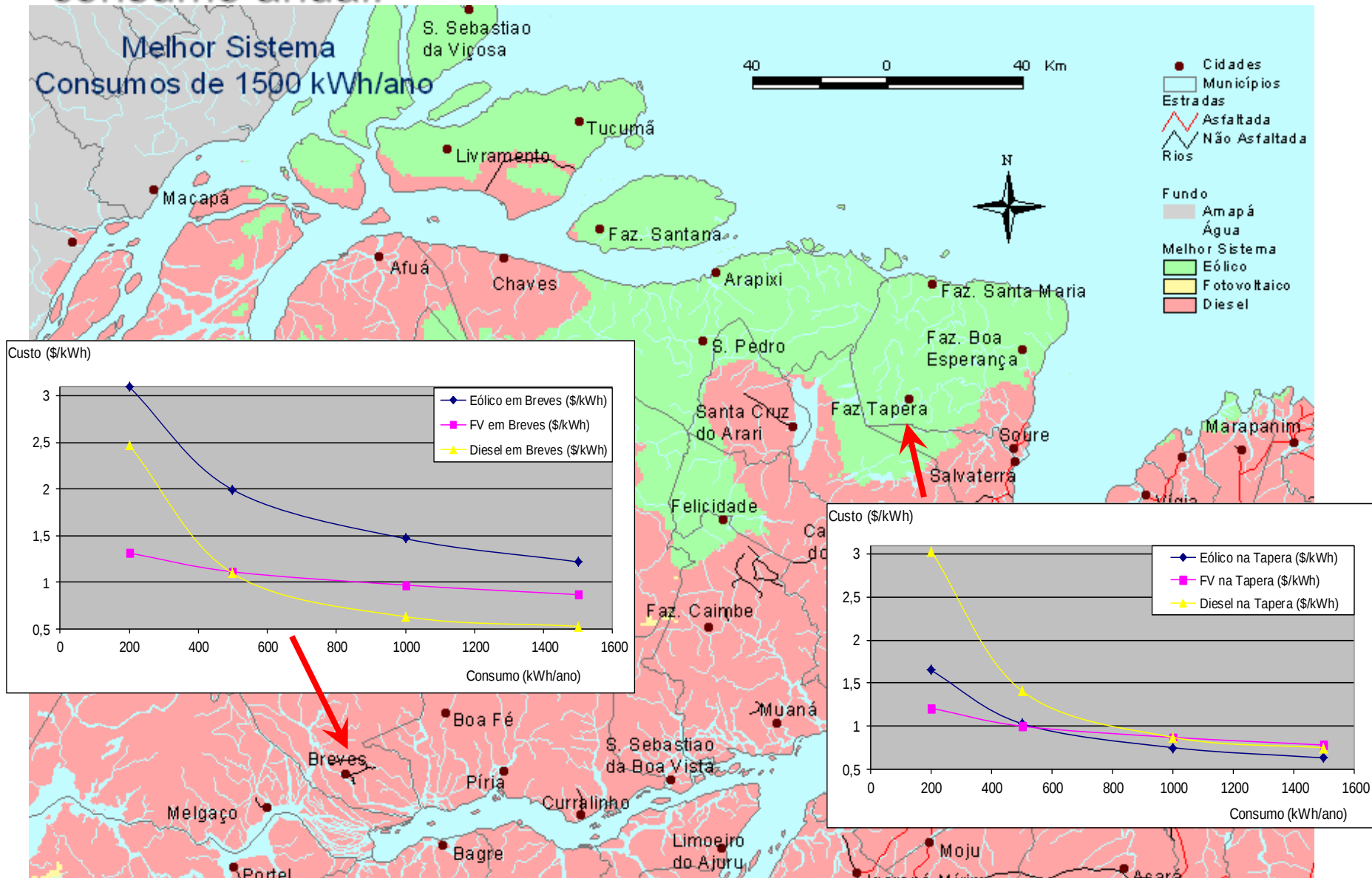
Dependência da localização geográfica e dos respectivos recursos primários:



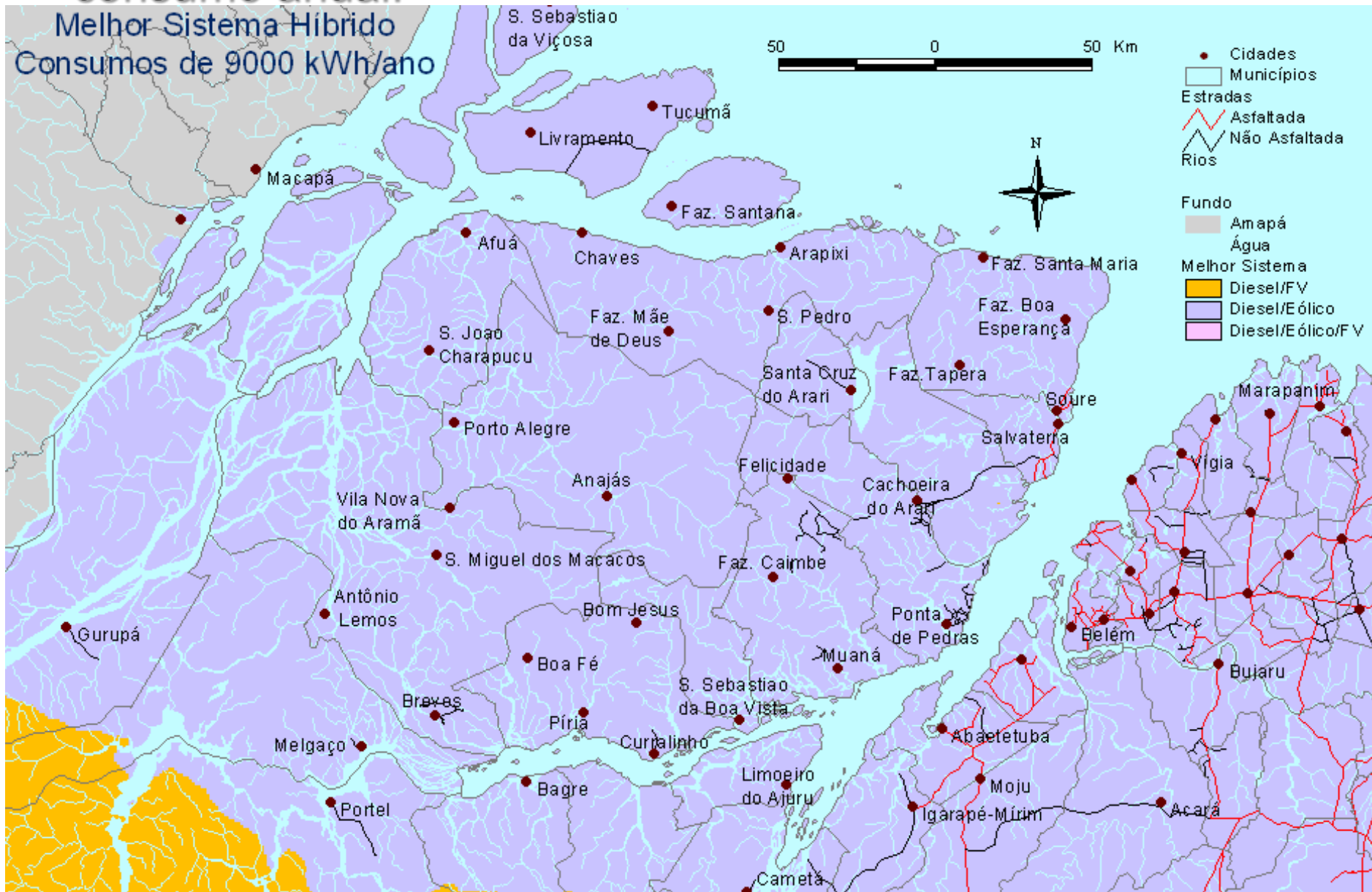
-
- Melhor Sistema Consumos de 1000 kWh/ano**
- 50 0 50 Km
- N
- Cidades
 □ Municípios
 Estradas
 / Asfaltada
 \ Não Asfaltada
 Rios
- Fundo
 Amapá
 Água
 Melhor Sistema
 Eólico
 Fotovoltaico
 Diesel



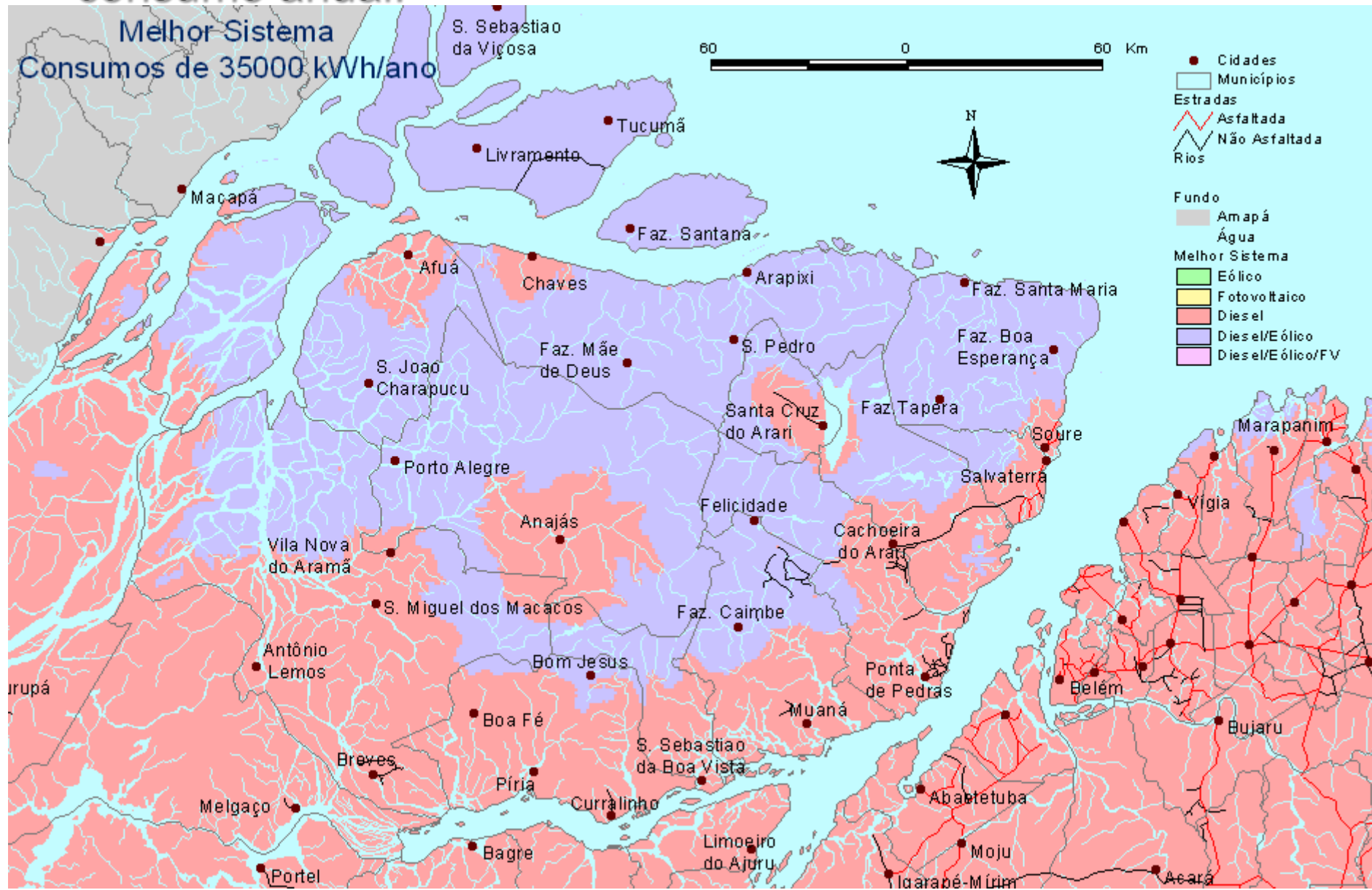
- Dependência da melhor fonte primária em função da zona geográfica (e da disponibilidade dos recursos primários) e do consumo anual:



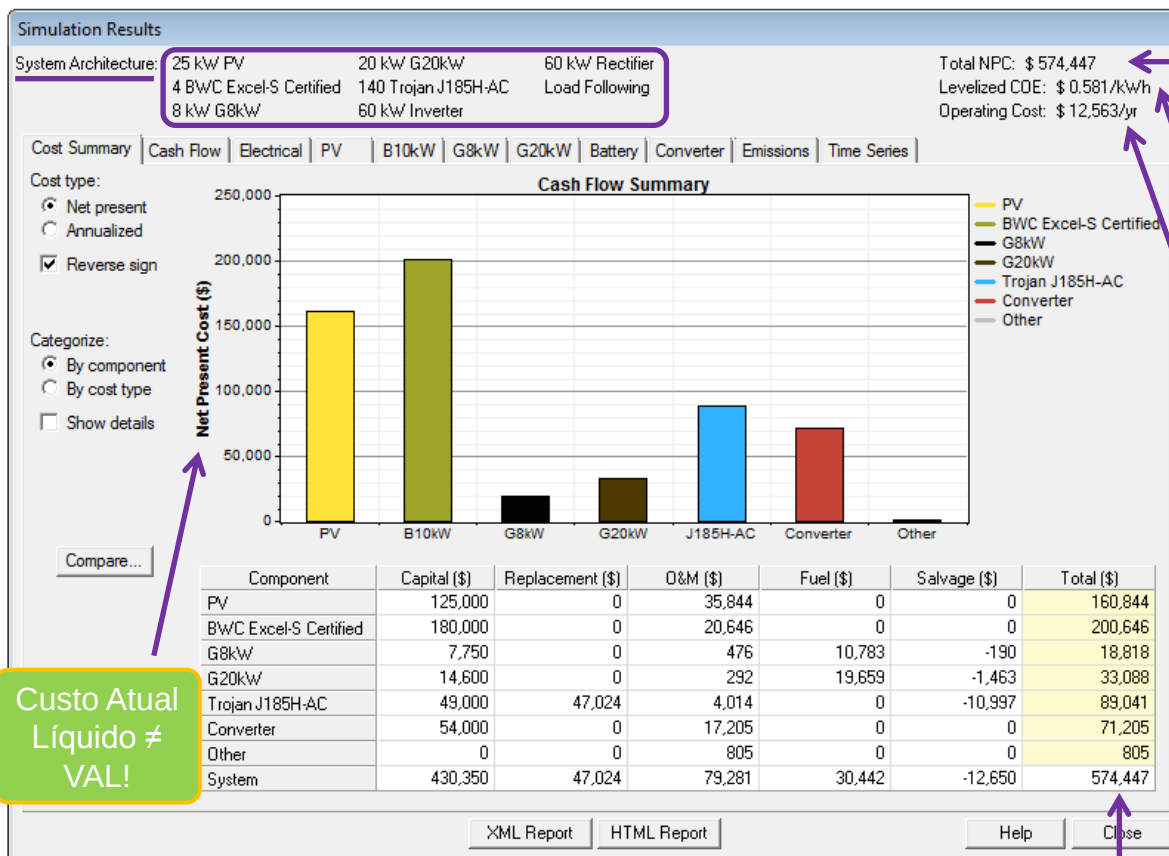
- Dependência da melhor fonte primária em função da zona geográfica (e da disponibilidade dos recursos primários) e do consumo anual:



- Dependência da melhor fonte primária em função da zona geográfica (e da disponibilidade dos recursos primários) e do consumo anual:



- Análise do desempenho económico e energético de cada solução:



Custo Atual Líquido: Somatório de todos os encargos até ao horizonte do projeto, considerando uma taxa de atualização do investimento. Não confundir com o Valor Atual Líquido!

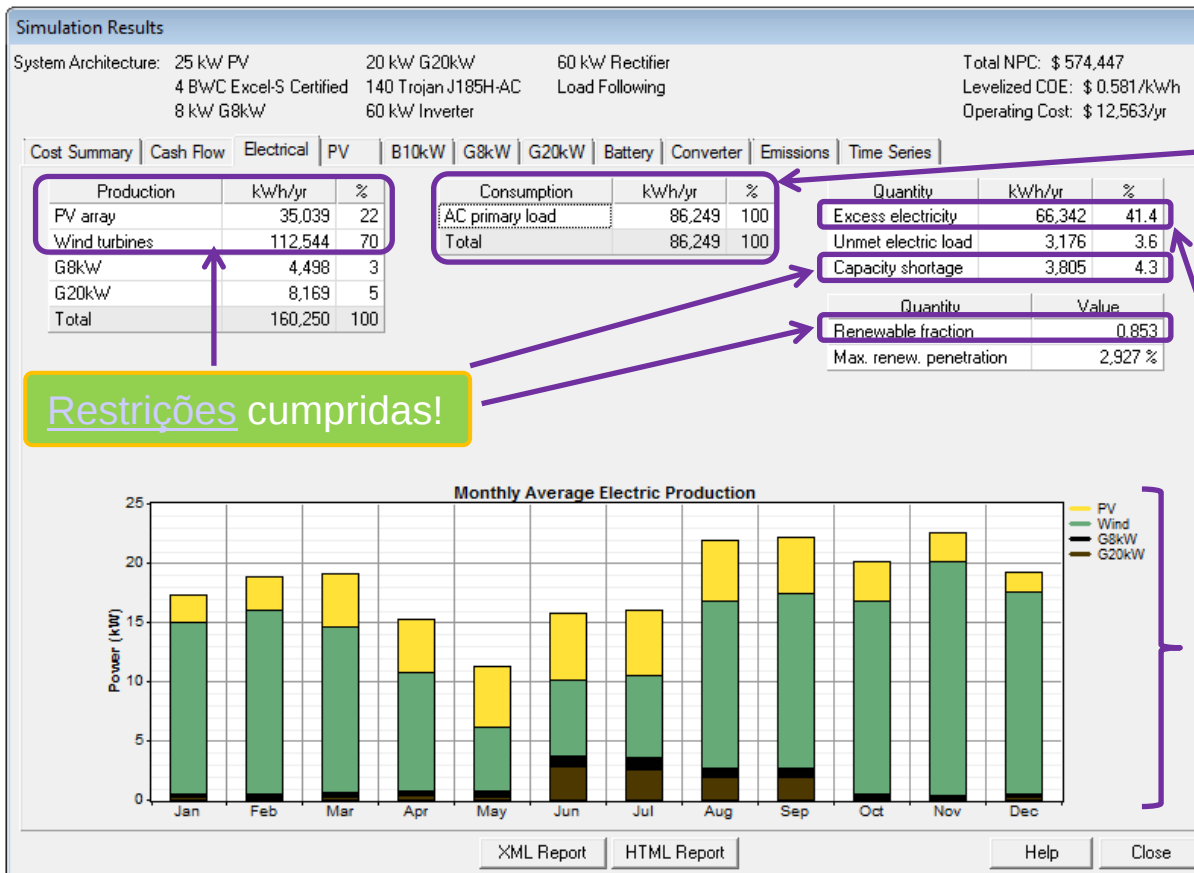
Custo unitário da eletricidade!

Encargos anuais de O&M.

Encargos anuais com cada componente do sistema eletroprodutor híbrido.

Custo Atual Líquido ≠ VAL!

- Análise do desempenho económico e energético de cada solução:



Restrições cumpridas!

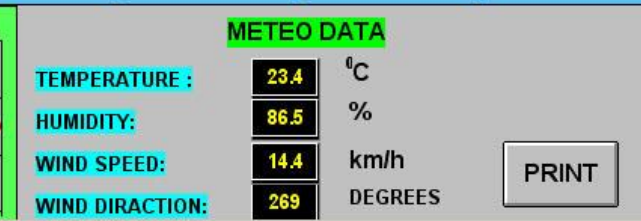
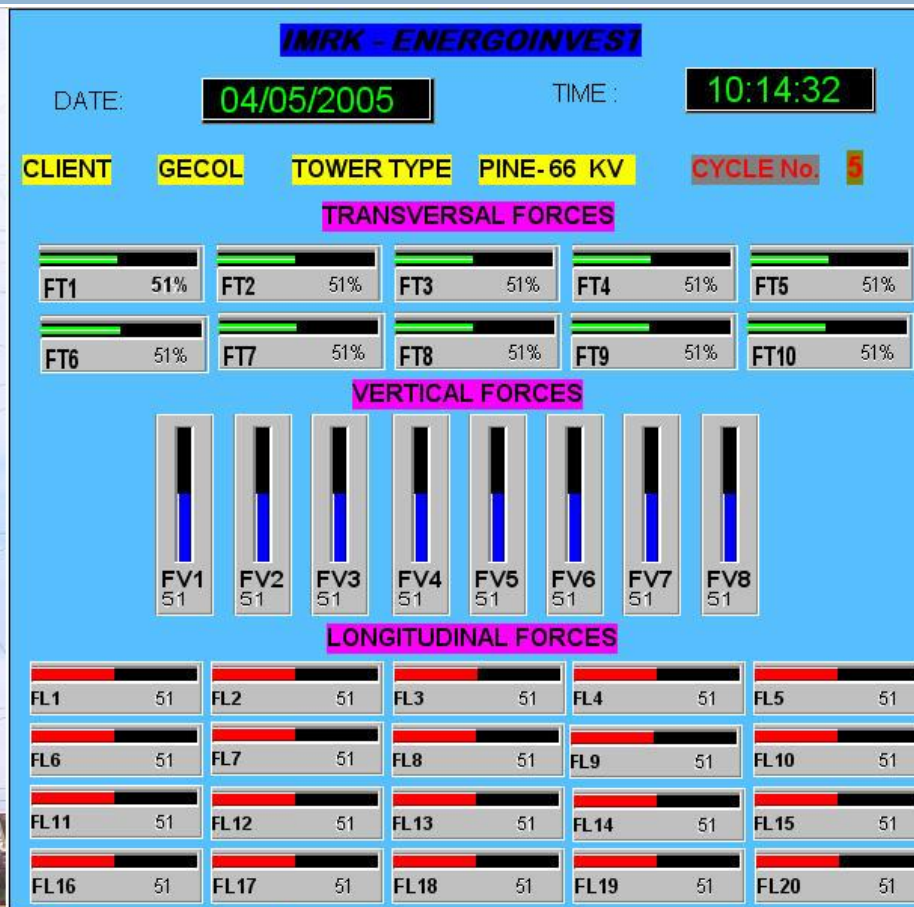
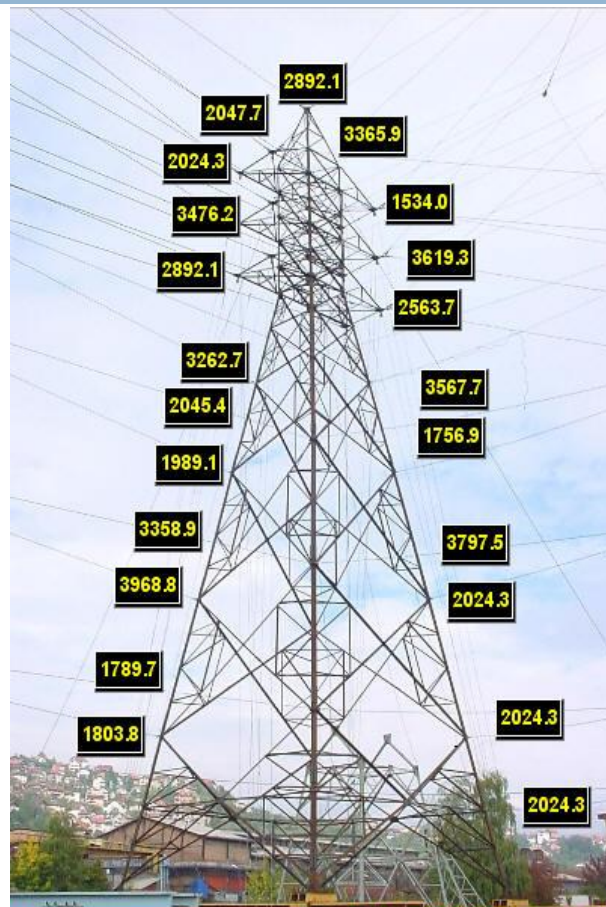
O sistema apenas abastece uma carga, mas poderia também abastecer, p.ex, uma central de hidrólise de hidrogénio, daí que os valores de “AC Primary Load” sejam iguais aos totais.

Fração de EE produzida em excesso! Poderia ser utilizada para produção de hidrogénio!

Estimativa de produção mensal por cada fonte (potência média que cada aproveitamento injeta na rede).

VI – Operação, monitorização e automatização dos sistemas

74



VI – Operação, monitorização e automatização dos sistemas

75

- Requisitos e restrições operacionais mais comuns:
 - Fiabilidade – Continuidade de serviço;
 - Cumprimento de requisitos de qualidade (Limitação de distorção harmónica, adequação dos níveis de tensão estabilidade de frequência, etc.);
 - Limitações ao nível de ruído (ex.: Necessidade de desligar geradores convencionais durante o período noturno);
 - Cumprimento de requisitos mínimos ao nível de fração renovável, fração solar, fração eólica, gestão conjunta do recurso hídrico com as necessidades de água para abastecimento público, etc.;
 - Minimização dos impactos ambientais.

- **Gestão da disponibilidade dos recursos renováveis:**
 - Vários dias de insuficiência de recursos primários: Ativação (automática) de geradores convencionais* para carregamento dos acumuladores de EE até um determinado valor;
 - **Aumento atípico da potência de ponta:**
 - **Hipótese 1:** Sobredimensionamento dos acumuladores de EE por forma a que sejam suficientes para abastecer a carga;
 - **Hipótese 2:** Complemento do sistema de acumulação de EE com a ativação (automática) de geradores convencionais*;
 - **Hipótese 3:** No caso de ser inviável a instalação de acumuladores de EE, os geradores Diesel devem ser dimensionados para efetuarem o abastecimento da totalidade de potência de ponta prevista para o horizonte do projeto;
 - **Hipótese 4:** Complemento das hipóteses anteriores com a utilização de programas de [DSM](#) para reduzir/desviar cargas para períodos horários de menor procura.

* Operando em [paralelo](#) ou [não](#) com o restante sistema eletroprodutor.

- **Gestão da disponibilidade dos recursos não renováveis:**
 - Controlo do despacho, determinando quando e em que circunstâncias é que os grupos geradores convencionais devem ser ativados e desativados, por forma a maximizar a sua vida útil;
 - Dimensionamento de acumuladores de EE por forma a maximizar a sua vida útil (diminuição da profundidade de descarga, etc.);
 - Utilização de um grupo gerador de reserva de potência maior ou igual ao do grupo com maior potência instalada;
 - Agendamento das operações de manutenção para dias em que se prevê a abundância de um ou vários recursos primários renováveis.

- Gestão da disponibilidade dos combustíveis por parte dos centros eletroprodutores convencionais:

II.6.1. Cálculo do volume necessário para armazenamento

Grandeza a considerar		Valor
Período normal de fornecimento	(P_{NF})	15 dias
Período de reserva estratégica	(P_{RE})	105 dias
Energia anual produzida pela central termoelétrica no horizonte do projeto (Calculada pelo <i>software</i> Homer)	(W_a)	10 257 373 kWh/ano
Energia diária produzida em média pela central	(W_d)	28 102 kWh/dia
Energia a gerar no período de reserva	(W_{PRE})	1 264 608 kWh/ P_{RE}
Poder Calorífico Inferior do gasóleo	(PCI_g)	13 125 kcal/kg
Massa volúmica do gasóleo	(ρ)	879 kg/m ³
Consumo médio de gasóleo por kWh de energia elétrica produzida	(C_g)	0,23 kg/kWh
Coeficiente de segurança	(C_s)	1,1
Consumo de gasóleo durante o período de reserva estratégica	(C_{PRE})	290 860 kg
Volume de reserva necessário	$V = C_s \times \frac{C_{PRE}}{\rho}$	364 m ³

- Gestão da disponibilidade dos combustíveis por parte dos centros eletroprodutores convencionais:

II.6.2. Dimensionamento dos depósitos

Grandeza a considerar		Valor
Número de depósitos a instalar	(n)	3
Volume por depósito a instalar	$V_d = \frac{V}{n}$	121 m ³
Diâmetro do depósito	(D)	8 m
Altura mínima do depósito	$H = \frac{4 \times V_d}{\pi D^2}$	2,41 m

Conclusão: Propõe-se a instalação de 3 depósitos cilíndricos com as seguintes dimensões:

- Diâmetro: 8 metros
- Altura: 3 metros.

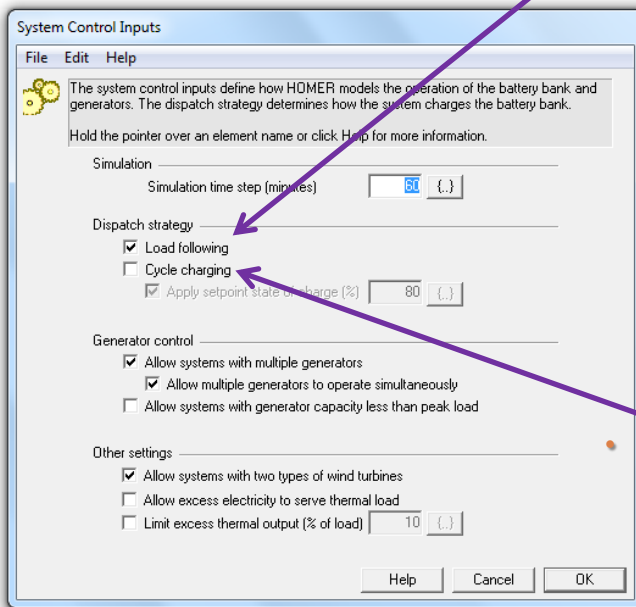
- **Gestão do funcionamento de acumuladores e cargas do tipo “deferrable”:**

- **“Load following”:** A produção de EE é, em 1.º lugar, utilizada para o abastecimento da carga e, apenas o excedente, é utilizado para o carregamento dos acumuladores:

- **Vantagem:** Aumento da vida útil dos acumuladores;
- **Desvantagem:** No caso de insuficiência de produção de EE, os acumuladores podem não dispor de carga suficiente. Esta limitação pode ser ultrapassada com o sobredimensionamento do sistema eletroprodutor.

- **“Cycle charging”:** A produção de EE é, em 1.º lugar, utilizada para o abastecimento do sistema de acumulação de EE, sendo assegurada a alimentação à carga diretamente pelos acumuladores:

- **Vantagem:** Aumento da fiabilidade do sistema;
- **Desvantagem:** Diminuição da vida útil dos acumuladores.



VI – Operação, monitorização e automatização dos sistemas

81

- Monitorização e automatização dos sistemas híbridos:
 - **Motivação:** A maioria dos sistemas híbridos encontram-se localizados em locais remotos, de difícil acesso e, principalmente com falta de mão-de-obra especializada para operá-los;
 - **Requisitos principais:**
 - Medições de grandezas elétricas (CC e CA): Tensões, correntes, frequência, ângulos de fase, fatores de potência, etc.;
 - Medições de outras grandezas: Temperatura dos módulos PV e/ou acumuladores de EE, velocidade e direção do vento, densidade do ar, velocidades angulares [rpm] dos aerogeradores, irradiância, quantidade de combustível disponível nos depósitos, consumos instantâneos de combustível, consumos de óleo, etc.;
 - Capacidade de armazenamento das informações obtidas pelo sistema de monitorização;
 - Regulação do ciclo de carga/descarga de acumuladores: ↑ Vida útil.

- Monitorização e automatização dos sistemas híbridos:
 - **Motivação:** A maioria dos sistemas híbridos encontram-se localizados em locais remotos, de difícil acesso e, principalmente com falta de mão-de-obra especializada para operá-los;
 - **Requisitos principais:**
 - **Definição dos sistemas de proteção:** Seccionadores, disjuntores, relés e alertas (luminosos e/ou sonoros), de modo a prevenir e identificar as condições de operação;
 - Monitorização, em tempo real, das condições de operação, bem como a possibilidade de proceder ou aceder a previsões de consumos e da disponibilidade de recursos primários;
 - Capacidade de transmissão de sinais de monitorização e recepção de sinais comando remoto.

VI – Operação, monitorização e automatização dos sistemas

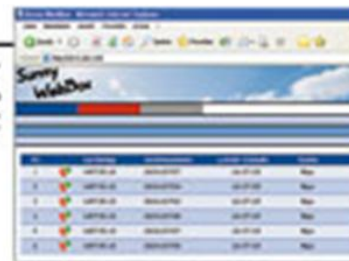
83

- Monitorização e automatização dos sistemas híbridos:



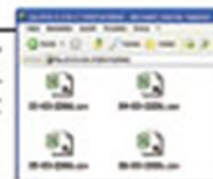
Communication with the inverters via the serial interface (RS485) and Powerline (via SWR-COM USB)

Integrated web server for remote online access to the current data from any PC



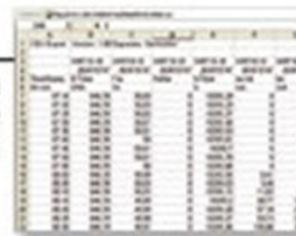
Eye-catching presentation of the plant data using the Sunny Matrix large-scale display

Integrated FTP server for saving and transferring data to a PC



Free and automatic storage and visualization of the measuring data in Sunny Portal

Individual processing of the measuring data on your own PC



Time	Power	Voltage	Current	Power Factor	Temperature	...
10:00	1000	230	4.3	0.95	45	...
10:05	1050	230	4.5	0.95	45	...
10:10	1100	230	4.7	0.95	45	...



Memory expansion and data transfer to a PC using a removable SD card

VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

84



VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

85

- Segurança: Percepção de proteção contra riscos, perigos ou perdas;
- Em todos os tipos de instalações e infraestruturas elétricas e na realização de todos os tipos de trabalhos (por técnicos devidamente especializados), devem-se empregar materiais, isolamentos e respeitar distâncias que garantam segurança de exploração;
- Em sistemas híbridos, devem-se redobrar os cuidados, dada a diversidade de fontes e equipamentos envolvidos;
- P.ex: Em sistemas Fotovoltaico-Eólico-Diesel, devem-se respeitar:
 - A segurança das pessoas, animais e bens;
 - A segurança de operação dos geradores Diesel, Eólico e Fotovoltaico;
 - A segurança de operação dos bancos de acumuladores (ventilação das salas de acumuladores, entre outros fatores);
 - A segurança de operação dos sistemas de condicionamento de potência (inversores, retificadores, conversores bidirecionais, etc.);
 - A segurança de operação da rede de transmissão de energia elétrica.



VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

86

- Para a realização de trabalhos em segurança, verifica-se a necessidade de recursos para:
 - Assegurar um ambiente de trabalho seguro e saudável para os operadores;
 - Promover a formação e informação dos operadores relativa aos riscos inerentes a todos os tipos de operações, sensibilizando-os para a importância do cumprimento das normas de segurança;
 - Proteger as instalações e equipamentos de modo a assegurar-lhes adequadas condições de segurança;
 - Minimizar os riscos para as pessoas e para o ambiente que possam advir do desenvolvimento das suas atividades.

VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

87

- Equipamentos de proteção individual (EPI):

- Capacete;
- Viseira;
- Luvas dielétricas;
- Botas de biqueira e sola de aço;
- Arnês (trabalhos em altitude);
- Bloqueio anti-queda (trabalhos em altitude).



VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

88

- **Consignações elétricas:** Em trabalhos fora de tensão, por forma a garantir a máxima segurança no decorrer dos mesmos, é imperativo o respeito pelas “**Cinco regras de Ouro**”, que são:
 1. Separação completa, visível e segura da instalação a intervencionar, de qualquer fonte de tensão (preferencialmente através de seccionadores ou interruptores-seccionadores);
 2. Bloqueio mecânico, na posição de abertura, de todos os órgãos de corte ou seccionamento, ou adoptar medidas preventivas quando tal não seja exequível;
 3. Verificação efetiva da ausência de tensão, a jusante e a montante da instalação a intervir, após a realização das manobras de colocação da mesma fora de tensão;
 4. Ligação à terra de todos os condutores e troços desligados;
 5. Delimitação da zona de trabalho e proteção, através de obstáculos, dos operadores contra peças susceptíveis de se encontrar em tensão.

- Como complemento às medidas anteriormente enunciadas, junto de cada instalação e/ou equipamento, devem-se prever:
 - Cumprimento de todas as normas e procedimentos de segurança;
 - Observação do cumprimento das [consignações elétricas](#) e da utilização de [EPIs](#);
 - A não utilização de adereços, nas mãos, pescoço, pulsos, etc.;
 - As partes em tensão sejam devidamente isoladas;
 - Brochuras com procedimentos de segurança e de primeiros socorros;
 - Estojos de primeiros socorros e equipamentos de combate a incêndios, adequados aos níveis de tensão da instalação;
 - No caso de instalações operando a média tensão, os procedimentos de instalação, operação, e manutenção devem ser efetuados por, pelo menos, duas pessoas, facilitando o socorro, caso necessário;
 - Evitar a realização de manobras/ligações improvisadas que, por vezes, em vez de serem temporárias se tornam definitivas, comprometendo a segurança da instalação;
 - Verificação periódica do estado de conservação dos equipamentos de proteção e das brochuras com procedimentos de segurança e de 1.^{os} socorros;
 - Verificação dos níveis de resistividade de todas as ligações à terra de proteção e terra de serviço de cada instalação;
 - Verificação da limpeza e estado de conservação de todos os equipamentos.



IPL

escola superior de tecnologia e gestão
instituto politécnico de leiria

VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

90

- Medidas de segurança na operação em geradores fotovoltaicos:
 - Observação do cumprimento das consignações elétricas e dos EPIs e medidas de segurança complementares;
 - Os módulos fotovoltaicos sejam cobertos com pano ou material que impeça a incidência da irradiação solar nas células fotovoltaicas durante os procedimentos de instalação e manutenção, evitando choques elétricos;
 - Seja evitada a instalação e uso de materiais de cantos cortantes, bem como de situações que possam resultar em danos mecânicos;
 - Seja convenientemente confirmada a polaridade dos condutores ao se estabelecerem ligações entre eles.

VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

91

- Medidas de segurança na operação em geradores eólicos:
 - Observação do cumprimento das consignações elétricas e dos EPIs e medidas de segurança complementares;
 - Verificação das recomendações de segurança do fabricante do aerogerador;
 - Utilização de cercas ou muros, dotados de placas de alerta, isolando o perímetro onde se encontra o instalado o sistema;
 - Verificação frequente do estado de:
 - Iluminação de sinalização aérea na torre do aerogerador;
 - Níveis de tensão mecânica da torre e existência de corrosão na pintura, cabos de sustentação, grampos e parafusos de fixação torre, se existentes;
 - Estado de aperto dos parafusos das seções da torre.
 - As ações de segurança, concentram-se mais no campo visual, o que não minimiza a importância das mesmas.



VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

92

- Medidas de segurança na operação em geradores convencionais:
 - Observação do cumprimento das consignações elétricas e dos EPIs e medidas de segurança complementares;
 - Utilização de equipamentos para proteção do aparelho auditivo contra os elevados níveis de ruído;
 - Construção de local para armazenamento de resíduos, como o óleo lubrificante usado, de modo minimizar os impactos ambientais;
 - Certificação, antes da instalação, que o piso suporta sem riscos o peso dos equipamentos;
 - Verificação periódica do sistema de exaustão de gases liberados pelos geradores;
 - ŠŠEvitar aproximações das partes móveis dos grupos geradores, para evitar acidentes.



VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

93

- Medidas de segurança relativas aos equipamentos de condicionamento de potência (inversores, retificadores, etc.):
 - Observação do cumprimento das consignações elétricas e dos EPIs e medidas de segurança complementares;
 - Colocação de placas ou brochuras, com a indicação dos níveis de tensão máximos das entradas e saídas dos equipamentos e alertando sobre os riscos envolvidos;
 - Ligações à terra de todas as partes metálicas dos equipamentos, bem como das bainhas dos cabos condutores;
 - Verificação periódica do estado de aperto ou fixação dos ligadores dos cabos de entrada e de saída de potência;
 - Observar o cumprimento das recomendações específicas dos fabricantes de cada equipamento.

- Medidas de segurança relativas a acumuladores de EE:
 - Observação do cumprimento das [consignações elétricas](#) e dos [EPIs](#) e [medidas de segurança complementares](#);
 - Utilização de ferramentas curtas e isoladas, de modo a evitar a ocorrência de curtos-circuitos aos terminais dos acumuladores;
 - Utilização de interruptores e/ou seccionadores, para que se possa colocar o equipamento fora de serviço, aquando da realização de operações de manutenção, limpeza e de troca de acumuladores;
 - Instalação dos acumuladores em locais abrigados, mas que assegurem uma conveniente ventilação;
 - Evitar a utilização de ferramentas e a instalação de matérias que produzam faíscas, junto do acumuladores;
 - Aquando da inutilização dos acumuladores, enviá-los para processos de reciclagem, por forma a minimizar os impactos ambientais.

VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

95

- Medidas de segurança relativas às operações na rede de transmissão de energia elétrica:
 - Análogas às adoptadas nos trabalhos das redes de transmissão de energia elétrica interligadas;
 - Observação do cumprimento das [consignações elétricas](#) e dos [EPIs](#) e [medidas de segurança complementares](#), no caso de se realizarem trabalhos fora de tensão;
 - Aquando da realização de trabalhos em tensão, estes devem ser realizados por técnicos especializados, cumprindo criteriosamente todos os requisitos de segurança requeridos para o efeito;
 - Aquando da instalação dos postes, fixação de isoladores, lançamento de cabos e colocação das unidades transformadoras, as medidas de segurança a adoptar são análogas às da execução de projetos do âmbito da especialidade da Engenharia Civil.

VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

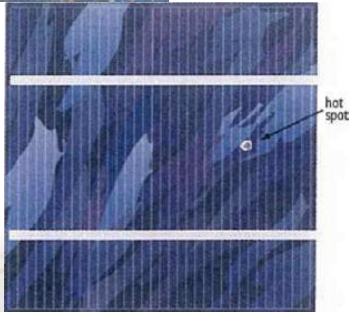
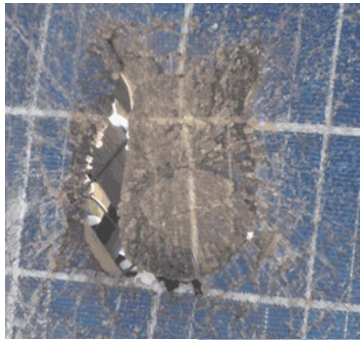
96

- Os trabalhos de manutenção a realizar em qualquer componente do sistema híbrido, podem-se dividir nas seguintes categorias:
 - **Corretiva:** Não planeada e efetuada apenas aquando da paragem/avaria inesperada ou anomalia de funcionamento. Traduz-se em custos elevados, não só pelos custos do equipamento mas também pela perda de produção de EE;
 - **Preventiva:** Executada em intervalos de tempo regulares, dependendo das indicações de fabricantes, consistindo na substituição de equipamentos. Vantagens:
 - Aumento da longevidade dos equipamentos;
 - Controlo mais eficaz das necessidades de equipamentos de reserva;
 - Diminuição dos custos de manutenção corretiva;
 - Manutenção de níveis de desempenho dos geradores, próximos dos originais.
 - **Preditiva:** Evolução da preventiva. Detecção de avarias prematuras nos componentes mais importantes, antes das mesmas se manifestarem:
 - Análises de vibrações;
 - Análises dos campos magnéticos em torno dos geradores;
 - Instalação de acelerómetros, medindo a aceleração dos veios dos geradores, etc.;
 - Vantagens: As mesmas das manutenção preventiva.

VII – Segurança, manutenção e conservação dos sistemas

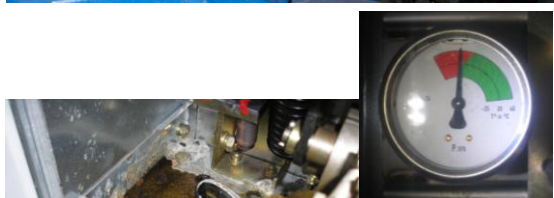
97

● Manutenção de geradores fotovoltaicos:

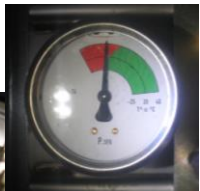


- Verificação do estado de conservação e das ligações dos cabos elétricos, bem como do aperto dos ligadores;
- Verificação do estado de conservação das estruturas de suporte dos módulos, aperto de parafusos da estrutura e das caixas de ligação;
- Limpeza periódica das superfícies dos painéis, utilizando apenas água e panos macios (realizar durante o período noturno, ou ao início da manhã/final da tarde para minimizar os sombreamentos das células);
- Observar se existem rachaduras, nos vidros protetores dos módulos, ou qualquer anomalia no aspeto das células (ex.: perda de coloração, ranhuras ou pontos quentes), pelo que no caso afirmativo, os módulos deverão ser substituídos pelo facto de minimizarem a produção da *string* onde se encontram inseridos;
- Medição dos níveis de tensão das *strings* (para verificar se se encontram dentro dos valores esperados).

● Manutenção de geradores eólicos:



(Presença de roedores)



- Verificação do estado do óleo lubrificante e dos respetivos filtros dos vários componentes do aerogerador, das pás do aerogerador (lubrificação individual dos copos);
- Inspeção visual às pás do aerogerador para deteção de danos;
- Inspeção do estado de conservação dos apoios do gerador (fissuras, pontos com oxidação, sinais de desgaste, etc.);
- Verificação do tamanho mínimo das escovas do rotor e do estado de aperto dos seus cabos e proceder à sua limpeza (necessidade de máscara para evitar a aspiração de resíduos);
- Verificação do alinhamento do veio entre a unidade multiplicadora e gerador (*Cardan* perfeitamente centrado);
- **Transformador:** Teste do relé de deteção de arco elétrico, inspeção visual aos bornes, cabos, zona dos fusíveis, aperto dos parafusos (chave dinamométrica) etc., limpeza;
- Verificação dos níveis de pressão de SF₆, inspeção visual e limpeza das células de proteção;
- Observação dos períodos de [manutenção](#), etc.

● Manutenção de geradores convencionais:



(Verificação da vareta do óleo)



(Verificação do nível do fluído refrigerante do radiador)

- Verificação das grandezas elétricas e relacionadas: Tensões aos terminais dos enrolamentos do gerador, correntes, frequência, acelerações do rotor, etc.;
- Ventilação do local, inspeção visual das partes girantes, níveis de ruído, níveis de carga do acumulador de arranque do gerador, etc.;
- Estado de lubrificação das partes indicadas pelo fabricante;
- N.º de horas para troca dos filtros de ar e de óleo;
- Verificar o nível de fluído de arrefecimento do radiador;
- Observar o estado de desgaste de correias, correntes, carretos, rolamentos, etc.;
- Registrar as ações realizadas e as datas/tipos de manutenções em caderno próprio para efeito;
- Observação dos períodos de manutenção, etc.

- **Manutenção dos acumuladores de EE:**
 - No caso de baterias, verificação das concentrações de eletrólito, bem como o seu nível, completando-o, se necessário;
 - Observar algum tipo de ruído atípico (chiado);
 - Verificar o estado de aperto dos terminais, mantendo-os limpos e, de preferência, lubrificados;
 - Verificar existência de oxidação nos cabos de conexão. Aplicar-lhes lixa e retirar a parte oxidada pode resolver o problema. Caso contrário, deve-se proceder à substituição do cabo;
 - Verificar os níveis de tensão dos acumuladores e efetuar sua troca conforme o tempo especificado pelo fabricante, ou quando as tensões estiverem abaixo do mínimo especificado;
 - Manter os acumuladores isolados do piso;
 - Verificar o estado do sistema de ventilação das salas de acumuladores.

- **Manutenção dos sistemas de condicionamento de potência:**
 - Verificação das sinalizações (leds e alarmes);
 - Verificação da possível incapacidade de carregamento dos acumuladores, devido a problemas no regulador de carga;
 - Procurar por curtos-circuitos, ligações clandestinas na rede de distribuição ou mesmo excesso carga, aquando de saídas de serviço sucessivas por parte do inversor.
- **Manutenção da rede de transmissão de energia elétrica:**
 - Verificação do estado dos postes/armários de distribuição e respetivos componentes e órgãos de proteção;
 - Verificação do estado dos cabos, transformadores e isoladores;
 - Podar a vegetação que possa interferir com partes da rede;
 - Procurar por curtos-circuitos, ligações clandestinas;
 - Verificação dos ramais de ligação para as instalações de utilização, etc.

VIII – Impactos ambientais e socioeconómicos

102



VIII – Impactos ambientais e socioeconómicos

103

- Geradores fotovoltaicos: Degradação do solo, intrusão visual, etc.;
- Geradores eólicos: Intrusão visual, alteração de rotas migratórias de aves, impacto sonoro, etc.;
- Centrais mini-hídricas: Alteração dos fluxos hidrológicos, perda de qualidade da água para abastecimento público, obstrução à circulação de nutrientes e organismos vivos, perda de biodiversidade, degradação do solo, etc.;
- Geradores convencionais: Emissões de gases poluentes e de efeito de estufa, ruído, necessidade de reciclagem de óleo lubrificante, cuidados especiais para evitar fugas de combustível e de óleo, riscos de incêndio e explosão, etc.;
- Acumuladores: Liberação de vapores tóxicos, necessidade de reciclagem, cuidados especiais para evitar fugas de eletrólito, etc.

- Mudanças no quotidiano dos moradores locais:
 - Substituição total ou parcial das mais diversas fontes de energia outrora utilizadas, tais como, pilhas, baterias recarregáveis, pequenos geradores Diesel, querosene para iluminação, etc.;
 - Verificação da possível incapacidade de carregamento dos acumuladores, devido a problemas no regulador de carga;
 - Tendência da população para aquisição de mais eletrodomésticos e para aumento da utilização de iluminação.
- Aumento das atividades dos setores primário, secundário e terciário, com aparecimento de pequenas fábricas e comércios, como bares, padarias, mercearias, armazéns, etc., bem como a melhoria de condições para a oferta de serviços e de turismo;
- Crescimento da população, impulsionado pela melhoria das condições de vida.



IPL

escola superior de tecnologia e gestão
instituto politécnico de leiria

Sumário

105

- Introdução;
- Classificação dos sistemas eletroprodutores híbridos;
- Complementaridade entre as fontes solar e eólica;
- Dimensionamento dos sistemas de produção, armazenamento e condicionamento da potência produzida;
- Metodologia para a realização de estudos técnico-económicos;
- Operação, monitorização e automatização dos sistemas;
- Segurança, manutenção e conservação dos sistemas;
- Impactos ambientais e socioeconómicos.

Fim

106

