

# Gestão de Energia e Legislação

## 5. Auditorias energéticas

# Auditorias energéticas: Algumas notas

- ❑ A auditoria energética surge como um instrumento fundamental que o Gestor de Energia possui para contabilizar os cons. de energia, a eficiência energética dos seus equipamentos e respectivas perdas

... trata-se de procurar identificar oportunidades de diminuir os encargos com a fatura energética mantendo ou aumentando nível de produção e/ou conforto ...

# Auditorias energéticas: Responsabilidades

- ❑ **É importante definir responsabilidades** ao nível da empresa/instituição
  - ❑ **Ao nível da administração** (responsável pela atividade de Gestão de Energia)
  - ❑ **Ao nível técnico** (responsável pela gestão das utilizações de energia)

# Auditorias energéticas: Definição

Lavantamento e análise crítica das condições de utilização de energia, com vista à deteção de oportunidades de racionalização energética, através de medidas com viabilidade técnico-económica aliciante

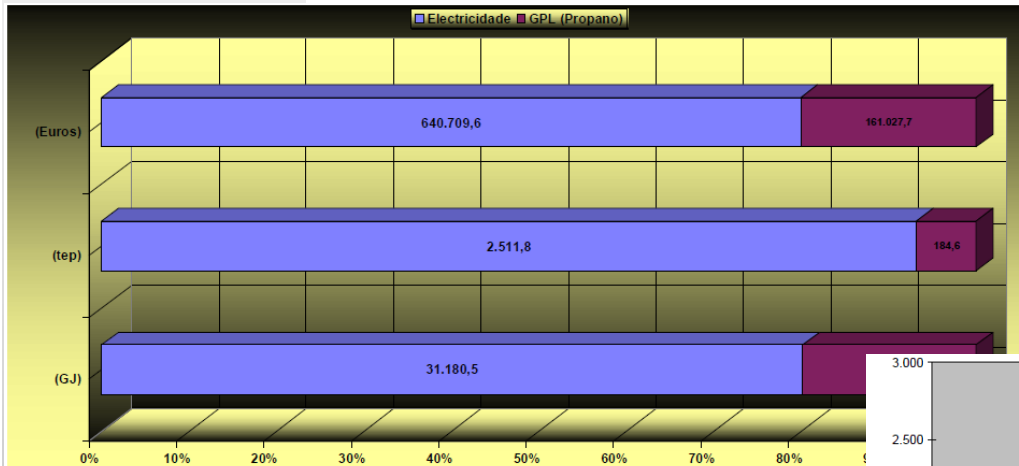
# Auditorias energéticas: 4 níveis

- ❑ **Auditoria sintética (documental):** Síntese dos consumos por vetores energéticos e encargos
- ❑ **Auditoria genérica/deambulatória (reconhecimento):** vistoria às condições de funcionamento das principais instalações (*check-list* resumido – medições)
- ❑ **Auditoria analítica:** Análise dos consumos por tipo de equipamento (*check-list* exaustivo)
- ❑ **Auditoria tecnológica:** Alterações nos processos

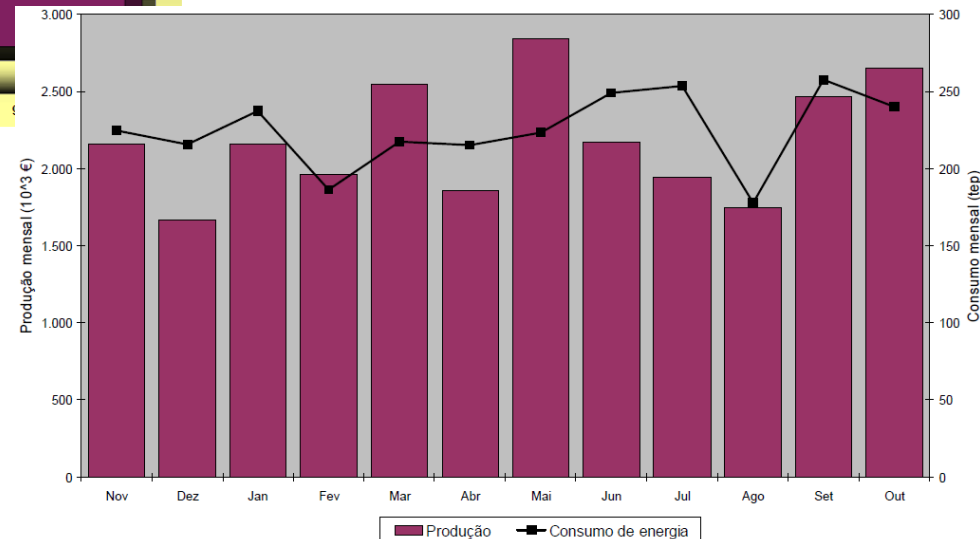
# Auditorias energéticas: Objetivos

- ❑ Constituindo uma verdadeira radiografia do ponto de vista energético de uma instalação consumidora de energia, a AE tem por objetivo:
  - ❑ Especificar as formas de energia utilizadas;
  - ❑ Examinar o modo como a energia é utilizada e os respectivos custos;
  - ❑ Estabelecer a estrutura do consumo de energia;
  - ❑ Determinar os consumos por processo, operação ou equipamento;
  - ❑ Relacionar o consumo de energia com a produção;
  - ❑ Identificar as possibilidades de melhoria dos rendimentos energéticos;
  - ❑ Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas.

# Auditorias energéticas: Exemplos

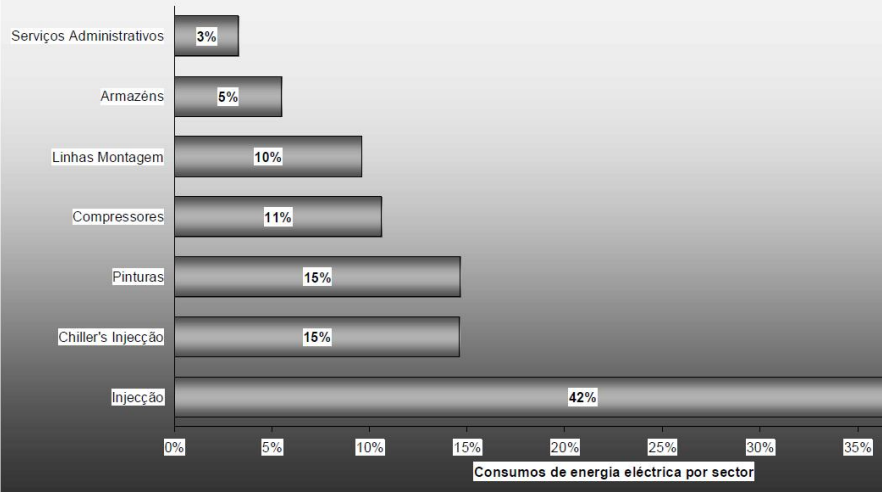


Estrutura dos custos e consumos de energia

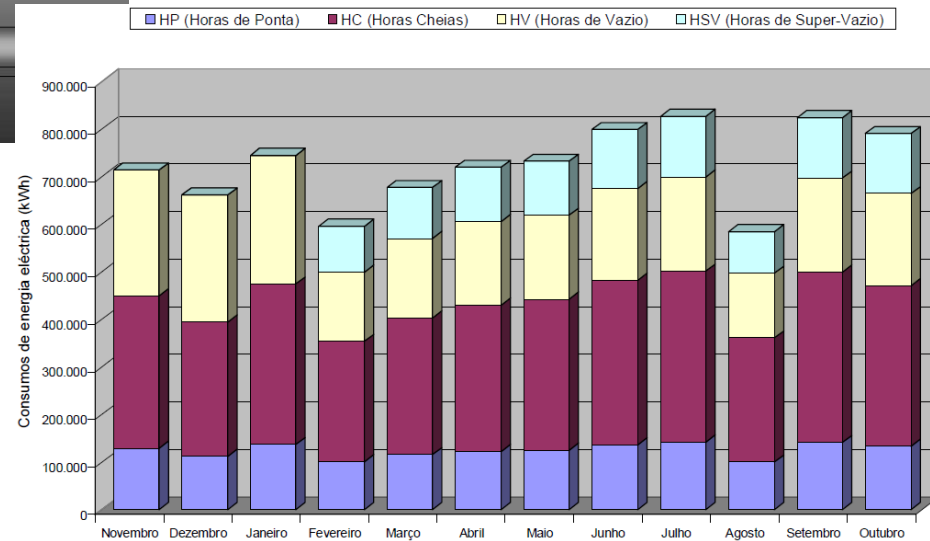


Consumo vs produção

# Auditorias energéticas: Exemplos



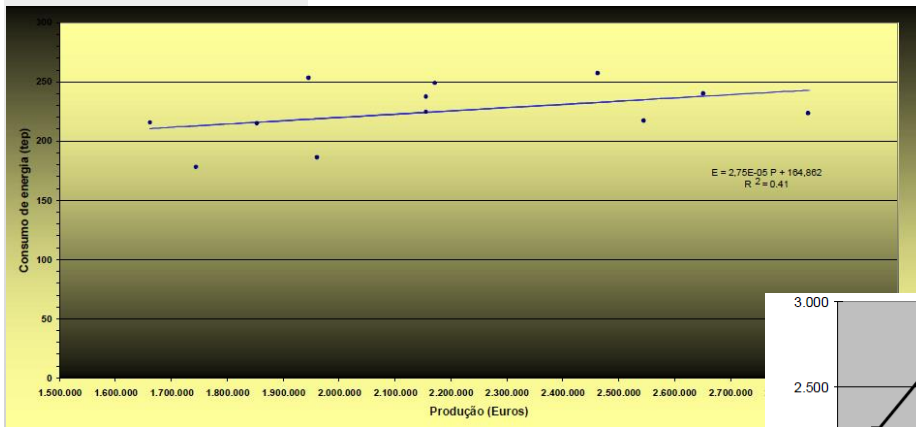
Distribuição dos consumos de energia pelos diferentes setores



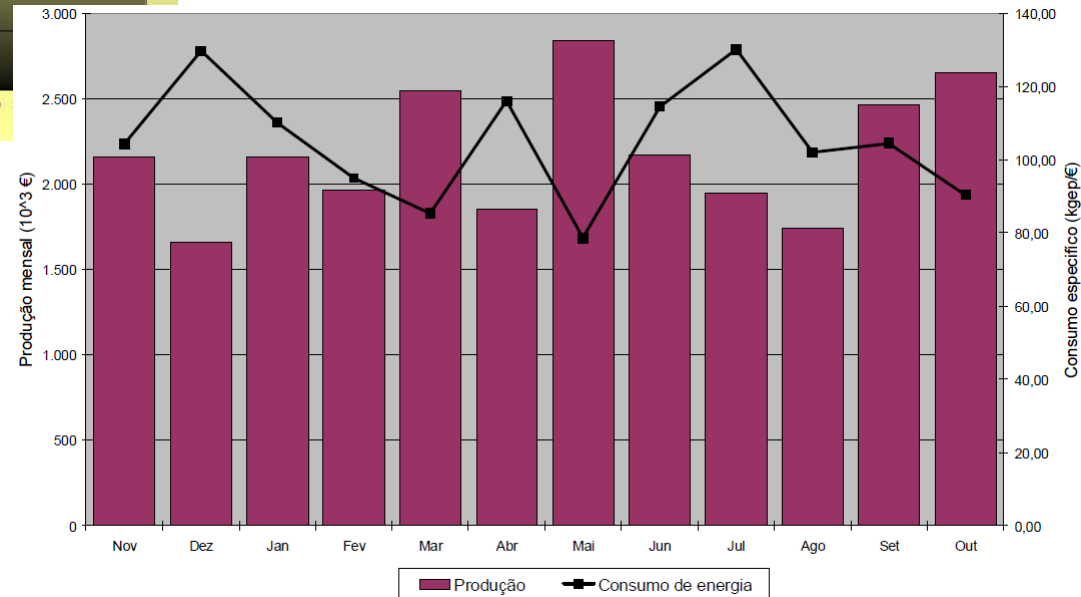
Distribuição dos consumos de e.e. pelos diferentes períodos horários



# Auditorias energéticas: Exemplos



Consumo de energia vs. produção



Evolução do consumo específico de energia<sub>g</sub> e da produção

# Auditorias energéticas: Objetivos

- ☐ Propor um programa para as ações e investimentos a empreender;
- ☐ Propor a substituição de equipamentos ligados ao processo por outros mais eficientes;
- ☐ Propor a alteração de fontes energéticas, caso se considere necessário e oportuno.

## É pois necessário saber ...

- ☐ Quanto custa a energia consumida;
- ☐ **Como, Quando, Onde e Quanta** energia é consumida.

# Fases de uma auditoria energética

1. Preparação da intervenção
2. Intervenção local
3. Tratamento de dados
4. Elaboração do relatório da auditoria

# Fases de uma auditorias energéticas

- ❑ **1ª Fase: Preparação da intervenção**
  - ❑ Recolha e análise de informação documental;
  - ❑ Análise do processo produtivo e energético;
  - ❑ Recolha de informações relativas a tecnologias disponíveis no mercado;
  - ❑ Preparação da intervenção em campo (plano).

# Fases de uma auditorias energéticas

## ☐ 2ª Fase: Intervenção local

- ☐ Recolha de informação energética da empresa;
- ☐ Análise do processo produtivo;
- ☐ Estabelecimento dos fluxos de energia;
- ☐ Medições de grandezas energéticas e de produção;
- ☐ Instalação de equipamentos de registo em modo contínuo (monitorização).

# Fases de uma auditorias energéticas

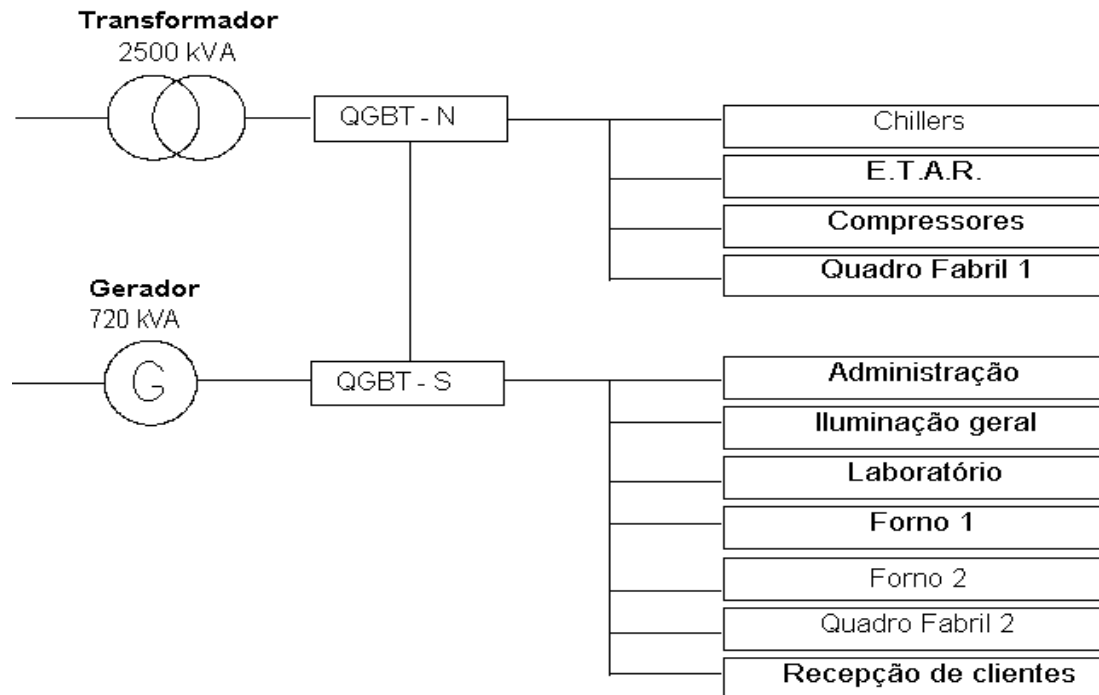
## ❑ 2ª fase: Recolha de informação energética da empresa

	WC	WV	WP	Wtotal	RC	PC	PT	cosfi	Fac.Carga
Jan-99	69.919,0	53.426,0	27.838,0	151.183,0	58.996,0	943,6	817,5	0,86	0,25
Fev-99	166.243,0	113.731,0	69.019,0	348.993,0	93.509,0	943,6	879,5	0,93	0,59
Mar-99	170.709,0	175.332,0	68.385,0	414.426,0	95.166,0	947,7	947,7	0,93	0,59
Abr-99	198.711,0	127.763,0	56.063,0	382.537,0	110.956,0	955,2	955,2	0,92	0,56
Mai-99	219.956,0	172.884,0	47.733,0	440.573,0	130.933,0	955,9	955,9	0,90	0,62
Jun-99	223.105,0	187.734,0	45.653,0	456.492,0	124.701,0	955,9	939,5	0,91	0,67
Jul-99	211.358,0	209.824,0	42.551,0	463.733,0	120.467,0	955,9	916,3	0,90	0,68
Ago-99	221.844,0	183.281,0	42.960,0	448.085,0	135.978,0	955,9	939,5	0,89	0,64
Set-99	245.271,0	210.690,0	50.433,0	506.394,0	190.870,0	1.011,8	1.011,8	0,84	0,70
Out-99	215.497,0	204.070,0	42.217,0	461.784,0	152.416,0	1.011,8	923,2	0,86	0,67
Nov-99	195.765,0	155.723,0	58.185,0	409.673,0	145.817,0	1.011,8	917,7	0,87	0,62
Dez-99	205.754,0	211.426,0	80.336,0	497.516,0	159.766,0	1.011,8	922,5	0,87	0,72
Totais	2.344.132,0	2.005.884,0	631.373,0	4.981.389,0	1.519.575,0				

Dados anuais referentes ao consumo de energia elétrica

# Fases de uma auditorias energéticas

## ❑ 2ª Fase: Estabelecimento dos fluxos de energia



# Fases de uma auditorias energéticas

## ☐ 2ª Fase: Instrumentação

- ☐ Amperímetros
- ☐ Wattímetros
- ☐ Medidores de ponta
- ☐ Medidores de fator de potência
- ☐ Pinças amperimétricas
- ☐ Luxímetros
- ☐ Termômetros
- ☐ Analisadores de energia
- ☐ Anemômetros
- ☐ Analisadores dos gases de exaustão ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_x$ , temperatura,  $\text{O}_2$ )



# Fases de uma auditorias energéticas

## ❑ 2ª Fase: Instrumentação (cont.)



Termómetro



Termo - anemómetro

# Fases de uma auditorias energéticas

## ❑ 2ª Fase: Instrumentação (cont.)



Analizador de gases



# Fases de uma auditorias energéticas

## ❑ 2ª Fase: Instrumentação (cont.)



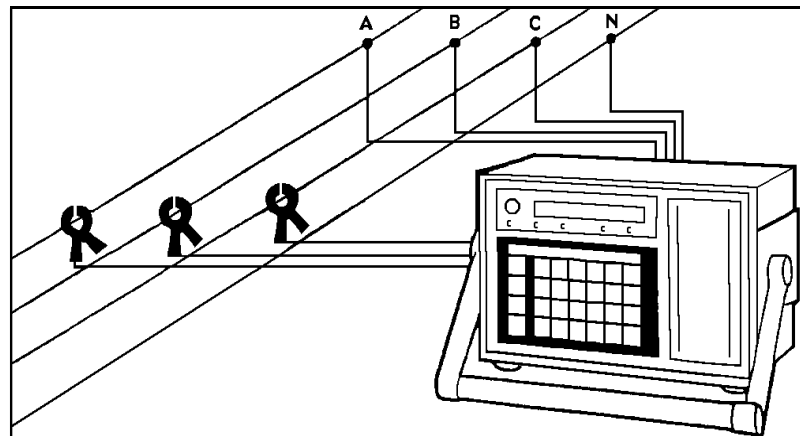
Luxímetro



Pinça Amperimétrica

# Fases de uma auditorias energéticas

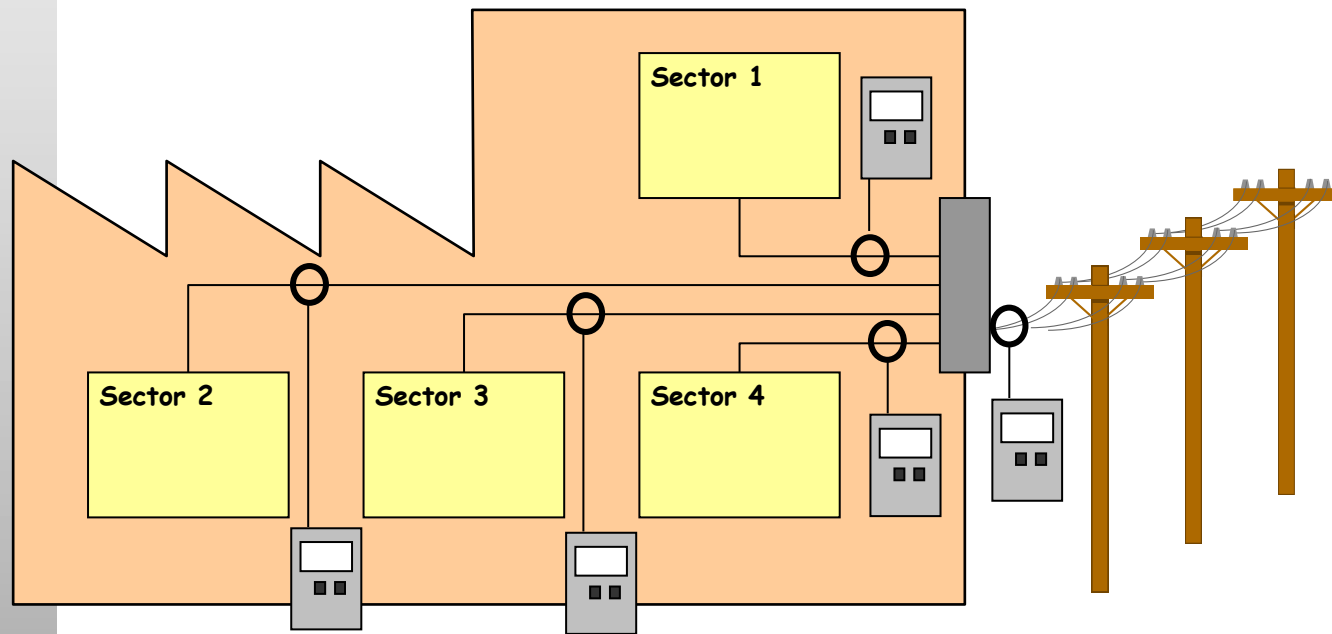
## ❑ 2ª Fase: Instrumentação (cont.)



Analizador de energia (trifásico)

# Fases de uma auditorias energéticas

## ❑ 2ª Fase: Instrumentação (cont.)



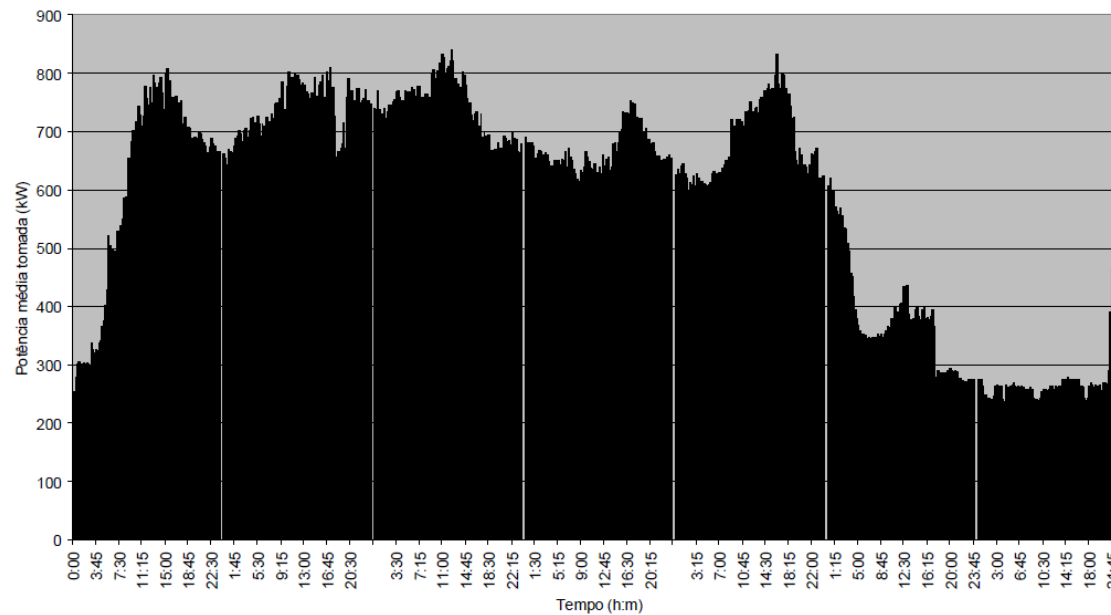
Recolha de diagramas de carga (parciais e totais)

# Fases de uma auditorias energéticas

- ❑ **3ª Fase:** Tratamento dos dados (balanços energéticos, consumos específicos, ..., economias de energia)
  - ❑ Análise dos consumos e dos custos de energia do ano de referência;
  - ❑ Determinação de diagramas de carga global e parciais;
  - ❑ Desagregação dos consumos por principais setores/equipamentos;
  - ❑ Determinação de consumos específicos;
  - ❑ Análise da viabilidade das principais medidas de racionalização.

# Fases de uma auditorias energéticas

- ❑ **3ª Fase: Tratamento dos dados**
  - ❑ Ferramentas para tratamento e análise

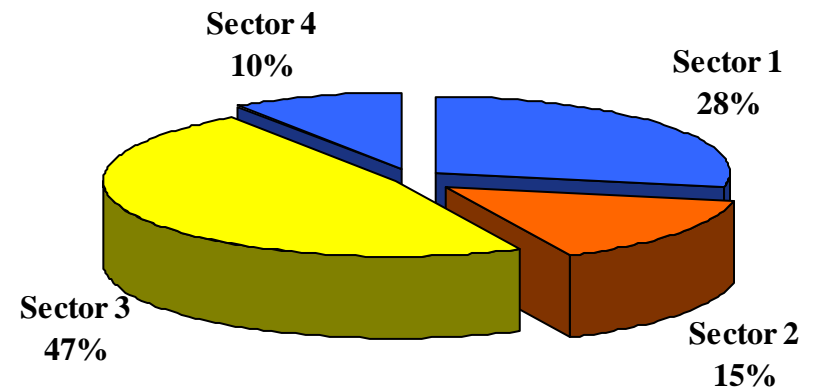
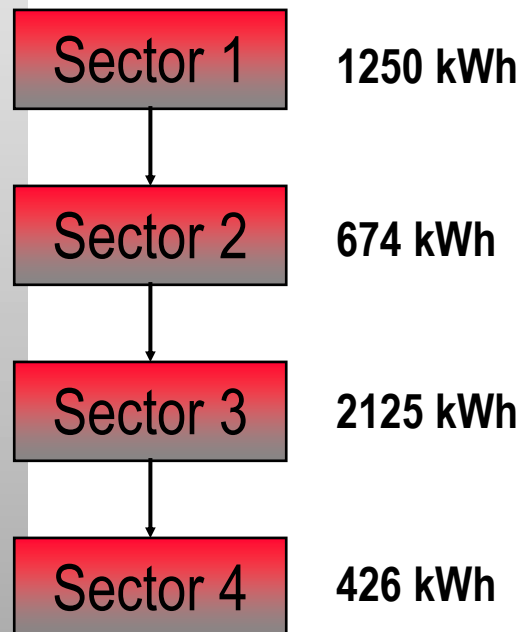


Diagramas de cargas parciais e totais

# Fases de uma auditorias energéticas

## ❑ 3ª Fase: Tratamento dos dados

### ❑ Desagregação de consumos

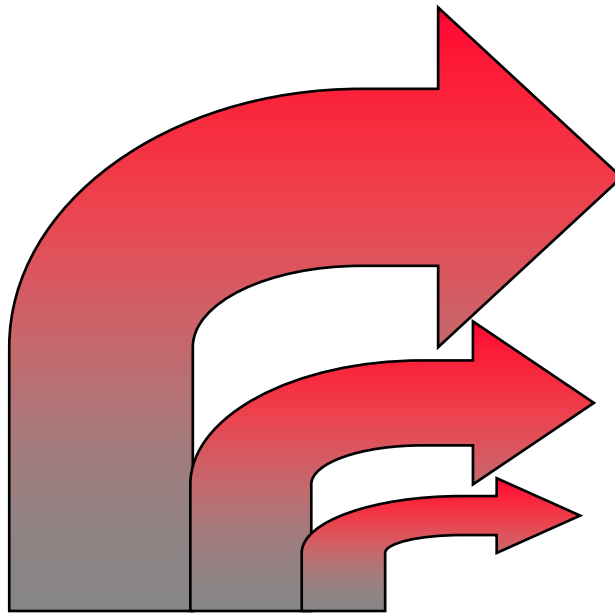




# Fases de uma auditorias energéticas

## ❑ 3ª Fase: Tratamento dos dados

### ❑ Balanço energético



Força motriz: 55%

Aquecimento: 30%

Iluminação: 15%

# Fases de uma auditorias energéticas

## ❑ 3ª Fase: Tratamento dos dados

### ❑ Consumos específicos (C)

$$C = \frac{\text{energia consumida}}{\text{elemento determinante}}$$

### Exemplos ...

Mais utilizado: kgep/ton

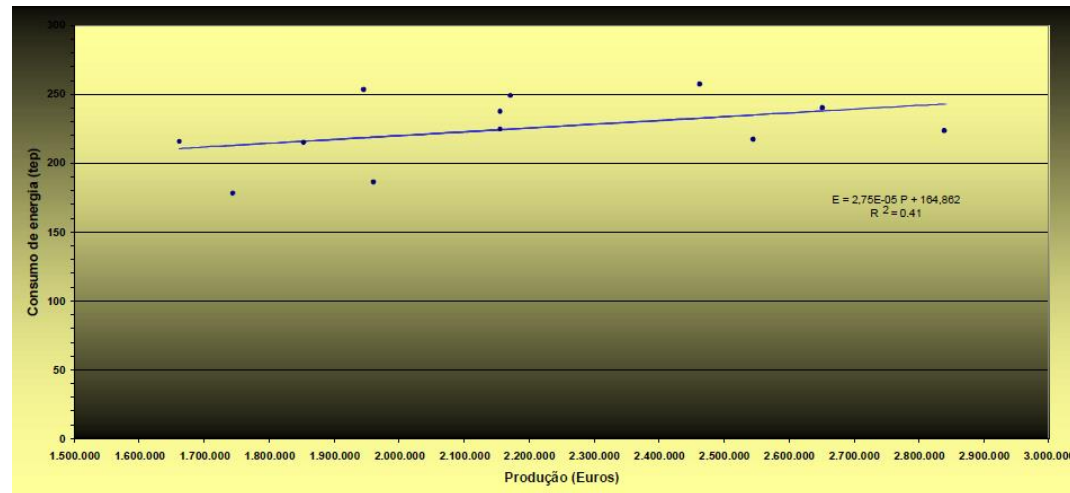
Bebidas, cerveja: kgep/hl

Serviços: kgep/VAB

Mês	Produção (Euros)	Consumo Específico		
		Electricidade (kgep/€)	GPL(Propano) (kgep/€)	Total (kgep/€)
Novembro	2.155.212,0	0,10	0,008	0,10
Dezembro	1.661.961,0	0,12	0,014	0,13
Janeiro	2.155.472,9	0,10	0,010	0,11
Fevereiro	1.960.547,3	0,09	0,007	0,09
Março	2.545.154,6	0,08	0,008	0,09
Abril	1.852.818,7	0,11	0,004	0,12
Maio	2.839.018,6	0,07	0,004	0,08
Junho	2.171.406,0	0,11	0,008	0,11
Julho	1.945.643,0	0,12	0,007	0,13
Agosto	1.744.143,1	0,10	0,005	0,10
Setembro	2.462.468,8	0,10	0,008	0,10
Outubro	2.651.480,0	0,09	0,004	0,09
Total	26.145.325,9	0,10	0,007	0,10

# Auditorias energéticas: Exemplos

- ❑ **3ª Fase: Tratamento dos dados**
  - ❑ Consumos específico vs. produção



$$C = e + m \cdot P$$

Consumo de energia vs. produção

# Auditorias energéticas: Exemplos

- ❑ Consumos específico vs. produção (cont.)
  - ❑ Elemento de análise bastante eficaz
    - ❑ Permite obter informações relativas ao consumo de energia independente da produção (e):
      - ❑ Sistemas auxiliares;
      - ❑ Eventuais perdas;
    - ❑ Permite determinar o consumo marginal de energia (m) => comparação com valores de referência!
      - ❑ Incidência do consumo energético na produção;
    - ❑ Permite analisar a dispersão dos vários pontos do gráfico e assim avaliar potenciais ganhos decorrentes de um maior controlo de consumos => Fator de correlação ( $\geq 0,65$ );

# Fases de uma auditorias energéticas

- ❑ **3ª Fase:** Tratamento dos dados
  - ❑ Identificação de ORC's e análise de viabilidade económica (... a desenvolver no decurso do próximo tópico !...)
  - ❑ Análise de *Payback* (ou Período de Retorno);
  - ❑ Taxa Interna de Rentabilidade (TIR);
  - ❑ Valor Atualizado líquido (VAL);

# Fases de uma auditorias energéticas

- ❑ **4ª Fase:** Elaboração do relatório
  - ❑ Informação básica sobre a empresa
  - ❑ Contabilidade energética
  - ❑ Análise da utilização de energia por produto ou processo
  - ❑ Plano de Racionalização de Energia

# Fases de uma auditorias energéticas

## ☐ 4ª Fase: Elaboração do relatório

### ☐ Índice (*uma sugestão !...*)

- ☐ Caracterização geral da empresa
- ☐ Caracterização energética da instalação
  - ☐ Consumo total de energia
  - ☐ Distribuição mensal dos consumos de energia
  - ☐ Distribuição mensal das emissões de CO2
  - ☐ Custo específico de energia
- ☐ Estrutura produtiva
- ☐ Dados da produção
- ☐ Redes de energia

# Fases de uma auditorias energéticas

- ☐ Rede de energia elétrica
- ☐ Rede de ar comprimido
- ☐ Rede de produção e distribuição de energia térmica
- ☐ Balanço global dos consumos energéticos
  - ☐ Desagregação dos consumos de energia elétrica
  - ☐ Distribuição dos consumos por área de consumo
- ☐ Indicadores característicos da instalação
  - ☐ Consumo específico (CE)
  - ☐ Intensidade energética (IE)
  - ☐ Intensidade carbónica
- ☐ Oportunidades de racionalização de consumos de energia
- ☐ Conclusão
- ☐ Anexos
  - ☐ Equipamentos de análise



# Resultados da caracterização

- ❑ Energia total que entra na instalação;
- ❑ Energia total gerada no interior da instalação;
- ❑ Energia distribuída no interior da instalação;
- ❑ Energia consumida no interior da instalação;
- ❑ Energia que sai da instalação (perdas, produtos).

## Equação do balanço energético (Diagrama de Sankey)

$$W_E = \sum_{i=1}^n W_{U,i} + W_P - W_R$$

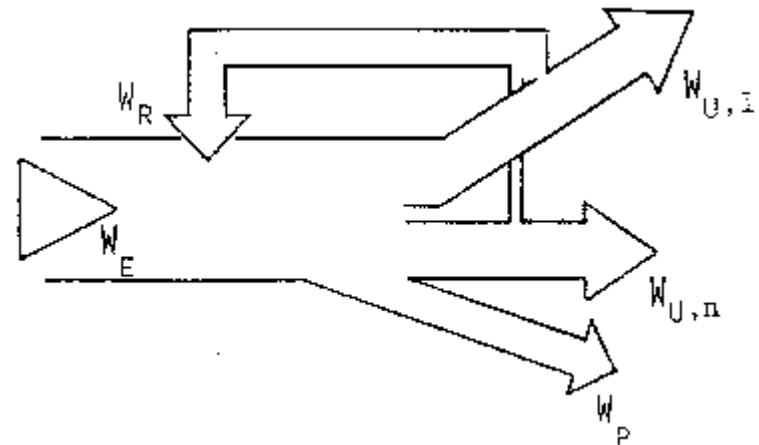
Sendo,

$W_E$  - Energia de entrada

$W_{U,i}$  - Energia utilizada no local  $i$

$W_P$  - Energia de perdas

$W_R$  - Energia recuperada



## Auditorias específicas: auditoria aos edifícios

- ❑ Compilar históricos;
- ❑ Conduzir um *walk-through*:
  - ❑ Maior conhecimento do edifício;
  - ❑ Caracterizar áreas/zonas pormenorizadamente;
  - ❑ Identificar instrumentação necessária;
  - ❑ Identificar necessidade de solicitar a colaboração para algum equipamento / sistema existente no edifício;
  - ❑ Identificar necessidades em termos de recursos humanos:
    - ❑ Arquitetos ou outros (envolvente do edifício);
    - ❑ Engs. Mecânicos (AVAC, sistemas térmicos);
    - ❑ Engs. Eletrotécnicos (sistemas elétricos);

## Auditorias específicas: auditoria aos edifícios

- ❑ Realizar a auditoria
  - ❑ Identificação de Como, Quando, Onde e Quanta energia é utilizada
  - ❑ Correlacionar dados energéticos com os padrões de uso, condições climatéricas, funções do edifício, entre outros
  - ❑ Medir níveis de iluminação em vários locais e em vários momentos distintos
  - ❑ Medir as pressões dos caudais dos permutadores de calor
  - ❑ Monitorizar as principais cargas elétricas (fatores de potência, regimes de utilização, ...)
  - ❑ Compilar dados da auditoria
  - ❑ Identificar ORC's.

## Auditorias específicas: auditoria aos sistemas eléctricos

- ☐ Para a realização de uma auditoria aos sistemas eléctricos será necessário dispor de:
  - ☐ Dados relativos aos contratos de fornecimento de e.e.
  - ☐ Dados relativos ao sistema de distribuição
    - ☐ Principais cargas
    - ☐ Regimes de utilização
    - ☐ Fatores de potência
    - ☐ Tecnologias existentes
    - ☐ Níveis de iluminação
    - ☐ Binários
    - ☐ ...

## Auditorias específicas: sistemas de combustão

- ❑ Combustão: reação química do fuel e do oxigénio que produz calor:
  - ❑ O  $O_2$  vem do ar que tb. possui nitrogénio;
  - ❑ O carbono do combustível combina-se com  $O_2$  para produzir  $CO_2$  e  $CO$ ;
  - ❑ Uma combustão incompleta poderá ser identificada por baixos teores de  $CO_2$  e altos teores de  $CO$ . Valores típicos são:
    - ❑  $CO_2$ : entre 0 e 20% (elevado!)
    - ❑  $O_2$ : entre 0 e 21%
    - ❑  $CO$  entre 0 e 5% (reduzido ou nulo!)
  - ❑ Excesso de ar provoca excesso de utilização de combustível;
  - ❑ Défice de ar provoca combustão incompleta e, como tal, baixas temperaturas da chama;

## Auditorias específicas: sistemas de combustão

### ☐ Eficiência de caldeiras de água quente

$$E_{caldeira} = \frac{\text{Fluxo da caldeira} \times \text{calor àgua}}{\text{valor calorífico combustível} \times \text{fluxo de combustível}} \times 100$$

### ☐ Eficiência de caldeiras com geração de vapor

$$E_{caldeira} = \frac{\text{Taxa de evaporação} \times \text{calor vapor}}{\text{valor calorífico combustível}} \times 100$$

$$\text{Taxa de evaporação} = \frac{\text{vapor produzido}}{\text{combustível utilizado}}$$

## Auditorias específicas: sistemas de combustão

### ❑ Perdas nos gases de exaustão

$$Perdas = \frac{k \times T - t}{CO_2} \times 100 \Rightarrow E_{caldeira} = \frac{P_{in} - Perdas}{P_{in}} \times 100$$

### ❑ Sendo,

- ❑ K – constante que depende do tipo de combustível
- ❑ T – temperatura dos gases
- ❑ t – temperatura do ar de entrada
- ❑ CO<sub>2</sub> – concentração de CO<sub>2</sub>



## Auditorias específicas: sistemas de combustão

- ☐ Quanto menor for a temperatura dos gases de exaustão maior será a eficiência da caldeira;
- ☐ O pré-aquecimento do ar de combustão aumenta a eficiência da caldeira:
  - ☐ A temperatura das chamas aumenta;
  - ☐ Maior temperatura das chamas => menor quantidade de ar necessária:
    - ☐ Considerar recomendações de fabricantes;



+ Questões ?