GESTÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

João Martins (jf.martins@fct.unl.pt)

Faculdade de Ciências e Tecnologia

(MIEEC + MERCEUS)

Auditorias Energéticas

- Enquadramento
- Auditorias energéticas
- Auditorias energéticas – Etapas
- Estudo de caso

Objetivos

- Perceber a informação necessária para efetuar uma auditoria energética
- Caracterizar os diferentes tipos de auditoria
- Preparar uma auditoria energética
- Perceber as várias etapas de uma auditoria energética

ENQUADRAMENTO



ENQUADRAMENTO

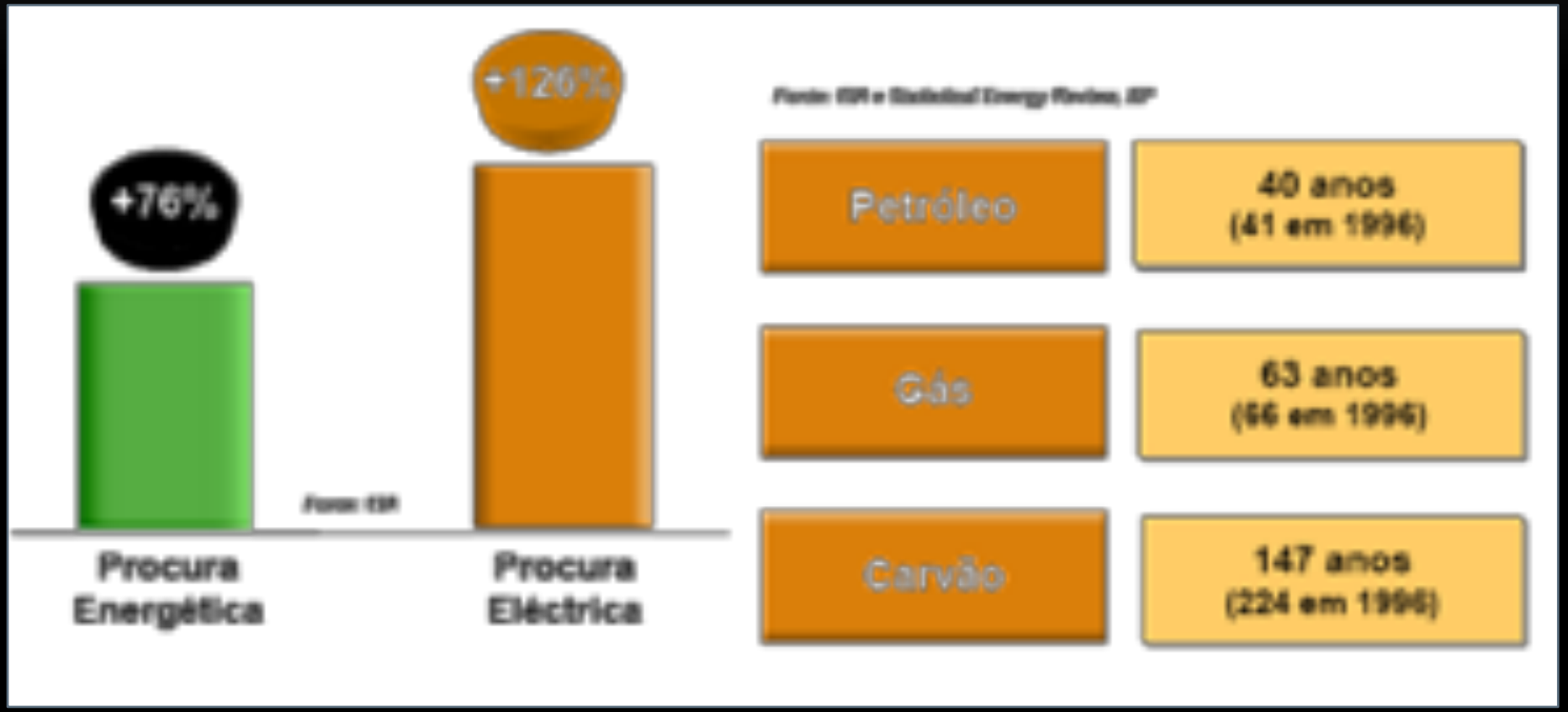
Fontes de energia primária em vias extinção:

- Petróleo
- Gás
- Carvão

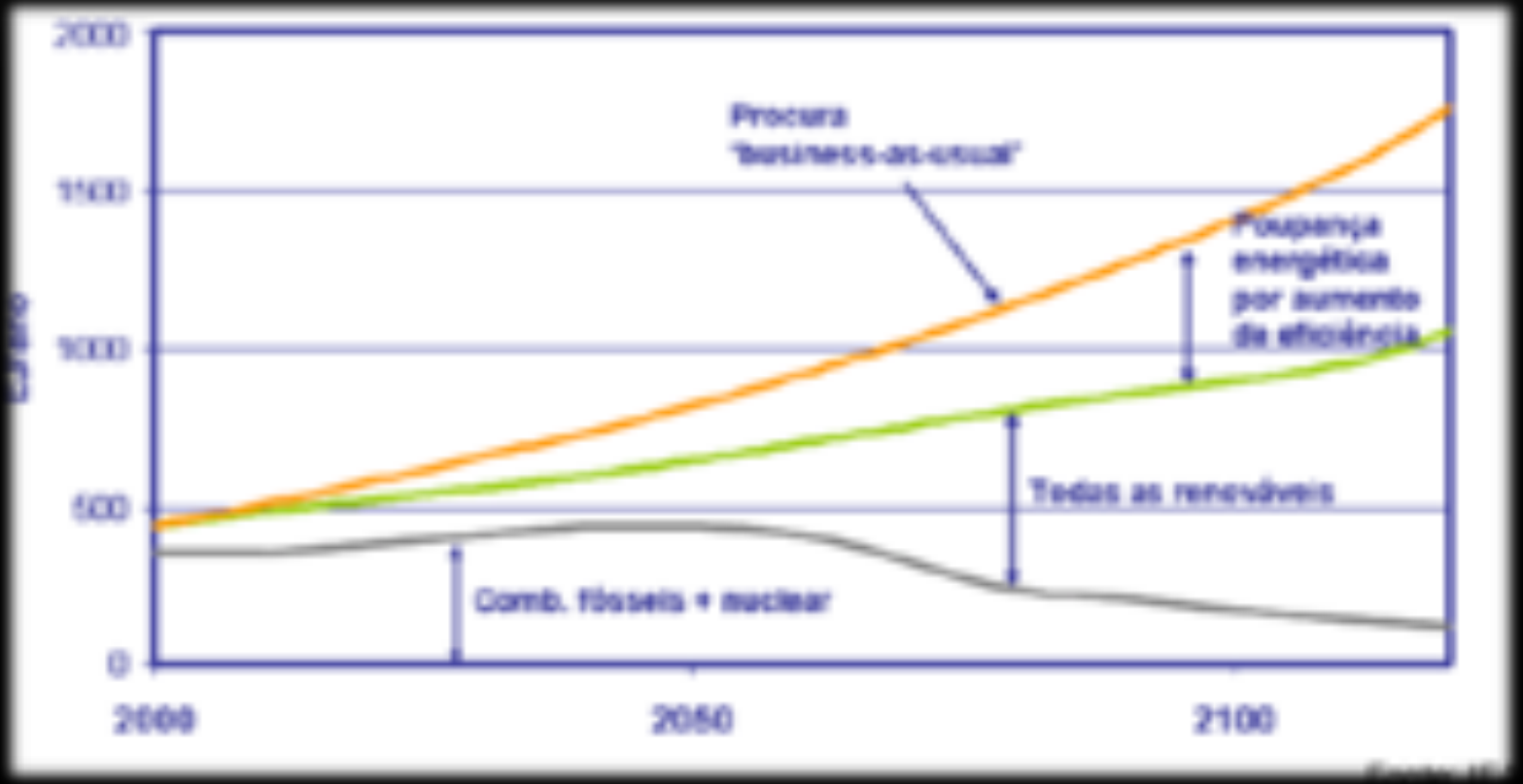


Representam mais de 80% das fontes básicas nas quais a humanidade, e em particular a Europa, baseia o seu desenvolvimento…

ENQUADRAMENTO



ENQUADRAMENTO



AUDITORIAS ENERGÉTICAS



AUDITORIA ENERGÉTICA – O QUE É?

Exame detalhado que faz um levantamento e a análise crítica sobre onde, quando e como é utilizada a Energia, qual a eficiência da sua utilização e a localização dos desperdícios da energia, num determinado equipamento, atividade, instalação ou empresa.

Systematic, independent, documented process for obtaining records, statements of fact or other relevant information and assessing them objectively to determine the extent to which specified requirements are fulfilled.

Fonte: ISO/IEC 17000:2004 (electropedia.org)

O QUE PERMITE?

- Conhecer os consumos de energia
- Contabilizar os consumos de energia
- Dispor de dados para tomar decisões
- Implementar e avaliar medidas de racionalização
- Otimizar procedimentos

QUAIS OS OBJETIVOS? (1)

- Caracterizar e quantificar as formas de energia utilizadas, mesmo as que apresentem quantidades consumidas diminutas
- Examinar a forma como a energia é transformada e utilizada
- Estabelecer a estrutura dos consumos de energia, hierarquizando-os
- Determinar os consumos por processo, operação, equipamento e produto final
- Relacionar o consumo de energia com a produção
- Identificar as possibilidades de melhoria do desempenho do sistema energético

QUAIS OS OBJETIVOS? (2)

- Analisar, técnica e economicamente, as soluções encontradas, analisando qual o efeito na produção ou serviços que o novo projecto pode acarretar, assim como impactos ambientais ou externalidades que advém da sua implementação
- Analisar a tecnologia utilizada no processo e, caso necessário, propor a substituição de equipamentos por outros mais eficientes
- Propor a alteração de fontes energéticas, caso se justifique
- Propor uma estratégia de aplicação das ações e investimentos a empreender
- Propor um esquema operacional de gestão de energia

QUAIS OS PRINCIPAIS ALVOS?

- Edifícios
- Centrais de cogeração
- Empresas de transporte
- Empresas consumidores intensivas de energia ou com equipamentos de elevado consumo energético

QUAIS OS PRINCIPAIS ALVOS?

Nos edifícios comercias os sistemas de climatização e de iluminação encontram-se entre os menos eficientes

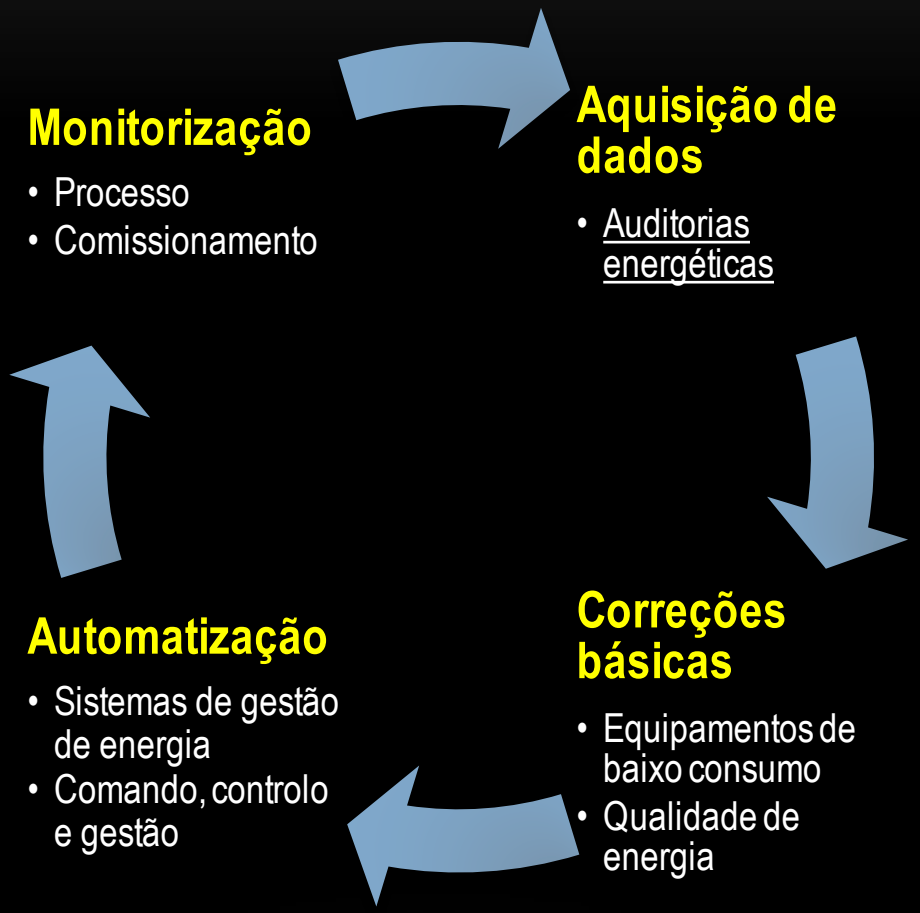


QUAIS OS PRINCIPAIS ALVOS?

Nas instalações industriais as maiores perdas energéticas ocorrem em purgadores de vapor ou em fugas nos compressores dos sistemas de ar comprimido



COMO SE INTEGRA NO PROCESSO?



AUDITORIAS ENERGÉTICAS – QUAL O RESULTADO FINAL?

- **Qual o atual consumo de energia**
  - Consumo por tipo de energia e custos associados
  - Consumo por processo, operação, equipamento ou produto final
- **Qual o potencial de poupança e eficiência energética**
  - Determinar as perdas energéticas e respetivas oportunidades de poupança
- **Quais as ações a tomar e sua prioridade**
  - Estabelecer um plano de gestão de energia
  - Análise custo-benefício
  - Estabelecer medidas de curto e médio prazo

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (1)

- **Auditoria Sintética**: síntese dos consumos e encargos energéticos por vetores energéticos
- **Auditoria Genérica/Deambulatória** - visita e análise das condições de funcionamento dos principais equipamentos ou processos (check-list resumida, algumas medições)
- **Auditoria analítica** - análise dos consumos por tipo de equipamento ou processo (check-list exaustiva)
- **Auditoria tecnológica** - alterações nos processos

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (2)

Dependendo do grau de complexidade da instalação e do fim a que se destina a auditoria energética, a mesma pode ser classificada como:

- Simples (walkthrough)
- Completa (comprehensive)

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (2)

Auditoria simples

- Observação visual para identificação de falhas
- Recolha de dados de consumo de energia
- Conclusões e aplicação de medidas de redução de consumo

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTI

Auditoria simples

- Observaç
- Breve inspeção das instalações
- Identificação de problemas operacionais ou de manutenção
- Identificação de equipamento deficiente
- Identificação das áreas que necessitam de maior atenção futura
- Execução de cálculos financeiros simples

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (2)

Auditoria completa

- Levantamento aprofundado da situação energética
- Análise das quantidades de energia utilizadas em cada uma das operações do processo de fabrico
- Seleção de tecnologias mais adequadas a uma utilização racional da energia
- Possíveis investimentos em equipamentos

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉT

Auditoria completa

- Levantam
- Monitorização especifica
- Realização de testes
- Modelização computacional
- Identificação custo-benefício detalhada
- Análise de risco
- F

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (3)

Dependendo do grau de complexidade da instalação e do fim a que se destina a auditoria energética, a mesma pode ser classificada como:

- Auditoria Preliminar
- Auditoria Geral
- Auditoria Detalhada
- Estudos de Viabilidade

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (3)

Auditoria Preliminar

- Diagnóstico energético
- Vistorias locais para identificar áreas de desperdício ou ineficiência energética
- Análise de faturas e do comportamento dos utilizadores
- Relatório: medidas corretivas; custos estimados; potencial de poupança; períodos de retorno do investimento

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (3)

Auditoria Geral

- Mais pormenorizada do que a auditoria preliminar
- Recolha de informações pormenorizadas sobre as operações
- Analise detalhada das faturas energéticas (36 meses)
- Identificação de perfis de consumo
- Análise de investimento por cada medida

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (3)

Auditoria Detalhada (Auditoria Técnica)

- Complemento à auditoria geral
- Balanço energético
- Criação de um modelo dinâmico da utilização de energia
- Descrição das implicações técnicas e financeiras para cada oportunidade identificada

TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS (3)

Estudo de viabilidade

- Análise dos projetos de investimento e capital, com várias configurações alternativas
- Redução dos riscos inerentes aos investimentos

QUAL O TIPO DE AUDITORIA INDICADO?

- Financiamento disponível
- Custo e potencial de poupança do Plano de Racionalização de Consumos de Energia
- Precisão necessária na aquisição de dados
- Tipo, funções e processo na instalação

QUAL O PESSOAL ENVOLVIDO NA AUDITORIA?

- Pessoal interno (ligado às instalações)
- Pessoal externo (auditores externos)
- Ambos

- Equipa multidisciplinar:
  - Engenheiros de processo
  - Especialistas de manutenção
  - Gestores de sistemas
  - Especialistas em gestão de energia

RESUMO DAS ATIVIDADES NUMA AUDITORIA ENERGÉTICA

Para cumprir os objetivos de uma Auditoria Energética torna-se necessário …

- Recolha de dados documentais e análise
- Visita às instalações, com exame aos equipamentos e recolhas de dados
- Análise dos dados recolhidos

RESUMO DAS ATIVIDADES NUMA AUDITORIA ENERGÉTICA

Principais atividades a desenvolver:

- Perceber a instalação e recolher os dados necessários
- Medir, monitorizar e efetuar testes adequados
- Avaliar a instalação
- Propor um plano de ação (Plano de Racionalização de Consumos de Energia)

PERCEBER A INSTALAÇÃO E RECOLHER OS DADOS NECESSÁRIOS

- Elaborar questionários adequados
- Efetuar visitas às instalações
- Rever de forma adequada todo o processo, identificando claramente as necessidades energéticas

MEDIR, MONITORIZAR E EFETUAR TESTES ADEQUADOS

- Efetuar testes a sensores
- Estabelecer o numero, e frequência de amostragem, das medições em função do tipo de auditoria
- Estabelecer o perfil energético e os diagramas de carga
- Notar que grandes instalações são sistemas dinâmicos complexos (do ponto de vista do consumo energético), pelo que o período de amostragem deve ter isto em consideração

AVALIAR A INSTALAÇÃO

- Verificar e analisar os dados recolhidos
- Perceber e identificar as oportunidades de poupança energética
- Efetuar estudo de viabilidade das referidas oportunidades de poupança energética
- Efetuar analise custo-benefício

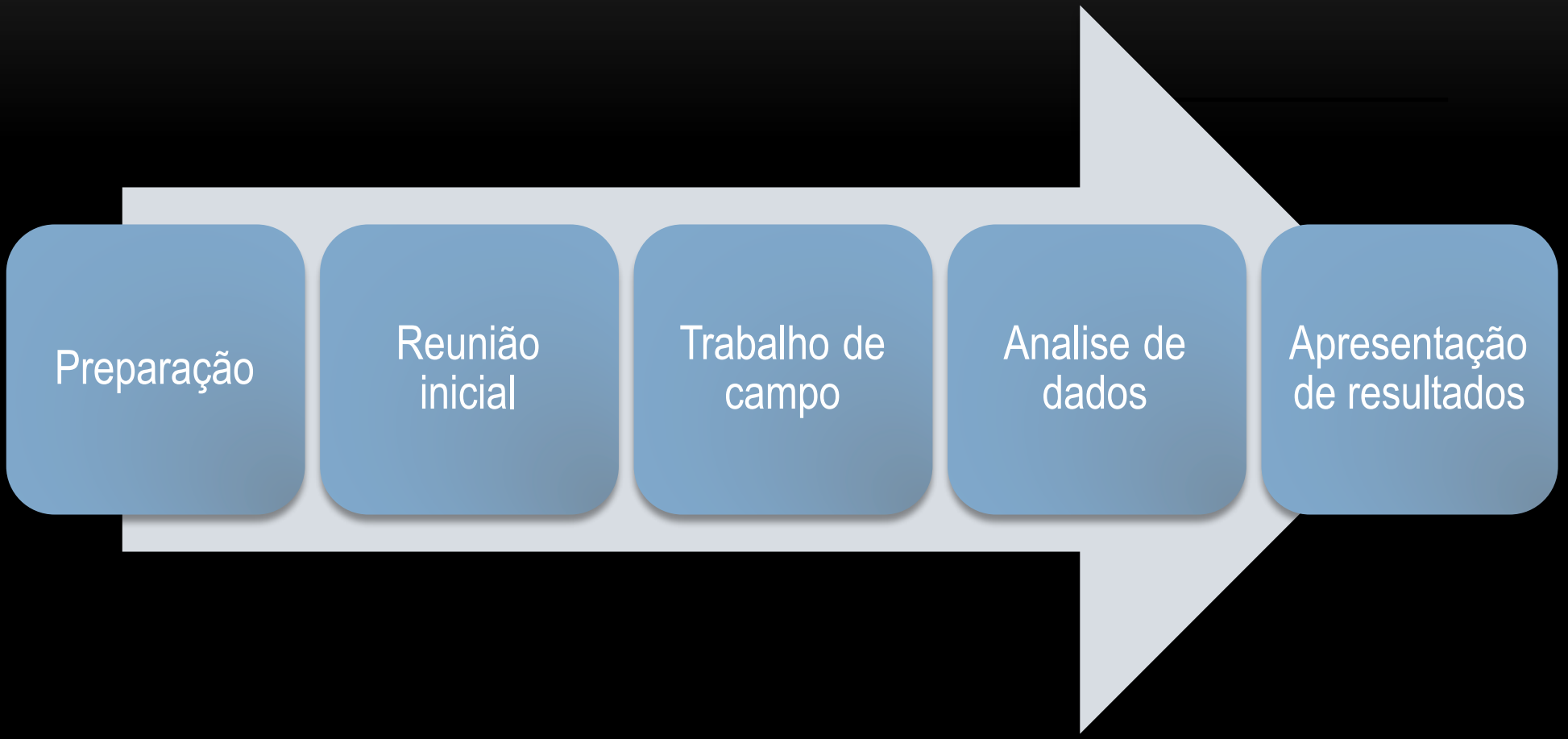
PROPOR UM PLANO DE AÇÃO

- Propor um Plano de Racionalização de Consumos de Energia
- Providenciar soluções para poupanças energéticas efetivas
- Explicar as formas gerir os consumos energéticos
- Esclarecer os custos envolvidos

AUDITORIAS ENERGÉTICAS - ETAPAS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS – ETAPAS



ETAPAS - PREPARAÇÃO



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - PREPARAÇÃO

- Verificar quais os dados que são necessários adquirir (e em que quantidade, com que precisão e com que taxa de amostragem)
- Possuir uma planta das instalações com a indicação da localização dos diferentes processos (bem como a sua forma de operar)
- Possuir informação sobre os consumos energéticos (preferencialmente referentes aos ultimos 24 meses)
- Planear as restantes atividades tendo em conta a necessidade de incluir técnicos da instalação a auditar

AUDITORIAS ENERGÉTICAS - PREPARAÇÃO

- Estabelecer o perfil de carga da instalação (diário, semanal, mensal, anual), para identificar possiveis padrões
- Recolher informação sobre equipamento especifico
- Recolher informação sobre os balanços de massa e de energia nos vários processos da instalação

- Todas estas informação são uteis para planear (e otimizar) o trabalho de campo

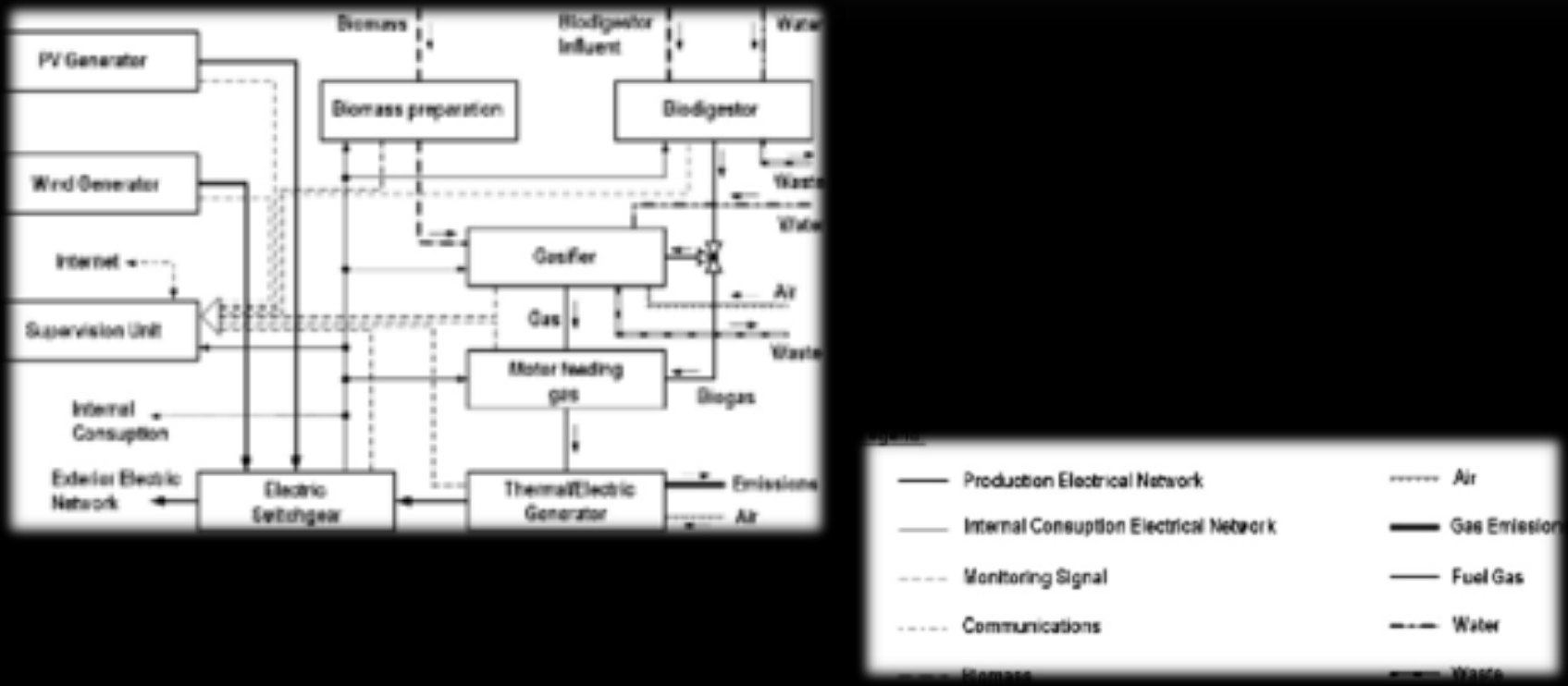
AUDITORIAS ENERGÉTICAS - BALANÇOS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - BALANÇOS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - BALANÇOS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - DIAGRAMA DE SANKEY

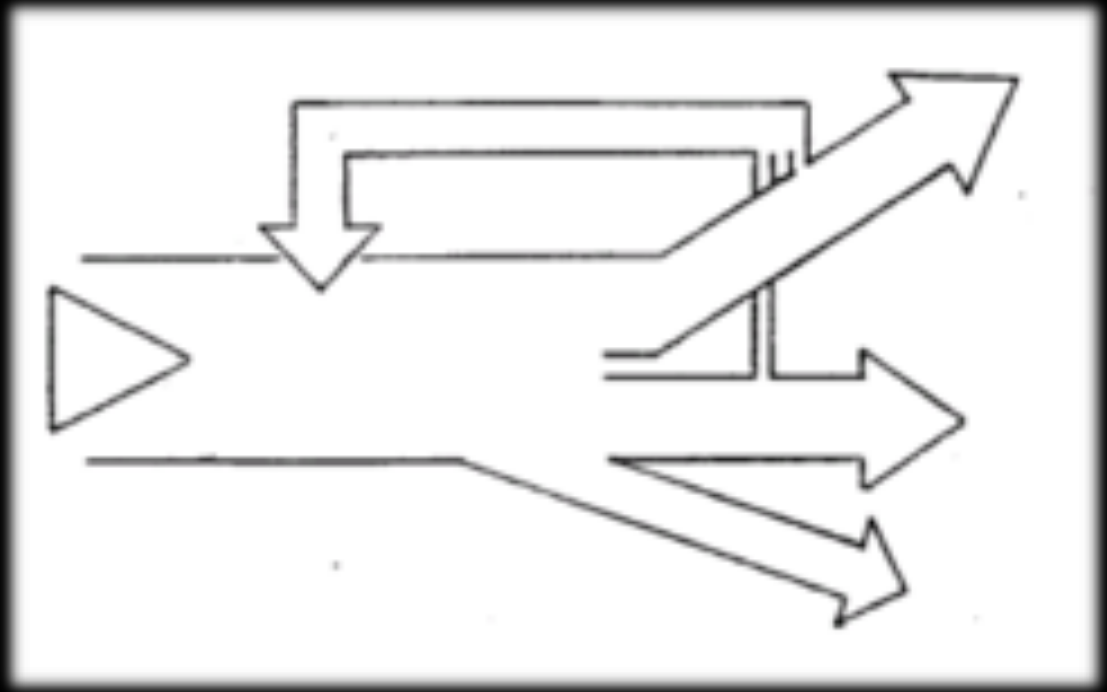
Balanço energético

Energia de entrada =

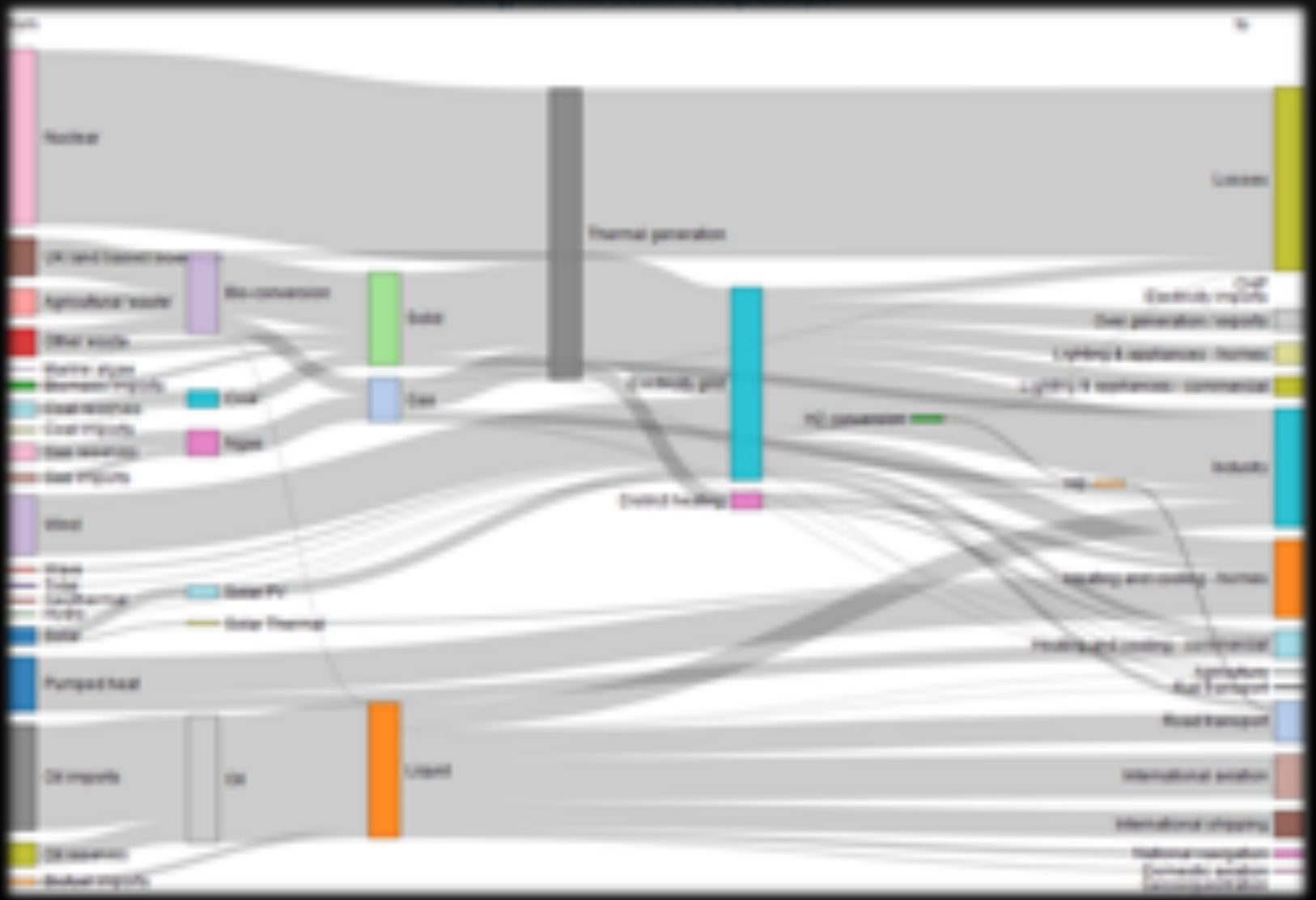
= Energia utilizada +

+ Energia de perdas –

– Energia recuperada



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - DIAGRAMA DE SANKEY



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - PREPARAÇÃO

Onde obter os dados necessários?

À priori...

- Fornecedores de energia (tarifas aplicáveis) e de equipamentos (especificações)
- Projeto das instalações
- Horário de funcionamento das instalações, equipamento ou de ocupação

AUDITORIAS ENERGÉTICAS - PREPARAÇÃO

Onde obter os dados necessários?

À posteriori...

- Através de instrumentação residente
- Através de instrumentação temporária
- A partir de bases de dados da instalação
- A partir do sistema de controlo das instalações/equipamentos (caso exista)
- A partir do sistema de gestão de energia (caso exista)

ETAPAS – REUNIÃO INICIAL



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - REUNIÃO INICIAL

É importante transmitir CLARAMENTE a seguinte informação:

- Quais os objetivos da auditoria
- Qual o plano global de ação
- Qual a informação que é necessário recolher

ETAPAS – TRABALHO DE CAMPO



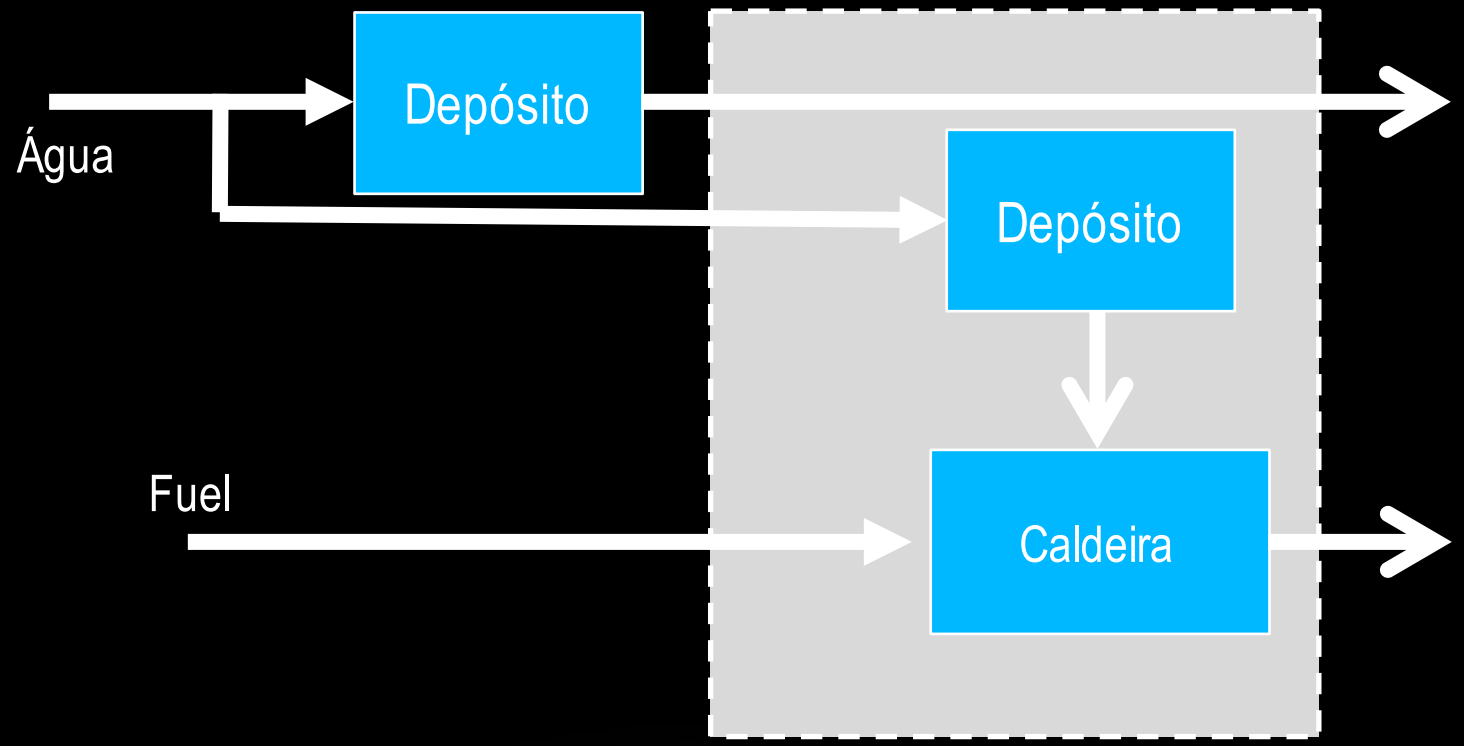
AUDITORIAS ENERGÉTICAS - TRABALHO DE CAMPO

Nesta fase o mais importante é:

- Perceber o processo (entender como a energia é consumida, transformada e, eventualmente, perdida)
- Perceber como as instalações são utilizadas
- Procurar o comprometimento dos colaboradores na execução da auditoria
- Efectuar as medições e recolha de dados necessárias

AUDITORIAS ENERGÉTICAS - TRABALHO DE CAMPO

É muito importante definir a fronteira do sistema a auditar...



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - INSTRUMENTAÇÃO

Muitas vezes não existem equipamentos de medida nas instalações, sendo utilizados equipamentos portáteis de medida:

- Amperímetros registadores;
- Wattímetros;
- Medidores de ponta;
- Medidores de factor de potência;
- Pinças amperimétricas;
- Luxímetros;
- Termómetros;
- Registadores de diagramas de carga;
- Anemómetros;
- Analisadores de gás de exaustão (CO2);
- Medidores de eficiência de combustão (Temperatura dos gases de exaustão e conteúdo de oxigénio);
- Outros.

AUDITORIAS ENERGÉTICAS - INSTRUMENTAÇÃO

Termómetro



Termo-higrómetro



Termo-anemómetro



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - INSTRUMENTAÇÃO

Analisador de gases





AUDITORIAS ENERGÉTICAS - INSTRUMENTAÇÃO

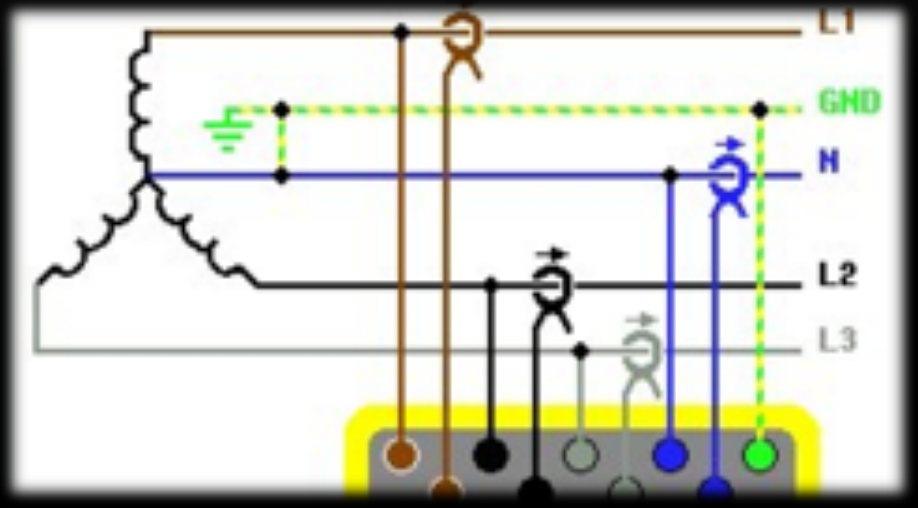
Luxímetro



Pinça Amperimétrica



AUDITORIAS ENERGÉTICAS - INSTRUMENTAÇÃO





Analisador de energia – Equipamento de análise detalhada de parâmetros de elétricos

AUDITORIAS ENERGÉTICAS – DADOS FREFERENTES A ENERGIA ELÉTRICA

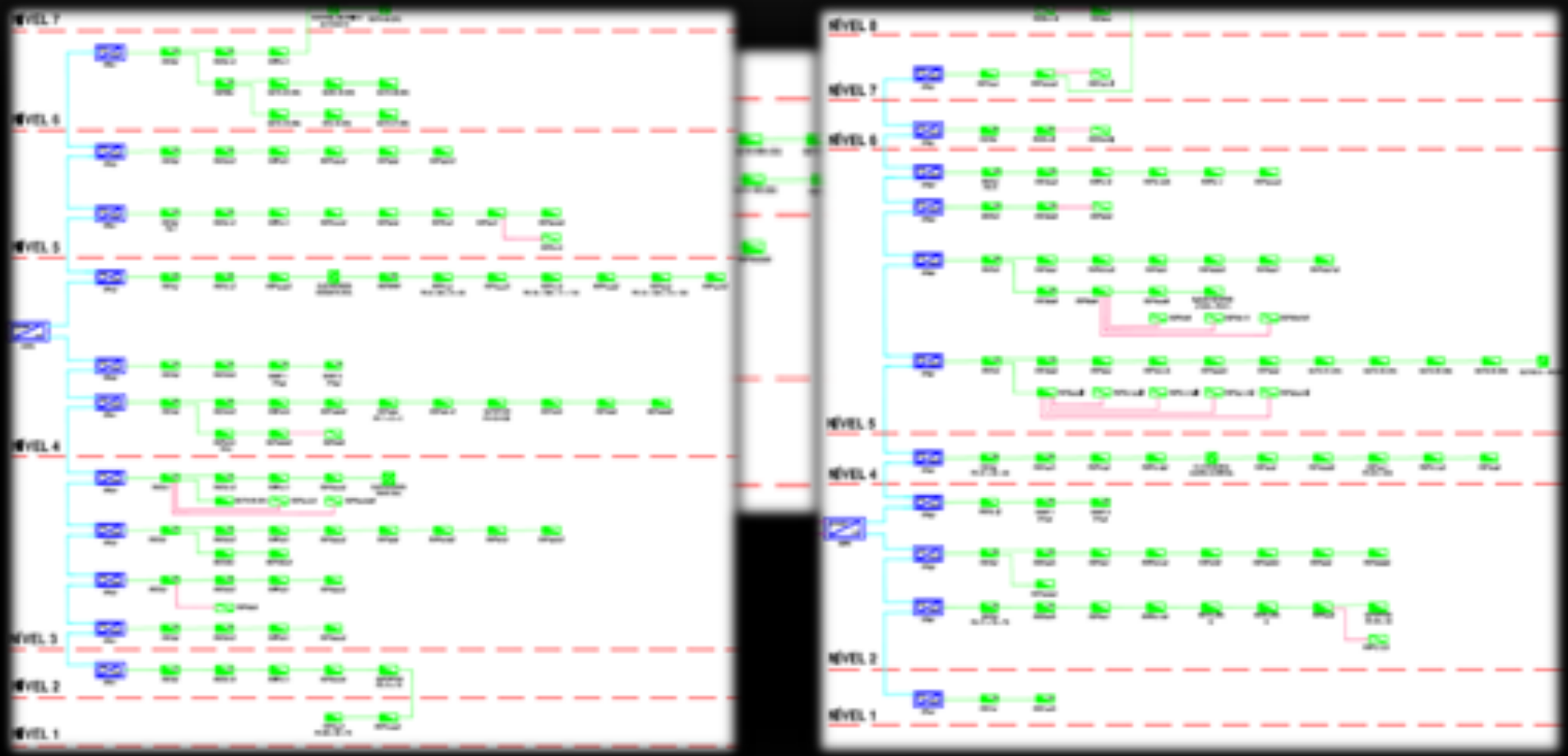
Tendo consciência da fronteira do sistema a auditar:

- Recolher dados energéticos
- Efetuar balanço energético
- Desagregar consumos
- Obter consumos globais
- Obter consumos específicos

AUDITORIAS ENERGÉTICAS – MONITORIZAÇÃO E DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS ELÉTRICOS



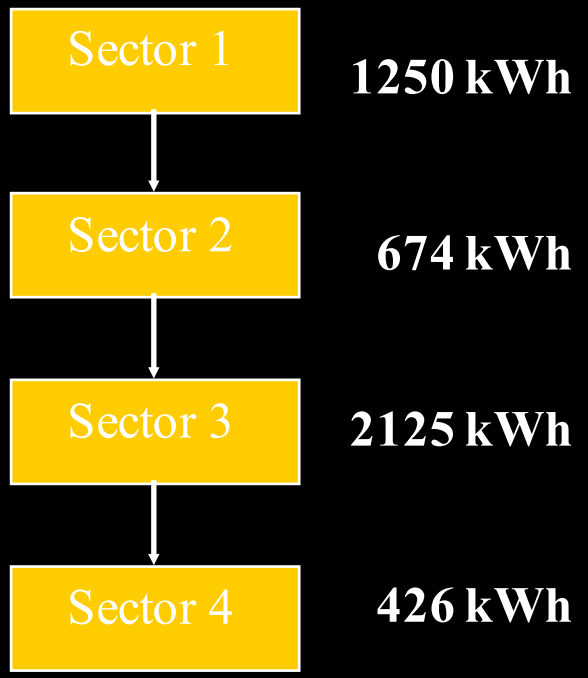
AUDITORIAS ENERGÉTICAS – MONITORIZAÇÃO E DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS ELÉTRICOS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS – MONITORIZAÇÃO E DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS ELÉTRICOS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS – MONITORIZAÇÃO E DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS ELÉTRICOS

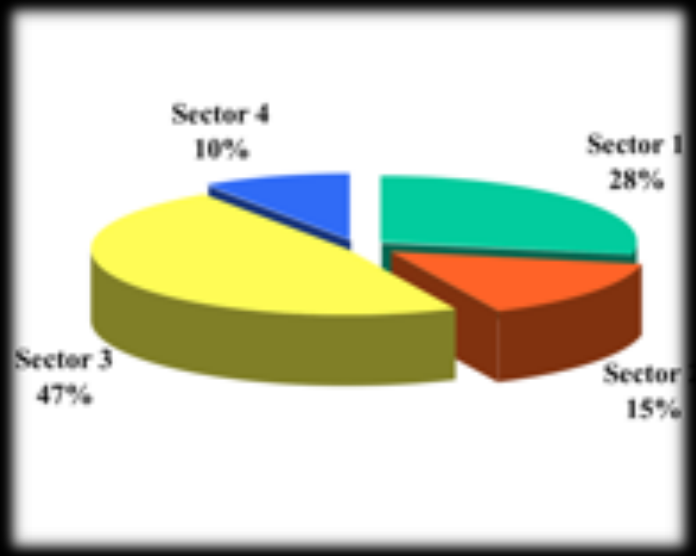


1250 kWh

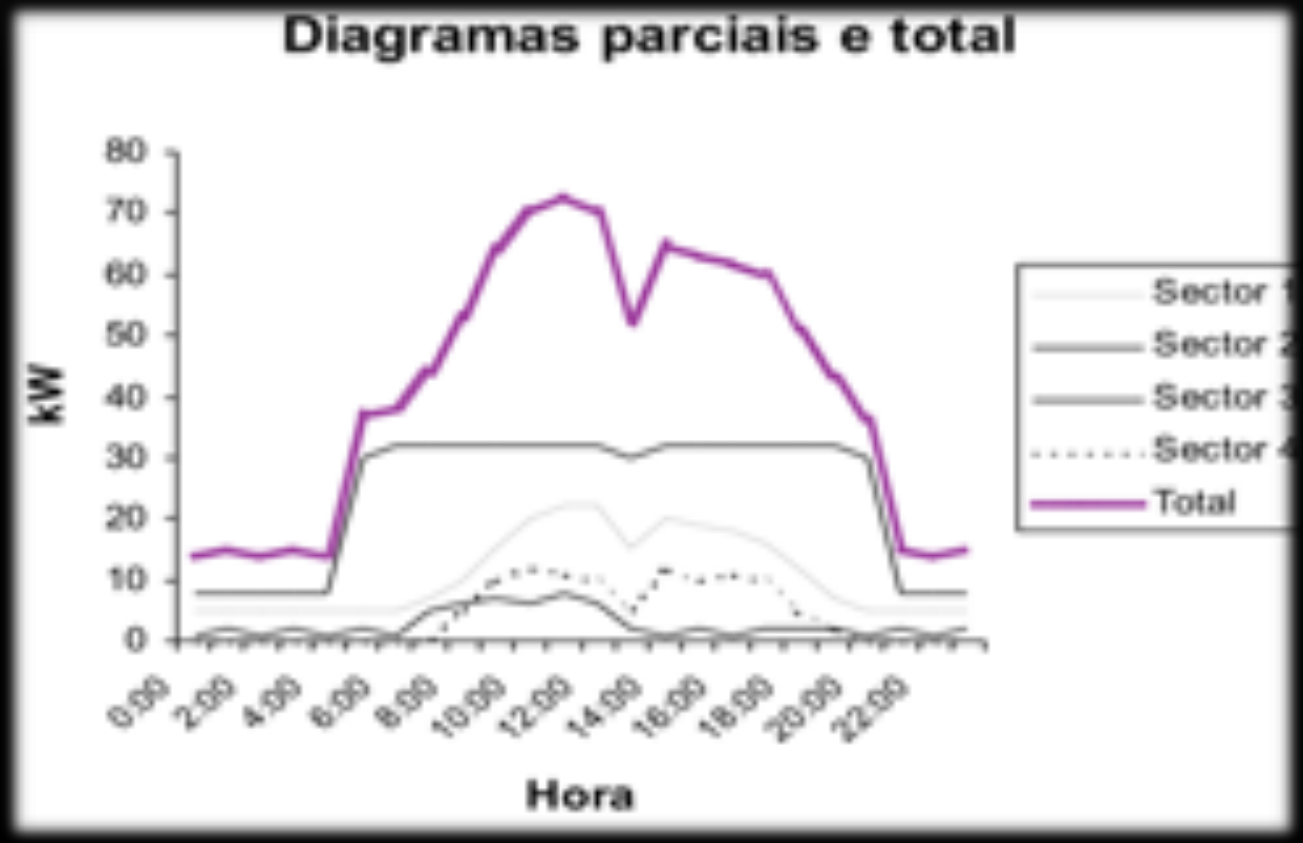
674 kWh

2125 kWh

426 kWh



AUDITORIAS ENERGÉTICAS – MONITORIZAÇÃO E DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS ELÉTRICOS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS – MONITORIZAÇÃO E DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS ELÉTRICOS

Consumidor	Electricidade	Fuel	GPL	Outros	Total	Percentagem
Aquecimento						
Iluminação						
Caldeiras						
Pintura						
Secagem						
Outros						

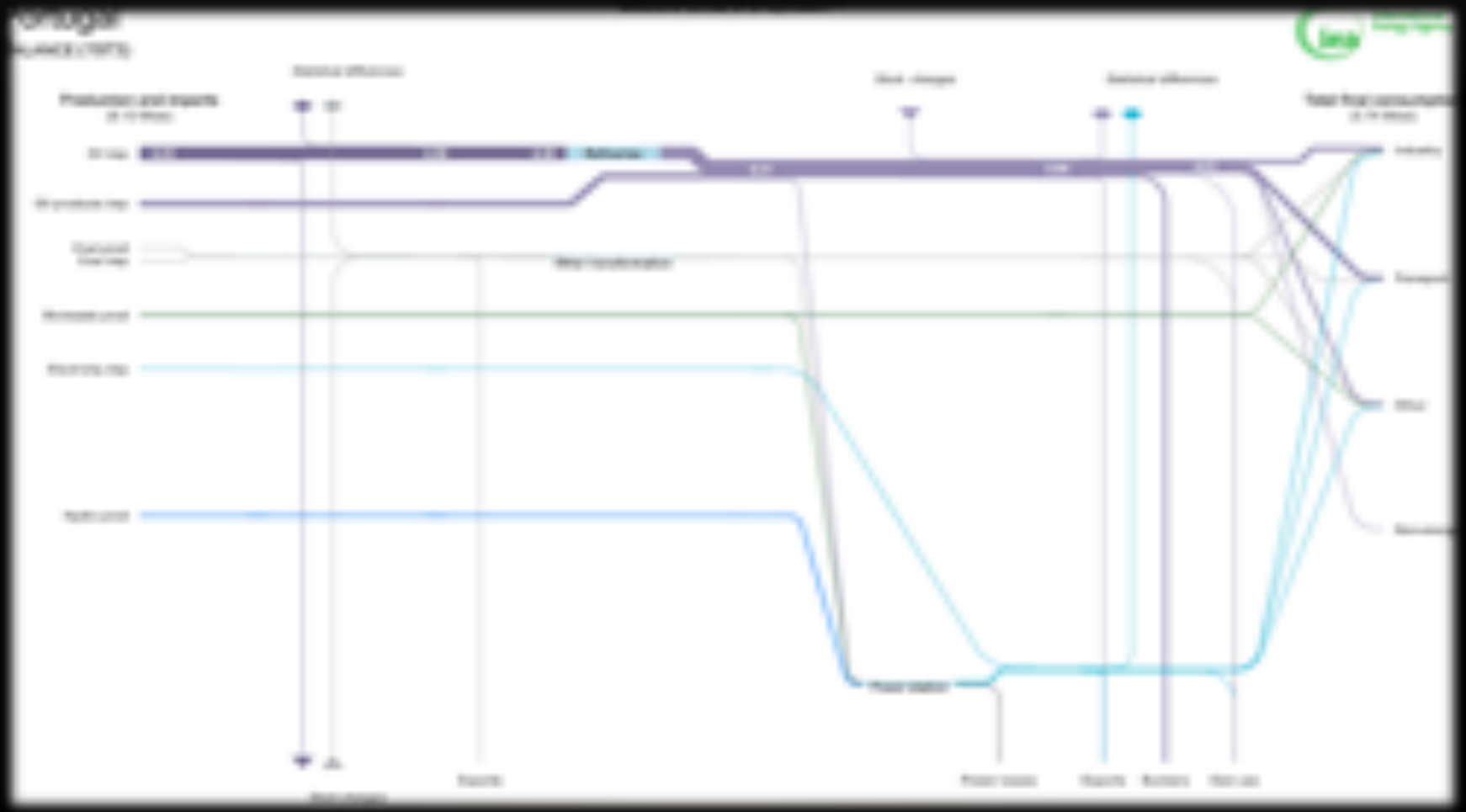
ETAPAS – ANÁLISE DE DADOS



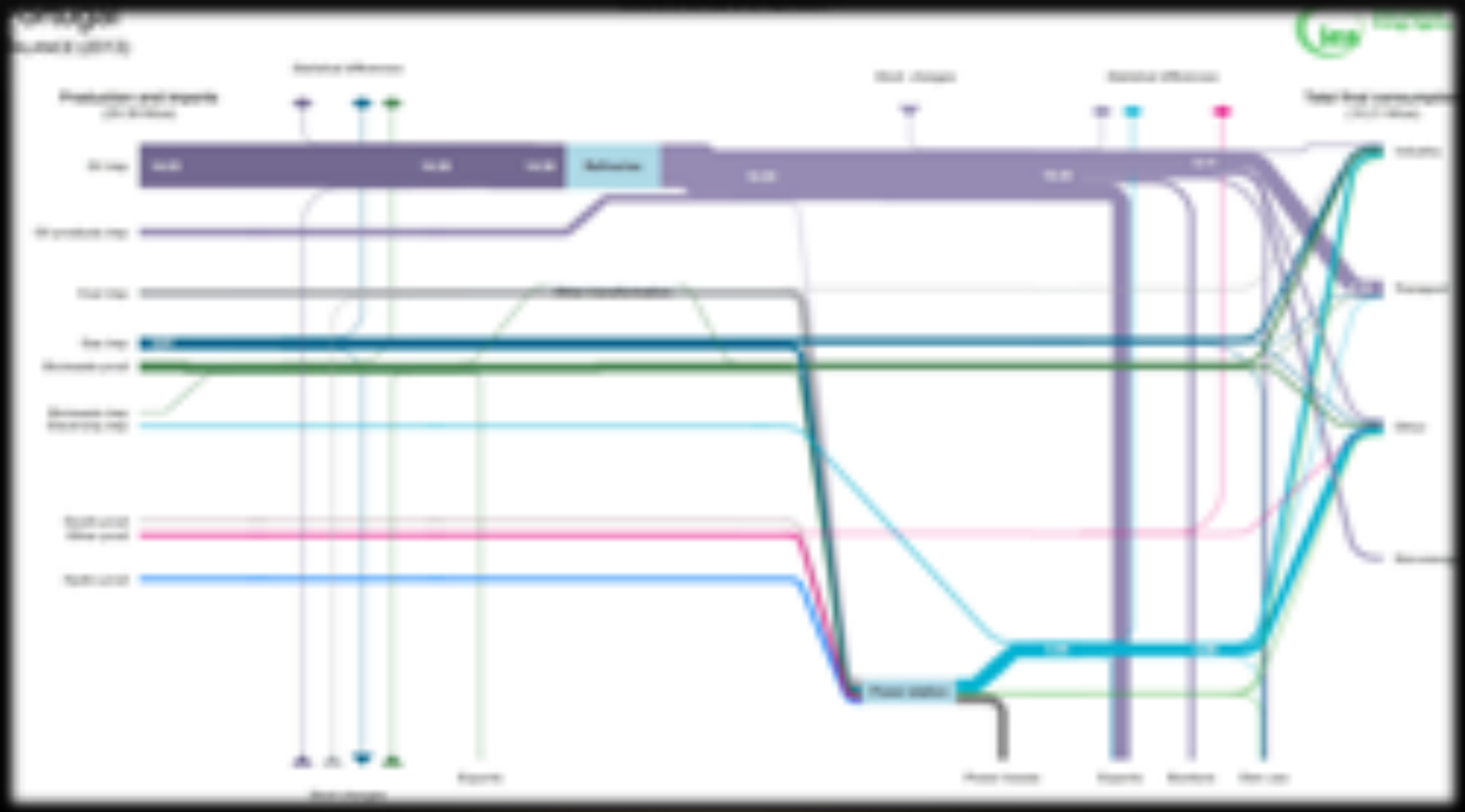
AUDITORIAS ENERGÉTICAS – ANÁLISE DE DADOS

- Efetuar cálculos de engenharia necessários
- Contactar fornecedores (se necessário)
- Efetuar simulações de processo (se necessário)
- Obter balanço energético
- Desagregar consumos
- Obter consumos globais
- Obter consumos específicos
- Estabelecer soluções (Plano de Racionalização dos Consumos de Energia) e respetivo custo-benefício
- Preparar elaboração do relatório de auditoria

AUDITORIAS ENERGÉTICAS – ANÁLISE DE DADOS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS – ANÁLISE DE DADOS



ETAPAS – APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS



AUDITORIAS ENERGÉTICAS – APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

- Apresentação em reunião
- Relatório de auditoria
  - Informação sobre a empresa
  - Contabilidade energética
  - Análise da utilização da energia por produto, processo ou serviço
  - Medidas de racionalização do consumo de energia

AUDITORIAS ENERGÉTICAS – RELATÓRIO DE AUDITORIA

1. Sumario executivo
2. Caracterização da empresa
   - Fluxograma do processo produtivo
   - Matérias primas e materiais reciclados
   - Transportes (caso existam)
3. Caracterização energética (3 a 5 anos)
   - Consumos e custos de energia
   - Consumos específicos de energia
   - Análise da intensidade energética
4. Consumos e custos de energia (12 meses)
5. Consumos específicos de energia (12 meses)
6. Distribuição dos consumos energéticos por sector produtivo e serviços auxiliares
7. Análise dos equipamentos produtivos
8. Serviços auxiliares
   - Eletricidade (alimentação e distribuição elétrica, iluminação e ar condicionado)
   - Térmico (produção e distribuição de calor, água quente/fria ou vapor)
9. Gestão de energia
10. Potenciais economias (Plano de Racionalização dos Consumos de Energia)
11. Conclusões

ESTUDO DE CASO



AUDITORIA ENERGÉTICA AO PALÁCIO DE BELÉM



AUDITORIA ENERGÉTICA AO PALÁCIO DE BELÉM

Comportamento térmico dos edifícios
Aquecimento das águas sanitárias (GALP)
Monitorização das emissões poluentes (EDP)
Integração de microgeração

INETI

Consumos de combustíveis
Viabilidade da conversão para Gás Natural
Inspecção às condições de segurança da instalação de gás

galpenergia

Iluminação e climatização (vertente eléctrica)
Qualidade do ambiente interior
Inspecção às condições de segurança das instalações eléctricas

edp

AUDITORIA ENERGÉTICA AO PALÁCIO DE BELÉM

ÂMBITO E OBJECTIVOS

- **Verificação da Instalação Elétrica**

Avaliação dos requisitos de segurança da instalação elétrica dos vários edifícios;

- **Monitorização da Qualidade do Ar e do Conforto Ambiental**

Ensaios ao ar e superfícies, de acordo com a legislação aplicável;

- **Auditoria Energética (vertente Elétrica)**

Recomendações para redução de consumos e custos de energia.

Edifício avaliados	Área (m²)
Casa Civil e Militar	1 950
GNR	350
Loja do Museu	340
Palácio	3 000
PSP	1 100
Residências/Lavandaria	680
Secretaria Geral	3 189
Garagem Velha	2 000
Museu	1 740
CDI	3 600
Total área coberta	**17 950**

VERIFICAÇÃO DA INSTALAÇÃO ELÉCTRICA

Objetivo:

- Avaliar a conformidade da Instalação Eléctrica face aos requisitos
- regulamentares de segurança e às boas práticas.
- Incumprimentos pontuais da regulamentação elétrica aplicável:
- Falta de algumas proteções diferenciais ou contra contactos directos;
- Falta de continuidade de alguns condutores de proteção;
- Proteção incorreta de alguns circuitos;
- Defeitos de isolamento dos circuitos.

Recomendações:

- Elaboração de um projeto atualizado da Instalação Elétrica;
- Colocação de tomadas com obturadores nas zonas públicas;
- Colocação de anteparos nos apliques e candeeiros cujos suportes de lâmpada permitem o contacto direto;
- Utilização de proteções de alta sensibilidade contra contactos indiretos para os circuitos identificados.

MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR E CONFORTO AMBIENTAL

Objetivo:

- Avaliar a concentração de gases, partículas, bactérias e fungos.

Análise :

- Monitorização de 84 Salas, 8 Salões, 25 Torneiras, 20 Split e 10 Superfícies;
- Inspeção visual das superfícies internas das unidades de ar condicionado;
- Colheita de amostras microbianas nos climatizadores e outros;
- Medição da concentração de CO e CO2 no interior e exterior dos edifícios.

Conclusões :

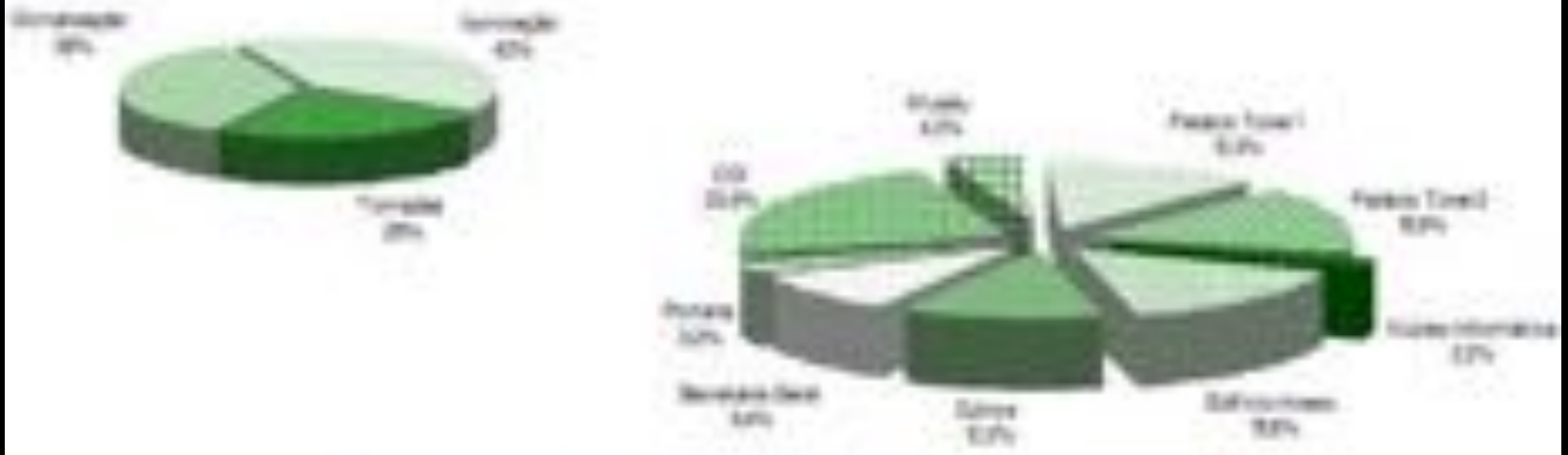
Foram detetadas concentrações de alguns micro organismos superiores aos valores desejáveis.

Recomendações :

- Tratamento das tubagens de água, por choques térmicos e por aplicação de injetores de cloro.

CARACTERIZAÇÃO DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS

Consumos anuais por utilização final e por edifício



	Consumo	Custo	Emissões de CO_2
Energia Eléctrica	424 tep	127131 €	643 ton CO_2 eq
TOTAL	471 tep	154934 €	771 ton CO_2 eq

Período de Referência: Maio/2006 a Abril/2007

MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Quantitativas

- Sector AVAC
- Sector iluminação
- Revisão do tarifário de fornecimento de electricidade

Qualitativas

- Consumos residuais e nocturnos.
- Gestão de Consumos de Energia
- Acções/Campanhas de Sensibilização

Economia Anual = 29% do consumo

- 447 MWh
- 50 840 € **
- 130 tep
- 196 toneladas CO_2 equivalente

Investimento* e Pay-back simples = 1,9 anos

- 95 000 €

SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Melhoria da Eficiência Energética na Secção AVAC

Em geral

- Substituição de unidades de climatização, tendo em conta análise do perfil térmico das zonas a climatizar e a classe de eficiência A;
- Centralização do máximo de unidades interiores numa só unidade exterior;
- Gestão Centralizada dos equipamentos de climatização;
- Medidas de manutenção no sistema existente;
- Substituição dos radiadores elétricos estáticos por acumuladores de calor.

SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Melhoria da Eficiência Energética na Secção AVAC

Centro de Documentação e Informação

- Alteração do horário de funcionamento do chiller;
- Instalação de sombreamentos ou películas de protecção solar nas superfícies transparentes;
- Alteração do modo de controlo do funcionamento dos ventiladores da garagem e da cozinha do refeitório;
- Alterações nas bombas de circulação de água quente para climatização;
- Instalação/reparação de contadores de energia elétrica.

SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Melhoria da Eficiência Energética na Iluminação

Em geral

- Substituição do equipamento de iluminação por outro mais eficiente:
  - Lâmpadas incandescentes normais por CFL (-80% consumo de energia);
  - Lâmpadas fluorescentes normais por T5+BE (-35% consumo de energia);
- Gestão da Iluminação:
  - Sistema de Controlo Digital e Células de Deteção;
  - Redefinição de alguns circuitos elétricos para comando de iluminação.

SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Melhoria da Eficiência Energética na Iluminação

No Exterior

- Alteração do controlo horário para relógio astronómico;

- Substituição do equipamento de iluminação por outro mais eficiente:
  - Lâmpadas de Halogéneo por lâmpadas de iodetos metálicos.

SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Soluções Qualitativas (intangíveis)

Sistema de Gestão de Consumos de Energia

- Permite acompanhar de forma pormenorizada os consumos dos diversos sectores e/ou equipamentos energeticamente mais representativos;
- Permite detectar eventuais desvios ao consumo padrão da instalação;
- Permite acompanhar a evolução dos consumos após a implementação das medidas de Eficiência Energética.

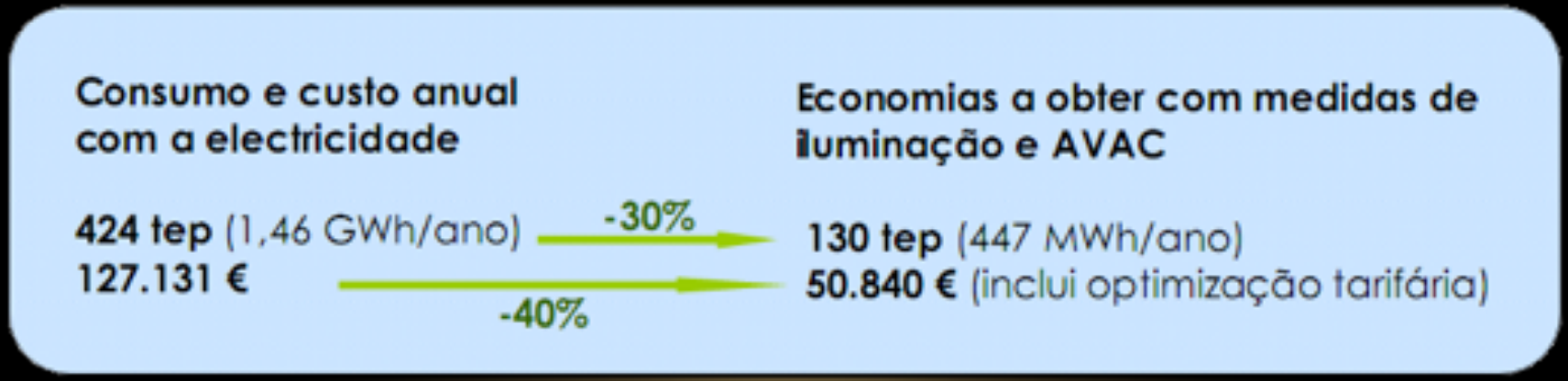
Ações de Sensibilização sobre Utilização Racional de Energia

- A importância de, no dia a dia, adotarem comportamentos conducentes a uma correta utilização de energia, através da adoção de medidas simples que evitem o desperdício de energia.

CONCLUSÕES DA AUDITORIA ENERGÉTICA

A Auditoria deverá culminar na elaboração de um **Plano de Racionalização de Consumos de Energia:**

- Definir objetivos
- Acompanhar os consumos energéticos
- Detetar desvios



RESUMO

- Uma auditoria é uma ferramenta essencial para fazer um levantamento e análise crítica sobre onde, quando e como é utilizada a Energia, qual a eficiência da sua utilização e a localização dos desperdícios da energia.
- Existem vários tipo de auditorias energéticas (em função do detalhe pretendido) e as mesmas são compostas por várias etapas

BIBLIOGRAFIA

- Albert Thumann, Terry Niehus, William J. Younger, “HANDBOOK OF ENERGY AUDITS,” The Fairmont Press, Inc, CRC Press, 9ed, 2013
- Ali Hasanbeigi, Lynn Price, “Industrial Energy Audit Guidebook: