

Redução Energética – Optimização e Redução do Consumo de Energia

Procter & Gamble

Gabriela Meurer Lemes

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Professor João Claro

Orientador na Empresa: Pedro Ferreira



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

Julho 2009

“Somente quando a última árvore for cortada, o último rio for envenenado e o último peixe for pescado, nós vamos perceber que não podemos comer dinheiro.”

Pensamento Indígena Norte-Americano

Aos meus pais

Resumo

Devido a ameaça de esgotamento dos combustíveis fósseis, algumas crises políticas e os crescentes problemas ambientais, o preço da energia sofreu um grande aumento nos últimos anos. Esses factores justificam a mudança na forma como as empresas estão a encarar a energia, que está a ser considerada como um factor de produção que igualmente necessita de ser gerido. A utilização racional da energia e a eficiência energética são consideradas como soluções para manter a competitividade, combater os problemas ambientais e equilibrar a matriz energética mundial.

O presente documento contempla a problemática da geração e utilização de energia actualmente, o estado da arte e a importância da gestão da energia nas empresas, abordando as principais estratégias utilizadas para a redução do consumo e a demonstração das actividades realizadas no desenvolvimento do projecto na empresa caso de estudo.

A motivação e a preocupação da Procter & Gamble em diminuir os custos, optimizar processos, nomeadamente no que diz respeito à utilização de energia pela empresa, e solidificar seu programa global de sustentabilidade foram a motivação para a criação do Programa Global de Redução Energética (*Global Energy Reduction Network*), onde todas as fábricas do grupo têm que alcançar os objectivos de redução de 10% das quatro pegadas ecológicas (água, energia, CO₂ e resíduos) até o ano de 2012. Dentro deste contexto, foi criado o presente projecto, com o objectivo da implementação do programa global de redução de energia na fábrica da P&G do Porto.

Através de uma auditoria energética e de uma análise à utilização de energia na empresa concluiu-se que os sectores que consomem mais energia são: a insuflação, a produção de ar comprimido e a produção de água resfriada. Juntos eles são responsáveis por 89% da utilização de energia na empresa. O maior potencial de melhoria e redução do consumo de energia encontra-se na produção de ar comprimido, pois após a realização de uma análise de perdas, este sector apresentou perdas de 33% em sua capacidade.

No final do estudo sobre a situação energética, foi constatado que a fábrica do Porto já possui um sistema de energia considerado optimizado, onde as principais medidas de redução já foram implementadas e os maiores potenciais de melhoria já alcançados. Neste nível, mesmo pequenas reduções de consumo são difíceis de serem alcançadas. Algumas medidas foram propostas para serem implementadas com a finalidade da redução energética, que incluem acções como: troca de alguns equipamentos por mais modernos, reaproveitamento de calor, utilização de energias renováveis e a implementação de um sistema de gestão de energia. Com a implementação das medidas propostas os objectivos do programa serão alcançados bem como melhorias ao bem-estar dos funcionários.

Energy Reduction - Optimization and Reduction of Energy Consumption

Abstract

The threat of depletion of fossil fuels, some political crises and the increasing environmental problems are the reason of the huge increase in energy prices in recent years. These factors justify a change in the way that businesses are looking at energy, which is being considered as a factor of production that also needs to be managed. The rational use of energy and energy efficiency are considered as solutions to maintain competitiveness, fighting environmental problems and balance the global energy matrix.

This dissertation addresses the problem of generation and use of energy today, the state of the art and importance of energy management in enterprises, covering the main strategies used to reduce the consumption and demonstration activities carried out in developing the project in the company case study.

The motivation and concern of Procter & Gamble to reduce costs, optimize processes, particularly with regard to energy use by the company, and solidify their sustainability program were the motivation for the establishment of the Global Energy Reduction Program. The objective of this program is that all the plants of the group have to achieve the reduction of 10% in the four ecological footprints (Water, Energy, CO₂ and Waste) by the year 2012. Within this context, this project was created with the aim of implementing this program and to reduce energy consumption in P&G Porto plant.

Through an energy audit and analysis to energy use in the company, we concluded that the sectors with the largest consumption of energy are: inflation, the production of compressed air and the production of cooled water. Together they account for 89% of energy use in the company. The greatest potential for improvement and reduction of energy is in the production of compressed air, because after a loss analysis, it was proved that this sector has losses of 33% of the capacity.

The implementation of the measures envisaged in the Action Plan will, with no doubt, bring some benefits and reach the program objectives for Porto plant. The energy reduction goal of 10% will be overcome and benefits in the welfare of employees will be achieved.

After the energy situation assessment has been completed, we can say that Porto plant has an energy system considered optimized, where the main reduction measures have been implemented and the largest potential for improvement already achieved. At this level, even small reductions in consumption are difficult to be reached. Some measures were proposed to be implemented with the aim of reducing energy consumption, including actions such as: exchange some equipment for more modern ones, reuse of heat, use of renewable energy and implementation of a energy management system. With the implementation of the action plan, the objectives of the program will be reached as well as improvements to the welfare of employees.

Agradecimento

Ao orientador na Empresa Pedro Ferreira, pelo apoio e incentivo, pela confiança depositada, conhecimentos transmitidos e a disponibilidade na orientação do projecto.

Ao Professor João Claro, pela disponibilidade e orientação durante a execução do Projecto.

A todos os membros do *Global Reduction Energy Network* pela motivação, documentos disponibilizados e senso crítico na avaliação das tarefas.

A todos os colaboradores da Procter & Gamble Porto que contribuíram para minha integração e para a realização do presente Projecto.

Aos meus pais e familiares que me incentivaram a apoiaram durante toda a minha vida académica.

Índice de Conteúdos:

1	Introdução	1
1.1.	Contexto	1
1.2.	Apresentação da Empresa Procter & Gamble	1
1.3.	Objectivos e Âmbito do Projecto	2
1.4.	Metodologia	2
1.5.	Estrutura do Documento	3
2	A Energia e suas Implicações	4
2.1.	A Energia e a Sociedade	4
2.2.	Panorama Energético Mundial	5
2.2.1.	A Insegurança Energética Mundial	7
2.2.2.	O Impacto da Geração de Energia na Natureza	8
2.3.	Fontes de Energia	9
2.3.1.	As Fontes de Energia Não-Renováveis	11
2.3.2.	As Fontes de Energias Renováveis	12
2.4.	A Energia na Indústria	14
2.4.1.	Electricidade	15
2.4.2.	Ar Comprimido	15
3	Gestão e Eficiência Energética	17
3.1.	A Sustentabilidade	17
3.1.1.	Conceito de Pegada Ecológica	18
3.2.	A Eficiência Energética	18
3.3.	A Eficiência Energética na Indústria	21
3.4.	A Gestão da Energia	22
3.4.1.	Auditoria Energética	23
3.4.2.	Monitorização e Estabelecimento de Metas	24
3.4.3.	Sistemas de Gestão de Energia	24
3.4.4.	Análise da Factura Eléctrica	24
3.4.4.1.	Parcela de Energia	25
3.4.4.2.	Parcela de Potência	26
3.4.5.	Compensação do Factor de Potência	26
4	Caso Prático de Estudo	28
4.1.	Caracterização dos Produtos e Processo Produtivo	28
4.1.1.	Distribuição de Electricidade	31
4.1.2.	Medidas de Eficiência Energética já Implementadas	32
4.2.	Caracterização Energética dos Processos Produtivos	33
4.2.1.	Iluminação	33
4.2.2.	Processo Químico	33
4.2.3.	Produção de Embalagens Plásticas	34
4.2.4.	Enchimento	34
4.2.5.	O Sistema de Arrefecimento de Águas	35
4.2.6.	A Produção de Ar Comprimido	35
4.2.7.	Climatização	36
4.2.8.	Serviços Administrativos	36
4.3.	Análise dos Padrões de Consumo	36
4.3.1.	Auditoria Energética	36
4.3.2.	Mapa Energético	38

4.4. Estudo Sobre o Ar Comprimido	39
4.4.1. Análise das Fugas de Ar Comprimido	40
5 Resultados	44
5.1. O Plano de Acções Proposto	44
5.2. Resultados Esperados	46
6 Conclusão	48
6.1. Principais Conclusões	48
6.2. Perspectivas Futuras	50
Referências e Bibliografia	51
ANEXO A – Apresentação Geral do Grupo P&G	53
ANEXO B - Variáveis do Processo que Afectam a Utilização de Energia	61
ANEXO C – Cálculos do Teste nos Compressores	64
ANEXO D – Plano de Acções	65
ANEXO E – Posters e Cartazes Utilizados na Campanha	70

Índice de Figuras

Figura 1: Sequência das Transformações de Energia	9
Figura 2: Ciclo da Energia. Fonte: Guia EDP	10
Figura 3: Esquema de uma instalação de produção de ar comprimido. Fonte: Gaspar (2004)	16
Figura 4: Pilares do Desenvolvimento Sustentável. Fonte: BSCD Portugal	17
Figura 5: Eficiência Energética e suas dimensões. Fonte: SOLA, XAVIER E KOVALESKI (2006)	20
Figura 6: Diagrama de Potências.....	26
Figura 7: Fluxograma do processo de produção de lixívia.....	28
Figura 8: Distribuição dos quadros eléctricos de baixa tensão	32
Figura 9: Aparelho analisador de energia eléctrica.....	37
Figura 10: Mapa de Energia da Empresa	39
Figura 11: Sistema Solatube de iluminação natural.....	45
Figura 12: Comportamento do consumo na utilização ou não de um sistema de monitorização (fonte: Schneider Electric)	47
Figura 13: Diagrama de Evolução dos produtos P&G.	55
Figura 14: Sistema de Trabalho Integrado – IWS.....	59
Figura 15: Cálculo do Caudal de Fuga	64
Figura 16: Contrato Situação Actual	67
Figura 17: Simulação EDP Corporate.....	67
Figura 18: Cálculo Poupança Aquecimento Águas Sanitárias	68
Figura 19: Cálculo Poupança Novo Compressor	68
Figura 20: Cálculos Poupança Solatube.....	69
Figura 21: Porto Site Scorecard.....	70
Figura 22: <i>Energy Board</i> – Quadro de Energia.....	71
Figura 23: Cartaz sobre fugas de ar comprimido.....	72
Figura 25: Poster sobre desligar luzes e equipamentos	72
Figura 26: Poster desligar equipamentos	73
Figura 27: Poster desligar monitor e computadores	74
Figura 28: Cartaz sobre economia de água.....	74

Índice de Tabelas

Tabela 1: Os quatro passos para alcançar a Sustentabilidade.....	21
Tabela 2: Horário dos períodos tarifários para o ciclo diário. Fonte: EDP	25
Tabela 3: Valores do kWh em cada período de tarifação. Fonte: EDP.....	31
Tabela 4: Características dos <i>Chillers</i>	35
Tabela 5: Característica dos Compressores.....	36
Tabela 6: Representação do custo das fugas pelo seu tamanho. Fonte: Novais (1995)	41
Tabela 7: Factores que afectam o consumo de energia específica.	61
Tabela 8: Plano de Acções proposto	65

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Matriz Energética Mundial. Fonte: IEA (2006).....	5
Gráfico 2: Consumo de Energia por Sectores. Fonte: IEA (2005)	6
Gráfico 3: Produção em MSUs dos últimos anos fiscais.....	29
Gráfico 4: Consumo anual de energia eléctrica em GJ.....	30
Gráfico 5: Consumo Específico Médio Anual em GJ/MSU	31
Gráfico 6: Percentagens dos consumos de energia por áreas da empresa	37
Gráfico 7: Parcelas de fugas por Sectores	42

1 Introdução

1.1. Contexto

O contexto económico actual, a pressão por resultados financeiros, juntamente com a ameaça do esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, a constante elevação dos preços da energia e as preocupações ambientais levam-nos a uma necessidade da utilização da energia de uma forma mais consciente.

Nesse sentido, a energia está a ser considerada um factor de produção tão importante quanto o capital, a mão-de-obra ou a matéria-prima. E as empresas estão, cada vez mais, a desenvolver e implementar programas de optimização e gestão energética como uma solução para os problemas de consumos actuais, combater as alterações climáticas e manter-se competitivas no mercado.

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito da disciplina Projecto de Dissertação do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Intitulado “Redução Energética – Optimização e Redução do Consumo de Energia”, o projecto foi proposto pela empresa Procter & Gamble Porto, e desenvolvido no segundo semestre do ano académico 2008/2009.

1.2. Apresentação da Empresa Procter & Gamble¹

A Procter & Gamble foi fundada em 1837, por William Procter e James Gamble e começou como uma pequena empresa familiar fabricante de sabonetes e velas na cidade de Cincinnati, no estado de Ohio, Estados Unidos. Actualmente, a P&G comercializa aproximadamente 300 marcas em mais de 160 países, possui operações em cerca de 80 países e é considerada uma das maiores e mais bem sucedidas companhias de bens de consumo do mundo. É líder em numerosos sectores do mercado, como por exemplo: detergentes, produtos de limpeza, produtos de beleza, produtos farmacêuticos, fabrico de papel ou bens alimentares. A consulta ao Anexo A permitirá maiores informações sobre a história da empresa.

A Procter & Gamble Porto nasceu através da aquisição, em Dezembro de 1989 da empresa *Neoblanc, Produtos de Higiene e Limpeza, Lda*. Esta empresa era já líder no mercado nacional da venda de lixívia e contava com uma fábrica com 14 anos de laboração em Matosinhos. Numa óptica de internacionalização e tendo em conta que o custo logístico da lixívia representa uma componente importante no custo final do produto, a Companhia acabou por decidir adquirir a empresa de Matosinhos. Aproveitando a mais-valia que a marca

¹ Como referências para essa secção foram utilizados documentos internos e informações do site da empresa.

Neoblanc tinha em Portugal, a P&G resolveu manter a marca *Neoblanc* no mercado português.

A fábrica do Porto beneficiou da experiência e formação de outra fábrica de lixívia, Bariano, em Itália. Rapidamente foram introduzidos novos sistemas de produção aliados à melhoria das tecnologias que dispunham. Através da experiência técnica e profissional conseguiu tornar-se numa referência para a Companhia (dentro do segmento da lixívia). Mais tarde, prestaria formação no Porto a várias equipas de fábricas da Companhia de outros países (México, África do Sul, Marrocos, Espanha, Brasil, Grécia e Turquia), que pretendiam iniciar ou melhorar a produção de lixívia.

Actualmente a fábrica do Porto dedica-se ao fabrico exclusivo de lixívia, produzindo uma totalidade de 13 variações do produto. A fábrica está distribuída segundo o modelo *Flat Organization*, com apenas três níveis de hierárquicos entre operadores fabris e a direcção. Contando com um total de 38 colaboradores, sendo que destes, 27 são técnicos que estão divididos em três turnos e os outros 11 ocupam cargos administrativos. Funcionalmente a P&G Porto está integrada à fábrica de Mataró, Espanha, com a qual troca sinergias, principalmente nas áreas de finanças, tecnologias de informação e gestão.

1.3. Objectivos e Âmbito do Projecto

A actual situação económica mundial, os crescentes preços da energia e a preocupação com o meio ambiente, foram algumas das razões que fizeram com que a Procter & Gamble criasse o Programa Global de Redução de Energia (*Global Energy Reduction Network*), que está ligado ao Programa Global de Sustentabilidade.

O Programa Global de Sustentabilidade tem como objectivo reduzir em 10% as quatro principais pegadas ecológicas²: Energia, Dióxido de carbono, Água e Resíduos. Teve início no ano fiscal³ 2007-2008 e possui metas graduais de redução de 2,5% ao ano, baseadas nos consumos do ano fiscal 2006-2007.

Através da necessidade da implementação do Programa Global de Redução de Energia na fábrica do Porto, criou-se o projecto intitulado Redução Energética – Optimização e Redução do Consumo de Energia que tem como objectivo o estudo e identificação dos padrões de consumos actuais para o desenvolvimento de um Plano de Acções com medidas que permitam alcançar a meta de redução no consumo de energia até o final do ano fiscal 2009-2010.

1.4. Metodologia

O Programa Global de Redução de Energia está focado no decréscimo do SEC⁴, através de uma estratégia de diminuição do consumo de energia e aumento da eficiência energética dos equipamentos e nos processos de utilização. A gestão da redução energética, assim como a metodologia IWS⁵, é um processo circular, de planeamento, execução e revisão constante dos resultados, ambos inspirados no Ciclo PDCA⁶.

² Será conceitualizada na secção 3.1.1.

³ O ano fiscal para a P&G tem início em 1 de Julho e termina a 30 de Junho.

⁴ Site Energy Consumption, é o consumo específico da empresa, expresso em GJ/MSU.

⁵ Sistema de Gestão desenvolvido pela P&G, consultar Anexo A para maiores esclarecimentos.

⁶ Ciclo de Shewhart ou Deming. É um ciclo de desenvolvimento que tem foco na melhoria contínua. A sua execução segue os passos: Plan (planear), Do (executar), Check (verificar) e Act (agir).

A empresa disponibiliza a todas as unidades ferramentas e suporte para a realização de auditorias e identificação de possíveis situações onde os consumos podem estar elevados. Com o auxílio dessas ferramentas, as principais actividades na realização do projecto foram:

- Auditoria interna para o levantamento dos dados de consumos energéticos;
- Construção do Mapa de Energia com a identificação dos maiores consumidores;
- Análise das perdas;
- Definição dos objectivos e pontos de actuação;
- Elaboração do Plano de Acção;

Na implementação do “*Global Energy Reduction Network*” na fábrica de Matosinhos, foi atribuído ao colaborador Pedro Ferreira o cargo de “*Site Energy Owner*” (SEO), ou seja, o responsável na unidade fabril pela implementação do programa, bem como o reporte dos resultados ao grupo regional na qual a fábrica faz parte. Além das actividades realizadas na fábrica, o programa global realiza reuniões regionais mensais, onde ocorrem a demonstração e discussão dos resultados obtidos, a verificação do andamento dos programas e a troca de experiências por parte dos responsáveis pelo programa em cada unidade.

Além das actividades para a optimização e redução dos consumos, também foram realizados estudos sobre a utilização de energias alternativas como uma proposta para a diminuição da utilização da energia eléctrica, única fonte de energia adquirida pela empresa e enquadramento na filosofia sustentável da empresa.

1.5. Estrutura do Documento

O presente documento está organizado em seis capítulos existindo também informações na forma de anexo ao final do documento.

O presente capítulo descreve de uma maneira introdutória o contexto e temática do projecto desenvolvido, seus principais objectivos e a metodologia para os alcançar, apresentando também uma breve descrição da empresa onde foi realizado o projecto.

A seguir, e para que o leitor compreenda melhor a situação actual, a necessidade de mudança e a motivação para a criação desse projecto, o capítulo dois apresenta um panorama da evolução da utilização da energia pela humanidade, as implicações da sua geração, os combustíveis e fontes de energia, bem como, a situação e a problemática energética actual.

O capítulo três descreve o estado da arte da Eficiência Energética e da Gestão de Energia desenvolvendo problemáticas, metodologias, ferramentas e estratégias para alcançar a redução do consumo energético.

O quarto capítulo é dedicado ao caso prático de estudo, onde é realizada uma descrição energética da organização modelo de estudo, a análise sobre os consumos que foi realizada e o levantamento das oportunidades de melhoria.

No capítulo cinco é apresentado o Plano de Acções desenvolvido a partir do estudo realizado na empresa e as medidas a serem adoptadas para alcançar o objectivo da redução do consumo.

Por último, o capítulo seis apresenta as principais conclusões obtidas na realização do projecto e as perspectivas para o futuro.

2 A Energia e suas Implicações

2.1. A Energia e a Sociedade⁷

A história da humanidade se confunde com a história da energia. A Energia sempre esteve presente e foi responsável por importantes marcos na história do desenvolvimento do homem e da sociedade. Ainda na pré-história, com a descoberta do fogo, o homem aprendeu como utilizar a energia em seu benefício, inicialmente utilizou para cozer alimentos, aquecer-se, iluminar e para proteger-se de animais e inimigos. Mais adiante usou o fogo para a preparação de cerâmica e para a fundição de metais, para forjar ferramentas de trabalho e armas. O domínio do fogo foi o facto que culminou a passagem do período Paleolítico para o Mesolítico.

Outra fase marcante ainda na pré-história corresponde ao momento em que o homem passou a utilizar a energia dos animais que domesticava para realizar trabalhos mais pesados, como arar a terra e transportar cargas. Desenvolveu-se dessa maneira a agricultura e o comércio, e o homem fixou-se em um lugar, surgindo assim as primeiras cidades, o que ficou conhecido pela primeira centralização. Esses factos foram responsáveis pela Revolução Neolítica, que foi a passagem do período Mesolítico para o período Neolítico.

Já na Idade Média, a utilização da energia eólica teve um papel primordial no desenvolvimento da humanidade, uma vez que tornou possível ao navegadores europeus fazerem grandes descobertas com suas caravelas. A energia dos ventos foi também importante na transformação de produtos primários através dos moinhos de vento, um dos primeiros processos industriais desenvolvidos pelo homem.

O século XVIII, também conhecido como “Era do Carvão”, com a invenção da Máquina a Vapor, que deu início à era da Revolução Industrial na Europa, marcando definitivamente o uso e a importância da energia nos tempos modernos. Isso culminou na segunda centralização e na luta contra a escravidão. Com os navios movidos a vapor houve um significativo desenvolvimento do comércio mundial.

O século XIX foi chamado de “Século da Energia”, na segunda metade do século inicia-se a utilização das novas fontes de energia, principalmente o petróleo, que seriam responsáveis pelo grande salto no desenvolvimento da humanidade, marcando uma nova era da civilização. A energia eléctrica passou a ser gerada e distribuída, viabilizando inúmeras actividades e processos, entre eles, a iluminação pública e o desenvolvimento de novos motores. A electricidade redesenhou os conceitos de processos produtivos na indústria e propiciou o acesso a um novo patamar de qualidade de vida, proporcionado por novos bens de consumo e serviços.

As duas grandes guerras do século XX exigiram o máximo da tecnologia e a ciência deu um grande salto. Baseada no intensivo uso da energia, a humanidade promoveu uma grande revolução, que deixou um legado jamais antes atingido. Mais avanços tecnológicos foram feitos do que em toda a história precedente. O desenvolvimento da electrónica, o surgimento do computador, o desenvolvimento das comunicações, factores que levaram a globalização da economia. O Produto interno bruto mundial *per capita* multiplicou-se por cinco, sendo maior do que o PIB dos outros século anteriores somados.

⁷ As referências utilizadas nesse capítulo foram: Hermery, Debier e Deléage (1993), Carapeto (1998), Allègre, (1993) e Hutchison (2000).

Segundo Goldemberg (2003), o consumo de energia é um índice representativo do acesso da população às condições básicas de vida. Quatro indicadores sociais - taxa de alfabetização, mortalidade infantil, expectativa de vida e taxa de fertilidade - expressam uma relação directa com o consumo de energia *per capita*. Na maioria dos países em desenvolvimento, onde o consumo de energia é menor do que uma tonelada equivalente de petróleo por ano, os índices de analfabetismo e mortalidade infantil são elevados, e a expectativa de vida é baixa.

Além de poluidora, a energia eléctrica é cara e excludente, dados da Secretaria-geral da ONU, de 2000, contabilizam 2 bilhões de pessoas sem acesso à electricidade, ou seja, quase um terço da população mundial, enquanto os outros 20% da população mundial consomem 80% da energia produzida no mundo.

2.2. Panorama Energético Mundial

O actual sistema mundial de energia foi construído em torno das muitas vantagens dos combustíveis fósseis, e agora dependemos quase que totalmente deles. Os combustíveis de origem fóssil são responsáveis por mais de 80% da energia consumida no mundo no momento como se pode observar no Gráfico 1.

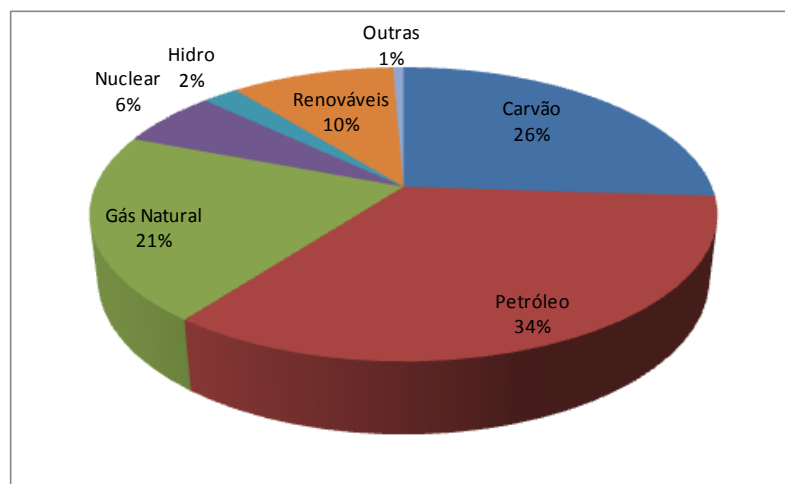


Gráfico 1: Matriz Energética Mundial⁸. Fonte: IEA (2006)

Os combustíveis fósseis são extremamente atractivos como as fontes de energia, pois são altamente concentrados, permitindo que grandes quantidades de energia sejam armazenadas em volumes relativamente pequenos, sendo facilmente distribuídos, especialmente o petróleo e gás, que são fluidos.

Segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA) de 2006, o consumo mundial de energia primária em 2006 foi de 17,4 mil terawatts (TWh), o que equivale a 11.740 milhares de tep⁹ (Mtep). Esse são valores são bastante elevados se compararmos com o consumo do início do século passado.

⁸ Balanço constituído entre o: levantamento do total anual de produção de energia primária, o consumo primário, o consumo secundário e o consumo útil.

⁹ Toneladas equivalente de petróleo. Utilizado para comparar diferentes fontes energéticas de acordo com a quantidade de energia que podem liberar em relação a quantidade de energia presente em uma tonelada de petróleo. Um tep equivale a 11.628 kWh ou $41,86 \times 10^9$ J.

Ao longo do século XX, a população praticamente quadruplicou, passou de 1,6 bilhões de habitantes em 1900 para aproximadamente 6,1 bilhões em 2000, no entanto, a utilização de energia primária aumentou a uma taxa muito maior, no mesmo período teve um aumento de dez vezes.

A produção de Energia teve um grande salto: em 1900, a produção foi de 500 Mtep, às vésperas da II Guerra Mundial foi de 1500 Mtep, crescendo rapidamente até alcançar 6000 Mtep, em 1974. Com a crise das décadas de 70 e 80, a progressão foi-se mostrando moderada, atingindo 7200 Mtep, em 1984, e em 2006 alcançou os 11740 Mtep.(JANUZZI, SWISHER, 1997)

A tendência para a procura de energia está em crescimento acelerado, de acordo com a projecção do *World Energy Outlook* do IEA (2006), a procura mundial de energia primária irá aumentar a uma taxa média de 1,6% ao ano entre 2004 e 2030, chegando a alcançar 17,1 mil Mtep ao final desse período. Esse aumento equivale a 6 mil milhões de tep, ou seja, 53% do consumo actual. Em 2015, o total da procura mundial de energia será um quarto mais elevada que em 2004, chegando a um aumento de 53% em 2030.

O crescimento populacional, o desenvolvimento tecnológico e o crescimento económico são factores fundamentais que determinam as bases para a projecção da futura procura de energia. Essas perspectivas se manterão à medida que países em via de desenvolvimento, como a China e a Índia manterem seu rápido crescimento económico.

Mesmo com o significativo aumento anual do consumo de energia nos países em via de desenvolvimento, especialmente China e Índia, é preciso se considerar como o consumo de energia é mal distribuído entre os países. Os EUA são responsáveis por 25% do consumo da energia mundial, enquanto que a Índia e a China juntas respondem por apenas 11,2% do consumo mundial de energia. O consumo *per-capita* norte-americano é de 8 tep por ano enquanto que o consumo médio da população mundial é inferior a 0,5 tep por ano.(IEA, 2008)

Segundo a Agencia Internacional de Energia (IEA), a procura de energia é dividida em quatro principais sectores: o doméstico, o de serviços, o industrial e o de transportes. A distribuição do consumo de energia pelos sectores pode ser vista no Gráfico 2.

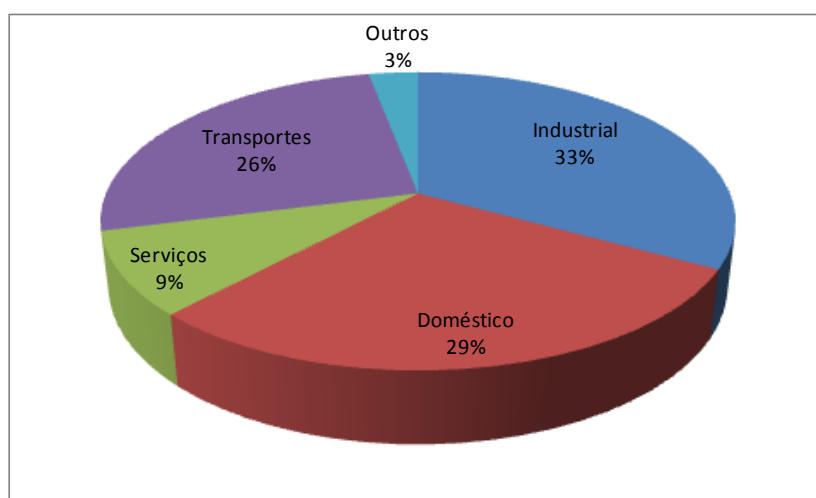


Gráfico 2: Consumo de Energia por Sectores. Fonte: IEA (2005)

O Sector Doméstico

É composto por famílias individuais, nos quais as principais categorias de utilizações energéticas são para o aquecimento ambiente, de águas sanitárias, para cozinhar, iluminação e outros aparelhos eléctricos.

O Sector de Serviços

Este sector é composto por escritórios, lojas, escolas, hospitais, bancos, etc. As exigências energéticas deste sector são muito semelhantes às do sector doméstico, porém o ar condicionado representa uma significativa parcela no consumo nesse sector, uma vez que geralmente é usado em grandes áreas e por longas horas. A maior parte do consumo está localizada no interior de edifícios.

O Sector Industrial

Este sector abrange principalmente a indústria transformadora. Grande parte do uso industrial da energia também ocorre no interior de edifícios, porém esse consumo não é muito significativo em comparação com a utilização da energia nos próprios processos industriais, onde grandes quantidades de energia são requisitadas para mover grandes equipamentos e processos que muitas vezes exigem altas temperaturas.

O Sector dos Transportes

Os veículos motorizados como automóveis, autocarros e caminhões dominam o sector dos transportes. Mas esse sector também engloba muitos outros meios de transporte, incluindo transporte ferroviário, aéreo e marítimo, e formas de transporte não motorizados, como bicicleta e caminhada. Na maioria dos países houve um enorme aumento dos transportes, medido em passageiros/km viajados anualmente, ao longo das últimas décadas. A maior parte deste processo envolveu o transporte motorizado, principalmente movido a derivados de petróleo e, por isso, a utilização de energia teve um aumento considerável bem como as emissões de CO₂ associadas a esse aumento no consumo.

2.2.1. A Insegurança Energética Mundial

O desenvolvimento sócio económico requer uma oferta estável e segura de energia com preços acessíveis. Contudo a relevância da questão energética foi colocada em segundo plano em períodos de estabilidade como as duas últimas décadas do século XX, quando a reduzida taxa de crescimento económico mundial e o baixo preço do barril de petróleo garantiram a segurança energética mundial. O início deste século apresenta um forte aumento da procura por energia, aumento este manifestado na significativa elevação do nível de preço do barril de petróleo. (GOLDEMBERG, 2003)

Segundo Santos (2009), a crise energética da década de 70 teve um carácter conjuntural, pois a elevação do preço do barril do petróleo originou-se da restrição da oferta onde variáveis geopolíticas tiveram influência decisiva. Por sua vez, essa elevação actual dos preços dos recursos energéticos não se deve a questões geopolíticas, mas principalmente a factores reais como o significativo aumento na procura por energia nos primeiros anos do século XXI e projectado para as próximas décadas.

O início do século XXI apresenta grandes incertezas referentes à segurança energética para próximas décadas e preocupações ambientais relevantes devido à mudança do clima e suas consequências. Logo, as metas ambientais e de segurança estão presentes de forma prioritária na agenda dos reguladores da política energética. No entanto, o conflito entre as mesmas

coloca a possibilidade de uma crise energética ao longo do século XXI como algo bastante plausível no cenário actual. (BOYLE, EVERETT, RAMAGE, 2003)

A sociedade moderna nunca se deparou com um conflito tão latente entre segurança energética e o meio ambiente como o presente, porque o aumento exponencial do consumo de energia nos países em vias de desenvolvimento resulta em um aumento da procura mundial de energia, o que por si só já gera dúvidas quanto à segurança da oferta. Contudo, este aumento da procura mundial de energia ocorre em um momento onde existem poucas dúvidas sobre a influência do homem no aquecimento global e a necessidade imediata de se reduzir as emissões de gases do efeito estufa (DANTAS, 2008).

2.2.2. O Impacto da Geração de Energia na Natureza

O sector energético é o maior responsável pelas alterações climáticas por ser o maior emissor de gases responsáveis pelo efeito estufa (GEE). Desta forma, o aumento projectado para o consumo de energia irá agravar de maneira relevante o problema do aquecimento global, pois a base dos recursos energéticos actuais são combustíveis fósseis, principalmente petróleo e carvão, cuja combustão são os maiores responsáveis pela emissão de gases com efeito estufa. O IEA (2006) estima que o sector de energia aumentará suas emissões de CO₂ em 55% até 2030 e produção de energia eléctrica será responsável por 50% do aumento de emissões de CO₂, que devem atingir o valor de 40 mil milhões de toneladas em 2030.

As consequências deste aquecimento tornam-se cada vez mais evidentes ao nível das alterações climáticas globais e regionais, verificadas ao longo das últimas décadas. DE acordo com previsões feitas pelo Greenpeace, significativas alterações poderão ocorrer no ecossistema terrestre como resposta ao aumento da temperatura global média, entre elas, a elevação do nível do mar em uma magnitude compreendida entre 0,18 m e 0,59 m podendo ser ampliada de 0,1 m a 0,2 m caso o derretimento da capa de gelo sobre as regiões polares persista. Além disso, projecta-se uma grande contracção das coberturas de neve e redução do gelo marinho nos pólos. Uma característica de graves consequências das alterações climáticas será a presença de eventos climáticos extremos, como por exemplo ondas de calor, precipitações intensas e ciclones mais intensos. Essa mudança do clima e no ecossistema tornará o planeta mais vulnerável a surtos de doenças endémicas, enchentes e secas frequentes, perdas na agricultura e redução da biodiversidade.

A menos que os comportamentos mudem, será difícil reverter a situação. Dentre as medidas capazes de atenuar esses efeitos estão o processo de geração e distribuição de energia mais eficientes e o aumento da participação de fontes renováveis de energia na matriz energética mundial.

Esses problemas ambientais passaram a constar nas discussões internacionais a partir de meados do século XX quando os danos ambientais causados pela acção antrópica começaram a se tornar evidentes. As negociações internacionais resultaram na elaboração do Protocolo de Quioto¹⁰, pelo qual os países desenvolvidos e as economias em transição para economia de

¹⁰ O Protocolo de Quioto foi assinado em Dezembro 1997, na cidade de Quioto (Japão) entrando em vigor em Fevereiro de 2005. É um acordo que prevê que os países industrializados reduzam as suas emissões colectivas de gases de efeito estufa em 5,2% comparativamente ao ano 1990. O objectivo é reduzir as emissões globais dos seis gases causadores do efeito de estufa (GEE): dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, enxofre hexafluoreto, HFCs e PFCs. As metas nacionais variam entre: 8% de redução para a União Europeia, 7% para os Estados Unidos, 6% para o Japão, 0% para a Rússia, e autorizados aumentos de 8% para a Austrália e 10% para a Islândia. Fonte: www.kyotoprotocol.com.

mercado assumiram o compromisso de redução de 5,2% de suas emissões de gases do efeito estufa em relação aos valores do ano 1990.

2.3. Fontes de Energia

A *fonte de energia primária*, também conhecida por fonte de energia natural, é uma fonte de energia que existe em forma natural na natureza e pode gerar energia de forma directa, destas destacam-se o carvão mineral, o petróleo e o gás natural, a energia hídrica, solar e eólica, a biomassa, oceânica e geotérmica.

As fontes primárias de energia podem classificar-se em renováveis e não renováveis. As fontes de energia renováveis são uma infinita fonte geradora mesmo que sejam utilizadas pelo homem, possuindo a capacidade de se regenerar naturalmente. Quanto às fontes de energia não-renováveis, como o combustível petroquímico, são formadas no subsolo a partir de restos de animais e plantas que demoraram milhões de anos até se transformarem em combustível. Estas não podem ser recuperadas rapidamente e as suas quantidades tornam-se cada vez mais reduzidas com o consumo por parte do homem.

As *fontes secundárias* de energia são resultantes da transformação parcial dos recursos primários, por meio físico, químico ou bioquímico. São elas: electricidade, gasolina, óleo diesel, carvão mineral, óleo combustível, gás, querosene.

A *energia final* designa a energia tal como é recebida pelo utilizador nos diferentes sectores, seja na forma primária ou secundária. A forma como se apresenta a energia final depende do tipo de energético que lhe deu origem, pode ser um tanque de óleo, uma botija de gás, uma linha de distribuição ou uma tomada de força, não passando mais por transformações, apenas modificações técnicas e comerciais.

E a forma de *energia útil* corresponde à energia efectivamente utilizada, aparece geralmente como calor, frio, força motriz, iluminação e a combinações destes. Na

Figura 1 pode-se observar a sequência de transformações de energia e todas as formas que esta adquire até chegar a energia útil.



Figura 1: Sequência das Transformações de Energia

O Ciclo da Energia

Antes de se transformar em energia útil na forma de calor, frio, movimento ou luz, a energia sofre um longo percurso de transformação, durante o qual uma parte é desperdiçada e a outra, que chega ao consumidor, nem sempre é devidamente aproveitada. Na Figura 2 ilustra as diversas transformações da energia e o longo caminho até o utilizador final.

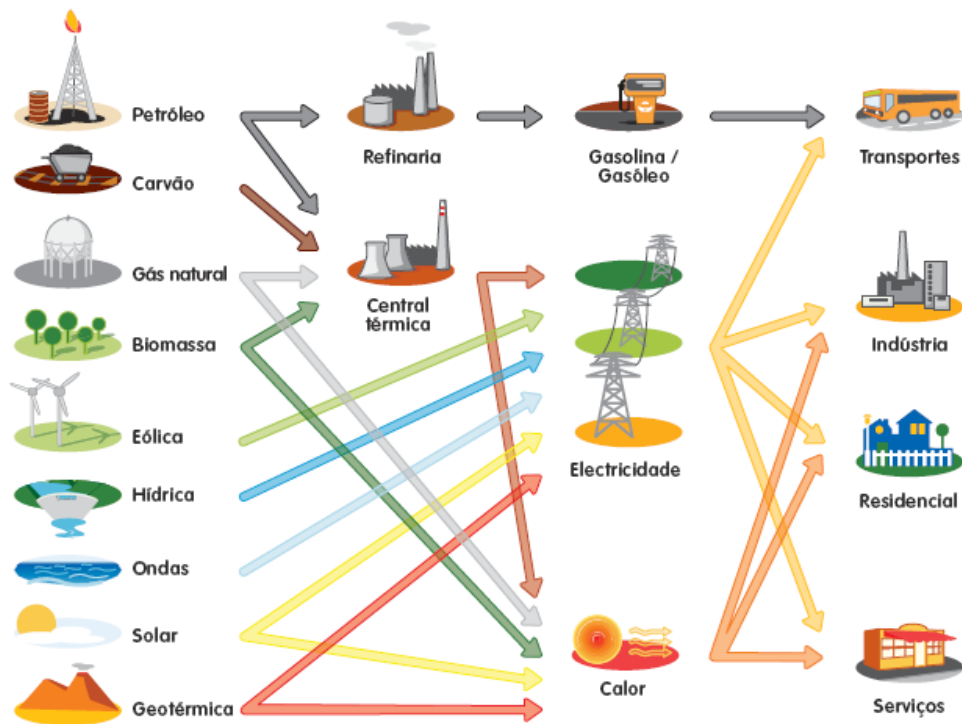


Figura 2: Ciclo da Energia. Fonte: Guia EDP

As cadeias que ligam os fornecedores de energia aos utilizadores finais são longas e complexas. Cada elo na cadeia envolve uma conversão de energia de um formato para outro, por exemplo, a queima de carvão para gerar electricidade, ou distribuição de energia através de algum ou ligação de rede de transmissão, tais como uma rede nacional de electricidade ou de infra-estrutura de gasodutos.

Mas, a eficiência com que a humanidade está a usar sua energia é geralmente muito baixa. Actualmente, apenas cerca de um terço do conteúdo energético dos combustíveis primários transformados no mundo são utilizados como energia útil no final da longa cadeia de abastecimento. Os restantes de dois terços geralmente desaparecem no ambiente sob a forma de calor residual.

Pelas avaliações do IEPE¹¹, tais perdas são, em média, de 63 % da energia primária, sendo que 54 % destas ocorrem entre a fase final e útil, ou seja, quando a energia é direccionada para realização de determinada tarefa, geralmente dentro das casas, indústrias e prédios, etc.

¹¹ Institut d'Économie et de Politique de l'Énergie

Isso significa que, cada kWh de electricidade consumido da rede necessita de 3kWh produzidos na central geradora, devido ao funcionamento da própria central e também às perdas ocorridas durante o transporte e a distribuição de energia. Assim, por cada kWh que nós economizamos no uso final, três são economizados na produção e 1,5 kg de CO₂ deixam de ser lançados na atmosfera.

2.3.1. As Fontes de Energia Não-Renováveis¹²

Carvão

O principal combustível associado com a Revolução Industrial continua sendo uma fonte de energia essencial. A produção de carvão mineral em todo o mundo cresceu 65% nos últimos 25 anos. As reservas são abundantes, e estima-se que durem pelo menos mais 164 anos a mais do que o petróleo ou o gás natural. O carvão supre 24% das necessidades primárias de energia mundiais, e é a maior fonte única para a electricidade no planeta (40%). Mas ele também é o combustível que emite mais gases poluentes proporcionalmente, levando-se em conta a energia que produz.

Petróleo

Apesar de conhecido há muitos séculos, só começou a ser usado como combustível recentemente. Desde o desenvolvimento dos processos de refinaria e o início do *boom* comercial, há 150 anos, o petróleo assumiu um papel central na economia mundial. Além de ser usado para mover carros, aviões e navios, e para aquecer casas e escritórios, ele também fornece matéria-prima para a indústria de plásticos, química, de fertilizantes e têxtil. Corresponde por 6,9% da geração de energia eléctrica. A cotação do petróleo vem a atingir altos recordes no mercado internacional desde 2005, por causa da instabilidade em áreas onde ele é mais extraído e por sinais de que os suprimentos podem estar a esgotar.

Gás Natural

É encontrado tanto em bolsões próprios como em depósitos de carvão e petróleo. Sua queima é menos poluente que a do petróleo e do carvão, pois produz menos dióxido de carbono que esses outros combustíveis. Sua contribuição para a procura primária total de energia deve subir em 25% até 2030 segundo o IEA (2006). É uma importante fonte para a geração de energia e a produção industrial. O gás liquefeito e comprimido também é usado em veículos.

Fissão Nuclear

A fissão nuclear é a base do actual sistema de produção de energia desse tipo. Ela envolve a divisão dos núcleos de certos isótopos como o urânio-235, durante a qual é liberada grande quantidade de energia. Podem também ser utilizados nesse processo isótopos de polónio, tório, plutónio ou estrôncio. Reactores nucleares comerciais começaram a funcionar nos anos 50 e, actualmente, os cerca de 440 que existem geram aproximadamente 17% da electricidade mundial. Apesar de prometer energia limpa e abundante, a indústria nuclear enfrenta resistência por parte da opinião pública por causa de acidentes (como o de Chernobyl, em 1986) ou devido à dificuldade de se lidar com o lixo nuclear. Entretanto, com o aumento dos preços dos combustíveis fósseis e a pressão cada vez maior para que diminua a poluição ligada às mudanças climáticas, alguns países contemplam a possibilidade de expandir sua capacidade de produção desse tipo de energia.

¹² Fonte: Guia da Energia Global, BBC Brasil.

Fusão Nuclear

Considerado o “Santo Graal da Energia”, essa tão esperada forma de produção de energia aproveita a mesma força termonuclear que se produz no Sol para unir átomos em vez de dividir como acontece no processo de fissão. Esse sistema parte do princípio de que energia é liberada ao se forçar a união de dois núcleos atômicos com menor massa, em vez de dividir um maior. Alguns acreditam que a fusão nuclear irá um dia produzir uma alternativa limpa aos combustíveis fósseis, permitindo criar grande quantidade de energia usando combustíveis abundantes, como água e lítio, sem produzir poluentes como subproduto. No entanto, ainda existem muitas dificuldades científicas e técnicas a se resolver antes de essa tecnologia estar disponível para uso comercial, o que não deve ocorrer antes de 2025.

2.3.2. As Fontes de Energias Renováveis¹³

Hídrica

Actualmente é a principal forma de produção renovável de energia. Está fundamentada no aproveitamento da água, que é canalizada para uma turbina e a movimenta, o que alimenta um gerador. Existe um investimento significativo na construção da central e da represa, mas em contrapartida, a energia hidroelétrica tem um custo menor, não tem a desvantagem de produzir dióxido de carbono e nem depende da variação dos preços e da oferta de combustíveis. Sua desvantagem está em um grande impacto ecológico devido a grande área alagada para a construção da barragem. Actualmente, quase 16% da electricidade é de origem hidroelétrica. O Brasil é o país que mais utiliza essa fonte de energia, onde 83,2% da electricidade é de origem hidroelétrica.

Eólica

A energia eólica é actualmente a segunda mais comum forma de energia renovável, só perdendo para a hidroelétrica. As turbinas, geralmente com dezenas de metros de diâmetro, não poluem e são fáceis de construir, podendo serem instaladas tanto em terra como no mar, mas a produção de energia depende da existência de ventos. Sua única desvantagem é o impacto visual. A Europa é a região do mundo onde mais se utiliza a energia eólica.

Solar

O Sol é a maior fonte de energia. Ele envia ao Planeta Terra, em apenas 40 minutos, a energia equivalente ao consumo mundial durante um ano, e de forma gratuita e não poluente. A energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável que pode ser aproveitada por meio das células fotovoltaicas que, instaladas em painéis, transformam os raios solares em energia. Os painéis já estão instalados em telhados de muitas casas e estabelecimentos comerciais em todo o mundo. Em uma escala maior, sistemas de energia solar foram construídos e estão sendo projectados em várias cidades de países como a Alemanha e os Estados Unidos. A solar é possivelmente a forma mais cara de energia renovável, pois sua tecnologia ainda não está muito difundida, no entanto, os custos estão a cair e, uma vez instalada, a energia é gratuita.

¹³ Fonte: Guia da Energia Global, BBC Brasil.

Maremotriz

Os oceanos têm um grande potencial energético não utilizado. Os custos ainda são altos, o que significa que, pelo menos por ora, é improvável que essa tecnologia seja competitiva do ponto de vista económico. Segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), o potencial energético das ondas nas áreas costeiras é de entre dois e três milhões de megawatts. O sul da África, a Austrália e o norte do Canadá são algumas das áreas consideradas ricas em potencial maremotriz.

Biomassa

Um termo amplo, que abrange materiais não-fósseis de origem biológica que constituem uma fonte de energia renovável. Esse material de origem vegetal pode ser convertido em combustíveis, sendo os tipos de biomassa mais usados hoje em dia: os óleos vegetais, grãos e a cana-de-açúcar. O Brasil é o pioneiro mundial no uso do álcool combustível em larga escala, através do programa Pró-Álcool¹⁴, iniciado no final da década de 70, que incentivou a utilização desse combustível vegetal, alcançando, até o final da década de 80, a marca de 80% de utilização nos carros novos produzidos. Hoje em dia, 80% dos carros que saem de suas fábricas brasileiras utilizam um sistema “Flex” bi-combustível¹⁵, que utilizam tanto álcool como gasolina, ou uma mistura em qualquer proporção entre os dois. Os veículos bi-combustíveis já atingiram a marca de 6,5 milhões de unidades vendidas, sendo responsável por 90% das vendas totais de carros no Brasil.

Geotérmica

A energia geotérmica usa o calor do núcleo da Terra, que aquece rochas, fontes de água próximas da superfície ou lençóis subterrâneos, aproveitados com a perfuração de poços. Na Islândia, água quente é encanada directamente da natureza e usada no aquecimento das casas. Em vários outros países, como Estados Unidos, Japão e Nova Zelândia, a energia geotérmica também é utilizada.

Hidrogénio

Embora o hidrogénio não seja uma fonte primária de energia (ou seja, ele tem que ser criado a partir de outros combustíveis), estudiosos acreditam que é uma grande promessa para o futuro. O hidrogénio é abundante e não polui. No entanto, a tecnologia para aproveitá-lo ainda apresenta problemas, e o hidrogénio é difícil de se transportar e armazenar.

Energia dos Oceanos

Existe o potencial para se produzir energia ao aproveitar a diferença de temperatura entre o fundo dos oceanos e a superfície, aquecida pelo Sol. Há uma estimativa de que menos de 0,1% da energia solar dos oceanos poderia saciar mais de 20% da procura diária de energia dos Estados Unidos. Mas a tecnologia para aproveitar esse tipo de energia ainda está no futuro distante.

¹⁴ Dados retirados do site da Agência Nacional de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL) e do programa Pró-Álcool.

¹⁵ Do inglês dual-fuel vehicle.

2.4. A Energia na Indústria

Segundo os dados da *World Resources Institute*, o sector industrial é responsável por 33% do consumo mundial de energia, representando um montante de 116 EJ (ExaJoules¹⁶). As emissões de CO₂ associadas, incluindo as emissões indirectas da utilização da electricidade, foram de 9,9Gt de CO₂ no ano de 2005 (IEA). O consumo de energia industrial global tem aumentado 21% desde 1990, com a maior parte desse crescimento devido a países não membros da OCDE¹⁷, nomeadamente a China.

Quando se trata de reduzir desperdícios e economizar energia, as principais recomendações incluem optimização do sistema motor/equipamento, redimensionamento de motores, correcção do factor de potência e redução dos picos de utilização. Segundo Machado (1998), os principais usos finais de energia na indústria são:

Força motriz: É a energia usada em motores eléctricos ou a combustíveis e destinados ao transporte, mistura, deformação, compressão de ar, bombeamento, ar condicionado, refrigeração e outros. Segundo a ADENE, em Portugal, 67% da electricidade utilizada na indústria é para alimentar sistemas de motores. Essa grande participação nos consumos torna as medidas de conservação de energia em motores um importante passo para alcançar as metas de eficiência energética, tais como: o correcto dimensionamento dos motores, utilização de motores de alto rendimento, controle de velocidades.

Calor de processo: Um dos sectores de maior consumo na indústria é a central térmica, podendo afirmar-se que os geradores de calor são uma presença quase constante na maioria das instalações industriais. O uso de energia inclui geração de vapor e o aquecimento de água e de fluidos térmicos em caldeiras, aquecedores de fluído térmico, aquecedores de água, chuveiros, torneiras eléctricas e outros, que são utilizados para transferir calor a outros processos. As caldeiras e os aquecedores industriais normalmente usam gás, óleo, carvão, ou lenha como combustível e, com menor frequência, a energia eléctrica.

Aquecimento directo: É a energia para aquecimento por convecção ou radiação em fornos, fornalhas, estufas, fogões, aquecedores de ambiente, inclusive fornos infravermelhos. A electricidade é consumida por secadores e fornos eléctricos (a plasma, resistência, indução, arco directo) utilizados nas indústrias de ligas de Ferro, Alumínio e Cerâmica.

Refrigeração e ar condicionado: A energia eléctrica usada para esta aplicação (processo de compressão de vapor) é para preservação de produtos, principalmente nas indústrias de alimentos e bebidas, química e têxtil. Os equipamentos são: geladeiras industriais, centrais de refrigeração e refrigeradores de água.

Iluminação: Nas indústrias, o consumo de energia eléctrica em iluminação normalmente não é expressivo em comparação com outras áreas, fica em torno de 5% a 7% do consumo global de energia eléctrica. Portanto é uma área onde a utilização de equipamentos mais eficazes se traduzirá em reduções significativas de consumos energéticos.

Electroquímica: É a energia para processo de electrólise, galvanoplastia e outros processos. Na indústria encontra-se basicamente em produção de alumínio e cobre (sector de não ferrosos) e de soda/cloro (sector de química).

¹⁶ Equivalente a 10¹⁸ Joules.

¹⁷ Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico.

Segue-se uma descrição das duas formas de energia finais utilizadas na indústria que são relevantes para esse trabalho:

2.4.1. Electricidade

Na indústria transformadora não há dúvidas que, entre todas as formas de energia utilizadas, a electricidade é a mais consumida e por isso a de maior importância. A electricidade, como fonte de energia secundária, ao ser convertida em energia útil vai continuar a ter um papel determinante nos processos industriais. Este facto obriga a tomar medidas inteligentes tanto relativamente ao seu consumo quanto a concepção dos modelos de produção.

A ligação à rede eléctrica de alimentação (rede do distribuidor) pode ser efectuada a vários níveis de tensão de entrega. A tensão de entrega a um consumidor industrial situa-se em geral ao nível da média tensão (MT), sendo por isso necessária a instalação de postos de transformação (PT's), a fim de possibilitar o abastecimento aos centros de consumo em baixa tensão (BT).

Uma rede de distribuição eléctrica é caracterizada por diferentes elementos, tais como a concepção, o tamanho, os modos de funcionamento, o sistema de ligação à terra, os tipos de fontes de energia e os tipos de cargas, os tipos e características dos transformadores de distribuição, as possíveis necessidades específicas e as propriedades exigidas para o fornecimento de energia eléctrica. (Sá, 2008)

A seguir estão listados alguns indicadores que podem ser utilizados para medir o desempenho global do sistema:

- Potências aparentes, activas e reactivas;
- Factor de potência;
- Intensidade de corrente;
- Desequilíbrio de tensão;
- Interrupções curtas e longas;
- Gravidade e número de cavas de tensão e sobretensão momentânea;
- Distorção harmónica total.

A rede de uma instalação industrial é normalmente constituída pelo conjunto dos quadros eléctricos equipados com equipamentos de medidas, comando e protecção, pela rede de cabos eléctricos e dispositivos auxiliares que permitem estabelecer a interligação da entrada da energia eléctrica com os múltiplos receptores: motores, aparelhos de iluminação, aparelhos electrodomésticos, etc.

2.4.2. Ar Comprimido

Na indústria transformadora, as ferramentas pneumáticas adquiriram um lugar quase insubstituível, graças às inúmeras vantagens da sua utilização: reduzido peso e volume, maior robustez, ausência de perigos do tipo electrocussão e baixo custo de manutenção. Se compararmos o peso de uma dada ferramenta, uma pneumática e outra eléctrica, em igualdade de circunstâncias, em geral a ferramenta pneumática pesa um quinto relativamente à ferramenta eléctrica. Porém, essa é uma tecnologia cara, a energia em forma de ar comprimido é dez vezes mais cara que a energia eléctrica.

Segundo Novais (1995), 10% da electricidade usada na indústria é utilizada para produzir ar comprimido. Dessa maneira, o ar comprimido é a segunda energia mais consumida na

indústria transformadora, a mais cara de todas e mesmo assim a mais mal gerida. Isto explica-se pelo facto de o senso comum considerar o ar uma matéria-prima gratuita, o que de facto é verdade, mas esquecendo que para aumentar a pressão temos motor eléctrico, com um rendimento em torno de apenas 10%, a funcionar na unidade compressora.

A tecnologia do ar comprimido envolve duas grandes áreas da engenharia: mecânica e electrotecnia, assumindo assim carácter multidisciplinar. Os principais temas associados são:

- Custos Energéticos;
- Critérios na selecção de equipamentos;
- Tratamento do ar comprimido;
- Classes de manutenção.

Os principais elementos constituintes dos sistemas de produção de ar comprimido são os seguintes:

- Ar
- Compressores
- Arrefecedores (intermédio, posterior)
- Secadores (frigoríficos, adsorção, absorção)
- Reservatório de armazenamento de ar comprimido
- Rede de distribuição
- Filtros
- Lubrificadores
- Reguladores de pressão

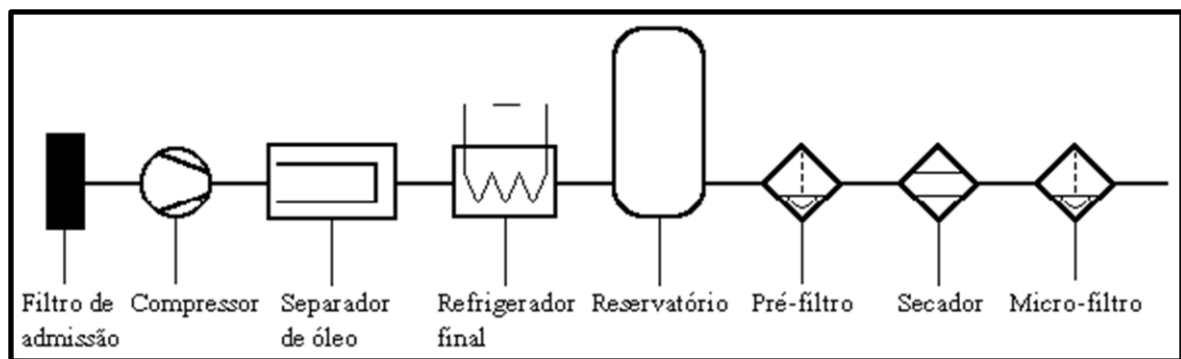


Figura 3: Esquema de uma instalação de produção de ar comprimido. Fonte: Gaspar (2004)

3 Gestão e Eficiência Energética

3.1. A Sustentabilidade

Segundo o relatório de Brundtland (1987), a sustentabilidade pode ser definida como “a capacidade de satisfazer as necessidades das gerações actuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras fazerem o mesmo.” A Sustentabilidade supõe a capacidade de perdurar no tempo, evitando o colapso das civilizações, sociedades, economias e organizações, tornando-as capazes de sustentar-se.

Para o século XXI, estima-se o declínio das reservas petrolíferas, o que exigirá ajustes, queda do consumo e inflexões radicais, sob pena do colapso do sistema económico, social e político. A capacidade de encontrar substitutos para essa fonte de energia, de reduzir desperdícios e promover a conservação desse recurso estratégico será crucial para o desenvolvimento pós-industrial.

Um dos maiores desafios do século XXI será o de fornecer a todos uma energia segura, limpa e sustentável. Ao longo da história, o uso da energia tem sido fundamental para o funcionamento e desenvolvimento das sociedades humanas. Mas, durante os séculos XIX e XX, a humanidade se acostumou a aproveitar a energia altamente concentrada contida nos combustíveis fósseis. Esses combustíveis proveram a energia que levou a revolução industrial, que trouxe inigualáveis aumentos de produtividade e riqueza para milhões de pessoas em todo o mundo. Mas, a medida que entramos no terceiro milénio, existe uma crescente consciência de que o sistema global de energia terá de ser radicalmente alterado para poder suprir nossas necessidades energéticas a longo prazo e de uma maneira sustentável. (BOYLE, EVERETT, RAMAGE, 2003)

Actualmente, o desenvolvimento sustentável é visto como uma necessidade mundial, uma ferramenta para que as gerações futuras tenham condições de sobreviver. No conceito de desenvolvimento sustentável empresarial são englobados três dimensões: económica, ambiental e social, que estão representados graficamente na Figura 4: Pilares do Desenvolvimento Sustentável. Fonte: BSCD Portugal. Sendo que o sector energético está conectado a todas estas dimensões, pois nelas gera impactos benéficos ou maléficos.



Figura 4: Pilares do Desenvolvimento Sustentável. Fonte: BSCD Portugal¹⁸

¹⁸ Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável.

A reversão do tipo de desenvolvimento adoptado, mimetizado das nações industrializadas e reflectido nos padrões de produção e consumo, nas escolhas tecnológicas e nos modos de financiamento, envolve a busca de estratégias autónomas e a tomada de decisões que não transponham simplesmente para o futuro o mesmo conjunto de relações existentes. Diminuir a relação de dependência, basear a retomada do mercado na satisfação das necessidades internas e criar condições de integração entre os diversos sectores são temas que ganham ênfase particular na actualidade, quando emerge a discussão do critério de sustentabilidade no processo de desenvolvimento. (GOLDEMBERG, 2003)

3.1.1. Conceito de Pegada Ecológica

Lançado em 1996, o livro “*Our Ecological Footprint*”, de autoria de William Rees e Mathis Wackernagel propôs a utilização de uma ferramenta para medir o desenvolvimento sustentável: *Ecological Footprint Method*, traduzida para o português como a Pegada Ecológica.

Este método consiste em um indicador de sustentabilidade que mede o impacto do homem sobre a Terra, um indicador da pressão exercida sobre o ambiente, e permite calcular a área de terreno produtivo necessária para sustentar o nosso estilo de vida. Representa a quantidade de hectares necessários para sustentar a vida de cada pessoa no mundo, isto é, quantos hectares uma pessoa necessita para produzir o que consome por ano.

Para calcular a “Pegada Ecológica” é necessário somar a contribuição de vários componentes, ou seja, as parcelas de impactos ambientais, que se traduzem em diferentes áreas. Somando as várias parcelas das pegadas obtém-se um valor global que representa uma área produtiva capaz de repor, pelo menos em teoria, o capital natural consumido pela humanidade.

Esta área pode ser comparada com o espaço efectivamente existente no Planeta, isto é, com sua biocapacidade, concluindo-se a respeito da sustentabilidade do sistema. Cabe apenas ressaltar que a biocapacidade da Terra é a quantidade de área terrestre e aquática biologicamente produtiva no planeta.

Segundo a *World Wildlife Fund* (WWF), a pegada ecológica total da humanidade no ano de 2005 foi estimada em 1,3 planetas Terra, em outras palavras, a humanidade utiliza serviços ecológicos 1,3 vezes mais rápido do que o planeta Terra consegue renová-las.

3.2. A Eficiência Energética

De acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, a energia total num sistema isolado é constante e, conforme a Segunda Lei, a entropia de um sistema isolado tende a um máximo. A eficiência energética de um processo pode ser medida em termos da Primeira ou da Segunda Lei.

Pela Primeira Lei, a eficiência é a razão entre a energia que sai do processo e a energia que entra nele. Já pela Segunda Lei, o quadro é diferente e a eficiência pode ser definida como a razão entre a energia mínima teoricamente necessária para a realização de um processo e a energia efectivamente usada no processo.

Segundo Machado (1998), em termos mais usuais, entende-se por eficiência energética como o conjunto de práticas e políticas, que reduzam os custos com energia ou aumentem a quantidade de energia oferecida sem alteração da geração, que podem ser resumidas em algumas acções globais a seguir:

Planeamento integrado dos recursos: são práticas que subsidiam as empresas fornecedoras e reguladoras de energia a avaliar os custos e benefícios sob as ópticas da geração e do consumidor final, de forma que a energia utilizada pelo sistema seja a de menor custo financeiro e ambiental;

Eficiência na Geração, Transmissão e Distribuição: são práticas e tecnologias que estimulam a eficiência em toda a electricidade que é gerada e entregue aos consumidores finais. Esta categoria inclui cogeração e turbinas de queima de gás natural, além de outras tecnologias capazes de disponibilizar maior quantidade de energia eléctrica em plantas já existentes.

Gestão da procura: são práticas e políticas adoptadas pelos fornecedores de energia, que encorajam os consumidores a usar a energia de uma forma mais eficiente, além de permitir a administração da curva de carga dos fornecedores;

Eficiência no Uso Final: são tecnologias e práticas que estimulam a eficiência energética no nível do consumidor final. Essa categoria inclui praticamente todos os empregos de electricidade e tecnologias caloríficas existentes, tais como motores, iluminação, aquecimento, ventilação, condicionamento de ar, entre outros. Também inclui novas tecnologias que propiciem a conservação e o melhor uso da energia, tais como geradores de energia solar e aparelhos de controlo do consumo de energia.

A mais convincente vantagem da eficiência energética é a de que ela é quase sempre mais barata que a produção de energia. É claro que o investimento em tecnologia eficiente para vários usos finais requererá também maiores gastos de capital e que sistemas e equipamentos eficientes são, geralmente, mais caros que as tecnologias que substituem. Entretanto, o custo de conservar 1 kWh é, de modo geral, mais barato que sua produção. Além disso, em muitas aplicações, o custo da eficiência energética corresponde a apenas uma pequena parcela dos custos da produção de energia.

A preocupação com a eficiência energética deveria começar logo nas centrais eléctricas, onde o aumento da eficácia até 1%, não só melhora a rentabilidade das centrais eléctricas, como também evita a emissão de até 15.000 toneladas de CO₂ por ano, numa central de 200MW de capacidade.

Segundo Sola (2006), numa óptica de sustentabilidade, a eficiência energética pode ser dividida basicamente por quatro dimensões: legal, ambiental, tecnológica e socioeconómica e financeira com se pode ver na Figura 5.



Figura 5: Eficiência Energética e suas dimensões. Fonte: SOLA, XAVIER E KOVALESKI (2006)

A *Dimensão Legal* destaca a importância do Estado na questão reguladora e disciplinadora do sector energético onde deve gerir através da formulação de políticas públicas, planeamento e regulação do mercado. Cabe ao estado a utilização de medidas para incentivar o uso racional de energia, como a criação de incentivos fiscais e programas que promovam e financiem a renovação tecnológica e a utilização de fontes renováveis de energia para a consolidação do processo de eficiência energética.

A *Dimensão Ambiental* está ligada com a preocupação da sustentabilidade quanto ao uso dos recursos energéticos do planeta e à mudança climática ocasionada pela emissão de gases de efeito estufa. Com relação à produção e uso de energia, outras questões são destacadas sob o ponto de vista ambiental: a produção de energia limpa e o uso racional de energia, pela população e pelo sector industrial. O uso de energia limpa e renovável, questões climáticas e a melhoria da qualidade de vida são pontos fundamentais para o desenvolvimento sustentável.

A *Dimensão Tecnológica* trata a maneira como as organizações usam os recursos tecnológicos dentro do sistema produtivo. As inovações tecnológicas não incluem apenas novos produtos, processos e serviços, mas também as mudanças tecnológicas em produtos, processos e serviços já existentes através da aplicação de novos conhecimentos tecnológicos. Os processos de inovação exigem colaboração intensiva entre diversas entidades, como institutos de pesquisa, Universidades e outras empresas.

A *Dimensão Socio-económica e Financeira* preocupa-se com a aplicação de recursos financeiros, tanto na produção e uso de energia como na produção de bens e serviços que por sua vez também consomem energia. O planeamento energético exige visão, estratégia e competência técnica e prevê a redução de consumo de materiais, redução de emissão de substâncias tóxicas, a reciclagem de resíduos e a maximização do uso sustentável de recursos renováveis. A utilização de indicadores de eco-eficiência e ferramentas de gestão devem ser aplicados para auxiliar na conciliação entre ganhos económicos e ambientais.

3.3. A Eficiência Energética na Indústria

Em um contexto de utilizador final, mais precisamente no sector da indústria, a eficiência energética pode ser definida como a redução do consumo de energia mantendo-se os mesmos serviços, e está directamente relacionada com a utilização racional de energia (URE).

As economias de energia possíveis de realizar pela implementação de medidas conducentes à racionalização dos consumos, conduzem a benefícios que se repercutem ao nível macroeconómico, através da diminuição de saída de divisas e de toda a dependência energética e, de forma imediata e directa, ao nível do consumidor, com as seguintes vantagens (GASPAR, 2004):

- Conhecimento profundo das instalações e do custo energético de cada fase, processo ou sistema;
- Aumento da eficiência do sistema energético;
- Redução da factura energética;
- Aumento da competitividade no mercado interno e externo ou aumento de disponibilidade de meios para outros fins;

Para identificar e implementar medidas de oportunidade de racionalização de consumos é necessário:

- Conhecer as opções disponíveis para intervir;
- Conhecer os seus principais consumidores;
- Conhecer as soluções disponíveis no mercado;
- Garantir uma correcta implementação;
- Efectuar uma correcta fiscalização das condições de operação e manutenção.

Além da implementação de medidas de racionalização, as reduções dos consumos de energia são conseguidos essencialmente pela:

- Eliminação de consumos supérfluos;
- Recuperação de energia de perdas;
- Adaptação funcional de equipamento existente;
- Utilização de equipamentos de rendimentos elevados.

Segundo a Schneider Electric é possível reduzir em até 30% o consumo através da implementação dos quatro passos demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1: Os quatro passos para alcançar a Sustentabilidade.

1. Medir	Contadores de energia Centrais de Medida
2. Decidir no Essencial	Equipamentos de baixo consumo Material de isolamento Qualidade de Energia Fiabilidade de Energia
3. Automatizar	Sistema de gestão de edifícios Sistema de gestão de iluminação Sistema de controlo de motores Variadores de Velocidades
4. Monitorizar e Evoluir	Sistema de Gestão de Energia Sistema de Monitorização remota

Existem ainda duas abordagens para a eficiência energética nas indústrias, que diferenciam-se entre si pela abordagem que a empresa: activa ou passiva. A eficiência energética passiva é obtida através do recurso à utilização de equipamentos de baixo consumo, isolamento mais eficaz, correcção do factor de potência, limitando-se a evitar perdas que diminuam o rendimento da instalação. A eficiência energética activa tem atenção constante sobre os consumos, através de monitorização e programas rigorosos de manutenção que permitem reacção imediata em caso de desvios e implementação de medidas correctivas. Inclui ainda a mudança dos comportamentos e procedimentos dos utilizadores, uso optimizado das instalações e equipamentos. (FERREIRA, 1994)

O inverso da eficiência energética é a intensidade energética de um produto ou processo. Esta pode ser expressa como a quantidade de energia por unidade de produto, sendo os indicadores mais utilizados “kWh/US\$” e “kWh/tonelada”(HOFFMANN, 2006). Os indicadores podem medir o quanto o desenvolvimento económico e tecnológico de uma indústria pode influenciar na redução da intensidade energética e na melhoria da eficiência energética. Indicadores de eficiência energética permitem a comparação do desempenho de uma empresa com outras empresas do mesmo ramo, no mesmo país ou de outros países. Eles podem demonstrar a posição de uma dada empresa em relação à eficiência energética e as implicações ambientais e económicas que possam ocorrer em função da escolha do energético.

Por meio de indicadores é possível verificar o quanto cada unidade ou sector de uma empresa consome em certo período e o quanto esse consumo contribui para o consumo total. A partir dessa análise, é possível estabelecer estratégias para intervenção em áreas de menor rendimento, permitindo priorizar acções relativas a projectos de eficiência energética.

3.4. A Gestão da Energia

Para se obter com sucesso um programa de eficiência energética na indústria e usar racionalmente a energia é necessário e fundamental ter uma rigorosa gestão de todas as formas energia que são utilizadas.

Cada vez mais se justifica o processo de Gestão Energética no sistema produtivo, em função do papel estratégico dos *inputs* energéticos na produção, com implicação directa na melhoria do desempenho da organização por meio: da optimização do consumo de energia por produto acabado; da gestão de contratos com fornecedores de energia e sistema tarifário; de tecnologias energeticamente eficientes; da monitorização de perdas energéticas e do uso e qualidade da energia, sobretudo a eléctrica.

Na gestão de energia, diversas técnicas podem ser utilizadas nas empresas, o importante é possuir e seguir critérios para a tomada de decisão e acompanhamento. Em uma organização a informação é fundamental para a tomada de decisão e assegurar acções de eficiência energética e que precisa ter os seguintes elementos: dados necessários e suficientes para tomada de decisão; clareza e objectividade das informações; fiabilidade.

Segundo Ferreira (1994), em qualquer circunstância o método e o nível de gestão deveram satisfazer as questões fundamentais:

- Conhecer os consumos de energia;
- Contabilizar os consumos de energia;
- Dispor de dados para decidir;

- Agir para optimizar;
- Controlar as situações.

Assim, é fundamental que o método utilizado permita, genericamente:

- A medição e a valorização da energia consumida, seja ao nível global ou por sector produtivo da empresa;
- O cálculo do valor da energia transformada dentro da empresa;
- A determinação da parte da energia no preço de custo dos produtos fabricados;
- Análise da situação existente para determinar as possibilidades de acção e fixar as prioridades e as metas a atingir;
- A avaliação e o acompanhamento da rentabilidade dos investimentos em eficiência energética.

Qualquer que seja o sistema organizado de gestão de energia que venha a ser utilizado a sua aplicação deverá sempre passar por uma fase prévia, que corresponde ao conhecimento energético da instalação consumidora. Esta fase corresponde à elaboração de uma Auditoria Energética que deverá fornecer um conjunto muito importante de informações ao sistema organizado de gestão energética, isto é, ao método de gestão idealizado para implementar na instalação consumidora.

3.4.1. Auditoria Energética

A auditoria energética é o exame detalhado das condições de utilização de energia em uma instalação. É uma radiografia ao desempenho energético fabril, permitindo conhecer onde, quando e como a energia esta a ser utilizada, a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia. Indicando igualmente soluções para as anomalias detectadas e os sectores ou equipamentos onde se é prioritário actuar. Tendo a finalidade de reduzir essas perdas sem afectar a produção através do uso mais eficiente da mesma. (GASPAR, 2004)

A função deste tipo de auditorias é apoiar o Gestor de Energia na selecção tecnológica mais adequada para possíveis investimentos para uma utilização racional da energia. Os dados recolhidos permitem estabelecer um conjunto de medidas conducentes à redução dos consumos energéticos da empresa. De uma forma resumida, poder-se-á dizer que uma auditoria energética a uma instalação consumidora de energia tem por objectivos:

- Quantificar os consumos e custos por forma de energia;
- Examinar o modo como a energia é utilizada na instalação;
- Relacionar o consumo de energia com a produção, determinando um indicador energético de grande relevância, o consumo específico de energia;
- Determinar os consumos de energia por sector, processo ou equipamento;
- Examinar detalhadamente o modo como a energia é utilizada;
- Identificar situações de desperdício de energia;
- Propor medidas correctivas e analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor, no caso de ainda não existir, um sistema organizado de gestão de energia.

3.4.2. Monitorização e Estabelecimento de Metas

Um dos problemas que se coloca, em matéria de gestão de energia, em muitas empresas é a falta de informação disponível sobre os consumos energéticos dos processos.

É frequente encontrarem-se em muitas empresas, determinados equipamentos ou sectores responsáveis por uma grande parte do consumo global, sem que tenham contadores instalados, o que impossibilita a determinação dos respectivos consumos específicos bem como a detecção de situações de consumos anómalos.

A implementação de um sistema de monitorização implica determinadas tarefas, consistindo a primeira na realização de uma auditoria energética na qual é obtida a informação sobre a produção, os consumos energéticos e os factores que os influenciam. Decorrente da auditoria energética são definidos os centros de custo de energia, ou seja, os sectores ou equipamentos em que se justifica aplicar procedimentos de monitorização e de controlo.

Segundo a Schneider Electric, a implementação deste tipo de sistemas de gestão de energia pode trazer economias típicas alcançadas e decorrentes exclusivamente do processo da constante monitorização e controlo dos consumos de energia reais e do consumo de energia padrão, na ordem de 3% nos consumos eléctricos e 5% para as restantes formas de energia.

3.4.3. Sistemas de Gestão de Energia

Um Sistema de Gestão de Energia (SGE) tem como missão dar uma visão global e centralizada do estado de funcionamento de toda a instalação e simultaneamente, permitir a actuação sobre diversas cargas em tempo real. As motivações para a adopção de tal sistema prendem-se com:

- Optimização dos custos de exploração da instalação e de equipamentos,
- Monitorização e controlo total dos equipamentos técnicos,
- Conforto dos utentes/trabalhadores,
- A contabilidade energética,
- Auxílio aos serviços de manutenção.

A utilização de um SGE permite por um lado estabelecer padrões de consumo, facilitando o conhecimento dos consumos específicos dos principais sectores. Com base nesta informação, é possível estabelecer um plano de acção, atribuindo prioridades de intervenção para os sectores com consumos considerados excessivos. Possibilita também avaliar a eficiência das medidas implementadas, através de medições realizadas à *posteriori*, comparando-as com medições anteriores. Estes sistemas permitem ainda detectar situações menos normais através de consumos (de água, electricidade, gás ou outro combustível) não proporcionais à utilização, auxiliando assim os serviços de manutenção.

A utilização destes sistemas pode conduzir a economias significativas de energia, apesar de ser uma medida normalmente pouco valorizada, mesmo por quem a adoptou. A instalação de um sistema do género deve ser precedida de um cuidadoso trabalho de especificação do sistema, no sentido de garantir a sua máxima eficácia.

3.4.4. Análise da Factura Eléctrica

As análises das facturas eléctricas são de muita importância principalmente em empresas que não possuem sistemas de gestão de energia electrónicos. É uma análise simples onde é

possível entender melhor os consumos anuais e suas variações sazonais. Serve para verificar se a opção tarifária da empresa é a melhor, analisar a distribuição dos consumos pelos períodos horários do dia, se existe o pagamento de energia reactiva ou não; e a evolução da potência em Horas de Ponta e da Potência Contratada.

A motivação para a utilização racional da energia está na redução de encargos da factura de energia eléctrica. A factura não dependa apenas da quantidade mas também do modo temporal de como se utiliza essa energia, principalmente a energia eléctrica, bastante dependente do período em que é consumida. (SÁ, 2008)

A estrutura da factura eléctrica baseia-se na separação entre uma parcela que paga a energia e uma parcela associada à potência, existindo também um termo fixo mas que tem pouca importância em termos de peso na factura final. A parcela de energia mantém uma estrutura de cálculo baseada na multiplicação do preço do kWh pelo consumo, desagregado por períodos tarifários (ponta, cheia, vazio e super vazio). A parcela de potência sofre alterações metodológicas.

3.4.4.1. Parcela de Energia

Segundo a entidade reguladora dos serviços energéticos de Portugal (ERSE), a energia activa consumida em Média Tensão poderá ser facturada em quatro períodos horários: horas de ponta, horas cheias, horas de vazio normal e horas de super vazio. Existe ainda a distinção entre consumos em quatro períodos anuais: Período I (1 de Janeiro a 31 de Março), Período II (1 de Abril a 30 de Junho), Período III (1 de Julho a 30 de Setembro) e Período IV (1 de Outubro a 31 de Dezembro). Os períodos I e IV correspondem ao anterior período húmido, e os períodos II e III ao anterior período seco.

Tabela 2: Horário dos períodos tarifários para o ciclo diário. Fonte: EDP

Tarifa	Inverno	Verão
Ponta	09:30 – 11:30	10:30 – 12:30
	19:00 – 21:00	20:00 – 22:00
Cheia	08:00 – 09:30	09:00 – 10:30
	11:30 – 19:00	12:30 – 20:00
	21:00 – 22:00	22:00 – 23:00
Vazio Normal	22:00 – 02:00	23:00 – 02:00
	06:00 – 08:00	06:00 – 09:00
Supervazio	02:00 – 06:00	02:00 – 06:00

Os valores de consumo de energia activa nos diversos períodos diários, conjugados com a análise do tipo de processo da empresa, podem sugerir medidas destinadas a reduzir custos energéticos. Alguns consumos substanciais podem ser transferidos das horas de ponta para as horas cheias ou de vazio. Se existirem grandes diferenças nas percentagens mensais de energia consumida nestes três ou quatro períodos, essa circunstância pode dever-se a

exigências da laboração ao longo do ano. Mas pode também significar falta de controlo em relação à forma como a energia é consumida.

A transposição para forma gráfica dos valores dos consumos das facturas de energia eléctrica, ao longo de doze meses, constitui uma espécie de diagrama de cargas anual. A sua evolução pode confirmar alterações significativas nas instalações ou no ritmo de laboração, ou ainda anomalias e irregularidades no processo de fabrico.

3.4.4.2. Parcela de Potência

A situação de mínimo custo é a absoluta concordância entre a Potência Contratada e a Potência em Hora de Ponta, devendo ambas ter o mínimo valor possível. A solução mais adequada será a da determinação da potência mínima a contratar (PC), assegurando que não é tomada uma potência superior a esta. Se nas facturas existirem discrepâncias significativas entre cada mês na PC e PHC, dever-se-á analisar hipóteses de medidas a tomar, como sejam o controle de pontas, o deslastres de cargas, etc.

A Potência em Horas de Ponta corresponde ao quociente mensal entre a energia activa consumida em horas de ponta e o número de horas de ponta para o mesmo período.

3.4.5. Compensação do Factor de Potência

Grande parte dos equipamentos eléctricos ou electromecânicos instalados em unidades industriais necessitam, para poderem funcionar, de uma forma de energia eléctrica que não produz trabalho, a energia reactiva. A potência reactiva indutiva é necessária ao funcionamento de motores, e é responsável pela magnetização dos enrolamentos de motores e transformadores. O oposto da energia reactiva indutiva é a energia reactiva capacitiva, e por isto ela é expressa na mesma unidade, porém com valor negativo. Com isso, uma instalação qualquer necessita de dois tipos de energia:

- *Potência Activa*: que realiza o trabalho propriamente dito, gerando calor, iluminação, movimento, etc., e é medida em W;
- *Potência Reactiva*: que mantém o campo electromagnético, e é expressa em VAR.

A Potência Total ou Aparente é dada em VA, e é a soma vectorial das potências activa e reactiva, como mostra a Figura 6. O factor de potência é sempre um número entre 0 e 1 e pode ser capacitivo ou indutivo, dependendo se o consumo de energia reactiva for capacitivo ou indutivo.

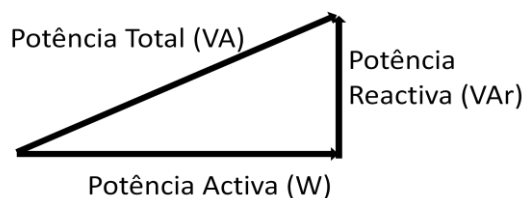


Figura 6: Diagrama de Potências

A correcção do factor de potência é um investimento necessário para reduzir as perdas eléctricas na rede de distribuição de energia, pois ele é responsável pelas sobrecargas de cabos e transformadores. As perdas eléctricas dependem quadraticamente da potência aparente. Ao

corrigirmos o factor de potência estamos a diminuir a potência aparente consumida e consequentemente as perdas eléctricas nas redes de distribuição.

O tarifário penaliza também esta “injecção” de energia reactiva por poder provocar aumentos indesejados na tensão da rede. Por outro lado, à medida que a instalação fabril aumenta de complexidade, as necessidades de compensação não são constantes. Há que controlar permanentemente a quantidade de compensação de energia reactiva, introduzindo e retirando condensadores, por forma, a manter o factor de potência entre +0,93 e -0,93.

A potência reactiva consumida pelo circuito magnético das cargas, tais como, motores, transformadores ou iluminação fluorescente, conduz a um aumento da corrente em circulação nos condutores. O desfasamento entre tensão e corrente possui vários inconvenientes, tais como: aumento das perdas eléctricas, aumento da queda de tensão, menor disponibilidade eléctrica por parte dos transformadores e condutores, redução do tempo de vida útil de motores e transformadores e por último a penalização financeira por parte do fornecedor de energia.

A compensação do factor de potência conduz a uma dupla redução com reflexos na factura de energia eléctrica, uma devido à diminuição das perdas de energia activa, e a outra resultante da redução significativa da energia reactiva. A forma de limitar ou evitar a absorção de energia reactiva da rede, consiste em produzi-la dentro da própria instalação utilizando equipamentos adequados a esse fim, os condensadores.

4 Caso Prático de Estudo

4.1. Caracterização dos Produtos e Processo Produtivo

A produção actual da fábrica do Porto consiste no fabrico de lixívia *Neoblanc* sendo o produto final disponibilizado em embalagens de 1L, 2L, 2.5L e 4L. Cada tipo de produto possui entre duas a quatro variantes, existindo treze na totalidade:

- 1L Tradicional, 1L Frescura do Campo, 1L Denso Perfumada Azul e 1L Denso Perfumada Verde;
- 2L Tradicional, 2L Frescura do Campo, 2L Denso Perfumada Azul e 2L Denso Perfumada Verde;
- 2.5L Tradicional, 2.5L Tradicional (Ace Espanha), 2.5L Frescura do Campo (Ace Espanha);
- 4L Tradicional e 4L Frescura do Campo.

O processo produtivo da lixívia está dividido entre quatro departamentos: Processo Químico, Departamento de produção de embalagens (DPE), Enchimento e Logística. Sendo constituído pelas seguintes etapas e conforme representado pela:

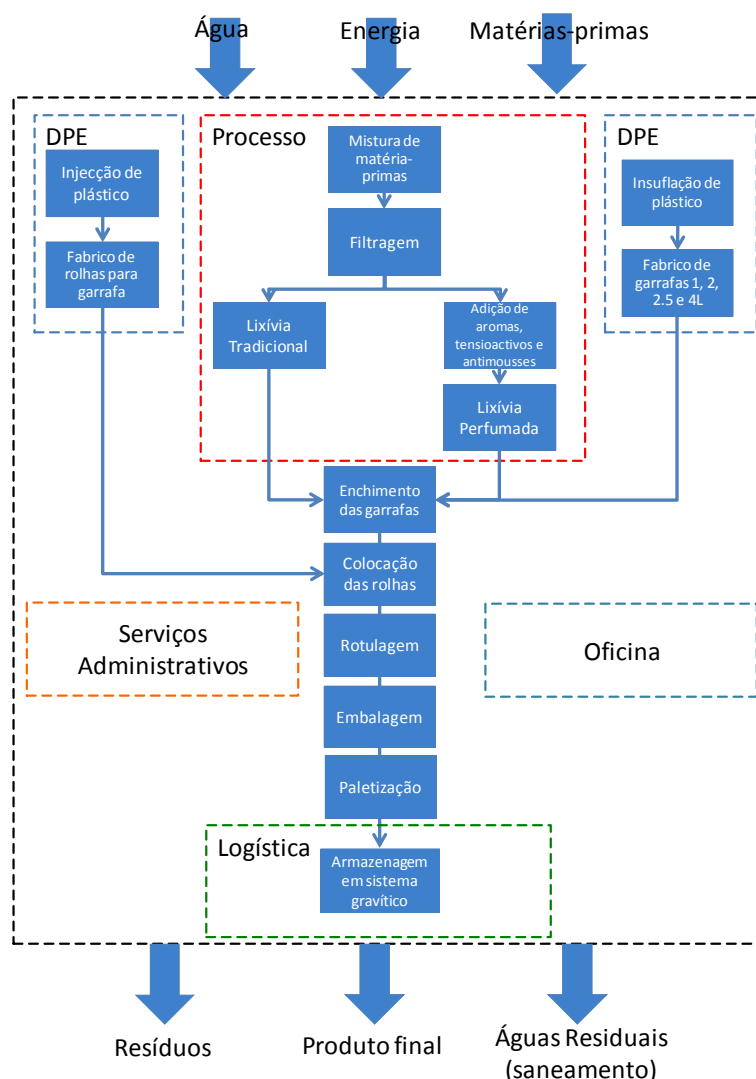


Figura 7: Fluxograma do processo de produção de lixívia

Processo Químico – Engloba as actividades de descarga e armazenagem de matérias-primas (Hipoclorito de Sódio, Soda Caustica, Tripolifosfato de Sódio) e a produção de lixívia, que consiste na mistura das matérias-primas, filtração, controlo de qualidade e armazenagem de produto final.

Departamento de Produção de Embalagem (DPE) – Engloba as actividades de descarga de polietileno (sistema automático) e a produção de garrafas por insuflação e a produção de rolhas por extrusão. A matéria-prima para a produção de garrafas é o polietileno e para as rolhas é o polipropileno que é disponibilizado pela logística à área deste departamento.

Linhas de Enchimento – esta área está estruturada em 3 linhas de enchimento (1 litro, 2 e 2.5 litros e 4 litros) que estão ligadas a uma rede de transportadores (1 por linha) e, estes convergem para o paletizador. Absorve as actividades de enchimento, rotulagem, embalagem e paletização de produto final.

Logística – contempla as actividades de manipulação de cargas e gere as áreas de armazenagem de matéria-prima (excepto tanques) e produto final, possuindo um armazém com capacidade para 741 paletes de produto acabado.

Oficina – Local de pequenas reparações e manutenção.

Serviços Administrativos – funções de suporte às actividades produtivas, entre elas o planeamento de produção, controlo de custos, compras.

A Unidade Padrão de Produção - SU (Standard Unit)

Para efeitos de comparações e contabilidades, a P&G definiu a utilização de uma unidade padrão única de cada produto fabricado pela empresa, o SU (*standard unit*). Essa unidade varia de produto para produto e é definido de acordo com vários factores, dentre eles o lucro a ele referido. No caso do produto lixívia, um SU é o equivalente a 55 litros de produto, sendo então a unidade MSU, milhares de unidades padrão, 55.000 litros de lixívia. A produção anual dos últimos anos fiscais vem descrita no Gráfico 3.

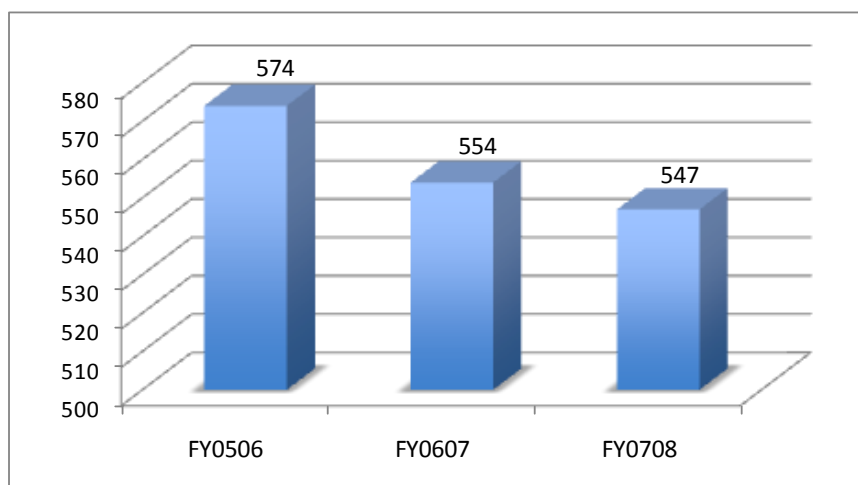


Gráfico 3: Produção em MSUs dos últimos anos fiscais.

A empresa Procter & Gamble Porto utiliza unicamente de electricidade como fonte de energia. A electricidade tem larga utilização na empresa, desde o funcionamento dos motores eléctricos, presente em praticamente todas as máquinas e bombas que envolvem o processo de fabrico; accionamento dos compressores que geram ar comprimido; accionamento dos chillers que fornecem água fria ao processo; iluminação; ar condicionado e outras actividades de laboratório e escritório.

O consumo anual médio da empresa gira em torno de 2.020.800 kWh, o que é equivalente a 7.275 GJ ou ainda 175 tep. Esse consumo possui variações sazonais ao longo do ano.

A análise dos consumos mensais e anuais é realizada através das facturas de energia eléctrica, uma vez que a empresa não possui um sistema de gestão de energia com leituras parciais e o contador fica em um local de difícil acesso. No

Gráfico 4 é possível verificar os consumos totais anuais de energia eléctrica nos últimos três anos fiscais, onde se pode observar que o ano de 2007-2008 teve um acréscimo de cerca de 2,8% em relação ao ano anterior de 2006-2007.

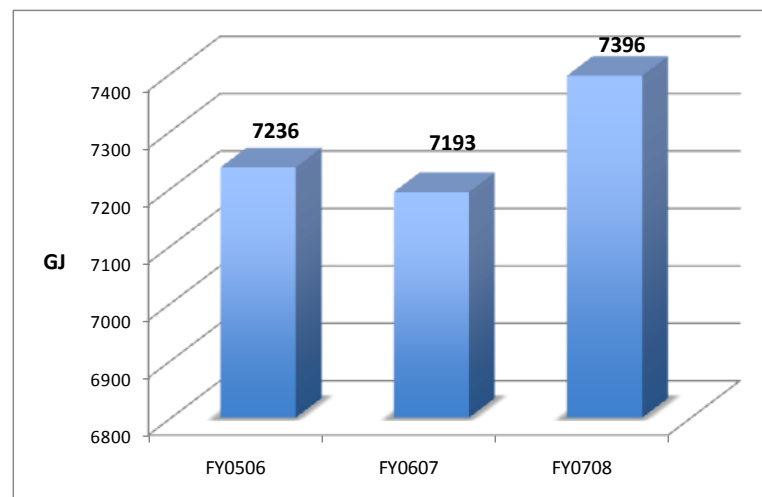


Gráfico 4: Consumo anual de energia eléctrica em GJ.

Contracto de Fornecimento de Energia

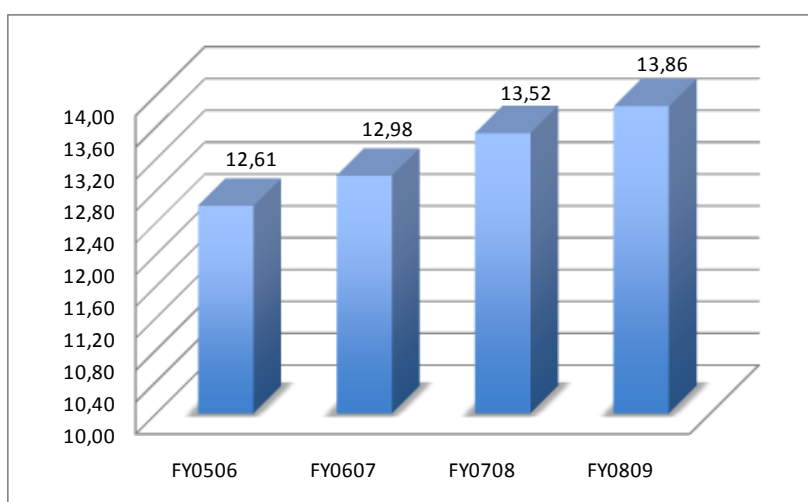
A empresa possui um contrato com a EDP Serviço Universal, com uma ligação de média tensão de 15 kV, transformados no transformador interno para uma potência de 800 kVA. A potência contratada é de 594 kW, sendo a opção tarifária a de Longas Utilizações, com tarifa tetra-horária e ciclo diário de tarifação. Os valores das tarifas de utilização da parcela de energia do contrato em vigor na empresa estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores do kWh em cada período de tarifação. Fonte: EDP

Período Trimestral	Ponta	Cheia	Vazio Normal	Super vazio
I	€0,1039	€0,0791	€0,0501	€0,0468
II	€0,1072	€0,0814	€0,0521	€0,0485
III	€0,1072	€0,0814	€0,0521	€0,0485
IV	€0,1039	€0,0791	€0,0501	€0,0468

Como não faz sentido uma comparação mensal ou anual apenas com quantidades de energia consumida, sem se saber a utilização dessa energia, é usado na empresa o SEC (*Specific Energy Consumption*) que é a energia consumida por unidade de produção expressa em GJ/MSU, sendo também referida como o consumo energético ajustado a produção. No

Gráfico 5 está apresentado o SEC anual médio dos últimos quatro anos fiscais.

**Gráfico 5: Consumo Específico Médio Anual em GJ/MSU**

O consumo específico de energia da empresa vem aumentando nos últimos quatro anos fiscais. Isso se deve a um declínio na produção anual da empresa, o que acaba por não reflectir linearmente no consumo de energia, ocasionando um aumento na quantidade de energia utilizada na produção de um MSU.

4.1.1. Distribuição de Electricidade

A empresa recebe energia eléctrica directamente da rede de distribuição numa ligação de média tensão na ordem de 15 kV, que vai directamente para o posto de transformação (PT) onde a tensão é reduzida para 800 kVA. A partir do posto de transformação, a energia eléctrica passa para o quadro geral de baixa tensão (QGBT) e então é distribuída para os centros de consumos de baixa tensão (BT) que estão todos ligados ao QGBT.

A contabilização dos consumos de energia eléctrica é feita em apenas um ponto, na entrada da ligação de média tensão, localizado no interior do posto de transformação, um local de acesso apenas a pessoas autorizadas. Na Figura 8, está esquematizado a distribuição dos quadros eléctricos de baixa tensão a partir do posto de transformação.

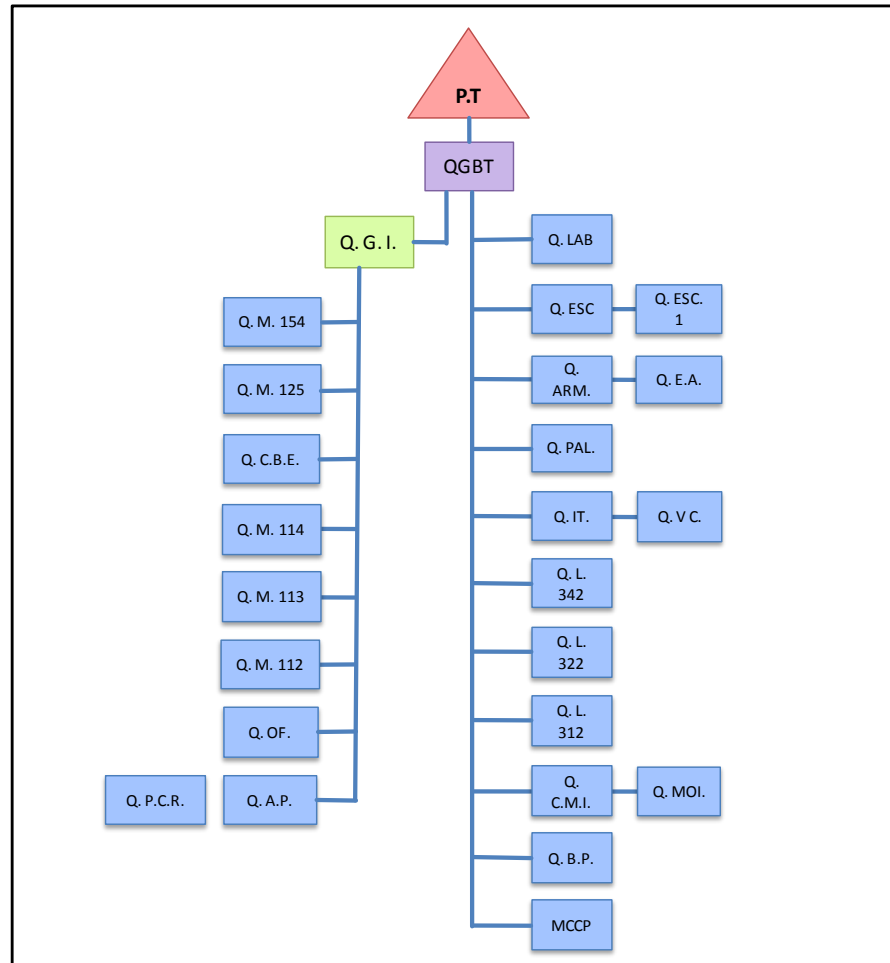


Figura 8: Distribuição dos quadros eléctricos de baixa tensão

4.1.2. Medidas de Eficiência Energética já Implementadas

No ano de 2000 a fábrica passou por obras de remodelação, onde foram também aplicadas algumas melhorias no que diz respeito a novas tecnologias que ajudam na eficiência energética. Nessa altura a iluminação da fábrica foi toda trocada utilizando-se luminárias com balastros electrónicos que são muito mais eficientes que os convencionais.

O telhado recebeu uma nova cobertura com um melhor isolamento térmico onde foram instaladas clarabóias para aumentar a incidência de luz natural, o que e durante o dia ter permite que algumas luminárias sejam apagadas.

O quadro eléctrico da iluminação foi simplificado e bem identificado, sendo possível controlar vários locais de iluminação separadamente, o que é uma medida que facilita a

redução do custo da iluminação, pois pode-se apenas iluminar as áreas que realmente estão a precisar.

Uma empresa externa realizou uma auditoria nos motores presentes em todas as máquinas da fábrica e constatou que estes estão dimensionados correctamente de acordo com a utilização, ou seja, eliminando as ineficiências e as perdas relacionadas com o mau dimensionamento dos motores.

Foi instalado um sistema para compensar o factor de potência da instalação eléctrica eliminando dessa maneira um custo da factura eléctrica e aumentando a vida útil da maioria dos motores e componentes electrónicos.

Todos os computadores utilizados actualmente pelo serviço administrativo são portáteis, ou seja, equipamentos que utilizam 90% menos energia que computadores convencionais.

4.2. Caracterização Energética dos Processos Produtivos

4.2.1. Iluminação

A iluminação da nave fabril é efectuada por lâmpadas fluorescentes tubulares, de 58 W, instaladas em luminárias duplas. A distribuição das luminárias é realizada em dois níveis: por tarefas/operações e a nível geral, sendo cada área está bem identificada no quadro eléctrico da iluminação. A iluminação por tarefas/operações está localizada a uma altura de 3 metros do piso e concentrada na região a ser iluminada, por exemplo: as linhas de enchimento. A iluminação geral é formada por luminárias localizadas a uma altura em torno de 5 metro do piso e distribuída de forma mais geral pela área fabril para fornecer uma iluminação mais intensa a ser utilizada de um forma total principalmente no período da noite. Esta disposta em linhas paralelas que atravessam a nave fabril e também ao longo das paredes laterais.

Nos escritórios, laboratórios, salas de reuniões e áreas comuns, a iluminação é realizada por lâmpadas fluorescentes tubulares de alta eficiência e também equipadas por balastros electrónicos.

A área fabril possui 10 clarabóias de 1m² que permitem a entrada de luz natural e diminuem em parte a necessidade da iluminação artificial durante o dia. A desvantagem na utilização dessa técnica iluminação natural é a entrada de radiação solar e o aumento significativo da temperatura interna principalmente nos meses de Verão, pois a área fabril não é climatizada e em algumas áreas opera com máquinas que possuem uma elevada temperatura de trabalho.

A área do paletizador e da logística possuem chapas translúcidas na cobertura que também permitem um bom aproveitamento da luz natural durante o dia.

Na área externa do estacionamento e entrada de camiões a iluminação é realizada por lâmpadas de vapor de mercúrio de 250W que possuem seu funcionamento controlados por sensores fotoeléctricos.

4.2.2. Processo Químico

No processo químico é onde se realiza a produção da lixívia. Em tanques de 25.000 litros de fibra de vidro são dissolvidos, misturados e filtrados os componentes químicos da lixívia, todo esse processo é controlado por um sistema computadorizado e realizado por bombas eléctricas e pneumáticas. A base do produto é sempre a mesma e corresponde ao produto

Neoblanc Tradicional. Para as demais variantes do produto, são adicionadas ao produto base outras substâncias como detergentes e perfumes. Através de uma tubulação a lixívia já pronta sai do departamento de processo e é distribuída para as três linhas de enchimento da fábrica, sendo que cada uma das linhas pode estar a utilizar uma das variantes do produto.

O consumo energético desse sector se deve basicamente as bombas eléctricas e pneumáticas que trabalham na agitação, filtração e bombeamento do produto líquido e também pela central de computadores que controla todo o processo.

4.2.3. Produção de Embalagens Plásticas

O processo produtivo dessa secção desenvolve-se em dois sectores: insuflação e injeção. Para o fabrico das embalagens por insuflação existem cinco máquinas insufladoras que aquecem a matéria-prima (polietileno e corante) através de resistências eléctricas a uma temperatura de 200°C. A matéria-prima derretida, sai por um processo de extrusão em um formato de mangueira e por insuflação com ar comprimido adquire o formato do molde, onde posteriormente é resfriada e acontece a rebarbagem. Existe apenas uma máquina que produz cápsulas plásticas por injeção onde a matéria-prima (polipropileno e corante) é aquecida através de resistências eléctricas, injectada em um molde e, por último o molde é arrefecido.

O processo de fornecimento de embalagens às linhas acontece de duas maneiras: directamente para as linhas de enchimento através de transportadores aéreos usando o sistema venturi¹⁹, ou para armazenamento em silo para uso posterior.

O consumo de energia nessa secção é muito elevado, uma vez que as resistências eléctricas existentes nas máquinas necessitam aquecer os termoplásticos a temperaturas superiores a 200°C continuam a manter uma temperatura elevada durante toda a produção, pois, tanto as insufladoras quanto a injectora, depois de uma paragem prolongada, necessitam de um período de duas horas somente para aquecer a matéria-prima antes de começar a produção. O consumo de ar comprimido nesse departamento também é muito significativo, sendo responsável por 50% de todo o consumo da fábrica, pois o processo de produção de embalagens por insuflação necessita de um grande volume de ar comprimido utilizados nos sopros dos moldes.

4.2.4. Enchimento

O enchimento funciona interligado aos sectores de produção de embalagens e do processo químico, onde o produto é finalizado e embalado. Possui três linhas de enchimento, duas dedicadas exclusivamente a garrafas de 1 Litro e 4 Litros, e outra que produz tanto 2 Litros como 2.5 Litros (embalagem promocional).

As garrafas chegam directamente em uma mesa receptora, através de tapetes rolantes se dirigem até a enchedora onde recebem a lixívia, logo após passam pela máquina arrolhadora, onde recebem a rolha (cápsula); depois na rotuladora recebem o rótulo e são codificadas; seguindo para a embaladora onde são colocadas em caixas, fechadas e enviadas por transportadores até o paletizador que automaticamente finaliza o palete. Cada linha de enchimento é totalmente automatizada, possuindo vários sensores electrónicos e necessitando apenas de um funcionário por turno para operar.

¹⁹ Sistema composto por ventiladores que criam um vácuo fazendo com que as garrafas sejam sugadas e enviadas através do transportador aéreo ao destino final.

O consumo de electricidade nesse sector é caracterizado pelos motores de accionamento das máquinas e os vários pequenos motores dos transportadores e tapetes. É um consumo muito baixo se comparado com os outros sectores da fábrica.

4.2.5. O Sistema de Arrefecimento de Águas

As máquinas e os moldes utilizados no fabrico de embalagens plásticas necessitam de arrefecimento contínuo de forma a manter a temperatura de trabalho nos valores pré-estabelecidos de funcionamento. Este arrefecimento é feito através da circulação de água refrigerada (cerca de 7-8°C) pelos canais internos das máquinas e dos moldes em um circuito fechado através de uma rede de distribuição.

A produção de água refrigerada é realizada por um sistema centralizado de circuito fechado, composto por dois *chillers*²⁰, bombas e tanques que resfriam a água e fornecem à rede de acordo com a necessidade. O consumo de electricidade nesse sector é significativo, uma vez que, os *chillers* utilizados são eléctricos e por serem máquinas térmicas possuem um rendimento muito baixo, em torno de 10%. Na Tabela 4 são apresentadas as principais características dos *chillers* referidos.

Tabela 4: Características dos *Chillers*

	<i>Chiller 1</i>	<i>Chiller 2</i>
Marca	SIRE	MTA
Modelo	900 SHS	TAN133/N
Tipo Compressor	Alternativo	Scroll
Gas Refrigerante	R22	R407C
Ano	1990	2002
Potência Eléctrica	110 kW	132 kW
Arrefecimento Condensadores	Ar	Ar

4.2.6. A Produção de Ar Comprimido

A produção de ar comprimido na empresa é centralizada em uma central de produção e distribuída através de um rede de distribuição para vários pontos de utilização. A central é formada por três compressores de parafuso rotativo, duplo estágio da marca Atlas Copco, um reservatório de 1m³, um pré-filtro, um secador de ar e um filtro final. E fornece ar comprimido à rede a uma pressão de 6.5-7 bar.

Os compressores estão equipados com contadores de horas totais de funcionamento e contadores de horas de carga. A central está equipada com um autómato que permite fazer o controlo de funcionamento dos compressores, para os quais está definido um *set-point* de 7 bar para pressão de serviço. Este autómato promove a entrada em funcionamento dos compressores em função da variação de pressão da rede de ar comprimido, isso acontece de

²⁰ Máquinas de refrigeração de águas.

uma forma rotativa para que as horas de funcionamento dos mesmos sejam equivalentes. Os compressores de ar instalados têm as características apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Característica dos Compressores

Número	1	2	3
Marca	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco
Modelo	GA 55	GA 55	GA 55
Ano	1993	1994	1996
Tipo	Óleo	Óleo	Óleo
Potência do Motor	55 kW	55 kW	55 kW
Capacidade	9,3 m ³ /min	9,3 m ³ /min	9,54 m ³ /min
Consumo	0,099 kWh/m ³	0,099 kWh/m ³	0,099 kWh/m ³
Regulação	Carga-Vazio	Carga-Vazio	Carga-Vazio
Arrefecimento	Ar	Ar	Ar

4.2.7. Climatização

A climatização é realizada por um sistema de ar condicionado central, beneficiando a parte administrativa da empresa: escritórios, salas de reuniões, salas de formação, sendo que cada área a ser climatizada possui controlos individuais para ligar e também termóstato. A área fabril não possui climatização artificial, apenas um sistema de aero-arrefecedores que além de ventilar e arrefecer possuem a função de criar uma pressão negativa interna, diminuindo assim a entrada de sujidade dentro da fábrica.

4.2.8. Serviços Administrativos

O serviço de apoio a produção está actualmente localizado em apenas um escritório, recentemente remodelado que se localiza junto a produção e onde trabalham diariamente 16 funcionários, tendo também ao lado, uma sala de reuniões. No andar superior estão localizadas mais uma sala de reuniões e uma sala de formação, que são eventualmente utilizadas. O consumo energético nessa área é caracterizado principalmente pela iluminação e utilização de equipamentos de escritório.

4.3. Análise dos Padrões de Consumo

4.3.1. Auditoria Energética

Qualquer processo de gestão de energia terá necessariamente que começar pelo conhecimento da situação energética da instalação. O princípio é óbvio – para gerir é indispensável conhecer o objecto de gestão.

No seguimento do estudo sobre o consumo de energia eléctrica na empresa, foram realizadas medidas directamente dos quadros eléctricos de baixa tensão, para um levantamento sobre os reais consumos de cada máquina ou sector.

Para a realização dessas medidas foi utilizado um aparelho portátil analisador de energia eléctrica, que é um equipamento que permite medir um conjunto de parâmetros que definem um sistema eléctrico. Através de três pinças amperimétricas e quatro cabos medidores de tensão, realizam as leituras dos diferentes parâmetros eléctricos entre as fases como: correntes, factores de potência ($\cos \phi$), potência activas, reactivas e aparentes e os consumos. Um aparelho semelhante ao da Figura 9 foi utilizado para as análises de consumos realizadas na empresa.



Figura 9: Aparelho analisador de energia eléctrica

Dependendo do tipo de equipamento, as análises foram realizadas por um período de 1 hora ou 24 horas, ou seja, equipamentos que variam muito ao longo do seu funcionamento entre estarem em carga ou vazio, a análise foi realizada por um período mais longo, de 24 horas. Enquanto equipamentos onde o consumo é estável a partir do ligamento da máquina, a análise pôde ser realizada em um período menor, 1 hora, sendo que as horas de utilização dos equipamentos foram levadas em conta nessas análises.

No Gráfico 6, estão os resultados obtidos na medição realizada em cada uma das máquinas ou sectores da empresa.

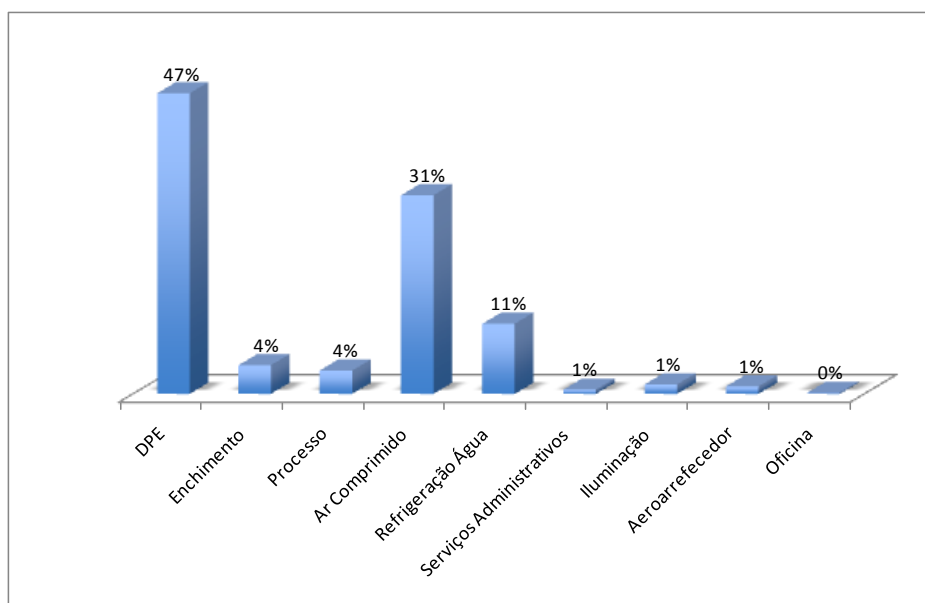


Gráfico 6: Percentagens dos consumos de energia por áreas da empresa

Ao analisar os dados dos consumos foi constatado, como já era esperado, que o departamento de produção de embalagens (DPE) é o maior consumidor de energia, responsável directamente por quase metade de toda a energia eléctrica consumida pela fábrica, e indirectamente por mais de 70%, pois o sistema de arrefecimento de águas é de uso exclusivo das máquinas insufladoras que, por sua vez, também consomem a maior parte do ar comprimido produzido pelos compressores.

A constatação que o sistema de ar comprimido é o segundo maior consumidor de energia na empresa foi uma novidade para todos, não se esperava que essa forma de energia produzida na empresa fosse responsável por cerca de um terço do consumo total de energia eléctrica.

O terceiro maior consumido é o sistema de arrefecimento de água, responsável por 11% do consumo total de energia.

4.3.2. Mapa Energético

A partir dos dados recolhidos sobre os consumos localizados foi elaborado um mapa de energia, que pode-se observar na Figura 10, onde é possível identificar visualmente todo o caminho e as transformações energéticas dentro da empresa, e os consumos localizados por departamento.

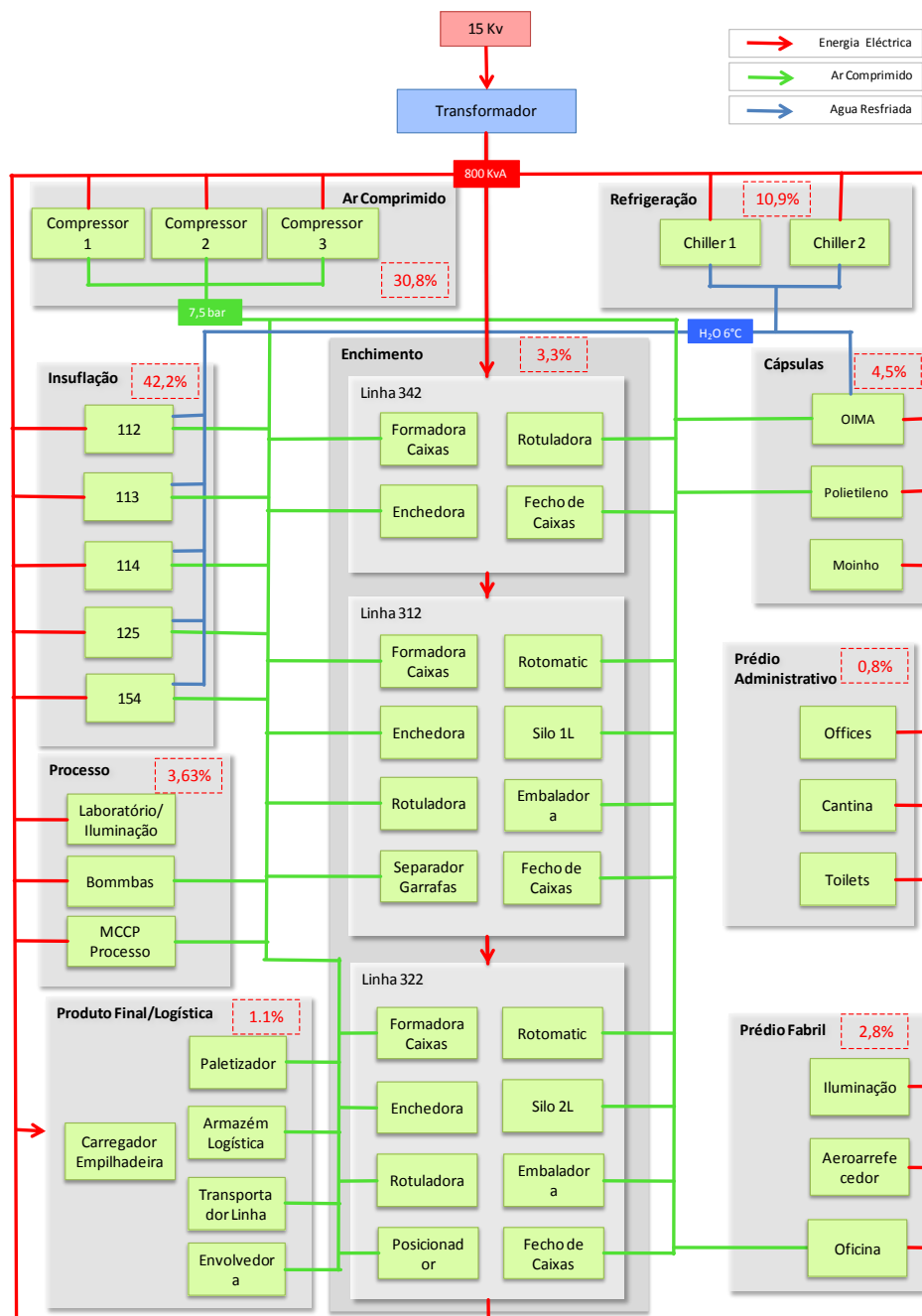


Figura 10: Mapa de Energia da Empresa

4.4. Estudo Sobre o Ar Comprimido

Como foi demonstrado anteriormente o sistema de produção de ar comprimido é responsável por 30% do consumo total de electricidade na empresa. É um consumo considerado acima da média, pois segundo Sá (2008), o consumo médio de ar comprimido nas indústrias gira em torno de 19% do consumo geral. Mas é um consumo explicável, uma vez, como já citado anteriormente, a produção de embalagem plásticas por insuflação necessita de uma grande caudal de ar comprimido.

Por ser o segundo maior consumidor de energia, merece uma análise e um estudo mais profundo principalmente em relação as perdas e potenciais de optimização do consumo.

Devido ao próprio princípio de funcionamento, são comuns perdas de carga e fugas em um sistema de ar comprimido, no entanto, essas perdas e fugas não devem exceder 10% da capacidade instalada.

Portanto, dimensionar correctamente a rede de ar, identificar e eliminar os vazamentos de ar comprimido são maneiras mais simples e eficientes de economizar a energia necessária para a compressão. Válvulas, tubos, mangueiras e conexões mal vedados, corroídos, furados e sem manutenção são responsáveis por vazamentos de enormes proporções num sistema pneumático.

Cabe lembrar também, que o uso racional é muito importante principalmente tratando-se de uma forma de energia cara como é a pneumática. É muito importante a realização de um estudo de todas as tarefas que utilizam esse tipo de energia para certificar-se de que o ar comprimido é a opção que apresenta a melhor relação custo/benefício. Não é pelo facto de existir uma rede de ar comprimido na empresa que todas as ferramentas devam ser pneumáticas, em geral, as ferramentas pneumáticas utilizam dez vezes mais energia que as eléctricas.

Perda de Carga (queda de pressão)

Além da redução da pressão do ar comprimido provocada por uma rede de distribuição inadequada (diâmetro da tubulação inferior ao necessário, *lay-out* incorrecto da tubulação, curvas e conexões em excesso, etc.), um sistema de ar comprimido também pode estar operando numa pressão muito superior à aquela exigida pela aplicação.

O cálculo correcto da rede de distribuição principal e secundária, a manutenção e substituição periódica de elementos filtrantes saturados, a regulação precisa da pressão de cada ponto de consumo, a escolha de componentes e acessórios com menor restrição ao fluxo de ar, bem como a selecção correcta do compressor em função das necessidades de pressão do sistema, são medidas que poderão contribuir de forma fundamental para a redução do consumo de energia associado à perda de carga.

Temperatura de admissão do ar

A elevação da temperatura ambiente diminui a densidade do ar, provocando uma redução da massa de ar aspirada pelo compressor. Em consequência, a eficiência do compressor fica comprometida. Dessa forma, recomenda-se a instalação de ductos na tomada de ar do compressor para permitir a sucção de ar ambiente fresco oriundo da parte externa das instalações. Admite-se que uma redução de 3°C na temperatura de admissão do ar ambiente pelo compressor implica numa economia de energia de 1%.

4.4.1. Análise das Fugas de Ar Comprimido

As fugas em um sistema de ar comprimido representam uma perda elevada, pois consomem ar de uma maneira contínua, uma vez que, a maioria das centrais de compressão de ar funcionam de uma forma ininterrupta por quase todos os dias do ano.

Mesmo uma fuga milimétrica representa uma perda considerável: um orifício de apenas um milímetro a uma pressão de 6 bar é responsável por uma potência de 0,3 kW, ou seja, equivale a quantidade de energia gasta por cinco lâmpadas de 60 watts em um mesmo período.

Na Tabela 6 podemos verificar a potência gasta nos compressores para compensar a perda da carga causada por cada tamanho de fuga, bem como, o custo associado a cada uma dessas potências. Para esses cálculos foi usado um valor médio de energia de €0,086 pelo kWh.

Tabela 6: Representação do custo das fugas pelo seu tamanho. Fonte: Novais (1995)

Diâmetro do Furo (mm)	Perda a 6 bar (m ³ /min)	Potência necessária à compressão (kW)	Perda diária (€) (24 horas)	Perda anual (€) (242 dias)
1	0,06	0,3	€0,62	€149,85
2	0,37	1,17	€2,41	€584,40
3	0,61	3,1	€6,40	€1.548,41
4	1,16	5,5	€11,35	€2.747,18
5	1,58	8,3	€17,13	€4.145,75
6	2,27	11,8	€24,36	€5.893,96
8	4,04	21,1	€43,55	€10.539,20
10	6,31	33	€68,11	€16.483,10

Segundo Novais (1995) na prática é impossível se ter um sistema totalmente sem fugas, mas essas não devem exceder 10% da capacidade instalada.

Podemos conhecer o caudal de fugas de ar comprimido de um sistema ao realizarmos um simples teste nos compressores em um dia que a fábrica estiver parada, com todas as máquinas desligadas, mas os pontos de consumos conectados. Ao ligarmos um compressor a pressão da rede chegará ao seu limite máximo e o compressor entrará em vazio. Teoricamente em um sistema perfeito, o compressor deveria se manter em vazio e a pressão constante, mas como existem fugas no sistema, a pressão diminuirá até alcançar o valor mínimo e colocar o compressor em carga.

O teste consiste em usarmos um cronómetro e realizarmos várias medidas do tempo de queda do diferencial, ou seja, o tempo que o sistema leva para a pressão cair do valor máximo estipulado até o valor mínimo onde voltará a accionar o compressor. Para isso devemos conhecer o volume do reservatório, a pressão máxima e mínima do sistema e o caudal do compressor a ser usado no teste.

Com a média dos tempos de queda do diferencial medidos e utilizando a fórmula 1 podemos chegar a um valor para o caudal referente as fugas existentes no sistema e assim compararmos com o caudal total e identificar o rendimento do sistema.

$$Q_f = V_r \cdot (P_a - P_e) / t$$

(1)

Onde: Q_f = caudal de fugas (m^3/min)

V_r = Volume do reservatório (m^3)

P_a = Pressão Máxima (bar)

P_e = Pressão Mínima (bar)

t = Tempo de queda do diferencial (min)

Ao realizarmos o teste no sistema de ar comprimido da empresa, constatamos que o caudal de fugas no sistema era de $3,1 \text{ m}^3/\text{min}$, enquanto o caudal imposto pelo compressor em teste era de $9,3 \text{ m}^3/\text{min}$, ou seja, 33% da capacidade instalada se perde em fugas, um valor muito acima dos limites aceitáveis. A consulta ao Anexo C trará maiores informações sobre os cálculos usados nesse teste.

Sendo esse sector responsável por 30% do consumo energético da empresa e tendo perdas na ordem de 33% do seu consumo, estamos a nos deparar com um desperdício de 150.000 kWh por ano, o que representa um custo anual de aproximadamente €12.900,00.

Após a realização do teste para a definição do caudal total de fugas do sistema, foram também realizados testes semelhantes para conhecermos a localização dessas fugas. O teste realizou-se da mesma maneira, limitando-se certas áreas da rede principal, deixando apenas a área a ser monitorada a receber ar em cada teste.

Após a realização desse segundo teste, conseguimos apontar a origem e a percentagem das fugas de ar comprimido por áreas da empresa. O Gráfico 7 mostra o resultado dos testes realizados, onde podemos ver a partir da totalidade de fugas, as percentagens de fugas em cada uma das áreas estudadas.

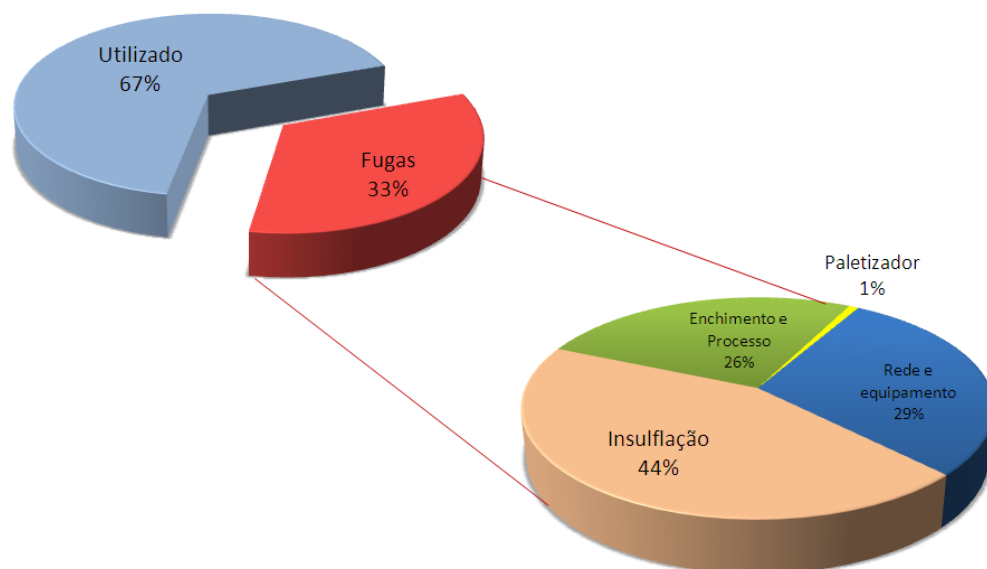


Gráfico 7: Parcelas de fugas por Sectores

A insuflação é responsável pela maior parte das fugas desse sector contabilizando 44% das fugas totais. Logo após, estão as perdas existentes na própria rede de distribuição e também no equipamento, com 29% do total. O enchimento e processo juntos possuem 26% das fugas e o paletizador é responsável por 1%.

5 Resultados

5.1. O Plano de Acções Proposto

Após a análise do consumo e da situação energética da empresa e tendo em vista os objectivos a cumprir na implementação do programa de redução energética, foi apresentado um plano de acções com uma série de medidas a serem implementadas a partir do próximo ano fiscal.

Este plano de acções está baseado no estudo realizado sobre a situação energética actual, a identificação dos potenciais de melhoria, o estudo das novas tecnologias disponíveis e do comportamento dos colaboradores. O plano apresenta as medidas a serem implementadas, os investimentos iniciais dessas medidas, a redução que representam e o tempo de retorno dos investimentos.

As principais medidas contidas no plano de acções, contido no Anexo D, estão relatadas a seguir:

Substituição de um dos Compressores por um Novo com Variador de Velocidade:

Os compressores existentes na empresa já possuem muitas horas de operação, como se pode observar na Tabela 5, e estão a entrar em uma fase onde a manutenção começa a ter um custo muito elevado. Nessa altura, a melhor opção é fazer um investimento em um equipamento novo, que não necessitará de manutenção pesada por alguns anos e que apresenta uma inovação tecnológica que trará uma economia no consumo de energia, o variador de velocidade²¹. Com esse dispositivo, o equipamento irá produzir ar comprimido de acordo com necessidade, pois o motor está adaptado a iniciar o trabalho com velocidade inferior a total, podendo se ajustar de acordo com a necessidade, não precisando entrar em carga (100% capacidade) como é o caso do sistema carga/vazio. Com esse novo equipamento, o sistema de ar comprimido poderá operar apenas com dois compressores a maior parte do tempo.

Implementação de um Sistema de Gestão de Energia (WebEnergy):

Actualmente a empresa não possui nenhum sistema de monitorização de consumos, a única maneira de conhecer os consumos é através da factura de energia que chega uma vez por mês, não possuindo acesso aos valores consumidos ao longo do mês. A instalação de um sistema de gestão de energia na empresa irá trazer muitas vantagens, como: conhecimento dos consumos de cada secção instantaneamente, a monitorização dos consumos ao longo do mês e o consumo energético de cada um dos produtos. Esse sistema prevê a instalação de medidores no quadro geral de baixa tensão e, através de uma ligação à rede de informações, esses dados são transferidos para um sistema onde podem ser analisados momentaneamente e armazenadas para efeito de estudo dos consumos. Está previsto também a instalação de um pequeno ecrã, na área fabril que irá usar os dados de utilização de energia e da produção para demonstrar, instantaneamente, o consumo energético por unidades de produção. Através dessa medida, todos os colaboradores terão conhecimento das informações de consumo sendo assim mais fácil de se obter um engajamento e comprometimento de todos colaboradores nas acções de redução de energia e no alcance dos objectivos do programa.

²¹ VSD: Variable frequency drive

Instalação do Sistema de Iluminação Natural Solatube²²:

O sistema de iluminação natural Solatube é composto por uma lente de acrílico que capta a luz solar instalada no telhado e, através de tubo reflectores, direccionam essa luz até o ponto onde se pretende iluminar, proporcionando uma iluminação 100% natural com a intensidade de uma luminária artificial, mesmo nos dias sem raios solares directos. Na Figura 11 está exemplificado o funcionamento do sistema.



Figura 11: Sistema Solatube de iluminação natural

O sistema de iluminação natural irá trazer economia de energia, uma vez que durante o dia substitui a iluminação artificial, tendo a vantagem de não aquecer o ambiente como acontece com a clarabóia. Traz também uma melhoria das condições de trabalhos para os colaboradores, já que a luz natural é mais agradável que a luz artificial, principalmente nas actividades realizadas em locais fechados e sem janelas, como é o caso do escritório.

Mudança do Contracto com a EDP

A alteração do actual contracto de fornecimento de energia com a EDP Serviço Universal para com a EDP Corporate irá trazer economias de custos em torno de 2% ao ano. Essa alteração não irá reduzir o actual consumo de energia mas trará uma redução nos custos dessa energia, sendo que os valores economizados poderão ser utilizados na implementação de outras medidas que trarão redução energética para a empresa.

A Campanha de Mobilização e Conscientização sobre o Programa

Para se obter sucesso em um programa de redução de energia e melhoramento da eficiência energética é fundamental o apoio de todos os colaboradores, bem como o total apoio da gerência. Para isso decidiu-se na realização de uma secção de esclarecimento sobre os objectivos do programa, onde foi explicitado que só seria possível com a ajuda de todos os colaboradores e foi também apresentado a todos colaboradores o documentário *Home – O*

²² Empresa americana que patenteou o sistema de iluminação solar Solatube.

*Mundo é a Nossa Casa*²³, que demonstra a situação actual do planeta terra e os resultados da acção do homem nos últimos anos.

Foram elaborados cartazes relembrando dos objectivos do programa e para alertar sobre os consumos que se verificam por esquecer luzes ou equipamentos ligados durante a noite, as fugas de ar comprimido, o uso inadequado de equipamentos e o desperdício de energia. Os cartazes e posters podem ser consultados no Anexo D.

5.2. Resultados Esperados

A partir da implementação com sucesso das medidas estudadas e propostas no plano de Acções é previsto que se alcance uma economia em torno de 11% de energia no próximo ano fiscal, o que alcançaria a totalidade de redução proposta no programa de cinco anos.

Somente a compra do novo compressor será responsável por uma redução de aproximadamente 5% do consumo de energia anual, sem contar com a redução dos custos de manutenção.

Algumas medidas sugeridas e já implementadas não resultam necessariamente em uma redução na quantidade de energia consumida, mas sim na redução do custo de energia utilizada, como é o caso da relocação de actividades para horários de preço de energia mais reduzidos e a troca do contracto com a EDP. Essas medidas não reduzem directamente a energia utilizada mas trazem economias monetárias que podem ser utilizadas no financiamento das medidas propostas para o próximo ano fiscal.

Além da diminuição dos quilowatts hora consumidos na fábrica ou redução dos custos com a energia, algumas medidas se encaixam nos objectivos do programa de sustentabilidade da empresa. A implementação do projecto de iluminação natural no escritório e na fábrica vai de encontro com os objectivos sustentáveis da empresa e também melhoram as condições de trabalho e bem-estar dos funcionários.

A campanha de conscientização tem por objectivo obter o necessário compromisso e empenho de todos, informando de uma forma clara a importância de cada um e seus actos para alcançar os objectivos que são comuns a todos. Um dos objectivos da campanha é que os colaboradores entendam a importância da economia de energia, não somente no âmbito da empresa, mas também em suas casas, e levem as lições aprendidas tornando-se cidadãos mais conscientes sobre seus impactos no ambiente.

Quanto mais optimizado e eficiente a gestão da energia, mais o factor humano das organizações terão um papel importante, pois com as medidas mais eficientes implementadas e o sistema a trabalhar de uma maneira mais óptima, as acções dos colaboradores serão mais facilmente notadas, mais especificamente no que diz respeito a importantes medidas como o desligamento de máquinas, sistemas e luzes. Esses custos passam a ter parcelas mais expressivas nas facturas eléctricas e grande potencial de melhoria.

Com instalação do sistema de gestão de energia será possível ter uma monitorização dos consumos e resultados obtidos após a implementação das outras melhorias. Através da instalação do sistema de visualização, composto por um ecrã que mostrará em tempo real o consumo por unidade de produção, todos colaboradores poderão conhecer o consumo

²³ Documentário dirigido pelo jornalista e ambientalista francês Yann Arthus-Bertrand e lançado mundialmente no Dia Mundial do Meio Ambiente, 5 de Junho de 2009.

energético instantaneamente, sendo assim possível obter-se um maior engajamento dos colaboradores nas acções de redução de energia e no alcance dos objectivos do programa.

A implementação de um sistema de gestão e monitorização de energia vai ser muito importante na verificação de consumos e controlo, tanto antes quanto depois da implementação de medidas de redução de energia. A tendência é que os ganhos na optimização e reduções energéticas se percam com o passar do tempo, causados por falta de manutenção, equipamentos obsoletos ou o factor humano. Segundo a Schneider Electric essas perdas em eficiência podem chegar a 8% ao ano. Se a causa desse aumento for detectada e reparada logo ao início do aumento, as melhorias podem ser mantidas a longo prazo. Se a empresa já tivesse um sistema de monitorização, o aumento no consumo ocorrido entre os dois últimos anos fiscais teria sido verificado a tempo de ser revertido.

A importância da utilização de um sistema de monitorização e controle pode ser observada na Figura 12.

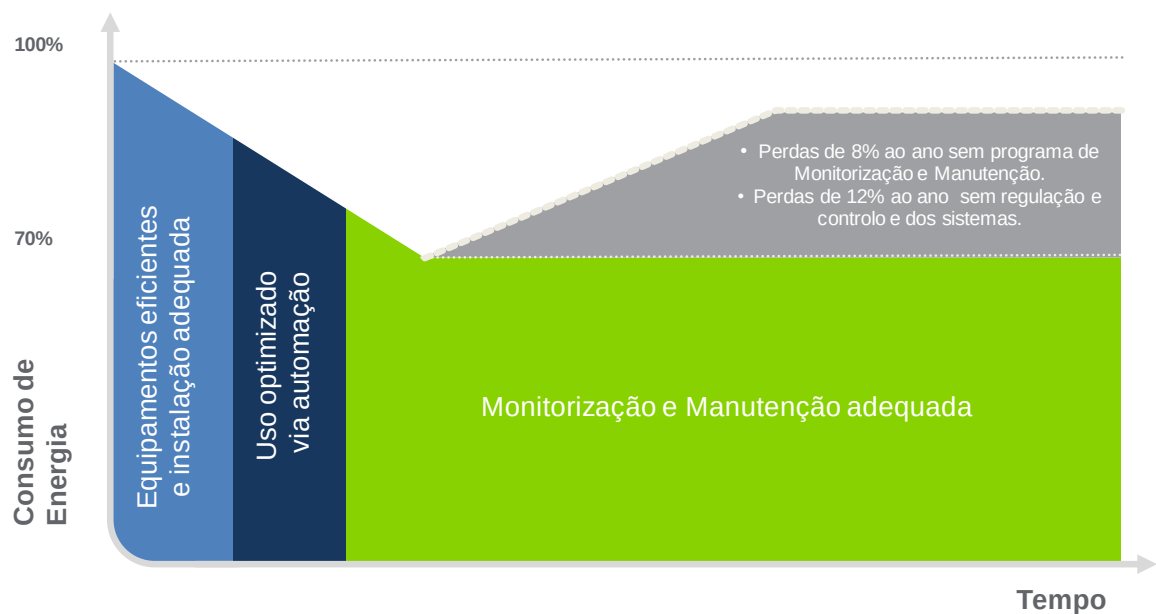


Figura 12: Comportamento do consumo na utilização ou não de um sistema de monitorização (fonte: Schneider Electric)

6 Conclusão

6.1. Principais Conclusões

Durante quase toda a sua evolução, o Homem dispôs somente da energia de sua própria força muscular e da tracção animal, do calor da lenha e da captação do movimento das águas e dos ventos. A invenção da máquina a vapor há trezentos anos e a utilização do petróleo a partir do século XIX possibilitaram novas condições e qualidade de vida, mas criaram também novas situações económicas, sociais e ambientais na busca dessa energia.

Nos últimos 50 anos a humanidade transformou o Planeta de uma maneira que em toda os 200.000 anos da existência humana até então não tinha feito. Segundo os ambientalistas, a utilização desenfreada de matérias-primas sem reposição, a poluição, o desmatamento, e outras acções humanas, estão a consumir todos os recursos do planeta, e dentro de algumas décadas tais recursos não estarão mais disponíveis. Já estamos a sofrer as consequências das nossas acções, a cada ano novas catástrofes naturais acontecem. Muitos destes impactos ambientais são provenientes da geração, manuseio e uso da energia.

A civilização actual encontra-se no limiar de uma transição crítica, e as previsões são que nos próximos 50 anos haverá o maior aumento na procura de energia que alguma vez ocorreu na História. Este facto resulta do aumento da população mundial e da melhoria do nível de vida em alguns países em desenvolvimento. Dessa maneira, a manutenção da matriz energética mundial onde os combustíveis fósseis são responsáveis por 80% da geração de energia apresenta-se nitidamente insustentável.

Além do facto de que as reservas mundiais de petróleo estão a esgotar-se, o predomínio das fontes fósseis de energia na matriz energética mundial, irá causar problemas ambientais da maior gravidade, logo a questão ambiental se tornará um elemento de restrição da oferta de energia, agravando a tensão entre oferta limitada e procura a crescer de forma acelerada no mercado energético. A queima de combustíveis fósseis constitui a fonte principal da libertação para a atmosfera de gases, que são responsáveis pelos maiores problemas ambientais da actualidade e desequilíbrios do ecossistema: o efeito estufa, destruição da camada de ozónio e as chuvas ácidas.

Dessa maneira, a Revolução Energética Global é iminente. Necessitamos reduzir o consumo, otimizar a exploração das fontes renováveis, melhorar a rede de abastecimento e desenvolver novas tecnologias que reduzam as emissões de gases nocivos, de modo a evitar o caos e o colapso económico e social que inevitavelmente surgirá se e quando a oferta não for capaz de acompanhar a procura de energia.

A indústria, por se um dos maiores consumidores de energia, tem um papel importante na Revolução energética. A ameaça da escassez de fontes energéticas e que os preços de energia voltem a crescer e atingir níveis assustadores também fazem com que as empresas trabalhem para otimizar seus processos, variar suas fontes de energia e utilizarem a cogeração²⁴ para aproveitamento do calor para gerar energia.

²⁴ A cogeração consiste na produção simultânea de energia térmica e energia eléctrica a partir do uso de um combustível convencional (gás natural, óleo combustível, diesel e carvão) ou algum tipo de resíduo industrial (madeira, bagaço de cana, casca de arroz, etc.). Na cogeração pode-se alcançar um aproveitamento de até 80% de energia contida no combustível. Esta energia pode ser transformada em vapor, electricidade, força motriz e frio. A cogeração é aplicável em instalações que necessitem simultaneamente de energia térmica eléctrica.

Cada vez mais se justifica o processo de Gestão Energética no sistema produtivo, em função do papel estratégico dos insumos energéticos na produção, com implicação directa na melhoria do desempenho da organização por meio: da optimização do consumo de energia por produto acabado; da gestão de contratos com fornecedores de energia e sistema tarifário; de tecnologias energeticamente eficientes; do monitoramento de perdas energéticas e do uso e qualidade da energia, sobretudo eléctrica.

As acções de gestão energética não deverão ficar pela fase do projecto das instalações e dos meios de produção, mas sim acompanhar a actividade normal da empresa. A gestão da energia deve ser suportada na realização sistemática de diagnósticos energéticos às instalações consumidoras e concretizada em planos de actuação e de investimento que têm por objectivo a redução dos consumos e consequentemente a redução da factura energética. O conhecimento da forma como é utilizada a energia nas empresas, quer nas tecnologias de processo, quer nas tecnologias horizontais, é o primeiro passo para a identificação de potenciais medidas de utilização racional da energia.

A fábrica do Porto possui um sistema de energia considerado optimizado, onde qualquer pequena redução no consumo, a este neste nível, torna-se difícil de ser alcançada, muitas vezes resultando de medidas que economicamente não se apresentam viáveis na relação custo/redução. Importantes e primordiais medidas que trazem grandes reduções já foram implementadas na empresa.

A única fonte de energia adquirida pela empresa é a electricidade, seu uso é constituído basicamente para mover sistemas motrizes, onde se destaca a grande parcela utilizada para transformar electricidade em ar comprimido para atender a necessidade de ferramentas pneumáticas e processos que envolvem seu uso intensivo.

Recentemente a empresa passou por algumas reestruturações e diminuiu consideravelmente o número de funcionários na empresa mantendo os níveis de produção inalterados. Isto se conseguiu com a utilização de novas tecnologias de automatização e principalmente por um *empowerment*²⁵ dos funcionários, que cada vez mais adquirem capacidades e englobam actividades de limpeza, inspecção, manutenção e resolução de problemas pois possuem um conhecimento mais aprofundados sobre seus instrumentos de trabalho. Uma linha de enchimento que antigamente chegou a ter oito funcionários a trabalhar em simultâneo, opera hoje com apenas um funcionário.

A partir da concretização desse projecto a empresa caso de estudo ficou a conhecer os seus principais consumidores, os fluxos energéticos em cada sector e também onde residem as melhores possibilidades de melhorias.

O Plano de acções desenvolvido e apresentado teve como base o estudo sobre a situação actual energética da empresa e oferece medidas estas, que ao serem implementadas, irão atingir o objectivo de redução desejados, bem como, o impacto de cada uma das medidas: o custo, a redução energética e a taxa de retorno do investimento.

Um dos focos abordados na realização do projecto foi o estudo da utilização de energias alternativas e o reaproveitamento de energias internas como uma forma de reduzir a utilização

²⁵Abordagem de trabalho que se baseia na delegação de poderes de decisão, autonomia e participação aos colaboradores. O objectivo é dar as pessoas o poder, a liberdade e a informação que lhes permitem tomar decisões e participar activamente da organização.

de energia eléctrica. Essas são medidas que, junto com a eficiência energética de equipamentos, fazem parte de um programa de desenvolvimento sustentável.

6.2. Perspectivas Futuras

A implementação das medidas previstas no Plano de Acções trará, sem dúvidas, benefícios e alcance de objectivos para a fábrica do Porto. O objectivo de redução energética de 10% irá ser superado e benefícios na área de bem-estar dos funcionários serão alcançados.

A implementação do sistema de gestão de energia trará muitos benefícios para a empresa, facilitando o trabalho do gestor de energia que também acumula outras funções dentro da organização. Esse sistema facilitará uma monitorização instantânea da quantidade consumida na empresa, bem como, a estratificação de cada um dos consumidores. Através da monitorização a gestão da energia tende a evoluir e por consequência o consumo energético diminuir, pois o diagnóstico de causas de consumos elevados podem ser rapidamente feito e o problema resolvido.

Infelizmente, o acesso a alguns tipos de energias renováveis, hoje em dia, ainda apresenta um custo elevado e um desempenho não muito satisfatório a nível industrial. Mas se espera que em um futuro próximo essas novas tecnologias já possam ser largamente utilizadas nas indústrias, proporcionando uma grande redução nos custos, na utilização de combustíveis fósseis e, principalmente, na emissão de gases nocivos à atmosfera.

Referências e Bibliografia

- ALLÈGRE, C., **Ecologia das Cidades Ecologia dos Campos**, Instituto Piaget, Lisboa, 1993.
- BOUSTEAD, I., HANDCOCK, G., **Handbook of Industrial Energy Analysis**, Halsted Press, 1979. ISBN 0-470-26492-6.
- BOYLE, G., EVERETT, B., RAMANGE, J., **Energy Systems and Sustainability**, Oxford Press, 2003. ISBN 0-19-926179-2.
- CARAPETO, C., **Educação Ambiental**. Universidade Aberta, Lisboa, 1998.
- CASTANHEIRA, L., GOUVEIA, J., **Energia, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**, SPI, Porto, 2004. ISBN 972-8589-45-X
- DANTAS, Guilherme, **O Impacto dos Créditos de Carbono na Rentabilidade da Cogeração Sucroalcooleira Brasileira**, Tese de Mestrado, ITL, Lisboa, 2008.
- EDP, **Guia Prático da Eficiência Energética**, disponível em www.edp.pt
- FERREIRA, João; FERREIRA, Tereza; **Economia e Gestão da Energia**, 1ª Ed. Lisboa, Textos Editora, 1994. ISBN 972-470-537-4.
- GASPAR, C., **Eficiência Energética na Indústria**, ADENE, 2004.
- GOLDEMBERG, José, **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**, EDUSP, São Paulo, 2003. ISBN: 9788531411137.
- GOLDEMBERG, José, **Pesquisa e Desenvolvimento na Área de Energia**, Perspectiva, São Paulo, 2000, ISSN 0102-8839.
- GORE, A., **Uma Verdade Inconveniente**. Editora Manole, São Paulo, 2006. ISBN: 852042581X
- HEMERY, D.; DEBIER, J. C.; DELÉAGE, J. P., **Uma História da Energia**. Brasília: UnB., 1993.
- HOBBS, B., MEIER, P., **Energy Decisions and The Environment**, Kluwer Academic Publishers, 2000. ISBN 0-7923-7875-X.
- HOFFMANN, Ronaldo, **A Energia e suas Implicações**, artigo publicado na Semana Acadêmica da UFSM, Santa Maria-RS, 2006.
- HUTCHISON, D., **Educação Ecológica – Idéias sobre a Consciência Ambiental**. Editora Artmed, Porto Alegre-RS, 2000.
- IEA, **Key World Energy Statistic**, 2008, disponível em www.iea.org
- IEA, **World Energy Outlook**, 2006, disponível em www.iea.org
- IEA, **Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency**, 2008, disponível em www.iea.org
- JANUZZI, Gilberto, SWISHER, Joel N. P., **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**, Editora Autores Associados, Campinas-SP, 1997.
- MACHADO, A. C., **Pensando a Energia**, ELETROBRÁS, Rio de Janeiro, 1998.
- NOVAIS, José, **Ar Comprimido Industrial**, Fundação Calouste Gulbenkian, 1995. ISBN 972-31-0649-3.

RAMAGE, Janet, **Guia da Energia**, Editora Monitor, 2003. ISBN 972-9413-54-1.

SÁ, André F. R., **Gestão de Energia e Eficiência Energética**, Publindústria, 2008. ISBN 978-972-8953-29-4.

SACHS, Ignacy, **A Revolução Energética do Século XXI**, Estudos Avançados XXI, 2007 ISSN 0103-4014.

SANTOS, Vítor, **Energia e Sustentabilidade, um novo Desígnio**, ERSE, 2009, Eficiência Energética na Indústria, AEP, Leça da Palmeira, 16/04/09.

SCHNEIDER ELECTRIC, **Guia de Soluções de Eficiência Energética**.

SOLA, A.; XAVIER, A.; KOVALESKI, J. **Energy efficiency in production engineering courses**, 2006. Third International Conference on Production Research - Americas' Region, 2006. Curitiba, PUC- PR.

SOLA, Antonio, **Factores Humanos como Barreiras para a Eficiência Energética em Indústrias**, Tese de Mestrado, UTPR, Curitiba, 2006.

WACKERNAGEL, M., REES, W. **Our Ecological Footprint – Reducing Human Impact on the Earth**, New Society Publishers, 1996.

Sites Consultados:

Adene: www.adene.pt

Agência Nacional de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL): www.aneel.gov.br

Departamento de Energia dos EUA: www.doe.com

EDP: www.edp.pt

ERSE: www.erse.pt

Greenpeace: www.greenpeace.com

Guia da Energia Global: www.bbc.co.uk/portuguese/especial/1931_energia/index.shtml

Página do projecto: <http://paginas.fe.up.pt/~gei08015/>

Procter & Gamble: www.pg.com

Programa Pró-Álcool: www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm

Protocolo de Quioto: www.kyotoprotocol.com

www.energysavingtrust.org.uk

www.footprint.network.org

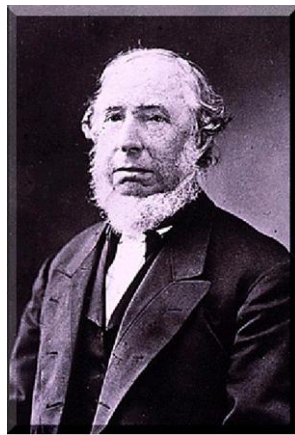
www.carbontrust.co.uk/energy

www.home-2009.com

ANEXO A – Apresentação Geral do Grupo P&G

A História do Grupo P&G

Em 1833, *James Gamble*, filho de irlandeses emigrados e co-proprietário de uma loja de velas e sabão, casou com *Elizabeth Ann Norris*, filha de *Alexander Norris*, um fabricante de velas já estabelecido. Alguns meses mais tarde, *William Procter*, pequeno fabricante de velas emigrado de Inglaterra, casou com *Olivia Norris*, irmã de *Elizabeth Ann*. O sogro, reparando que os dois cunhados competiam pelas mesmas matérias primas sugeriu-lhes que entrassem juntos no negócio. Após vários anos concordaram. No dia 31 de Outubro de 1837, *William Procter* e *James Gamble* assinaram o acordo de sociedade que marcaria a fundação, em *Cincinnati*, EUA, da *Procter & Gamble* (P&G). Aplicando uma estratégia inovadora e uma forte compreensão das necessidades do consumidor, um pequeno negócio de família tornou-se num dos mais importantes negócios de bens de consumo do mundo.



William Procter (1801-1884)



James Gamble (1803-1891)

Em 1859, exactos 22 anos após o início do negócio, o facturamento da P&G atingia US\$1 milhão e a companhia empregava 80 funcionários.

Devido ao desenvolvimento dos mercados que demandavam maior capacidade e melhor distribuição de produtos aos clientes, em 1915 a P&G construiu sua primeira fábrica fora do território americano, no Canadá.

O modelo organizacional da P&G começou a tomar forma mais fortemente no início do século 20. A Divisão Química da P&G foi estabelecida em 1917 com o objectivo de formalizar procedimentos de pesquisa e desenvolvimento de produtos. Assim, a companhia começou a activamente recrutar cientistas e pesquisadores.

Alguns anos depois, em 1924, criou o departamento de pesquisa de mercado para estudar as preferências e hábitos de compras do consumidor, uma das primeiras organizações na história a ter essa preocupação.

Já o departamento de marketing foi criado em 1931 e contribuiu fortemente para o desenvolvimento dos negócios na medida em que fornecia estratégias especializadas para cada marca. A partir daí, intensificou-se o foco nas propagandas, em todas as suas formas. E o patrocínio a programas de rádio e televisão aumentava a popularidade dos produtos P&G.

1937 foi o ano do 100º aniversário da P&G. Neste ano, seu facturamento atingiu US\$230 milhões.

As aquisições que se seguiram, em várias partes do mundo, vieram consolidar a presença da P&G e seus produtos globalmente: 1948 - América Latina, 1954 - Europa Ocidental, 1960 - Alemanha, 1961 - Oriente Médio, 1973 - Japão, 1988 - China, 1991 - Europa Oriental. Ao longo desse tempo, centros de tecnologia foram construídos no mundo todo e a inovação nos produtos se tornou a marca da P&G.

A década de 80 marcou o maior crescimento da história da P&G. A companhia, que começou com uma pequena sociedade, transformou-se em uma das maiores corporações multinacionais. Duas importantes mudanças marcaram esse período. Primeiro, a P&G tornou-se uma das mais importantes companhias de produtos de saúde através da aquisição da Norwich Eaton Pharmaceuticals, no ano de 1982, e da Richardson Vicks em 1985. Ao completar 150 anos, em 1987, a P&G foi classificada como a segunda empresa mais antiga na lista das 50 maiores empresas da revista Fortune.

Passou também a ter uma forte presença na categoria de cosméticos e fragrâncias com a aquisição das empresas Noxell, Max Factor e Ellen Betrix, no final dos anos 80 e início dos 90. Essas aquisições também incentivaram seus planos de globalização.

As empresas Richardson Vicks e Max Factor, em particular, permitiram à P&G expandir solidamente a sua presença internacional.

Em Janeiro de 2005 a P&G anunciou a aquisição do grupo Gillette, adicionando a seu portfolio as marcas Gillette, Duracell, Braun e OralB. Dessa maneira a P&G tornou-se a maior empresa fabricante de bens de consumo, deixando a sua maior concorrente, a Unilever em segundo lugar.

A P&G é uma das empresas que mais investem em tecnologia em todo o mundo. Essa inovação constrói grandes marcas. Actualmente, a P&G comercializa aproximadamente 300 marcas em mais de 160 países, possui operações em cerca de 80, emprega cerca de 138000 funcionários e sua receita anual em 2008 foi de US\$ 83 bilhões.

Actualmente possuiu 24 marcas globais que facturam mais de US\$1 bilhão cada, sendo elas: Pampers, Tide, Ariel, Gain, Pantene, Head&Shoulders, Always, Charmin, Bounty, Iams, Pringles, Crest, Downy, Dawn, Olay, Actonel, Wella, Gillette, Mach3, Oral B, Duracell, e Braun. Nos últimos 20 anos, a P&G quadruplicou o número de consumidores que utilizam suas marcas: mais de 3 bilhões de pessoas ao redor do mundo.

A Figura 13 mostra a evolução dos produtos Procter & Gamble a partir dos primeiros produtos que deram origem a empresa.



Figura 13: Diagrama de Evolução dos produtos P&G.

O modelo de negócio da P&G é constituído por 4 pilares organizativos. É um modelo recente, surgido nos finais dos anos 90 e foi criado para, de uma forma competitiva, contribuir para os objectivos da Companhia. Os pilares são:

- Global Business Units (GBU)
- Market Development Organisation (MDO)
- Corporate Functions (CF)
- Global Business Services (GBS)

Global Business Units (GBU)

As GBUs são organizações globais, multidisciplinares, contendo a gestão do negócio para as linhas de produtos, na área geográfica a que pertencem. As suas decisões são dirigidas para o aumento de vendas, lucros e return to shareholders através da criação e crescimento de marcas líderes de mercado. Estão divididas de acordo com os produtos que produzem, podem ser: *Beauty, Family Health, Household Care* ou *Gillette*. As funções por elas desempenhadas são *General Management, Marketing, Product Supply, Finance* e *Research & Development*. As GBUs estão organizadas de acordo com as seguintes regiões: América do Norte, América Latina, Ásia e Europa. A GBU Europeia está sediada em Genebra, Suíça.

Market Development Organisation (MDO)

As MDOs focam-se principalmente na interacção com os clientes no mercado local. São estabelecidas ao nível do país local no sentido de gerarem vendas e distribuição dos produtos nos respectivos territórios/países e executam as decisões e estratégias tomadas pelas GBUs.

Corporate Functions (CF)

As CFs são grupos corporativos baseados principalmente nos Estados Unidos focados no desenvolvimento do grupo P&G, protecção dos activos e desenvolvimento de políticas. Fornecem também serviços financeiros, recursos humanos e legais.

Global Business Services (GBS)

As GBS são designadas para fornecerem serviços de suporte a outras organizações P&G, nomeadamente contabilidade, processamento de salários e administração, entre outras. Estão também centralizados.

A estrutura legal na Europa Ocidental está alinhada com a estrutura organizativa estando funções específicas associadas a entidades específicas. Estas são:

Regional Entrepreneurs

As Regional Entrepreneurs são as estruturas corporativas legais que abrigam as GBUs. Na Europa Ocidental existem três: a P&G IO, (para todos os bens de consumo, nomeadamente a marca Neoblanc, exceptuando apenas Pringles), a P&G FP (para as Pringles) e P&G Pharmaceuticals (para os produtos farmacêuticos). Estão localizadas e operam desde Genebra na Suíça. São responsáveis por escolha de fornecedores, matérias-primas e materiais de embalagem, contratos de fornecimento e níveis de inventário.

Manufacturing Companies

Os toll processors são as companhias locais que desempenham as actividades de converter as matérias-primas e produtos de embalagem em produtos finais. Na Europa Ocidental existem na maior parte dos países e desenvolvem actividades como prestadores de serviços para a P&G IO, P&G FP e P&G Pharma. Em Portugal existe uma companhia toll processor que é a P&G Porto para produção de lixívia, que desenvolve actividade como prestador de serviço da P&G IO.

Sales Comissionaire Companies

As MDOs são as organizações locais responsáveis pelas vendas, distribuição e implementação dos planos de marketing. Estão focadas na gestão das relações com os clientes (hipermercados e cadeias de supermercados). Em Portugal existe uma MDO – P&G Portugal SA, que se centra na comercialização e distribuição dos produtos do grupo Procter & Gamble dentro do país.

Service Providers

A P&G Technical Centre Ltd está localizada em Newcastle, UK e é responsável por fornecer uma variedade de serviços administrativos para todas as companhias do grupo na Europa Ocidental, nomeadamente à P&G Porto e à P&G Portugal.

Apresentação da P&G Porto e relações com o grupo P&G

A Procter & Gamble Porto nasceu através da aquisição, em Dezembro de 1989 da empresa *Neoblanc, Produtos de Higiene e Limpeza, Lda*. Esta empresa era já líder no mercado nacional da venda de lixívia e contava com uma fábrica com 14 anos de laboração em Matosinhos. Numa óptica de internacionalização e tendo em conta que o custo logístico da lixívia representa uma componente importante no custo final do produto, a Companhia acabou por decidir adquirir a empresa de Matosinhos. Aproveitando a mais-valia que a marca *Neoblanc* tinha em Portugal, a P&G resolveu manter a marca *Neoblanc* no mercado português.

A fábrica do Porto beneficiou da experiência e formação de outra fábrica de lixívia, Bariano, em Itália. Rapidamente foram introduzidos novos sistemas de produção aliados à melhoria das tecnologias que dispunham. Através da experiência técnica e profissional conseguiu

tornar-se numa referência para a Companhia (dentro do segmento da lixívia). Mais tarde, prestaria formação no Porto a várias equipas de fábricas da Companhia de outros países (México, África do Sul, Marrocos, Espanha, Brasil, Grécia e Turquia), que pretendiam iniciar e/ou melhorar a produção de lixívia.

Até 1999 a produção de lixívia, marketing e distribuição P&G em Portugal era feita através de uma entidade única. Nessa altura, procedeu-se a uma reestruturação, de acordo com o novo modelo organizativo referido anteriormente, tendo a Procter & Gamble Porto sido constituída por escritura pública em Maio de 2000.

A fábrica da Procter & Gamble Porto, é um estabelecimento industrial com licença de exploração para a actividade de fabricação de cosméticos, produtos de higiene e limpeza e fabricação de embalagens plásticas. As instalações são constituídas por uma área total de 5700m² e actualmente a P&G Porto opera com 38 funcionários, tendo havido uma redução nos últimos anos de 8 funcionários, na sequência de um plano de redução de custos e aumento de produtividade.

Funcionalmente, a fábrica do Porto depende de outra fábrica, em Mataró, Barcelona, aproveitando sinergias, principalmente nas áreas de finanças, tecnologias de informação e gerência. Actualmente, a fábrica do Porto possui 38 elementos, organizados segundo o modelo das Organizações Horizontais (*Flat Organization*), com apenas três níveis de hierarquia entre operadores fabris e direcção. Sendo que 27 são operadores fabris, divididos em três turnos, e os outros 11 ocupam cargos de suporte à produção.

A Procter & Gamble Porto é responsável por receber, armazenar e manipular matérias-primas e materiais de embalagem, adquiridas e propriedade da P&G IO, e convertê-las em produto paletizado. A Procter & Gamble Portugal centra-se na comercialização e distribuição em Portugal de produtos do grupo Procter & Gamble. Entre a P&G Portugal e a P&G Porto também existe um contrato de prestação de serviços de apoio à gestão, nomeadamente acessoria fiscal e legal, contabilidade e recursos humanos.

IWS – Integrated Working System

O IWS é um sistema de trabalho que constrói uma estratégia direccionada para alcançar e sustentar avanços dos resultados através de 100% do envolvimento do empregado e uma mentalidade de perda zero. O IWS garante que todos os funcionários estão alinhados e participam activamente na realização dos objectivos do negócio, também conhecido como o *Compelling Business Need (CBN)*, através da aprendizagem contínua e da utilização das suas capacidades. A mentalidade de “zero perdas” promove a identificação das perdas (tanto da empresa, como de comportamento) nos sistemas. Essas são então priorizadas e acabam por ser eliminadas através da resolução dos problemas pela causa base.

Antes de alcançar a metodologia IWS, a empresa Procter and Gamble tentou vários sistemas de gestão para melhorar os seus processos de trabalho. Inicialmente a metodologia IWS focava-se nas operações de manufactura, utilizando TPM, PR e HPWS. Sendo que estes eram abordados de forma independente, mas por caminhos paralelos. Durante aproximadamente 5 anos a empresa realizou um estudo sobre TPM, e por volta do ano 2000, concluiu que as melhorias dos resultados dos negócios da empresa poderiam ser aceleradas integrando os três conceitos, conforme a Figura 14.



Figura 14: Sistema de Trabalho Integrado – IWS

Desta forma, o IWS passou a ser uma ideologia de sistema integrado de trabalho que utiliza ferramentas, sistemas, princípios e capacidades para ajudar na identificação e eliminação de perdas. Descrevem-se de seguida os conceitos que integram o sistema IWS.

- **Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance – TPM*):** Uma abordagem mais detalhada deste assunto é apresentada no subitem 2.2. dado que a Manutenção Autónoma, que é um dos Pilares do TPM, é tema principal deste Projecto de Dissertação.
- **Sistemas de trabalho de elevada performance (*High Performance Working System – HPWS*):** A fábrica do Porto identifica o HPWS como STEP; Com o STEP pretende-se desenvolver todas as pessoas da organização de modo a todos sentirem que contribuem para os melhores resultados da empresa. Este princípio fornece um enquadramento com os projectos da organização de maneira a maximizar o crescimento e a contribuição para que todos obtenham resultados de elevado desempenho.

A empresa acredita fortemente que o respeito pela capacidade de todos os funcionários tem de estar presente para que os princípios do STEP possam ser efectivos e que este resultado se prolongue numa forma global, devido aos princípios focados na execução de excelência. Sendo que o propósito da P&G como organização é de fazer tudo o que for necessário para atingir sucesso no negócio em consonância com os seus valores e princípios.

- **Fiabilidade de Processo (*Process Reliability - PR*):** O princípio PR, que pertence ao Pilar Focus Improvement, é uma estratégia que aumenta a eficiência do equipamento para melhorar a disponibilidade da produção e a capacidade de utilização, o que proporciona grandes economias à empresa. É considerado um sistema fundamental para aumentar o rendimento e a produtividade para a melhoria de todos os resultados de negócio.

Compromisso da Procter & Gamble com a Sustentabilidade:

Essence of Sustainability

P&G is committed to improving lives, now and for generations to come.

We sell over 300 branded products

In more than 180 countries across the globe.

Touching consumers' lives - 3 billion times each day.

Employees – driven by common purpose, values & principles.

Sustainable Development is about improving quality of life, now & for generations to come.

Sustainable business embraces social responsibility and environmental protection.

Providing new-to-the-world products & services...

Ensuring a better quality of life.

From its foundation in 1837,

P&G's social responsibility has been based on the principle of "doing what's right" – for consumers, our employees, and the communities in which we live and work.

But we believe we can contribute even further.

At P&G, we are committed to protecting the world in which we live.

We want to do our share to address the world's environmental challenges...

Using our technologies, human capital & global scale to help make a difference...

Improving our environmental profile through new operations, innovative products and changes to design –

Helping preserve energy, reduce waste, and conserve water.

By 2012, P&G will complete a decade-long program to reduce the environmental footprint of our operations by at least 40%.

We are motivated to make a difference...

And with our continued commitment to Sustainability,

We will help improve quality of life, now and for generations to come.

"We must not only sustain growth. We must contribute to the sustainability of the world we live and work in."

A.G. Lafley (CEO P&G)

ANEXO B - Variáveis do Processo que Afectam a Utilização de Energia

Specific Energy Consumption (SEC) é a energia consumida por unidade de produção expressa em GJ/MSU, sendo também referida como o consumo energético ajustado a produção.

Fixed Energy Consumption (FEC) é o consumo de energia que não contribui directamente para a produção, ou seja, é um consumo fixo que continua a ser consumido mesmo se a fábrica não estiver a produzir, tais como: iluminação da fábrica, climatização de escritórios, armazéns, sistemas de segurança, etc. No gráfico que relaciona a energia (eixo y) com a produção (eixo x), essa parcela da energia está representada pelo cruzamento da função com o eixo y.

O programa prevê que cada unidade produtiva da P&G construa gráficos apresentando a relação entre o volume de produção mensal (ou semanal) e a energia total utilizada em um mês (ou semana). Os pontos serão dados dispersos, mas um gráfico de aproximado pode ser desenhado o que indica que se a produção aumenta, o total de energia da unidade normalmente aumenta.

Se existirem muitos pontos dispersos, isso pode indicar um pobre controlo sobre o processo ou a presença de outros factores que afectam a utilização de energia que não estão directamente relacionados com a produção. Por exemplo, uma maior quantidade de energia é utilizada nos meses de Inverno em comparação aos meses de Verão para os mesmos níveis de produção, isso ocorre pela influência do aumento da temperatura nos processos de fabrico.

Na Tabela 7 estão listados factores que contribuem para uma diminuição ou um aumento na energia específica consumida.

Tabela 7: Factores que afectam o consumo de energia específica.

	Factores que tendem a DIMINUIR o SEC (GJ/MSU)	Factores que tendem a AUMENTAR o SEC (GJ/MSU)
1	Aumento dos níveis de produção;	Diminuição dos níveis de produção;
2	Aumento do número de turnos de trabalho;	Diminuição do número de turnos de trabalho;
3	Número limitado de mudança de produtos e aumento de fiabilidade;	Mudanças frequentes de produtos, diminuição da fiabilidade;
4	Mudança para uma produção de produtos que tenham densidade energética mais baixa;	Mudança para uma produção de produtos que tenham densidade energética mais alta;
5	Mudança na unidade padrão - menos kg por MSU;	Mudança na unidade padrão - mais kg por MSU;
6	Inverno/Verão com temperaturas amenas.	Invernos muito frios e Verões muito quentes.

1. Efeitos do nível de produção na Energia Específica:

Quando a produção aumenta, a energia fixa por componente pode ser distribuída por uma maior produção e dessa maneira diminuir a energia específica. Isso se aplica quando o aumento na produção é feito com os mesmos equipamentos e nas mesmas instalações.

Quando o aumento na produção é realizado com novos equipamentos e novas instalações, a redução na energia específica é muito menor e geralmente irá depender da intensidade de energia das novas instalações e equipamentos.

Normalmente esperamos que os novos equipamentos e instalações sejam mais eficientes que os antigos dada a continua evolução tecnológica e as rigorosas legislações sobre eficiência energética. Exemplos: sistemas mais eficientes de iluminação, de HVAC²⁶ e resfriamento de águas.

2. Efeito do número de turnos:

Aumentar o número de turnos de produção irá diminuir relativamente o tempo em que a fábrica estará sem produção e a consumir energia fixa (parcela de energia consumida sem produção). Isso irá ajudar a diminuir o consumo específico de energia (SEC).

Diminuir o número de turno de produção pode fazer com que aumente a parcela de energia fixa, aumentando dessa maneira, o consumo específico de energia. Esse efeito pode ser reduzido se forem tomadas iniciativas para diminuir o consumo fixo, como desligar equipamentos em áreas desocupadas.

3. Efeito da troca frequente de produto:

Limitado número de troca de produtos e uma crescente fiabilidade na linha fazem diminuir o número de horas que a fábrica estará a operar na parcela de energia fixa (consumir energia sem produção) e assim diminuir o consumo específico da fábrica. Limitado número de trocas de produtos fará diminuir a influência do aumento de energia verificado nos processos de arranque.

4. Efeito da mudança da produção para um processo de maior ou menor intensidade energética

Os seguintes factores fazem aumentar a energia específica:

- Trocar a produção para uma categoria de produto que requer uma intensidade energética mais alta;
- Incorporação de processos antes realizados por terceiros, como: fabricar garrafas por insuflação que antes eram adquiriam as garrafas prontas de terceiros.
- Troca da matéria-prima de processos, por uma que exija maior energia. Ex: troca da produção de garrafas de PE²⁷ (10 bar – 150 psi) pela produção de garrafas PET²⁸ (40bar - 580 psi).

²⁶ Heating, ventilation and air conditioning. Aquecimento, ventilação e ar condicionado.

²⁷ Polietileno, polímero termoplástico.

²⁸ Politereftalato de etileno, polímero termoplástico.

5. Efeito da mudança da unidade padrão

Se anteriormente uma unidade padrão representava 10 litros de produto acabado e agora essa mesma unidade padrão equivale a 20 litros do mesmo produto, a energia específica consumida irá aumentar. Normalmente, o aumento no volume irá aumentar a quantidade de energia requerida para a produção de um lote de produto.

6. Efeito da Variação Sazonal

Invernos mais frios que o normal irão ocasionar um aumento de energia, mais precisamente em aquecimento das instalações de trabalho e para aquecimento nos processos.

Por sua vez, Verões mais quentes que o normal irão requisitar um maior consumo para a utilização de ar condicionados e resfriamentos no processo e produtos.

Benchmarking de Energia entre diferentes Fábricas

Os factores mencionados acima demonstram que a comparação entre fábricas requer informação mais detalhada do que somente a média anual de GJ consumidos e as unidades produzidas no ano.

Diferenças como essas devem ser consideradas quando se vai comparar dados:

- Tipo de produtos a produzir (HHC e outro GBU);
- Variação no tipo de operações;
- Clima do país;
- Distribuição regional de armazéns;
- Definição da unidade padrão.

GJ/MSU é o método preferido de comparação que a P&G utiliza para comparar o consumo específico de energia entre diferentes unidades produtivas. Quando realizada uma análise mais profunda do consumo de energia, as fábricas devem utilizar taxas actuais de volume de produção. Um exemplo é a comparação de duas unidades que produzem detergente de louça: Kansas City e Londres produzem os mesmos produtos mas em tamanhos de garrafas diferentes. Utilizando-se o quilograma de produto acabado é a maneira correcta para comparar as taxas de produção das duas fábricas. Dados de fiabilidade dos processos e de capacidade instalada são também outros factores importantes para ser levados em consideração no processo de Benchmarking²⁹.

²⁹ É uma técnica que consiste em acompanhar processos de organizações concorrentes ou não, que sejam reconhecidas como representantes das melhores práticas administrativas. É um processo de pesquisa, contínuo e sistemático, para avaliar produtos, serviços e métodos de trabalho, com o propósito de melhoramento organizacional, procurando a superioridade competitiva. O processo de comparação do desempenho entre dois ou mais sistemas é chamado de benchmarking, e as cargas usadas são chamadas de benchmark.

ANEXO C – Cálculos do Teste nos Compressores

Teste realizado em 16/05/09				
Compressor	Atlas Copco Ga55			
Caudal da rede (m³/min)	9,3	155 l/s		
Capacidade Reservatório (m³)	1			
Pressão máxima (bar)	7,1			
Pressão mínima (bar)	6,5			
Diferencial Normal	0,6			

$$Q_f = V_r \times (P_a - P_e) / t$$

Q_f = Caudal de fugas (m³/min)
 V_r = volume reservatório (litros)
 P_a = Pressão máxima (bar)
 P_e = Pressão mínima (bar)
 t = tempo de queda do diferencial

Tudo Aberto				
11,6				
11,6				
12,4	Tempo (minutos)	0,194		
11				
Caudal de Fugas Gerais (m³/min)	3,090	33,23%	Percentagem da fuga	

Tudo Fechado				
25				
27,7				
26				
25,9				
25,7	Tempo (minutos)	0,436		
26				
26				
24,7				
27,6				
26,9				
Caudal de Fugas da rede e equipamento (m³/min)	1,377	15%	Percentagem da fuga	

Insuflação Aberta				
8,9				
9,8				
12,7				
10,1				
11,7	Tempo (minutos)	0,174		
8,4				
12,9				
8,2				
12,8				
8,9				
Caudal de Fuga Insuflação (m³/min)	3,448			
Diminuindo-se a perda da rede		2,072		

Paletizador Aberto				
26,6				
25,8				
24,3				
26				
25	Tempo (minutos)	0,424		
24,8				
25,1				
23,4				
25,2				
28,4				
Caudal de Fugas Paletizador (m³/min)		1,414		
Diminuindo-se a perda da rede		0,037		

Enchimento e Processo				
13,6				
13,8				
13,6				
13,7				
13,7	Tempo (minutos)	0,230		
13,8				
13,5				
13,9				
14,2				
14,1				
Caudal de Fugas do Enchimento e		2,61		
Diminuindo-se a perda da rede		1,234		

Figura 15: Cálculo do Caudal de Fuga

ANEXO D – Plano de Acções

Tabela 8: Plano de Acções proposto

Área	Medida de Economia de Energia	Custo de Implementação	Economia Anual (kWh)	Economia Anual (€)	Taxa de Retorno (anos)	Observações
Ar comprimido	Construção de uma rede de vácuo para as operações de limpeza;	€ 25.000,00	-	-		Inviável. Investimento muito alto.
	Colocação de bicos de sopro para reduzir a quantidade de ar utilizada nas operações de limpeza.	€ 200,00	1500	€ 128,55	1,55	
	Colocação de cortes gerais de ar comprimido em cada linha.					Inviável. As linhas possuem entradas de várias partes da rede. E modificar isso teria um custo muito elevado.
	Trocar um dos compressores por um novo com variador de frequência integrado;	€ 30.490,00	84750	€ 7.203,75	4,23	
	Eliminar 50 % das fugas de Ar Comprimido existentes.	-	90500	€ 7.692,50	Imediata	Algumas fugas se resolvem só por ajustes mas outras necessitam de troca de válvulas, Estudo do custo ainda não terminado.
	Eliminar a má utilização de ar comprimido (operações desnecessárias);	0,00 €	5500	€ 477,50	Imediata	Redução estimada em 1% do consumo de ar comprimido.
Iluminação	Trocar as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de alta eficiência;					Inviável. Lâmpadas existentes já são eficientes, não se justifica a troca nesse momento.
	Instalar mais clarabóias para uma melhor utilização da luz natural;	€ 4320,00	17375	€ 1.489,04	2,90	Inviável. Desvantagem do aquecimento no interior da fábrica.
	Trocar a iluminação das máquinas por lâmpadas mais eficientes;	€ 250,00	1200	€ 110,00	2,30	
	Instalação Solatube no escritório. (6 unidades)	€ 5.628,00	842	€ 72,19	77,96	Viável por se tratar de um investimento para melhoras as condições de trabalho.
	Instalação do Sistema Solatube de Iluminação Natural na nave principal (8 unidades)	€ 5.520,00	17375	€ 1.489,04	3,71	
	Instalar Solatube no processo	€ 405,0	1114	€ 94,66	4,28	
	Utilizar sensores de presença nas casas de banho;	€ 350,00	1580	€ 134,30	2,61	
Chillers	Trocar de lugar o tanque de água fria para não pegar radiação solar;					Em estudo.
	Estudar a troca dos chillers por novos mais eficientes;					Estudo a espera de cotação.
	Instalar um novo tanque para água que volta do sistema para não misturar com a água gelada pelos chillers;					Já foi realizado.

Equipamentos Eléctricos	Trocar os aquecedores de água eléctricos por um sistema solar de aquecimento de águas sanitárias;	€ 5.701,00	13483	€ 1.146,06	4,97	O sistema de recuperação do calor do compressor é mais interessante e mais viável.
	Alocação da fabricação de cápsulas para horários de tarifa a super vazio.	€ 0,00	0	€ 1698,00	Imediato	Apenas 40% da produção total em horário mais barato, redução de 25% do custo de energia da máquina.
	Instalação de Sistema de Recuperação de Calor no compressor para gerar água quente sanitária e calefação ambiente. (instalado junto ao novo compressor)	€ 3.200,00	13483	€ 1.146,06	2,79	
	Instalação de um sistema de Gestão de Consumos para monitorização da utilização de energia eléctrica.	-	19980	€ 1.698,33	-	Ainda se espera pela cotação da empresa Schneider Electric.
	Trocar procedimentos de arranque e paragens para incluir operações de desligamentos de equipamentos e lâmpadas;	€ 0,00	1000	€ 85,00	Imediato	Estimado
	Utilização de sensor para desligar resistência da Insufladora após período de inactividade.					Em estudo
Campanha	Elaborar e implementar uma campanha de sensibilização sobre o programa de redução energética;	€ 0,00	2000	€ 170,00	Imediata	Economia estimada.
Contracto de Energia	Troca do actual contracto de energia com a EDP Serviço Universal para EDP Corporate.	€ 0,00	0	€ 2800,00	Imediata	Redução em torno de 2% do custo anual de energia.



TARIFAS MR 2009 - Longas Utilizações	
Variáveis de Facturação	
Termo Tarifário Fixo (€/mês)	42,75
Potência Média em Horas de Ponta (€/kW.mês)	7,395
Potência Contratada (€/kW.mês)	1,207
energia	
Ponta (I)	0,1039
Cheias (I)	0,0791
Vazio Normal (I)	0,0501
Super Vazio (I)	0,0468
Ponta (II)	0,1072
Cheias (II)	0,0814
Vazio Normal (II)	0,0521
Super Vazio (II)	0,0485
Ponta (III)	0,1072
Cheias (III)	0,0814
Vazio Normal (III)	0,0521
Super Vazio (III)	0,0485
Ponta (IV)	0,1039
Cheias (IV)	0,0791
Vazio Normal (IV)	0,0501
Super Vazio (IV)	0,0468
Média Ponta (I)	0,1056
Média Cheias (I)	0,0803
Média Vazio Normal (I)	0,0511
Média Super Vazio (I)	0,0477

DADOS DA INSTALAÇÃO						
Ident.	Pot Cont kW	Consumo kWh	CICLO S/D	%Ponta	%Cheia	%Vazio normal
Procter & Gamble Porto	579	1.970.000	D	18,7%	48,0%	20,0%

SIMULAÇÃO					
Redes					
Termo Tarifário Fixo	0.0003	(12*Tarifa)/Cons.Anual			
Potência em Horas Ponta	0.0114	(((Cons. Ponta/Nº Horas Ponta)*12)*Tarifa)/Cons.Anual			
P. Contratada	0.0043	(P.C.*12*Tarifa)/Cons.Anual			
REDES (€/kWh)		0,0159			
Energia					
	Ponta	Cheia	Vazio Normal	Super Vazio	TOTAL
Consumo Anual	368.390	945.600	394.000	262.010	1.970.000
Valor	38.884	75.884	20.133	12.485	147.386
ENERGIA (€/kWh)		0,0748			

RESULTADOS	
MR	
REDES (€/kWh)	0,0159
ENERGIA (€/kWh)	0,0748
TOTAL (€/kWh)	0,0907

Valor ano €
178.676

Nº horas de Ponta	
970	Sem.
1460	Diá.

Figura 16: Contrato Situação Actual



Procter & Gamble Porto

Quadro Resumo Preço edpc

ENERGIA (€/kWh)			
Ponta	Cheia	Vazio Normal	Supervazio
0,0786	0,0721	0,0668	0,0572

ENERGIA (€/kWh)				
CICLO SEMANAL	(%)	(kWh)	Valor (Eur)	Preço Médio Anual (Eur)
Ponta	18%	352.630	27.717	
Cheia	57%	1.124.870	81.103	
Vazio Normal	12%	236.400	15.792	
Supervazio	13%	256.100	14.649	
Consumo Anual (kWh)		1.970.000	139.260	0,0707 Energia

TARIFAS DE REDES						
Termo Fixo (€/Mês)	Potência Contratada (€/kW Mês)	Pot. Med. Ponta (€/kWh)	Uso Global do Sistema – Ciclo Semanal (€/kWh)			
0	0,904	7,349	Ponta	Cheia	Vazio Normal	Supervazio
			-0,00015	-0,0007	-0,00175	-0,0019

		Meses	Nº Instalações	Preço Médio Anual (Eur)	
Termo Fixo		12	1	0,0000	
	KW	Meses		Preço Médio Anual (Eur)	
P. Contratada	579	12		0,0032	
	Consumo Ponta (KWh)	Meses	Nº Horas Ponta	Preço Médio Anual (Eur)	
Pot. Med. Ponta (€/kWh)	352.630	12	970	0,0163	
	Ponta	Cheia	Vazio Normal	Super Vazio	Preço Médio Anual (Eur)
U. G. S.	-0.00003	-0.00040	-0.00021	-0.00025	
					-0.0009

RESULTADOS	
ML	
REDES (€/kWh)	0,0186
ENERGIA (€/kWh)	0,0707
TOTAL (€/kWh)	0,0893

Valor ano €
175.860

0,0186 Redes

Preço Médio edpc (Eur/kWh) 0,0893

Poupança €
2.816,00

Figura 17: Simulação EDP Corporate

Aquecimento de Água Sanitária

	Marca	Capacidade (l)	Potência (kW)	Consumo Medido em 24h (kWh)
Cantina	Belma	30	1,2	1
Banh. Fem. P0	Belma	150	5,0	4,62
Banh. Masc. P0	Belma	200	7,2	30,32
Banh. Masc. P1	Belma	30	1,2	1

410 14,6 **36,94**

kWh mensal 1108,2

Proposta de aquisição de equipamento de aquecimento solar de águas sanitárias (Selfenergy):	
Equipamento e instalação:	5.701,00 €
Custo poupado por ano:	1.146,06 €
Taxa retorno:	4,97 anos

Considerando-se 5 dias por semana e 50 semanas por ano, são 250 dias

Gasto anual estimado(kWh)	13483
Custo do kWh	0,085
	1.146,06 €

0,69% Do consumo anual médio

Proposta de Recuperação do calor do compressor	
Equipamento e instalação:	3.200,00 €
Custo poupado por ano:	1.146,06 €
Taxa retorno:	2,79 anos

Figura 18: Cálculo Poupança Aquecimento Águas Sanitárias

Estudo Atlas Copco - Novo Compressor

Estudo realizado em 10080 minutos = 7 dias

kWh	
Consumo dos compressores	10301
Levando-se em conta 1 ano como 50 semanas	515050
Consumo médio anual da empresa	2020801,333
Custo Anual de Energia	171.768,11 €

Novo Compressor GA55VSD	
KWh	
Consumo anual	430300
Redução anual com esse compressor	84750
Poupança anual com a troca	7.203,75 €
Redução no consumo anual	4,19%

	Consumo Anual (kWh)	Poupança Consumo (kWh)	Custo anual	Poupança Anual	Custo investimento	Retorno investimento (anos)
Compressores Atuais	515050	-	43.779,25 €	-	-	-
Situação c/ GA55VSD	430300	84750	36.575,50 €	7.203,75 €	30.490,00 €	4,23

Figura 19: Cálculo Poupança Novo Compressor

Estudo uso de Solatube na nave principal

Presuposto: Lâmpadas desligadas durante uma média de 9 horas diárias: 8:30 as 17:30.

24hs	kWh utilizados	46333,44	15hs	kWh utilizados	28958,4
	Custo atual	3.970,78 €		Custo poupado	2.481,73 €

Investimento por unidade 690,00 € por unidade de 2,5 mts

Unidades 8

Total Investimento 5.520,00 €

Custo Poupado 1.489,04 €

Taxa Retorno (anos) 3,71

kWh poupados	17375,04
Custo poupado	1.489,04 €

Estudo uso de Solatube no escritório

Lâmpadas ligadas durante uma média de 12 horas diárias, das 7:00 às 19:00

Com Solatube pode-se apagar as luzes das 13h até as 18:00, menos 5 horas por dia.

13 luminárias com 3 lâmpadas de 18W cada (kWh)			0,702
12hs	kWh por ano		2022
	Custo anual		173,26 €

7hs	kWh por ano	1179
	Custo anual	101,07 €

Investimento por unidade de 2,5 mts		684,00 €
Investimento por unidade de 6,5 mts		1.192,00 €
Unidades		6

Total investimento 5.628,00 €

Custo poupado 72,19 €

Taxa de Retorno (anos) 78,0

kWh poupados	842
Custo poupado	72,19 €

Estudo Solatube no Processo

Lâmpadas actualmente ligadas 24 horas por dia.

Com Solatube pode-se desligar as lâmpadas entre as 8:00 e às 18:00, menos 10 horas por dia.

Total investimento 405,00 €

Custo poupado 94,66 €

Taxa de Retorno (anos) 4,28

10 hs	kWhs poupados	1114
	Custo poupado	94,66 €

Figura 20: Cálculos Poupança Solatube

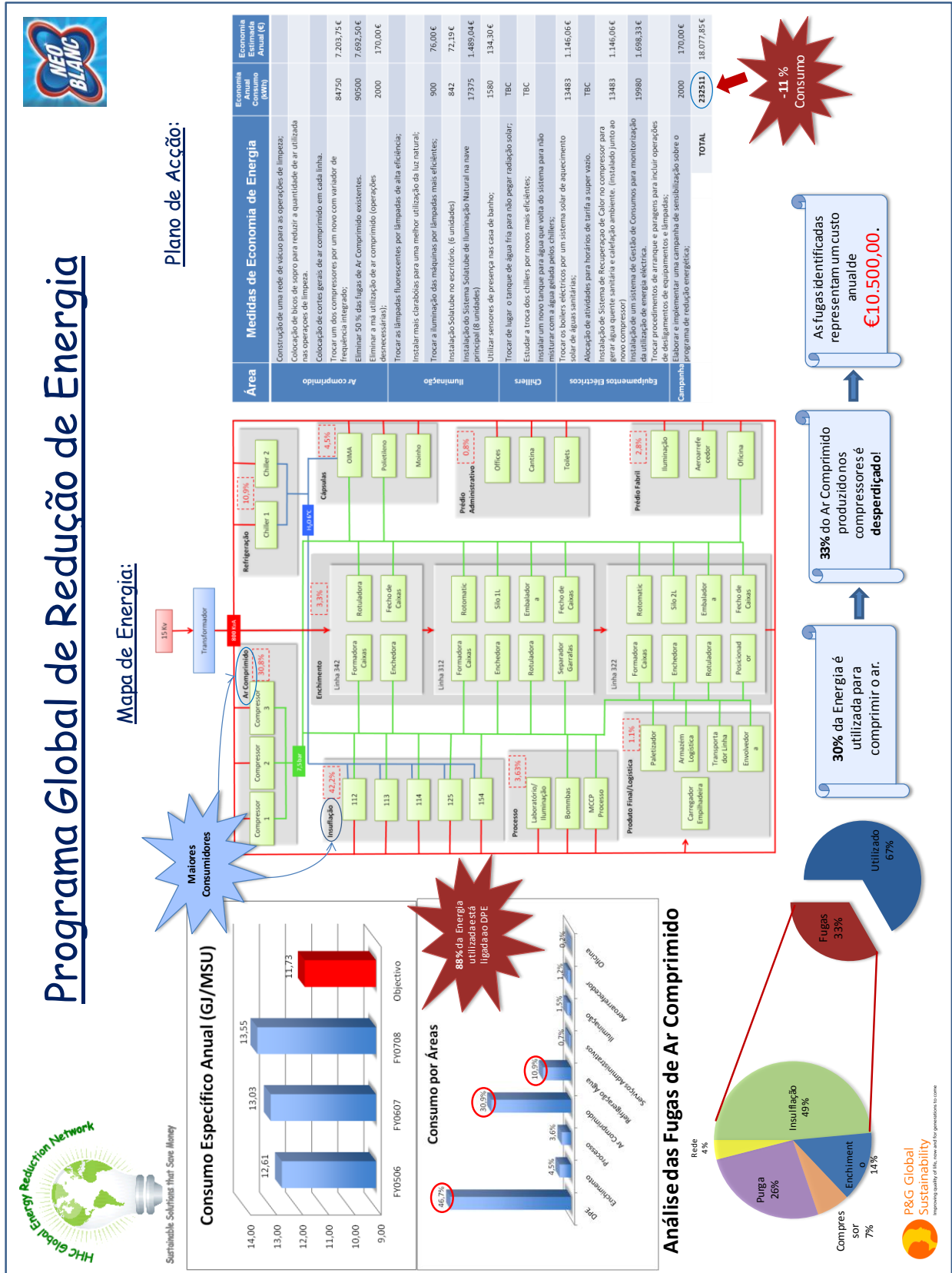


Figura 22: Energy Board – Quadro de Energia

SABIAS QUE:

UMA FUGA DE APENAS **1mm** NA TUBULAÇÃO DE AR COMPRIMIDO EQUIVALE AO CONSUMO DE 5 LÂMPADAS DE 60 WATTS NO MESMO PERÍODO?!



Lembre-se:

- Utilize equipamentos pneumáticos somente quando realmente necessário;
- Sempre quando terminar a utilização de um equipamento pneumático, desligue o corte geral do ar referente a ele;
- Regule sempre o caudal para o mínimo necessário para cada tarefa;
- Ajude a identificar e reparar as fugas e avarias na rede;
- Colabore com sugestões para a redução da utilização de Ar Comprimido.




Figura 23: Cartaz sobre fugas de ar comprimido

AR COMPRIMIDO



A utilização de Ar Comprimido equivale a **30 %** do valor total da factura eléctrica!!

Na última vistoria realizada na rede ar comprimido ficou constatado que as fugas equivalem a **1/3** da capacidade instalada.

Essas fugas tem um custo diário de aproximadamente **€ 50** e um custo anual de **€ 12900**.

Ajude a alcançar os Objectivos!!!

Precisamos reparar as fugas e usar o Ar Comprimido racionalmente

Para isso, precisamos da ajuda de todos:

- Utilize equipamentos pneumáticos somente quando realmente necessário;
- Ao terminar utilização de um equipamento pneumático, desligue o corte geral do ar referente a ele;
- Regule sempre o caudal para o mínimo necessário para aquela tarefa;
- Ajude a identificar e reparar as fugas e avarias na rede;
- Colabore com sugestões para a redução da utilização de Ar Comprimido.




Figura 24: Poster sobre desligar luzes e equipamentos



Precisamos reduzir nosso consumo energético em 10%



Desligue os cortes **Eléctricos** e **Pneumáticos** sempre que a produção parar por mais de 10 minutos!!!

Ajude-nos a alcançar nossos objectivos!!!

Poupar energia é também salvar o meio-ambiente!!!

Get **Green** , Go **Greener**



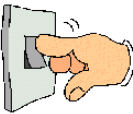
HHC Global PS Sustainability
Improving quality of life, now and for generations to come

Figura 25: Poster desligar equipamentos

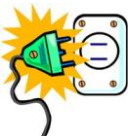


HHC Global PS Sustainability
Improving quality of life, now and for generations to come

Desligue as luzes sempre que deixar o recinto!



Desligue da corrente qualquer tipo de electrónico, computador, impressoras, quando não estiver a usar e também ao final do turno.



P&G

Get **Green** , Go **Greener**

Sabias que:

Deixar um monitor ligado a noite inteira consome a mesma energia que aquecer 6 refeições no microondas!!!

Desligue o monitor sempre que não estiver a usar o computador!

Ao desligar o monitor, além de economizar energia, estará a aumentar a vida útil do computador.

Get **Green** , Go **Greener**

P&G

 HHC Global PS Sustainability
Improving quality of life, now and for generations to come

Figura 26: Poster desligar monitor e computadores

 HHC Global PS Sustainability
Improving quality of life, now and for generations to come

Uma torneira a pingar pode gastar entre 25 e 45 litros de água por dia?!

Seja consciente, poupar água também é ajudar o meio ambiente!!!

Não se esqueça de fechar bem as torneiras após o uso.

Se 1 em cada 5 habitações tiver 1 torneira a pingar durante 1 ano, isso corresponderá a cerca de 4 horas do fluxo das Cataratas de Niágara.

Get **Green** , Go **Greener**

 HHC Global PS Sustainability
Improving quality of life, now and for generations to come



Figura 27: Cartaz sobre economia de água