

**Palavras – Chave:** Consumo Racional de Energia, Eficiência Energética, Têxteis para a Habitação, Indústria Têxtil.

**Key Words:** Rational Use of Energy, Energy Efficiency, Home Textiles, Textile Industry.

## **Resumo**

O presente relatório reporta-se ao trabalho desenvolvido no âmbito de um estágio curricular realizado entre 18 de Novembro de 2010 e 31 de Maio de 2011, na empresa Habidecor que se dedica ao fabrico de produtos têxteis para a habitação e se situa na Zona Industrial do Mundão em Viseu.

O trabalho efectuado visou, com base na avaliação detalhada da situação energética existente, apresentar soluções alternativas que contribuíssem para melhorar o desempenho da empresa, numa perspectiva de eficiência e de utilização racional de energia. Tendo em conta a importância dos consumos energéticos da secção de tinturaria, dedicou-se-lhe especial atenção, nomeadamente no que se refere às operações unitárias de tingimento e de secagem de fio e de tecido.

Do estudo efectuado, concluiu-se existir um significativo potencial de poupança energética, com importantes vantagens de carácter económico e ambiental.

## **Abstract**

The present report corresponds to the work performed under a traineeship held in the period between November the 18<sup>th</sup>, 2010 and May the 31<sup>st</sup>, 2011, at Habidecor, an industrial unit that manufactures textile products for housing, located in the Industrial Zone of Mundão, Viseu.

Based on a detailed evaluation of the existing energy situation, the work carried out aimed to find alternative solutions that would contribute to improve the efficiency and the rational use of energy in the industrial unit. Given the

importance of the energy consumption in the drying section, a special attention, was devoted to the unitary operations of drying and dyeing of yarn and tissue.

This study allowed us to conclude that there is a significant potential for energy savings, with important advantages in the economic and environmental field.

## Índice

1. Introdução .....	1
1.1. Breve enquadramento temático .....	1
1.2. Desenvolvimento e organização do trabalho .....	3
2. O Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia .....	5
3. O Sector Têxtil .....	9
3.1. Breve descrição do Sector Têxtil .....	9
3.2. A situação Energética do Sector Têxtil .....	10
4. A Habidecor .....	13
4.1. Introdução .....	13
4.2. Breve descrição do processo produtivo .....	13
4.2.1. Processo produtivo dos tapetes tuftados .....	14
4.2.2. Processo produtivo dos tapetes de tecido .....	16
4.3. Principais questões ambientais da Habidecor .....	18
4.3.1. Emissões para a água .....	18
4.3.2. Emissões para o ar .....	19
4.3.3. Geração de resíduos .....	20
4.4. Descrição dos Consumos Energéticos .....	22
5. Medidas de Utilização Racional de Energia na Secção de Tinturaria na Indústria Têxtil .....	26
5.1. Reutilização do banho de branqueamento .....	28
5.2. Lavagem após branqueamento por uma preparação de enzimas .....	28
5.3. Utilização de um espectrofotómetro para controlo da eficiência do tingimento .....	29
5.4. Automatização da cozinha de corantes .....	30
5.5. Tingimento descontínuo a frio (“Cold Pad Batch”) .....	31
5.6. Tingimento aerodinâmico .....	32
5.7. Redução da relação de banho .....	32
5.8. Reutilização dos banhos de tingimento .....	33
5.9. Reutilização da última água de lavagem do tingimento .....	33
5.10. Recuperação das águas de lavagem do tingimento .....	34
5.11. Extracção em vácuo .....	34
5.12. Reutilização de água quente proveniente dos sistemas de refrigeração. ....	35
5.13. Gestão de água nos processos de ultimação .....	35
5.14. Secadores por rádio frequência .....	36

5.15.	Recuperação de energia térmica .....	36
6.	Descrição do Estudo da Recuperação de Energia Térmica na Habidecor ....	37
6.1.	Recuperação do potencial térmico no processo de tingimento.....	37
6.1.1.	Determinação do caudal da água residual.....	38
6.1.2.	Determinação da temperatura da água residual.....	38
6.1.3.	Determinação da temperatura da água a aquecer.....	38
6.1.4.	Determinação do caudal da água a aquecer.....	40
6.2.	Recuperação do potencial térmico do ar de exaustão dos secadores ...	41
	Conclusão .....	43
	Referências Bibliográficas .....	45
	Anexo I.....	I
	Anexo II.....	XXXVI
	Anexo III.....	LIV
	Anexo IV .....	LXI

## Índice de Figuras

Figura 1 – Taxa de dependência energética de Portugal (DGEG, 2011).....	2
Figura 2 – Representação esquemática da interação entre o PNAEE, o SGCIE e a ENE 2020. ....	5
Figura 3 – Procedimentos obrigatórios para o cumprimento do referido no SGCIE (ADENE, 2010). ....	6
Figura 4 – Caracterização da localização das empresas têxteis em Portugal (adaptado Pereira e Lourenço, 2009). ....	10
Figura 5 – Consumo de energia total na indústria têxtil 2000 – 2009 (Dados DGEG, 2011). ....	11
Figura 6 – Distribuição das formas de energia consumidas na indústria têxtil (Dados DGEG, 2011). ....	12
Figura 7 – Fachada principal da empresa Habidecor. ....	13
Figura 8 – Diagrama das secções do ciclo produtivo da Habidecor. ....	14
Figura 9 – Visualização do tapete “Must”. ....	15
Figura 10 – Fluxo produtivo do tapete tuftado “Must” de algodão.....	16
Figura 11 – Descarga de um banho de tingimento de tonalidade vermelha. ....	18
Figura 12 – Visualização de alguns resíduos não perigosos produzidos na Habidecor. ....	20
Figura 13 – Geração dos resíduos e consumo de energia nas diferentes secções.....	21
Figura 14 – Representação dos consumos de energia (Tep) no ano de 2010, para as diferentes fontes energéticas (CITEVE, 2010). ....	23
Figura 15 – Comparação do consumo de Tep desde o ano 2008 a 2010 com a produção da Habidecor (CITEVE, 11).....	24
Figura 16 – Principais grupos de Medidas Transversais e de Medidas Específicas Sectoriais para a Indústria Transformadora (adaptado de Magueijo, 2010). ....	26

Figura 17 – Diagrama dos Consumos e Gerações na secção de Tinturaria (Adaptado Bastian, 2009).....	27
Figura 18 – Visualização do tanque de armazenamento da água de arrefecimento. ...	39

### **Índice de Tabelas**

Tabela 1 – Consumos totais de energia, no ano de 2010 (CITEVE, 2010). ....	22
Tabela 2 – Consumos e custos totais de energia na secção da tinturaria (CITEVE, 2008). ....	24

## **1. Introdução**

### **1.1. Breve enquadramento temático**

A energia é um elemento fundamental na sociedade actual. A problemática acerca da sua utilização está na ordem do dia, não só pela escassez previsível dos recursos energéticos fósseis bem como pelas suas implicações no ambiente e na saúde humana (Tanaka, 2008).

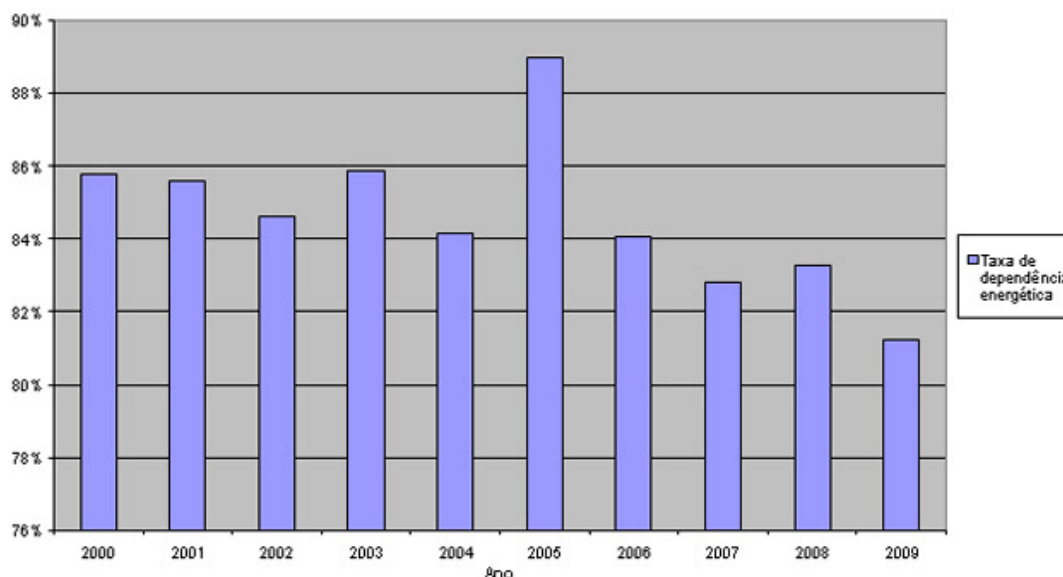
O aumento significativo do consumo de energia relaciona-se fortemente com os padrões de desenvolvimento sócio-económico que se verificam à escala planetária (Wilkinson, 2007).

A nível industrial, a factura energética constitui um peso significativo nos custos de funcionamento das empresas. Trata-se, em geral, de recursos energéticos não renováveis, cuja utilização tem reconhecidas implicações ambientais que importa minimizar.

A estratégia energética da União Europeia reflecte estas questões (Commission of the European Communities, 2006). Esta tem como objectivos:

- Reduzir o impacte ambiental da produção e da utilização de energia;
- Promover a poupança da energia e a eficiência energética;
- Aumentar a cota de produção e utilização de energia mais limpa.

Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, principalmente, aqueles que nos asseguram as necessidades energéticas, como o petróleo, o carvão e o gás (ADENE, 2010). Esta escassez conduz-nos a uma elevada dependência energética do exterior (Figura 1) que se traduz numa maior vulnerabilidade do sistema energético às oscilações dos preços internacionais.



**Figura 1 – Taxa de dependência energética de Portugal (DGEG, 2011).**

A eficiência com que a energia é utilizada é um importante factor de competitividade. Para se produzir, em Portugal, um euro de riqueza (PIB) consome-se 2,47 vezes mais energia que em França ou 1,49 vezes mais que em Espanha. Em 2007, foram necessárias 192 tep para produzir 1000 euros de PIB, quando a média europeia foi de 169 tep (DGEG; 2011).

É, de facto, de extrema importância a adopção de medidas para o uso eficiente de energia, não só para assegurarmos a competitividade económica e social, mas também para a preservação do meio ambiente.

Em Portugal, foi aprovada na Resolução do Conselho de Ministros nº 29/10, para o sector energético, a Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020, e nesse âmbito foi publicado o decreto – lei nº 71/ 2008 de 15 de Abril que regulamenta o SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Este sistema resulta da revisão do RGCE – Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia, uma das medidas que consta no Plano Nacional de Acção em Eficiência Energética (PNAEE). Segundo o decreto – lei nº 71/2008 de 15 de Abril, o SGCIE aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia (CIE), com consumos superiores a 500 TEP/ano.

Nesta perspectiva e, no âmbito do presente trabalho, a Habidecor está classificada como CIE estando, como tal, sujeita ao preceituado no SGCIE. Nesse âmbito, já foi realizada uma auditoria energética e elaborado um Plano

de Racionalização do Consumo de Energia (PREn). Dado que a unidade industrial em causa apresenta um consumo anual de energia superior a 500, mas inferior a 1000 TEP, a meta a atingir, é no mínimo, uma melhoria de 4% de intensidade energética e do consumo específico, em 8 anos, no mínimo, com a manutenção dos valores históricos da intensidade carbónica.

Na indústria têxtil, as despesas mais relevantes são: os materiais, a mão – de – obra e a energia. Os custos energéticos oscilam entre os 8% em infra-estruturas de fiação, que consomem principalmente electricidade, e os 15%, principalmente com consumos térmicos, em operações de tingimento e acabamento (CITEVE, 2009). A secção de tinturaria (incluindo a secagem) representa pois um dos sectores com maior peso, tanto no consumo de energia como nos impactes ambientais em geral.

## **1.2. Desenvolvimento e organização do trabalho**

Com base nos conhecimentos adquiridos no âmbito do Mestrado em Tecnologias Ambientais, nomeadamente na unidade curricular de Sustentabilidade Energética, o presente trabalho visou, através da análise da situação actual, estudar soluções com vista à melhoria do desempenho energético da empresa Habidecor.

Dada a existência do PREn, teve-se em atenção o que nele é preconizado, nomeadamente no que respeita aos procedimentos indicados e à eficácia das soluções técnicas de concretização das metas estabelecidas.

Dada a sua importância em termos dos consumos energéticos, refira-se a análise e o estudo do funcionamento das instalações e dos equipamentos da secção de tinturaria, nomeadamente as operações unitárias de tingimento e de secagem de fio e de tecido. O trabalho efectuado teve como objectivo principal a recuperação do potencial térmico das águas residuais provenientes do processo de tingimento, bem como a recuperação do potencial térmico do ar de exaustão do processo de secagem.

O texto que se segue encontra-se organizado do seguinte modo: após a presente Introdução, encontram-se quatro capítulos relativos ao Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, ao Sector Têxtil, à Habidecor e

às Medidas de Utilização Racional de Energia na Secção de Tinturaria na Indústria Têxtil. Seguidamente, antes da Conclusão, figura um capítulo no qual são descritas as etapas necessárias para efectuar o estudo da recuperação do potencial térmico na Habidecor. Os anexos integram descrições detalhadas do estudo de recuperação do potencial térmico na secção de tinturaria. O primeiro anexo tem como título “Aproveitamento do potencial térmico das águas residuais na secção de tinturaria” e descreve a situação energética actual da secção da tinturaria, o funcionamento da mesma e apresenta um estudo detalhado de implementação de uma medida de racionalização energética, incluindo orçamento, economia de custo e de combustível, assim como o período de retorno do investimento. O segundo anexo, com o título “Aproveitamento do potencial térmico do ar de exaustão dos secadores na secção de tinturaria”, aborda todo o funcionamento dos secadores e descreve um estudo detalhado da aplicação da medida de racionalização energética, incluindo o orçamento, economia de custo e de combustível, assim como o período de retorno do investimento. O terceiro anexo, “Cobertura do tanque de água quente”, aborda o estudo referente à escolha de uma cobertura para o tanque de água quente, incluindo orçamento, economia de custo e período de retorno do investimento. Por último, o quarto anexo apresenta três posters relativos ao trabalho desenvolvido, expostos na ENERVIDA’11, Feira e Conferência de Energias Renováveis e Eficiência Energética, organizada pela Associação Empresarial da Região de Viseu, realizada entre 10 e 13 de Fevereiro de 2011.

## 2. O Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

O Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia surgiu em 2008 como uma das medidas do Plano Nacional de Acção em Eficiência Energética e no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia, como se pode observar através da Figura 2.

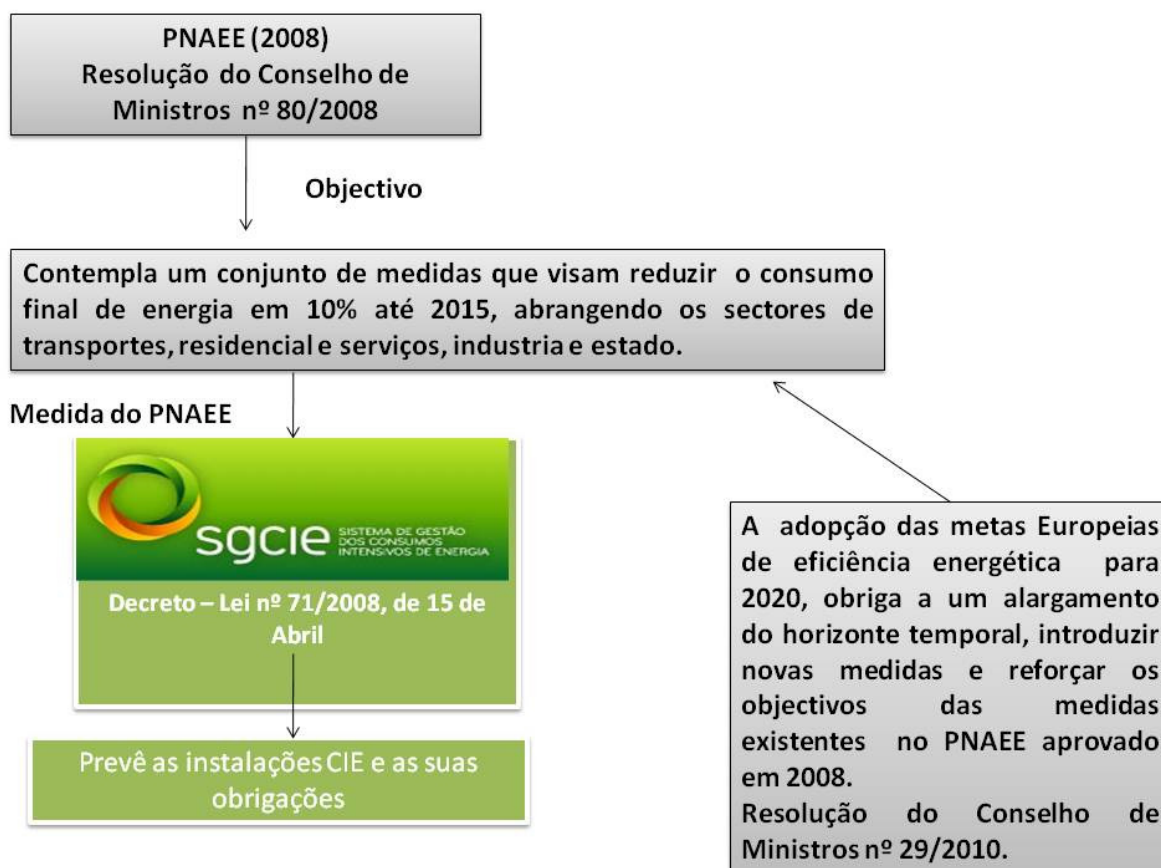


Figura 2 – Representação esquemática da interacção entre o PNAEE, o SGCIE e a ENE 2020.

O SGCIE define quais as condições para que uma instalação seja considerada CIE, com consumo igual ou superior a 500 Tep/ano e as obrigações das mesmas instalações.

De acordo com o decreto-lei nº 71/2008 de 15 de Abril, existem procedimentos obrigatórios por parte dos industriais quando estão sujeitos ao SGCIE. Como tal, um operador que explore instalações CIE tem como procedimentos obrigatórios:

- Promover o registo das instalações;

- Efectuar auditorias energéticas que avaliem, nomeadamente, todos os aspectos relativos à promoção do aumento global da eficiência energética;
- Elaborar Planos de Racionalização do Consumo de Energia (PREn), com base nas auditorias previstas no ponto anterior, visando o aumento global da eficiência energética, apresentando-os à Agência para a Energia (ADENE);
- Executar e cumprir os PREn aprovados, sob a responsabilidade técnica de um técnico credenciado.

De acordo com o que foi dito anteriormente, o SGCIE traduz-se num conjunto de procedimentos obrigatórios com vista a uma utilização racional de energia e consequente economia das unidades industriais (Figura 3).

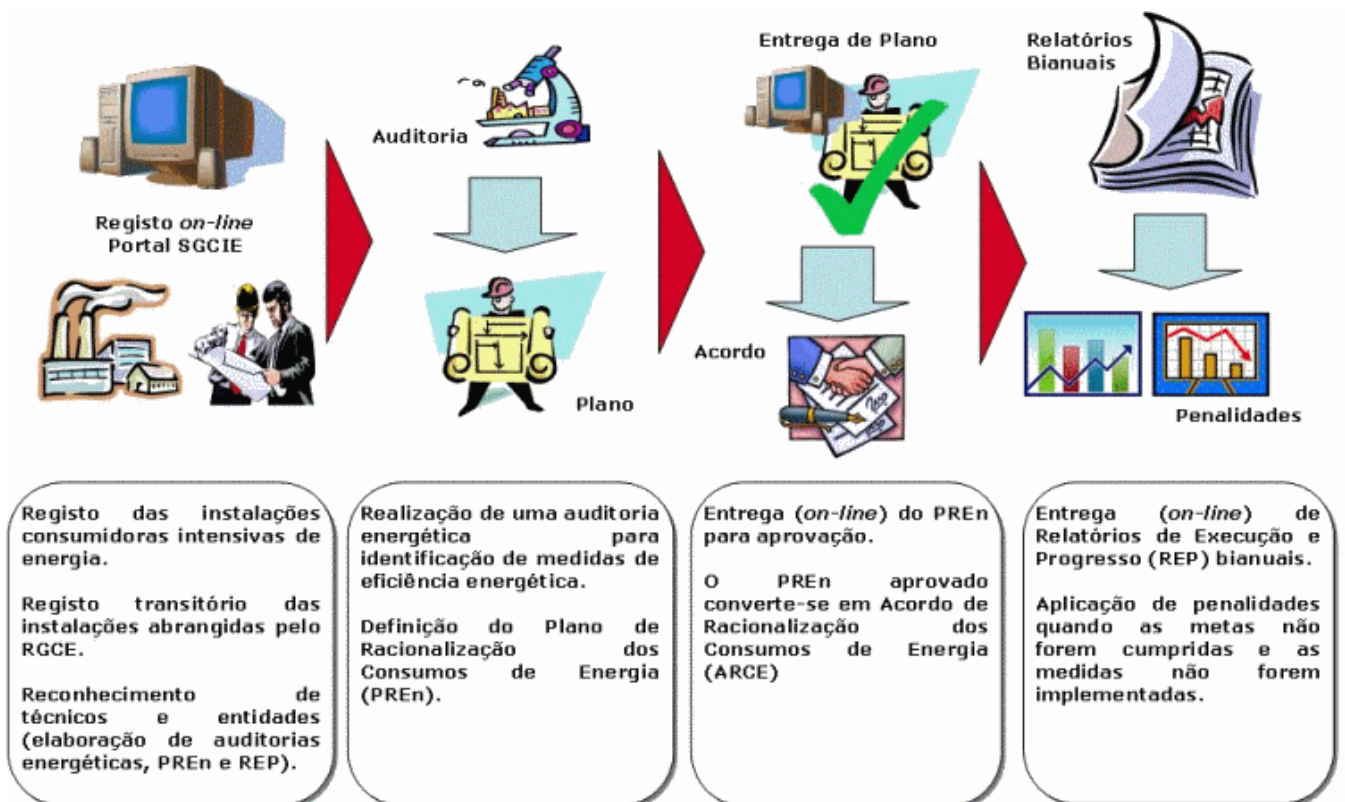


Figura 3 – Procedimentos obrigatórios para o cumprimento do referido no SGCIE (ADENE, 2010).

Segundo o decreto-lei nº 71/2008 de 15 de Abril, auditorias energéticas consistem num estudo detalhado sobre a forma como é utilizada a energia com base nos registos dos consumos e custos, nomeadamente as facturas

energéticas. De uma forma geral, permitem fornecer informações específicas de forma a identificar possibilidades de economia de energia. A auditoria energética tem como principais objectivos:

- Verificar o modo como a energia é utilizada na instalação;
- Determinar o consumo de energia com a produção, definindo um indicador energético, o consumo específico de energia;
- Determinar os consumos de energia por sector, processo ou equipamento;
- Verificar detalhadamente a forma como a energia é utilizada;
- Identificar situações de má gestão de energia;
- Apresentar medidas correctivas e estudar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Sugerir, no caso de ainda não existir, um sistema organizado de gestão de energia.

Na auditoria energética, para determinar os consumos de energia, são utilizadas as facturas do ano que a antecede. Como as fontes energéticas podem ser diversas, utilizam-se factores de conversão, estabelecidos no despacho nº 17313/2008 de 26 de Junho, para uma unidade comum que é a tonelada equivalente de petróleo (TEP).

Segundo o decreto – lei nº 71/2008 de 15 de Abril, através da integração dos resultados da auditoria energética é realizado um Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn). Consiste num programa estratégico de intervenção que permite reduzir os consumos específicos de energia. Esta redução é feita com base em metas fixadas previamente de acordo com o descrito na legislação vigente:

- No mínimo, uma melhoria de 6% da intensidade energética em seis anos, quando se trata de instalações com consumos iguais ou superiores a 1000 Tep/ano, ou melhoria de 4% em oito anos para as restantes instalações;
- No mínimo, a manutenção dos valores históricos da intensidade carbónica.

Num PREn devem constar medidas conducentes a uma maior eficiência na utilização da energia, bem como os objectivos a alcançar no que respeita à redução e consumos. O PREn deve considerar técnicas/acções mais eficientes do ponto de vista ambiental, como hipóteses de produção combinada de energia eléctrica e calor, valorização de resíduos energéticos, substituição de produtos provenientes do petróleo. Este deverá ser realizado de maneira a possibilitar a averiguação, em qualquer momento, do seu cumprimento ou desvio (ADENE, 2004).

### **3. O Sector Têxtil**

#### **3.1. Breve descrição do Sector Têxtil**

A indústria têxtil é um sector fragmentado e heterogéneo, dominado essencialmente por pequenas e médias empresas, com uma procura nos três principais usos finais: vestuário, têxteis lar e uso industrial (Serra, Pointon e Abdou, 2011).

Este sector industrial representa na União Europeia (European Commission, 2003):

- ✓ 3,4% da industria transformadora;
- ✓ 3,8% do valor económico adicionado;
- ✓ 6,9% do emprego industrial.

As actividades da indústria têxtil estão distribuídas em toda a Europa, contudo encontram-se mais concentradas nalguns países da União Europeia. A Itália é o principal produtor europeu, muito à frente da Alemanha, Reino Unido, França e Espanha. Estes cinco países representam mais de 80% de empresas de indústria têxtil na União Europeia, que no ano 2000, chegou a um volume de negócios de 198 mil milhões de euros empregando cerca de 2,2 milhões de pessoas (European Comission, 2003).

Em Portugal, a localização das empresas têxteis ocorre maioritariamente no norte do País. Em termos de mão-de-obra empregue no sector, também o norte é predominante (Figura 4) (Pereira e Lourenço, 2009).

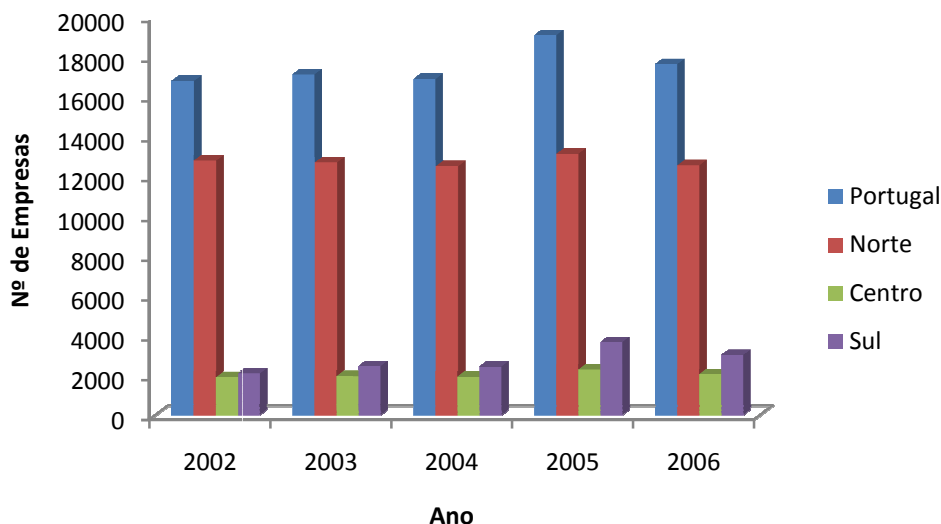


Figura 4 – Caracterização da localização das empresas têxteis em Portugal (adaptado Pereira e Lourenço, 2009).

A cadeia têxtil e do vestuário é composta por um grande número de subsectores que abrangem todo o ciclo produtivo, desde a produção de matérias-primas (fibras sintéticas), matérias semi-processadas (fios, tecidos e malhas) e os produtos finais de consumo (têxteis lar, vestuário e uso industrial).

### 3.2. A situação Energética do Sector Têxtil

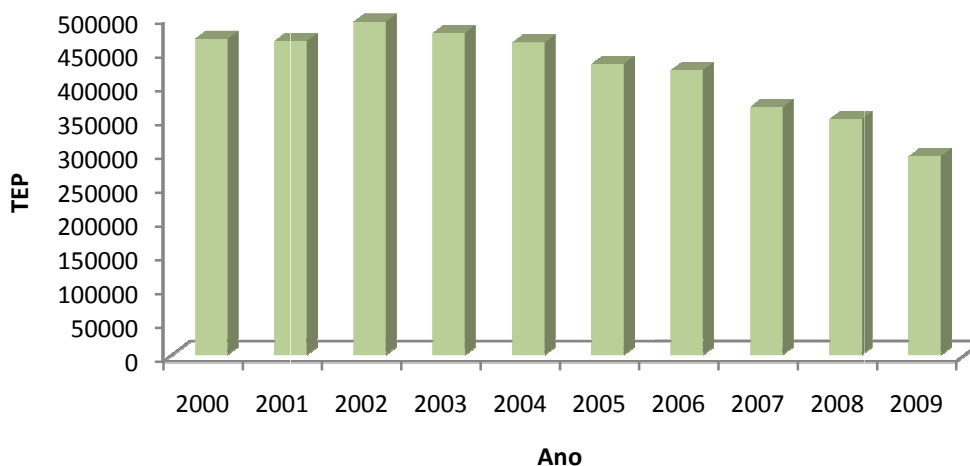
Em termos de energia, o sector têxtil em 2009, representava cerca de 6,25% do total de energia consumida nas indústrias transformadoras de Portugal, que por sua vez representava 20,4% do consumo de energia final no País (DGEG, 2009).

A indústria têxtil é tradicionalmente uma indústria com gastos intensivos de energia. Na generalidade, a energia na indústria têxtil é usada, principalmente, sob a forma de (Bhurtun, Kistamah e Chummun, 2006):

- Electricidade – em máquinas, iluminação, equipamentos de escritório e outros.
- Combustíveis líquidos ou gasosos – fuelóleo ou gás natural para a alimentação de equipamentos térmicos.

Os sectores produtivos têxteis com maior peso no consumo de energia são os acabamentos e o tingimento, quando comparados com os restantes sectores. A componente térmica é muito superior à componente eléctrica, nestes sectores, pelo que a implementação de medidas de conservação de energia térmica se torna imperativo (Palanichamy e Babu, 2005).

De facto, em Portugal, começa-se a notar um decréscimo no consumo de energia total (carvão, petróleo, electricidade, gás natural) desde o ano 2000 (DGEG, 2009). De notar que esta redução estará por certo ligada ao decréscimo da produção, mas também a acções de racionalização energética adoptadas pela indústria numa tentativa de reduzir os custos e cumprir com os planos de racionalização energética aprovados (Figura 5).



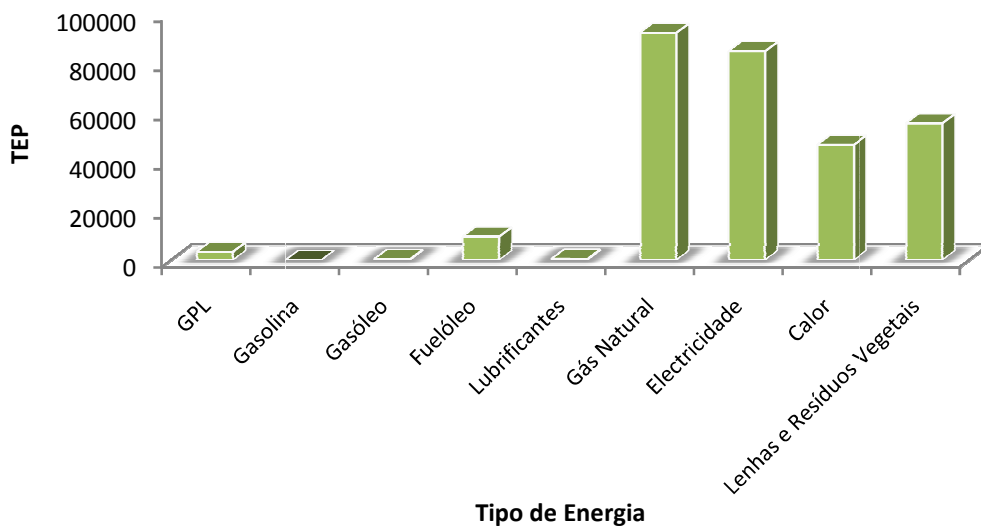
**Figura 5 – Consumo de energia total na indústria têxtil 2000 – 2009 (Dados DGEG, 2011).**

Os custos da electricidade e principalmente, do petróleo têm aumentado assinalavelmente nos últimos anos, logo a racionalização de energia tem-se tornado numa questão fundamental.

Antes da problemática energética se ter tornado relevante, as perdas de energia através das descargas de água quente, fugas e manutenção inadequada, falta de isolamento das tubagens e máquinas, não recuperação dos gases e de ar quente e configurações inadequadas de elevado consumo energético eram ocorrências comuns na indústria têxtil (Pulat, Etemoglu e Can, 2009). Estas perdas eram geralmente negligenciadas em detrimento das pressões decorrentes da produção e dos prazos de entrega.

Os custos crescentes de energia têm tornado estas ocorrências insustentáveis, tanto em termos de rentabilidade (visto que o custo de energia assume um papel crucial no custo total de processamento, o qual pode ir até 30%), como em termos da correspondente preocupação ambiental (Oğulata, 2004).

No ano de 2009, a forma de energia mais utilizada pela indústria têxtil portuguesa foi o gás natural (DGEG, 2009) (Figura 6), necessário para alimentar as caldeiras que produzem vapor para os sectores com necessidades térmicas mais elevadas, como é o caso da tinturaria.



**Figura 6 – Distribuição das formas de energia consumidas na indústria têxtil (Dados DGEG, 2011).**

O gás natural tem vindo a substituir o fuelóleo, pelo facto de minimizar os custos de manutenção das caldeiras, além de ser uma energia mais “limpa”.

## **4. A Habidecor**

### **4.1. Introdução**

A actividade principal da Habidecor, S.A. é a confecção de produtos têxteis para uso doméstico. Trata-se de uma unidade técnica de produção implementada num terreno com área aproximada de 37.713 m<sup>2</sup>, sendo 19.247 m<sup>2</sup> de área coberta, localizada na zona Industrial de Mundão em Viseu.



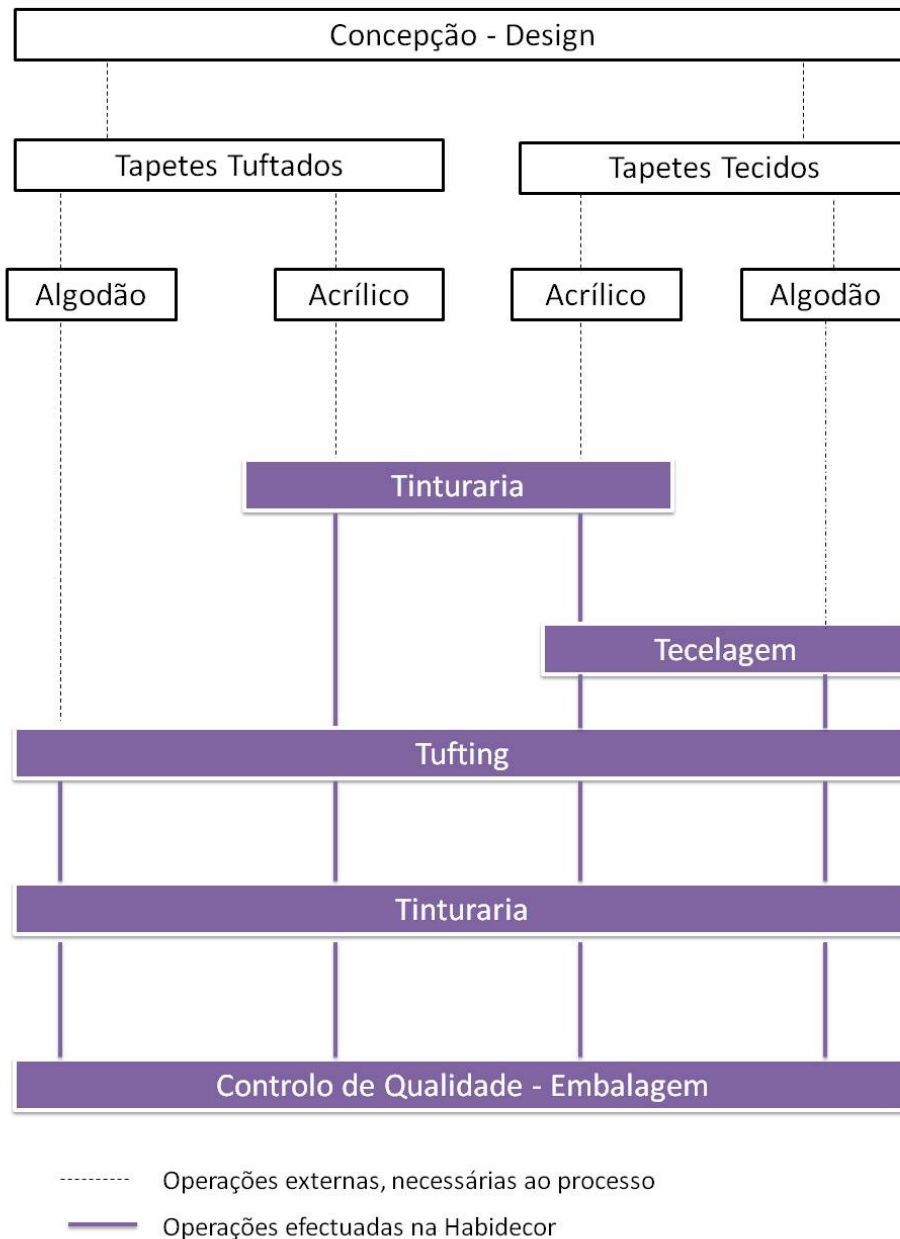
**Figura 7 – Fachada principal da empresa Habidecor.**

Iniciou a sua actividade em Julho de 1977 com dez colaboradores contando actualmente com cerca de 130.

Apesar de ser uma unidade industrial equipada com tecnologia moderna e informatizada, o produto final apresenta características semi-artesanais dado a actividade crítica do processo de fabrico (“Tufting”) ser de mão-de-obra intensiva.

### **4.2. Breve descrição do processo produtivo**

A Habidecor produz tapetes, de tecido ou tuftados, ambos utilizando o fio de acrílico ou o fio de algodão, como matéria-prima. Na seguinte figura apresenta-se o diagrama das secções que constituem o ciclo produtivo da Habidecor.



**Figura 8 – Diagrama das secções do ciclo produtivo da Habidecor.**

A figura anterior remete-nos para a complexidade produtiva na indústria têxtil. Tendo em conta este factor, apresenta-se, seguidamente, uma breve descrição dos processos produtivos dos tapetes tuftados e dos tapetes de tecido.

#### **4.2.1. Processo produtivo dos tapetes tuftados**

O processo produtivo dos tapetes tuftados, cuja matéria-prima é o fio de acrílico, tem início na secção de tinturaria. Nesta secção o fio acrílico é tingido e enviado, posteriormente, para a secção de tufting.

As operações unitárias que se processam na secção de tufting são, por ordem de realização, as seguintes:

- 1) Desenho e Corte – desenho da forma final do tapete no locktuf (base de acrílico) e corte da base.
- 2) Viés e Remate – colocação do viés no locktuf e remate, necessário para o tapete não desfiar.
- 3) Tufting – implementação do fio acrílico em toda a base do tapete.
- 4) Latexagem – impregnação da base do tapete com cola, para a fixação do fio acrílico e características antiderrapantes.

Finalizadas estas operações, o tapete prossegue para a secção de tinturaria. Nesta secção, o tapete poderá ir para as operações de tingimento, branqueamento ou lavagem e secagem. A secção de controlo de qualidade é aquela que se segue. Nesta secção, são verificados todos os tapetes, em processo que inclui a realização de testes de lavagem para verificação da coloração. O ciclo produtivo destes tapetes é finalizado na secção de embalagem.

Quando se trata de tapetes tuftados, cuja matéria-prima é o algodão, o processo produtivo é ligeiramente diferente. Seguidamente apresenta-se o processo produtivo de um dos produtos mais vendidos da Habidecor: o tapete tuftado “*Must*” de algodão (Figura 9).



Figura 9 – Visualização do tapete “*Must*”.

Como se pode observar pela imagem anterior, o “Must” é um tapete muito simples, apenas com uma cor e de forma rectangular. O respectivo processo produtivo engloba, contudo, alguma complexidade (cf. Figura 10)

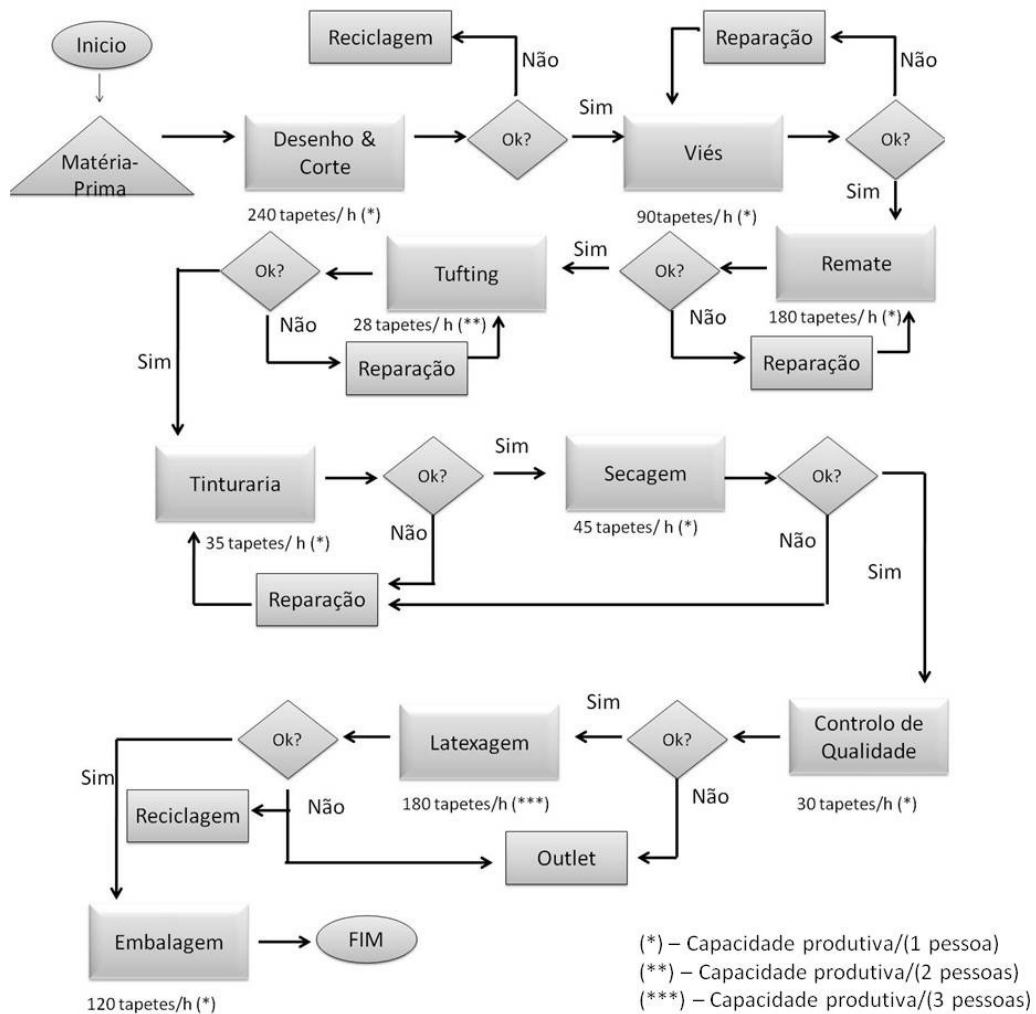


Figura 10 – Fluxo produtivo do tapete tuftado “Must” de algodão.

#### 4.2.2. Processo produtivo dos tapetes de tecido

O processo produtivo dos tapetes de tecido, em que a matéria-prima é o fio acrílico, inicia-se na secção de tinturaria. Nesta secção, o fio acrílico é tingido e enviado para a secção de tecelagem.

A secção de tecelagem é totalmente automatizada. Os desenhos dos tapetes são inseridos no computador do tear com um máximo de cinco cores. Os tapetes são automaticamente produzidos nas bases de locktuf.

Seguidamente, os tapetes são enviados para a secção de tufting para a realização das seguintes operações unitárias:

- 1) Viés e Remate – colocação do viés no locktuf e remate, necessário para o tapete não desfiar.
- 2) Latexagem – esta operação depende dos pedidos dos clientes. Neste caso, já não existe a necessidade de fixar o fio, apenas se aplica a cola para efeitos antiderrapantes.

Posteriormente, os tapetes são enviados para a secção de tinturaria para processos de tingimento, branqueamento, lavagens e secagem.

A secção de controlo de qualidade e a secção de embalagem são as secções que se seguem no processo produtivo.

Os tapetes de tecido, cuja matéria-prima é o algodão, apresentam um processo produtivo ligeiramente diferente.

Neste caso, o processo produtivo inicia-se na secção de tecelagem, onde se produzem os tapetes de tecido de algodão cru em bases de algodão.

As fases de processamento deste tipo de tapete a partir desta fase são iguais às descritas para o tapete de tecido constituído por fio de acrílico.

Actualmente o mercado apresenta uma resposta mais positiva aos tapetes de algodão pelo facto de ser uma matéria-prima natural. Desta forma, a produção é de 90% de tapetes de algodão e 10% de tapetes em acrílico.

A concepção e o design dos produtos finais são efectuados na Bélgica, onde se situa a parte criativa da empresa.

Somente 3% do produto da Habidecor é consumido em Portugal. O restante é exportado para países como a Arábia Saudita, França, Luxemburgo, Alemanha, Inglaterra, Brasil, Estados Unidos da América, Itália, Japão, Coreia, Singapura, Austrália, entre outros.

### **4.3. Principais questões ambientais da Habidecor**

As principais implicações ambientais resultantes das actividades da Habidecor são as emissões para a água, para o ar e a geração de resíduos.

#### **4.3.1. Emissões para a água**

A empresa em causa, à semelhança do que acontece nas restantes indústrias têxteis, usa a água como principal meio de remoção de impurezas, de aplicação de corantes e agentes auxiliares de tingimento bem como, no que diz respeito à energia térmica necessária ao processo, para geração de vapor. No caso da água, as principais preocupações ambientais incidem na quantidade de água e na carga química que esta transporta quando é descarregada como efluente.

A principal fonte de águas residuais, no processo produtivo da Habidecor, é a secção de tinturaria. O caudal médio diário do afluente à ETAR é de 215 m<sup>3</sup> e as principais características que este efluente apresenta são: elevada carga orgânica e elevada carência química de oxigénio, reduzida concentração de oxigénio dissolvido, forte coloração (*cf.* Figura 11) e elevada temperatura, elevado pH e elevado valor de sólidos suspensos totais (VentilAqua, 2011).



**Figura 11 – Descarga de um banho de tingimento de tonalidade vermelha.**

O tratamento do efluente, na ETAR, ocorre através de pré-tratamento (gradagem), de tratamento primário (floculação e coagulação) seguido de tratamento biológico (lamas activadas). O efluente tratado e estabilizado é lançado para o colector municipal, cumprindo os valores limites de emissão estabelecidos pelo Município de Viseu.

#### **4.3.2. Emissões para o ar**

Associados à queima de thick fuelóleo, para produzir energia térmica, resultam gases de combustão que contêm  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  e partículas (AmbienteGlobal, 2011). De forma a cumprir o disposto no decreto-lei nº 78/2004 de 3 de Abril, que estabelece o regime de prevenção e controlo das emissões poluentes para a atmosfera, e suas portarias, duas vezes por ano, a Habidecor monitoriza as emissões gasosas através de medições.

Operações de manutenção da caldeira, como sejam a limpeza semanal da fuligem dos tubos de fogo, constituem uma medida adoptada para reduzir a emissão de partículas. A eficiência da caldeira também é controlada, através da regulação do ar de alimentação da mesma. Este controlo é feito através de um medidor portátil de gases de exaustão, em que a variável a monitorizar é a  $\%O_2$  nos gases de exaustão. De acordo com dados teóricos, para uma caldeira que funcione a thick fuelóleo para se obter uma eficiência de, pelo menos 88%, com uma temperatura dos gases de exaustão de  $200^\circ\text{C}$ , a  $\%O_2$  nos gases de fumo terá que rondar os 3% a 6% e o excesso de ar situar-se entre 15% e 37% (Juanico, 1992). Quando a  $\%O_2$  é superior, verifica-se um aumento das perdas pela chaminé. Já quando se verifica o contrário, ocorre combustão incompleta, com libertação de monóxido de carbono (CO) e de partículas. Com a manutenção e controlo das variáveis principais da caldeira atinge-se um bom rendimento e diminuição da libertação de concentrações mais elevadas de poluentes para a atmosfera. No âmbito deste tema, foi exposto na ENERVIDA'11, Feira e Conferência de Energias Renováveis e Eficiência Energética, um poster que se encontra no anexo IV do presente trabalho.

### 4.3.3. Geração de resíduos

Quase todas as secções da Habidecor geram resíduos. Os resíduos industriais não perigosos são: resíduos de fibras têxteis processadas (fio acrílico, aparas de tapetes tingido) e não processadas (restos de locktuf, algodão cru), resíduos de materiais compósitos (tapetes fora de colecção), resíduos de fibras têxteis processadas húmidas (aparas de tapetes resultantes do processo de tingimento) (cf. Figura 12), lamas da ETAR, cartão, plástico e papel de escritório.



Resíduos de Fibras Têxteis processadas: LER - 040222



Resíduos de Fibras Têxteis processadas húmidas: LER - 040222



Resíduos de Material Compósito: LER - 040209



Resíduos de Fibras Têxteis não processadas: LER - 040221

**Figura 12 – Visualização de alguns resíduos não perigosos produzidos na Habidecor.**

Dos resíduos anteriormente enumerados, apenas as lamas e os resíduos de fibras têxteis processadas húmidas têm como destino final o aterro sanitário do Planalto Beirão. Os restantes são encaminhados para operadores de resíduos licenciados, que, nalguns casos, efectuem a sua valorização.

Os resíduos industriais perigosos gerados são: consumíveis informáticos, cinzas da caldeira, absorventes e materiais absorventes contaminados, filtros de óleo e gasóleo, lâmpadas fluorescentes, equipamentos eléctricos e electrónicos, baterias e acumuladores de chumbo. Estes resíduos são

encaminhados para o centro integrado de recuperação, valorização e eliminação de resíduos (ECODEAL) e feita a sua gestão.

Na figura seguinte apresenta-se, de forma esquemática, o circuito de geração dos principais resíduos, apresentando-se igualmente consumos de diferentes formas de energia por secção produtiva.

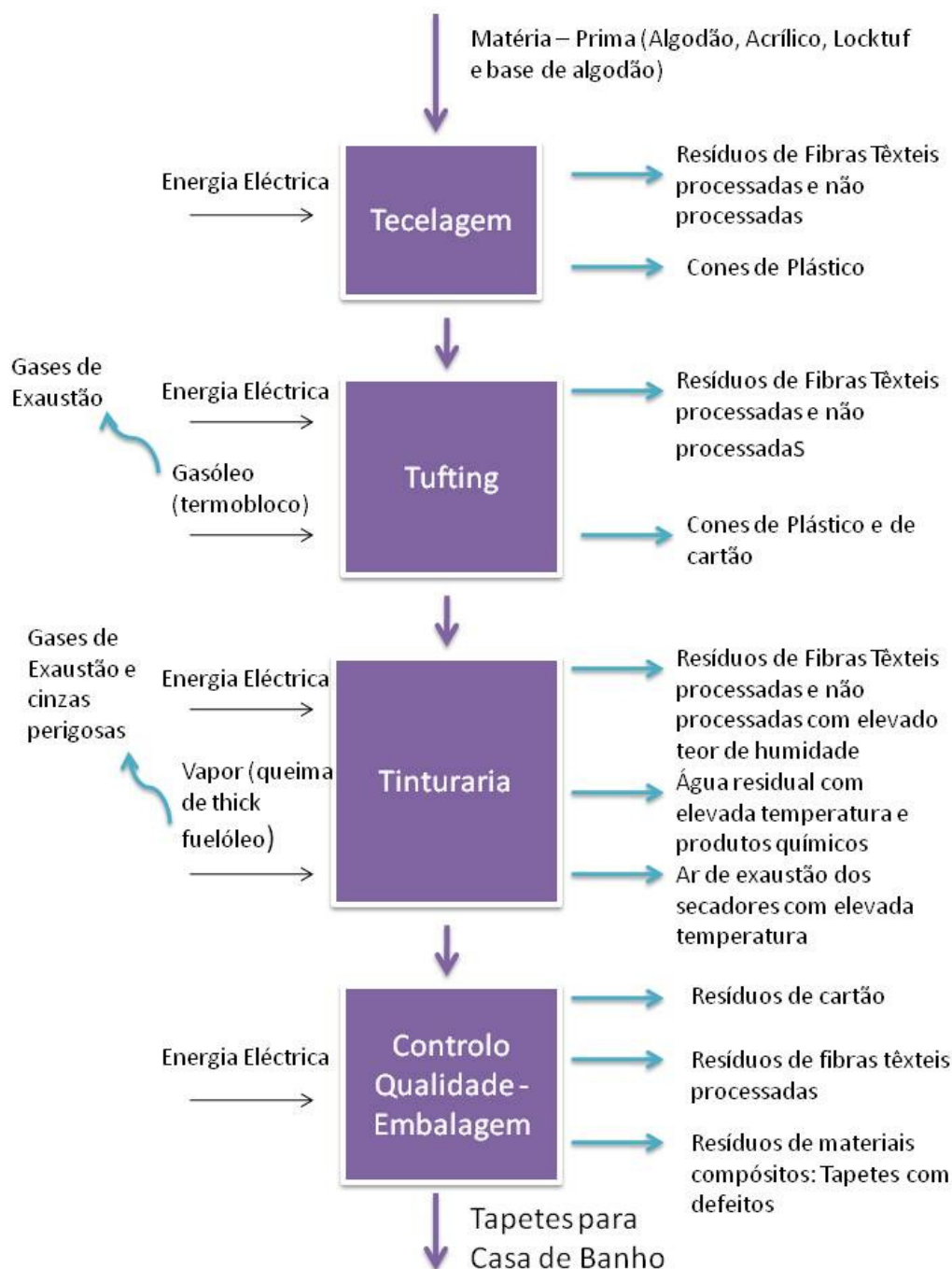


Figura 13 – Geração dos resíduos e consumo de energia nas diferentes secções.

O consumo de energia é objecto de tratamento individualizado nas secções seguintes, por ser esse o objectivo principal do presente trabalho.

#### 4.4. Descrição dos Consumos Energéticos

O consumo de energia é uma questão fundamental para a Habidecor, principalmente pelo elevado valor económico que representa. A maior parte de energia térmica é consumida no aquecimento dos banhos de tingimento e nas operações de secagem, através da produção de vapor pela queima de thick fuelóleo.

No ano de 2008, a Habidecor realizou uma auditoria energética, de acordo com o disposto no decreto-lei nº 71/2008 de 15 de Abril. De acordo com os resultados da auditoria, verificou-se que a Habidecor apresentava um consumo de energia de 614,4 Tep (CITEVE, 2008), pelo que se enquadra dentro das empresas CIE, estando por isso abrangida pelo SGCIE. O plano/acordo de racionalização resultante da auditoria está a ser implementado no período de 8 anos que decorre entre 2009 e 2016.

Actualmente, na Habidecor, são utilizadas diversas fontes de energéticas no processo produtivo e actividades que lhes estão associadas, tais como:

- Energia eléctrica e thick fuelóleo utilizados no processo produtivo e aquecimento (thick fuelóleo) da água da piscina.
- Gás propano na cozinha.
- Gasóleo de aquecimento utilizado em dois termoblocos de aquecimento das áreas fabris do tufting.
- Gasóleo para transporte.

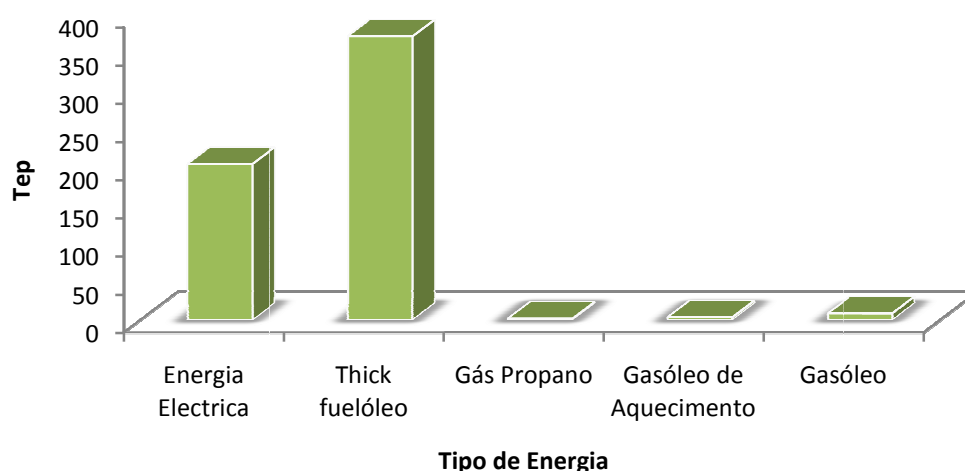
No ano de 2010, os consumos e os custos de energia, para uma produção de 208 toneladas de tapetes, foram os seguintes (CITEVE, 2010).

Tabela 1 – Consumos totais de energia, no ano de 2010 (CITEVE, 2010).

Tipo	Energia Eléctrica	Thick fuelóleo	Gás Propano	Gasóleo de Aquecimento	Gasóleo	Total
Unidades Nº	KWh	Ton	Ton	Litros	Litros	-
	950898	384,9	1,4	4000	10000	-
Unidades Energia	3423,2	15550	68,1	144,6	361,6	19547,5

(GJ)						
<b>energia (Tep)</b>	204,4	371,4	1,6	3,5	8,6	589,6
<b>% Energia</b>	17,5	79,5	0,3	0,7	1,8	100
<b>GEE kgCO2e</b>	446922,06	1202091,2	4292,07	10699,82	26749,6	1690754,69
<b>Custo (€)</b>	87862,53	163232,41	2316,1	2614,29	9215,25	265240,58
<b>Custo (%)</b>	33,1	61,5	0,9	1	3,5	100

De acordo com estes dados, verifica-se que o consumo mais elevado na Habidecor refere-se ao thick fuelóleo usado no processo produtivo, com um custo anual de 163.232,41€, correspondente a 61,5% dos custos totais de energia. A seguinte figura representa os consumos em Tep das diferentes formas de energia usadas no processo produtivo da Habidecor, no ano de 2010.



**Figura 14 – Representação dos consumos de energia (Tep) no ano de 2010, para as diferentes fontes energéticas (CITEVE, 2010).**

Os custos totais das fontes energéticas representam cerca de 2,45% dos custos totais da Habidecor.

De facto, depois da auditoria energética efectuada, e o cumprimento do respectivo PReN, verifica-se uma diminuição do consumo (em Tep) e diminuição do consumo específico, apesar de haver um aumento de produção (cf. Figura 15).

Este facto reflecte a importância, não só legal mas sobretudo económica, do cumprimento do SGCIE.

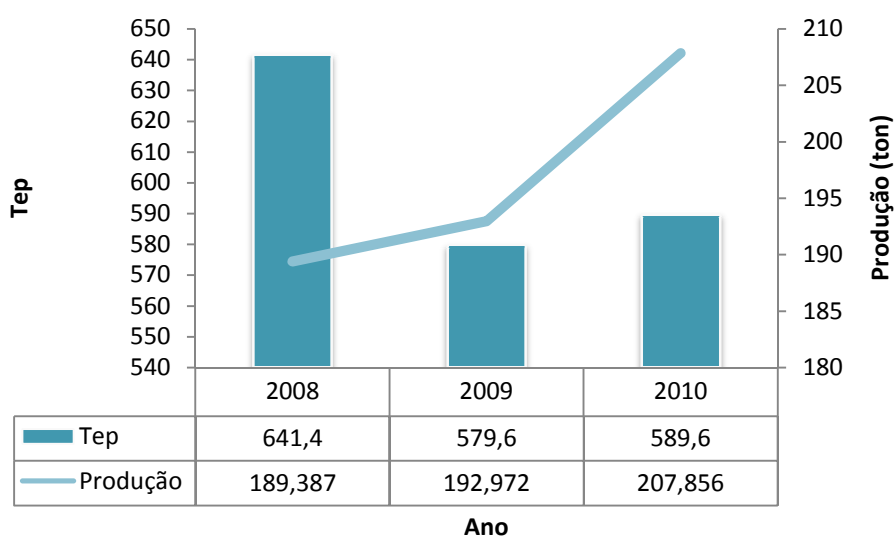


Figura 15 – Comparação do consumo de Tep desde o ano 2008 a 2010 com a produção da Habidecor (CITEVE, 11).

No ano de 2008, a secção de tinturaria apresentava um consumo de 537,12 Tep, ou seja, cerca de 83,8% do consumo de energia total (CITEVE, 2008).

Tabela 2 – Consumos e custos totais de energia na secção da tinturaria (CITEVE, 2008).

Fonte de Energia	Unidades	Quantidade	GJ	TEP	GEE (Kg CO <sub>2</sub> e)	Custo (€)
<b>Energia Eléctrica</b>	kWh	722.652	2601,55	155,37	339 646,3	65373,70
<b>Thick Fuelóleo</b>	ton	393	15865,48	378,97	1226482,8	166238,0
<b>Gás Propano</b>	ton	0,93	43,76	1,05	2757,8	1326,09
<b>Gasóleo</b>	L	2000	72,31	1,73	5349,9	2055,02
<b>Total</b>	-	-	15583,11	537,12	1574.236,8	23499,83

No sentido de diminuir as necessidades energéticas na secção de tinturaria, existem algumas medidas de racionalização energéticas que se podem adoptar. Estas medidas abordam essencialmente aspectos de carácter técnico que, com a sua implementação, proporcionam a redução das necessidades energéticas e conseqüentemente a economia das unidades industriais têxteis. A conservação de energia é o passo essencial a adoptar para superar os problemas da crise energética mundial e da degradação ambiental.

## 5. Medidas de Utilização Racional de Energia na Secção de Tinturaria na Indústria Têxtil

No âmbito da promoção do aumento da eficiência energética, têm vindo a ser adoptadas, pela indústria transformadora, medidas de racionalização energética. Estas medidas não só incluem a aquisição de novos equipamentos, o desenvolvimento de novos processos bem como a adopção de novas técnicas disponíveis, mas também pequenas alterações nos processos produtivos já existentes que contribuem de uma forma extremamente importante para o aumento da eficiência energética (Magueijo, 2010).

Existem dois conjuntos de medidas as quais são designadas por transversais e específicas (Figura 16).



Figura 16 – Principais grupos de Medidas Transversais e de Medidas Específicas Sectoriais para a Indústria Transformadora (adaptado de Magueijo, 2010).

As medidas transversais, que traduzem quatro grupos de actuação tecnológica são assim designadas porque têm uma aplicabilidade em todos os doze sectores da Indústria Transformadora. Como complemento a estas medidas transversais surgem as medidas específicas. Estas medidas, e como o próprio nome indica, traduzem possíveis actuações apenas aplicáveis dentro de cada

um dos doze sectores (Magueijo, 2010). As medidas abordadas seguidamente foram analisadas dentro do sector da indústria têxtil, mais propriamente na secção de tinturaria.

De uma forma geral, entende-se como “utilização racional de energia”, o conjunto de medidas que têm como objectivo uma utilização mais eficiente de energia, mantendo a produtividade das actividades. A principal vantagem que daí advém é o facto de se reduzir o consumo de energia e os custos associados. Contudo, menores impactos no ambiente, maior controlo dos consumos de energia, melhor eficiência dos equipamentos, identificação rápida da necessidade de manutenção dos equipamentos e menores custos associados à manutenção, são também vantagens, embora indirectas, extremamente importantes (Isolano, 2008).

No seguinte diagrama são indicados, de forma simplificada, diversas questões ambientais relacionadas com o consumo (por exemplo de materiais) e geração (por exemplo de gases, de efluentes líquidos, de resíduos sólidos) na secção de tinturaria de uma unidade têxtil (Bastian, 2009).

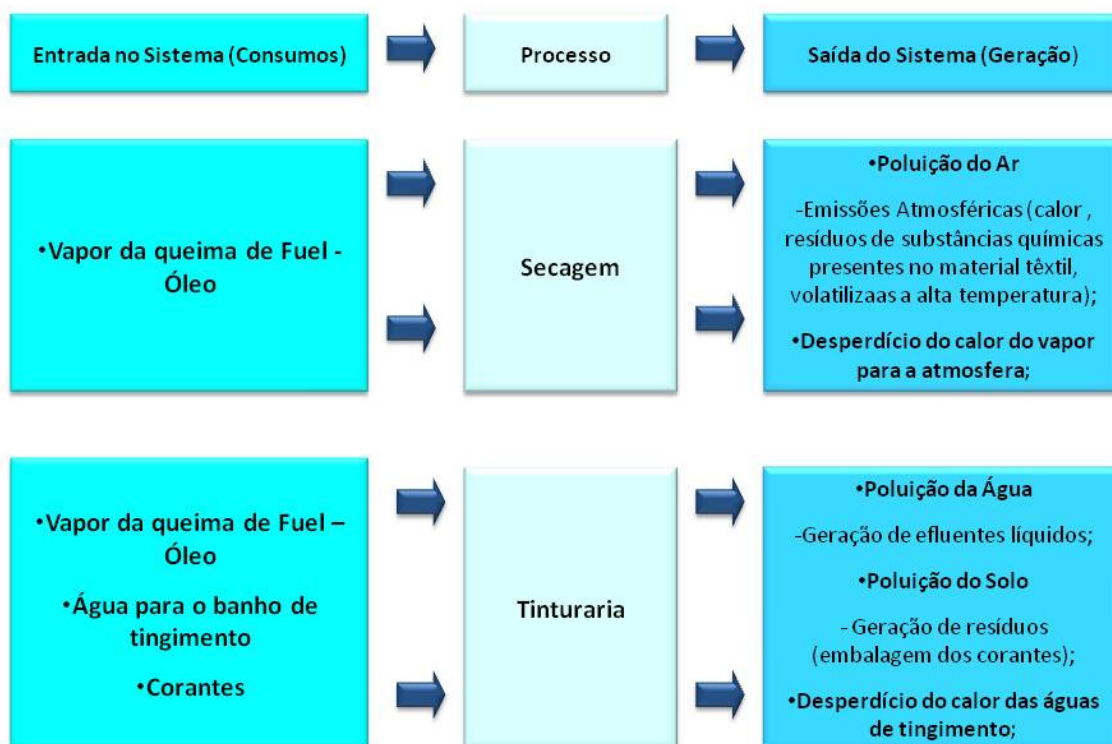


Figura 17 – Diagrama dos Consumos e Gerações na secção de Tinturaria (Adaptado Bastian, 2009).

De acordo com o que foi descrito anteriormente, a secção de Tinturaria, nas unidades industriais têxteis, é aquela que apresenta mais necessidades energéticas. A aplicação de medidas de utilização racional de energia nesta secção é fundamental, pois além de reduzir as pressões no ambiente resultantes do consumo de recursos, também diminui a factura energética das unidades industriais.

As secções de tinturaria incluem, normalmente, a operação de secagem, pelo que as medidas apresentadas seguidamente vão ter em conta as operações de tingimento e de secagem. A Figura 17 ajuda-nos a compreender onde existem, em geral, falhas de utilização energética que podem ser minimizadas com a aplicação de medidas adequadas.

De seguida, apresentar-se-ão algumas das medidas de racionalização energética susceptíveis de aplicação à secção de tinturaria, numa Indústria Têxtil para a Habitação.

### **5.1. Reutilização do banho de branqueamento**

Os banhos de branqueamento são processos descontínuos. Como tal, a sua reutilização poderá ser complexa. No entanto, o banho de branqueamento poderá ser armazenado em tanques apropriados para possível reutilização (Smith, 1988).

O banho residual que será armazenado, contém parte do agente alcalino e do potencial térmico necessário para a próxima operação de branqueamento, necessitando apenas da adição de peróxido de hidrogénio e de outros produtos químicos auxiliares (EPA, 1996).

Com a aplicação desta medida reduz-se o consumo de produtos químicos, e de água e, conseqüentemente, o caudal de água residual a tratar e a energia consumida.

### **5.2. Lavagem após branqueamento por uma preparação de enzimas**

Para branquear o algodão utiliza-se o peróxido de hidrogénio. Este produto químico tem que ser completamente eliminado do algodão antes do processo de tingimento (EPA, 1997). Para efectuar essa operação, realizam-se lavagens

sucessivas do tecido com água ou então através de um agente redutor. Esta operação gerava um elevado consumo de agente redutor ou de água e, conseqüentemente, de água residual a tratar e de energia.

No sentido de aplicar esta medida, as lavagens após o branqueamento serão efectuadas por uma preparação de enzimas, em detrimento do agente redutor ou da água. As enzimas constituem uma boa alternativa visto serem de fácil utilização. Aplicando uma pequena dose imediatamente após o branqueamento, decompõem o peróxido de hidrogénio em água e oxigénio, permitindo reduzir o consumo de água e de energia, uma vez que deixa de ser necessária a operação de enxaguamento antes do tingimento e deixa de ser necessário proceder ao aquecimento das lavagens (INETI, 2000).

### **5.3. Utilização de um espectrofotómetro para controlo da eficiência do tingimento**

Um mau tingimento pode ter origem em três fontes (INETI, 2000):

- 1) Material têxtil – o comportamento do material têxtil no processo de tingimento é influenciado pela quantidade de matéria-prima e pelas condições de pré-tratamento.
- 2) Banho de tingimento – diferentes lotes de corantes podem prejudicar a coloração final, bem como erros de pesagem do corante e a sua diluição.
- 3) Controlo do processo – variáveis como a temperatura, pressão e tempo de residência do material têxtil no banho de tingimento são passíveis de originar erros.

A utilização de um espectrofotómetro computadorizado conduz a um controlo mais rigoroso da operação de tingimento, nomeadamente, na obtenção das cores pretendidas de uma forma mais exacta.

A tecnologia a implementar é constituída pelo espectrofotómetro e uma unidade de diluição, ligados a um computador. Erros associados ao banho de tingimento serão evitados com a aplicação desta tecnologia.

Após a preparação do banho de tingimento, inicia-se o respectivo controlo da seguinte forma (EPA, 1996):

- 1) Retira-se uma amostra do banho.
- 2) Introduce-se a receita teórica para a preparação do banho, incluindo pesagem de corantes, no computador.
- 3) O equipamento de diluição calcula e executa a diluição necessária para efectuar a análise.
- 4) O espectrofotómetro realiza a análise.
- 5) Após a análise, o sistema indica se o banho está bem preparado. Caso não esteja, o sistema indica o tipo de problema (erro de concentração, erro de tonalidade) e apresenta propostas de correcção, indicando o que deve ser feito para tornar o banho adequado ao tingimento.

A aplicação desta tecnologia tem por objectivo melhorar a eficiência da operação de tingimento, reduzindo as operações de re-tingimento e diminuir, conseqüentemente, os consumos de água, de produtos químicos e de energia.

#### **5.4. Automatização da cozinha de corantes**

Foi referido anteriormente que um dos erros mais comuns na preparação dos banhos de tingimento deve-se à intervenção humana. Este erro assenta essencialmente nas pesagens dos corantes e nas suas diluições mal realizadas.

A automatização da cozinha de corantes é um passo importante na melhoria da qualidade do banho de tingimento, repercutindo esse efeito a nível ambiental. A automatização da cozinha de corantes não é mais que a automatização do sistema de dosagem, através da sua integração num sistema gerido por um computador (CETESB, 2003).

A correcta dosagem dos corantes líquidos e sólidos permite (INETI, 2000):

- 1) Redução no tempo de doseamento – esta operação deixará de ser efectuada pelo operário, que poderá realizar outra tarefa.
- 2) Redução de tingimentos incorrectos – a exactidão na pesagem e doseamento dos produtos químicos conduz a banhos de tingimento

correctos e com a qualidade pretendida. Desta forma, reduz-se a utilização de produtos auxiliares correctivos, como a aplicação de mais corantes ou de produtos de branqueamento.

- 3) Redução do consumo em excesso dos produtos auxiliares – os produtos auxiliares são muitas vezes utilizados em excesso devido à sua má dosagem.

Além dos aspectos industriais, a automatização da cozinha de corantes contribui para a preservação dos recursos naturais, uma vez que se reduz o número de banhos não conformes, reduzindo a água consumida e a geração de águas residuais. O consumo de energia, nomeadamente de energia térmica, é reduzido, uma vez que deixam de se aquecer banhos de tingimento preparados incorrectamente. No entanto, com a aplicação desta medida, ocorrerá um aumento do consumo de energia eléctrica.

### **5.5. Tingimento descontínuo a frio (“Cold Pad Batch”)**

O tingimento descontínuo a frio processa-se da seguinte forma (European Commission, 2003):

- 1) O tecido começa por ser impregnado com um banho que contem um corante reactivo específico e um agente alcalino.
- 2) Posteriormente o tecido é espremido para retirar o excesso de líquido e colocado em rolos ou caixas, coberto com papel filme para evitar a absorção de dióxido de carbono ou a evaporação de água. O tecido fica armazenado por períodos que podem ir desde duas a doze horas.
- 3) A lavagem é efectuada depois do tempo de repouso pelos processos de lavagem convencionais.

Este método permite tingir 69 a 137 metros/ minuto de tecido, dependendo do tipo de tecido (European Commission, 2003). Contudo, existem factores a considerar na utilização do tingimento a frio, tais como (INETI, 2000):

- Controlar a alcalinidade do banho;
- Utilizar tempos de imersão longos, baixa relação de banho e volume reduzido de banho;

- Manter a mistura de tingimento fria utilizando, por exemplo, uma camisa de arrefecimento.

A aplicação desta medida tem como objectivo reduzir a utilização de água, energia, produtos químicos e volume de efluente a tratar.

### **5.6. Tingimento aerodinâmico**

O sistema aerodinâmico constitui uma evolução no equipamento de tingimento – “Jet”. Com a aplicação desta nova máquina de tingimento, os corantes e os produtos químicos dissolvidos no banho de tratamento, são injectados directamente numa corrente de ar, obtendo-se um banho finamente disperso e distribuído uniformemente na superfície do material têxtil (INETI, 2000). Com este tipo de equipamento conseguem-se reduzir os tempos de aquecimento devido à maior eficiência da troca de calor por meio de vapor directo, às relações de banho curtas e ao tempo de processamento reduzido (EPA, 1996).

Com a aplicação desta medida, obtém-se a racionalização do tempo de processamento, redução do consumo de água e da geração de águas residuais e redução do consumo de energia.

### **5.7. Redução da relação de banho**

A relação de banho foi, desde sempre, um parâmetro gerador de preocupações nas indústrias têxteis uma vez que existe a tentativa de minimização do consumo de água e energia.

Em processos descontínuos, a relação de banho é definida como o número de litros de banho por kg de material têxtil seco (EPA, 2008). Foram desenvolvidos equipamentos com relações de banho mais curtas de forma a otimizar o consumo de água e energia. Actualmente existem equipamentos para tingimento de fio que operam com relações de banho de 1:3,5 e equipamentos de tingimento de tecido de algodão com relações de banho de 1:5 (EPA, 2008).

Nestes novos equipamentos, o volume do banho é reduzido somente ao material a tingir e à bomba de circulação, não perfazendo toda a capacidade da máquina de tingir, permitindo (INETI, 2007):

- Reduzir as perdas de carga.
- Aumentar a capacidade da bomba de circulação.
- Aumentar o número de contacto corante/fibra com o mesmo caudal.

A adopção desta medida permite reduzir o consumo de água e de energia, e consequentemente, o caudal das águas residuais geradas.

### **5.8. Reutilização dos banhos de tingimento**

A reutilização do banho de tingimento processa-se em quatro fases (RECET, 2007).

Fase 1 - Armazenamento do banho de tingimento usado num tanque ou deslocação do banho para uma máquina de tingimento que esteja a necessitar daquele banho.

Fase 2 - Análise da composição em corante e químicos no banho utilizado. Para determinar a quantidade de corante no banho recorre-se a um espectrofotómetro e a quantidade de químicos determina-se por estimativa, normalmente adiciona-se ao banho 10 a 15% do valor inicial dos mesmos.

Fase 3 - Adição dos químicos, corantes e água para renovar o banho de tingimento.

Fase 4 – Arrefecimento ou aquecimento do banho para a temperatura pretendida para o próximo tingimento.

A reutilização dos banhos de tingimento conduz a uma redução de utilização de água e, consequentemente, à redução do volume de águas residuais, dos corantes e produtos químicos auxiliares e a redução no consumo de energia.

### **5.9. Reutilização da última água de lavagem do tingimento**

A última água de lavagem do tingimento é relativamente limpa, pelo que pode ser reutilizada. Uma forma de a reutilizar será na composição de um novo banho de tingimento. Tendo em conta que a última água apresenta sempre alguma coloração, ela só poderá constituir um novo banho de tingimento da mesma cor (European Commission, 2003). Outra reutilização possível é na lavagem de equipamentos e instalações.

Esta medida permite reduzir o consumo de água e a consequente geração de água residuais e o consumo de energia, visto a última água de lavagem ainda possuir potencial térmico.

#### **5.10. Recuperação das águas de lavagem do tingimento**

Ao contrário da medida descrita anteriormente, esta refere-se à recuperação de todas as águas de lavagem do tingimento. Esta medida pode ser aplicada através da utilização do processo de osmose inversa (INETI, 2000). Este processo separa a água residual em dois caudais distintos: águas residuais muito contaminadas, que irão ser drenadas directamente para a ETAR e águas residuais pouco contaminadas (lavagem) que irão ser submetidas ao processo de osmose inversa, que removerá os contaminantes e a cor (INETI, 2007).

A aplicação desta medida permitirá reduzir o consumo de água necessária para a preparação de outros banhos de tingimento, bem como a quantidade de água residual a tratar. Também se reduz o consumo de energia, visto as águas de lavagem terem algum potencial térmico associado. Contudo, a aplicação desta medida leva a um aumento do consumo de energia eléctrica, necessária ao funcionamento das membranas de osmose inversa (INETI, 2000).

#### **5.11. Extracção em vácuo**

A remoção de água no material têxtil é feita através de equipamentos de extracção em foulard (EPA, 1997). A extracção em vácuo pretende otimizar essa extracção clássica, permitindo a recuperação e reutilização dos produtos químicos em excesso, fazendo com que o material leve impregnada a menor quantidade de água possível (European Commission, 2003).

A extracção em vácuo pode ser aplicada tanto nas operações de tingimento onde melhora a distribuição do banho e favorece a recuperação de produtos químicos e corantes bem como nos processos de lavagem onde reduz o consumo de água e de energia. Aplicada a extracção em vácuo, antes de o material ser colocado num secador, aumenta a velocidade do processo de secagem e reduz o consumo de energia (European Commission, 2003). Contudo, a sua utilização conduz a um aumento do consumo de energia eléctrica.

### **5.12. Reutilização de água quente proveniente dos sistemas de refrigeração**

A água proveniente das operações de arrefecimento poderá ser totalmente reutilizada, caso não entre em contacto com o banho que tem que arrefecer e caso a água de arrefecimento não circule em circuito fechado (RECET, 2007). Caso a água de arrefecimento circule em circuito fechado não será possível reutilizá-la para outros fins.

Para arrefecer um banho de tingimento faz-se passar água fria numa serpentina de arrefecimento. Esta água, como não entra em contacto com o banho, encontra-se limpa, mas com conteúdo energético que entretanto foi transferido pela água do banho quente. O armazenamento dessa água será bastante útil para a preparação de futuros banhos de tingimento. O facto de se utilizar água de arrefecimento na preparação do banho, permite que seja apenas necessário um reduzido aquecimento adicional para o processo de tingimento.

Com a aplicação desta medida reduz-se o consumo de água, bem como a geração de águas residuais e reduz-se o consumo de energia.

### **5.13. Gestão de água nos processos de ultimateção**

Os processos de ultimateção, lavagem, branqueamento e tingimento podem ser feitos em contínuo, desde que se faça a gestão da água com controlo interactivo total (European Commission, 2003).

Para tal, é necessário um equipamento “*Jet*” munido desta técnica, sendo capaz de monitorizar e controlar todos os parâmetros do processo. O controlo interactivo total permite (European Commission, 2003):

- Calcular e ajustar a relação de banho do processo.
- Monitorizar e ajustar o tempo de permanência e a alimentação de água e de vapor.
- Ajustar a velocidade do processo.
- Eliminar o erro humano.

- Controlar e otimizar automaticamente o tempo do processo.

A adopção destes novos equipamentos “*Jet*” conduz a uma redução do consumo de água e posterior geração de águas residuais, redução do consumo de electricidade e vapor.

#### **5.14. Secadores por rádiofrequência**

Os secadores por rádiofrequência são equipados com um sistema de controlo automático. A secagem realiza-se a baixas temperaturas (40°C a 75°C), não é necessária a utilização de vapor e é um equipamento que permite secar uma variedade de tipo materiais têxteis. Os secadores por rádiofrequência têm um sistema de controlo automático da humidade e melhoram o ambiente de trabalho uma vez que não há perdas de calor por radiação (Ministry of Power, Índia, 2006).

A utilização destes secadores permite reduzir o consumo de energia (eléctrica e térmica) e reduzir a possibilidade do erro introduzido pelo operário.

#### **5.15. Recuperação de energia térmica**

A recuperação de energia térmica, na secção de tinturaria, pode ser efectuada de duas formas distintas (Elahee, 2010):

- 1) Recuperação do potencial térmico das águas residuais;
- 2) Recuperação do potencial térmico do ar de exaustão dos secadores.

A aplicação da medida de racionalização energética “Recuperação de Energia Térmica” é objecto de tratamento individualizado no seguinte capítulo, por ser esse o trabalho principal efectuada na Habidecor no âmbito do estágio curricular efectuada.

## **6. Descrição do Estudo da Recuperação de Energia Térmica na Habidecor**

A Habidecor tem a obrigação de, até 2016, executar e cumprir o que está disposto no PReN aprovado, resultante da auditoria energética efectuada. Devido ao elevado custo que acarretam, as duas últimas medidas a serem concretizadas serão a recuperação do potencial térmico das águas residuais industriais (resultantes dos processos de tingimento) e do ar de exaustão (resultante do processo de secagem). Ambas as medidas ocorrem na secção de tinturaria da referida indústria.

### **6.1. Recuperação do potencial térmico no processo de tingimento**

No âmbito do estágio curricular realizado, o primeiro estudo que se efectuou foi o da recuperação do potencial térmico das águas residuais provenientes dos processos de tingimento. Como referido anteriormente, a indústria têxtil apresenta uma cadeia bastante heterogénea e complexa, sendo a secção de tinturaria um bom exemplo. A maior dificuldade encontrada no estudo da recuperação do potencial térmico das águas residuais, no sentido de definir a estratégia de actuação mais adequada, foi estabelecer dados concretos relativos às condições de operação que servissem de base aos cálculos.

O objectivo geral deste processo de recuperação consiste em aquecer água, através da transferência do potencial térmico contido na água residual e utilizar essa água aquecida para formar os novos banhos de tingimento. Com esta medida poupar-se-ia combustível, porque as necessidades de utilização do vapor para aquecer o banho de tingimento diminuiriam.

Os primeiros critérios que se afiguraram mais importantes estabelecer foram os operacionais, nomeadamente:

- ✓ Caudal da água residual.
- ✓ Temperatura da água residual.
- ✓ Caudal da água a aquecer.
- ✓ Temperatura da água a aquecer.

### **6.1.1. Determinação do caudal da água residual**

O caudal da água residual foi determinado em função da quantidade de água que aflui à ETAR, isto porque a maior parte do efluente que ali chega provém da tinturaria. Como é óbvio, o caudal difere de dia para dia e para tal utilizou-se um valor médio. Esse valor corresponde à média obtida para um mês de produção elevada. Contudo, nem toda a água residual possui temperatura adequada para o seu aproveitamento, tendo-se determinado que 50% do caudal total descarregado se encontra a temperaturas inferiores a 50°C. Portanto, o valor do caudal considerado para aproveitamento do potencial térmico é 50% do valor do caudal total que aflui à ETAR. O valor do caudal usado no estudo é de 4,7 m<sup>3</sup>/h. Para separar as descargas de água de temperaturas de 50°C até 85°C, programam-se as máquinas de tinturaria e colocam-se válvulas próprias para o desvio do caudal de interesse para uma linha de passagem diferente das que afluem directamente para a ETAR.

### **6.1.2. Determinação da temperatura da água residual**

A temperatura da água residual também é um parâmetro difícil de obter. Numa tinturaria, a utilização de programas de tingimento e de lavagem é extremamente diversificada. Os programas utilizados para tingir corantes de cuba ou corantes reactivos são diferentes, bem como os programas para tingir cores claras e cores escuras. De facto, a tinturaria da Habidecor até pode utilizar somente uma vez um programa de tingimento específico para um corante específico.

Depois de algumas reuniões com o tintureiro, chegou-se à conclusão que se deveria ter em atenção somente os programas mais amplamente usados e com base na média ponderada do valor das temperaturas de descarga dos banhos desses programas, determinar-se-ia a temperatura da água residual. O valor usado é de 69°C.

### **6.1.3. Determinação da temperatura da água a aquecer**

Antes de se determinar o caudal e a temperatura da água a aquecer, a questão que surgiu foi qual seria a água a aquecer. Uma das hipóteses que se afigurou de imediato foi aquecer a água fria. Contudo, também surgiu a hipótese de

reaquecer a água dos arrefecimentos. A água dos arrefecimentos é uma água que está armazenada e provém do arrefecimento dos banhos de tingimento.

Um banho de tingimento poderá atingir perto de 100°C, temperatura à qual a água não pode ser descarregada. Para tal, faz-se passar água fria na serpentina de arrefecimento/aquecimento das máquinas de tingimento e, como não há contacto entre a água fria e os banhos de tingimento, a água de arrefecimento é armazenada num tanque e utilizada como água de alimentação dos banhos de tingimento. Esta medida adoptada há dois anos atrás pela Habidecor, constitui uma medida de racionalização energética, uma vez que a água já possui algum potencial energético.

Outra medida de racionalização energética foi concretizada. De facto, o tanque de armazenamento da água de arrefecimento é descoberto e ocorre a perda de energia da água pela superfície exposta, como se pode ver pela seguinte figura.



**Figura 18 – Visualização do tanque de armazenamento da água de arrefecimento.**

A primeira solução encarada foi a utilização de coberturas isotérmicas similares às das piscinas de água quente. Contudo, após alguns contactos com fornecedores, verificou-se que essa solução não era viável, visto a temperatura

da água de arrefecimento poder atingir os 50°C e as coberturas isotérmica só serem fiáveis até 35°C. A segunda solução foi a aquisição de esferas de termoplástico (*Hollow Plastic Balls*). O estudo da implementação desta medida encontra-se descrito no anexo III.

Voltando à água a aquecer, verificou-se que existiam duas opções: aquecer a água fria ou reaquecer a água quente. Mais tarde verificou-se ainda uma terceira hipótese a qual consistia em aquecer a água do arrefecimento e a água fria. Quanto à temperatura, a da água fria era simples de determinar. Ela provém da central de água fria e a sua temperatura ronda 15°C. Quanto à água de arrefecimento, a sua temperatura foi determinada experimentalmente. Durante dezassete dias, três vezes por dia, registou-se a temperatura desta água no tanque de armazenamento e o valor utilizado é a média desses valores de temperatura: 38°C.

#### **6.1.4. Determinação do caudal da água a aquecer**

A determinação do caudal da água a aquecer foi feita através de cálculos e segundo três cenários possíveis: 1 m<sup>3</sup>/h, 2 m<sup>3</sup>/h e 3 m<sup>3</sup>/h. Estes valores foram pensados em função do valor do caudal da água residual. Como esta água será aquecida pela transferência do potencial térmico da água residual, o seu caudal não deverá ser igual ou superior, de forma a não afectar o rendimento do sistema. De acordo com os cálculos efectuados, a temperatura final da água a aquecer não sofre alterações com a alteração do seu caudal, logo, o cenário escolhido foi o de 3 m<sup>3</sup>/h, pelo facto de aquecer uma maior quantidade de água.

Os balanços e fluxos energéticos, as poupanças energéticas e económicas e o respectivo período de retorno do investimento foram as últimas tarefas efectuadas para a conclusão do estudo da recuperação do potencial térmico das águas residuais, o qual se apresenta no anexo I do presente trabalho.

Do estudo desta medida de racionalização energética, bem como da aplicação das esferas de termoplástico, surgiram dois posters. Os posters foram expostos na Enervida'11, Feira e Conferência de Energias Renováveis e Eficiência Energética, organizada pela Associação Empresarial da Região de Viseu,

realizada entre 10 e 13 de Fevereiro de 2011 em Viseu. Os posters encontram-se em anexo do presente trabalho.

## **6.2. Recuperação do potencial térmico do ar de exaustão dos secadores**

O estudo para a recuperação do potencial térmico dos secadores revelou-se menos complexo, pelo facto dos dados serem mais concretos. Contudo, diversas questões foram ainda levantadas antes de se começar a elaborar este estudo. A secção de tinturaria tem cinco secadores que, globalmente, funcionam durante todo o dia. O ar de exaustão dos cinco secadores é lançado numa conduta principal e libertado para a atmosfera através de uma chaminé. Inicialmente considerou-se a possibilidade da colocação da recuperação do potencial térmico na chaminé, contudo a percentagem de utilização de cada secador é diferente. Três dos cinco secadores funcionam cerca de 18 horas por dia e o caudal de exaustão e a respectiva temperatura são muito superiores aos dos restantes. Desta forma, considerou-se que a recuperação do potencial térmico dar-se-ia apenas nesses três secadores para não afectar o rendimento total do sistema de recuperação.

A segunda questão que se colocou foi como se iria proceder à recuperação do potencial térmico. A colocação de um permutador para aquecer o ar atmosférico directamente com o ar de exaustão parecia inicialmente viável. Contudo, e após a consulta de vários fornecedores, verificou-se que, como os caudais do ar de exaustão são muito elevados, a dimensão do permutador seria exagerada, pelo que se considerou a utilização de um fluido operativo.

A recuperação do potencial térmico do ar de exaustão dos secadores tem como objectivo principal o aquecimento de um fluido operativo que circulará em circuito fechado, através da transferência do potencial térmico do ar de exaustão e a transferência do potencial térmico do fluido operativo para o ar atmosférico de alimentação de cada um dos secadores.

Quanto aos parâmetros operacionais para a realização do estudo, quando se realizou a auditoria energética, o caudal do ar de exaustão e a respectiva

temperatura foram determinadas através de medição. O caudal do fluido operativo foi determinado através de cálculo.

As temperaturas finais do ar de exaustão e do fluido operativo foram determinadas tendo em conta o rendimento do permutador ar/água e água/ar, facilitado pelos fornecedores de permutadores.

Os balanços e fluxos energéticos, as poupanças energéticas e económicas e o respectivo período de retorno do investimento foram as últimas tarefas efectuadas para a conclusão do estudo da recuperação do potencial térmico do ar de exaustão dos secadores, o qual se apresenta no anexo II do presente trabalho.

## **Conclusão**

Actualmente, para ser competitivo, o sector têxtil, como qualquer outro, precisa de repensar os seus gastos e os seus desperdícios, nomeadamente, a nível energético. A eficiência com que a energia é utilizada é um importante factor de competitividade.

Por outro lado, e não menos importante, o consumo de energia contribui de forma importante para pressões ambientais, como por exemplo, as alterações climáticas.

Com o aproveitamento do potencial térmico das águas residuais reduzir-se-á o consumo de thick fuelóleo num valor da ordem de 70 toneladas por ano (cerca de 68 Tep). Em termos de economia, a factura energética diminuiria cerca de 33 mil euros e evitar-se-ia a emissão de 219 toneladas de CO<sub>2</sub>. Com um investimento de cerca de 69 mil euros, o período de retorno seria relativamente curto, na ordem de 2,1 anos. Contudo, esta medida, além de um orçamento elevado, acarreta uma necessidade de conhecimento de todo este estudo por parte dos colaboradores da secção de tinturaria. É muito importante que os colaboradores controlem, sempre que tal não afecte a produção, os ciclos de tingimento, aproveitando a água que foi aquecida através potencial térmico das águas residuais.

A implementação do aproveitamento do potencial térmico do ar de exaustão, com um investimento de cerca de 9400 euros e um período de retorno de investimento de apenas 0,43 anos, possibilita a economia de 46,2 toneladas de thick fuelóleo o que corresponde a 44,8 Tep. A economia anual prevista ronda os 22 mil euros e reduz-se a emissão de 145 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano.

A cobertura do tanque de água quente, além de constituir uma medida muito simples de aplicar e um capital de investimento reduzido (cerca de 2 mil euros), permite economizar cerca de 5 mil euros em custos de energia e apresenta um período de retorno de investimento muito curto, de cerca de 4 meses. Esta medida revela-se extremamente simples de aplicar, contudo conclui-se que é extremamente complicado adquirir as esferas de termoplástico. São poucas as empresas que as produzem e, em Portugal, não existe nenhuma. Também se constatou que, pelo menos na empresa onde se adquiriram as esferas

(empresa Cicball localizada nos EUA), a indústria portuguesa não conhece e não aplica esta solução, visto a empresa Cicball não ter nenhum cliente português. É de uma importância extrema a divulgação deste produto que, além de acarretar um custo reduzido, contribui para a minimização dos gastos energéticos.

A eficiência energética apresenta-se, hoje, como o maior recurso energético mundial. Actuar apenas do lado da oferta, sem reduzir os consumos energéticos ou racionalizar o consumo de energia, não resolve os problemas de segurança e da dependência externa.

A adopção das três medidas de racionalização referidas detalhadamente nos três primeiros anexos do presente trabalho, significa um potencial de poupança extremamente importante para a factura energética da Habidecor a que acrescem significativos benefícios para o ambiente.

## Referências Bibliográficas

- ADENE, Agência para a Energia – **Cursos de Utilização Racional de Energia: Eficiência Energética na Indústria**. Lisboa: ADENE. 2004.
- ADENE, Agência para a Energia - **Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética: Relatório de Execução**. Lisboa: ADENE. 2010.
- AMBIENTEGLOBAL – **Relatório de trabalho de caracterização de emissões gasosas**. 2011. 7p. Relatório elaborado no âmbito do cumprimento do decreto-lei nº 78/2004 de 3 de Abril. Habidecor, S.A., Viseu, Portugal.
- BASTIAN, Elza; [et al.] – **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil**. São Paulo: Sinditêxtil. 2009.
- BHURTUN, Chawdhurny; KISTAMAH, Naraindra; CHUMMUN, Jaykumar – **Energy saving strategies in textile industry: the case of Mauritius**. 2006. [Consult. 21 Abr.]. Disponível na internet: <[http://active.cpu.ac.za/energyu/web/icue/papers/2006/15\\_c\\_Bhurtun.pdf](http://active.cpu.ac.za/energyu/web/icue/papers/2006/15_c_Bhurtun.pdf)>.
- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **Manuais Ambientais CETESB: Compilação de técnicas de prevenção à poluição para a indústria têxtil**. São Paulo. 2003.
- CITEVE, Centro Tecnológico das Industrias Têxteis e do Vestuário – **Gestão Energética na Indústria Têxtil. Ems Textile: Europe Intelligent Energy**. Vila Nova de Famalicão: Associação dos Centros Tecnológicos de Portugal. 2009.
- CITEVE, Centro Tecnológico das Industrias Têxteis e do Vestuário – **Relatório da auditoria energética e plano de racionalização dos consumos de energia**. 2008. 128p. Relatório elaborado no âmbito da implementação do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Habidecor, S.A., Viseu, Portugal.
- CITEVE – **Relatório de controlo e progresso anual do acordo de racionalização dos consumos de energia**. 2010. 21p. Relatório elaborado no âmbito da implementação do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Habidecor, S.A., Viseu, Portugal.

- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES COM(2006)545 – **Action plan for energy efficiency: Realizing the potential**. Bruxelas. 2006.
- Decreto-Lei nº 78/2004. **D.R. Série I**. 80 (03-04-04). 2136-2148.
- Decreto-Lei nº 71/2008. **D.R. Série I**. 74 (14-04-08). 2222–2226.
- DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia – Balanços Energéticos [Em linha]: Estatísticas e Preços-Balanços Energéticos, 2009.
- DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia – Política Energética [Em linha]: Caracterização Energética Nacional, 2011.
- Despacho nº 17313/2008. **D.R. Série II**. 122 (26-06-08). 27912 - 27913.
- ELAHEE, K. – Heat Recovery in the textile dyeing and finishing industry: lessons from developing economies. **Journal of Energy**. Vol. 21. Nº 3 (2010) 9-15.
- EPA, Environmental Protection Agency – **BAT guidance note on best available techniques for the textile processing sector**. 1ª ed. Washington, 2008. ISBN 1-84095-283-0.
- EPA, Environmental Protection Agency – **Manual: Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry**. Ohio: Center for Environmental Research Information, 1996.
- EPA, Environmental Protection Agency – **Profile of the textile industry**. Washington: EPA's Office of Compliance, 1997.
- EUROPEAN COMMISSION – **IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the textiles industry**. Joint Research Center. 2003.
- INETI, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial – **Guia Técnico: Sector Têxtil**. Lisboa: INETI, 2000.
- INETI; Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial – **PreResi: Manual para a prevenção de resíduos: Caso de estudo para o sector têxtil**. Lisboa: INETI, 2007.
- ISOLANO, Pieraldo – A Utilização Racional de Energia em Edifícios Públicos. **Europe Intelligent Energy**. Lisboa: Deco. 2008.
- JUANICO, Filipe – **Geradores de Calor**. 1ª ed. Porto: Ecemei, lda. 1992. ISBN – 97-294-8601-8.

- MAGUEIJO, Vítor [et al.] – **Medidas de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: um Enquadramento Tecnológico Sucinto**. Algés: ADENE, 2010. ISBN 978-972-8646-18-9.
- Ministry of Power, India – Best practice manual: Dryers. 2006. Disponível em WWW: <<http://www.energymanagertraining.com/CodesandManuals>>.
- OĞULATA, R. – Utilization of waste-heat recovery in textile drying. Applied Energy. Nº 79 (2004) 41-49.
- PALANICHAMY, C.; BABU, N. – Second stage energy conservation experience with a textile industry. Energy Policy. Nº 33 (2005) 603-609.
- PEREIRA, Maria; LOURENÇO, Luís – Factor localização regional nas práticas de gestão de produção nas empresas têxteis portuguesas. 2009. 23p. 15º Congresso da Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional. Disponível em WWW: <<http://www.apdr.pt/congresso/2009.pdf>>.
- PULAT, E.; ETEMOGLU, A.B.; CAN, M. – Waste-heat recovery potential in Turkish textile industry: Case study for city of Bursa. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Nº 13 (2009) 663-672.
- RECET, Associação dos Centros Tecnológicos de Portugal – **Renovare**: Guia de Boas Práticas de Medidas de Utilização Racional de Energia e Energias Renováveis. Vila Nova de Famalicão: RECET, 2007. ISBN 978-989-20-0809-7.
- Resolução de Conselho de Ministros nº 29/2010. **D.R. Série I**. 73 (15-04-10). 1289 – 1295.
- SERRA, Francisco; POINTON, John; ABDU, Hussein – Factors influencing the propensity to export: A study of UK and Portuguese textile firms. International Business Review, 2011. [Consult. 19 Abr.]. Disponível na internet: <[www.elsevier.com/locate/ibusrev](http://www.elsevier.com/locate/ibusrev)>.
- SMITH, Brent – **A workbook for pollution prevention by source reduction in textile wet processing**. North Carolina: School of Textiles, 1988.

- TANAKA, Kanato – Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy. **Energy Policy**. Elsevier. nº 36 (2008) 2887 – 2902.
- VentilAqua – **Relatório de controlo da ETAR**. 2011. 7p. Relatório elaborado no âmbito de controlo da ETAR, através da monitorização e análise de parâmetros. Habidecor, S.A., Viseu, Portugal.
- WILKINSON, Paul [et al.] – Energy, energy efficiency, and the built environment. **Energy and health**. Lancet. nº 4 (2007).