



tesla

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry

# MANUAL de

*Eficiência energética em Indústrias  
de Processamento de frutos e Legumes*

**IEE/12/758/SI2.644752**

**Coordenação do manual:** ENEA (Agenzia  
Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia  
e lo Sviluppo Economico Sostenibile)



Co-financiado pelo Intelligent Energy Europe  
Programme da União Europeia

**Versão atualizada:**

Maio de 2014

**Autores:**

Arianna Latini, Corinna Viola, Matteo Scoccianti e Carlo Alberto Campiotti.

ENEA, Agência Italiana para as Novas Tecnologias, Energia e desenvolvimento Económico Sustentável.

UTEE-AGR, Unidade Técnica para a Eficiência Energética na Agricultura.

**Co-autores:**

O presente documento foi elaborado em conjunto com CIRCE, UÉvora, Tecaliman e ENEA, e inclui informação fornecida por Cooperativas Agro-alimentarias, CoopdeFrance, CONFAGRI e Legacoop Agro.

**Sobre este relatório:**

Este relatório foi desenvolvido no âmbito do projeto TESLA (Intelligent Energy Europe) e foi financiado pela União Europeia.

**Copyright:**

Este manual pode ser copiado e distribuído, desde que seja incluída a referência do copyright. Docentes, formadores ou outros utilizadores devem mencionar os autores, o projeto TESLA e o programa Intelligent Energy Europe.

***“A responsabilidade do conteúdo deste manual é exclusiva dos autores. O seu conteúdo não reflete necessariamente a opinião da União Europeia. Nem a EACI ou a Comissão Europeia são responsáveis por qualquer utilização que se possa fazer da informação aqui apresentada”.***



Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry

# 0. ÍNDICE

## 1. Introdução

1.1. Análise do subsetor processamento de frutos e legumes	4
1.1.1. Produção	5
1.2. Ponto de vista socioeconómico	6
1.2.1. Volume de negócios	8
1.2.2. Número total de indústrias de processamento de frutos e legumes e número de cooperativas	8
1.2.3. Número de empregos	10

## 2. Descrição do processo

2.1. Receção	12
2.2. Limpeza e secagem	13
2.3. Escolha e calibração	13
2.4. Embalagem	15
2.5. Conservação em frio	15

## 3. Análise energética de empresas de processamento de frutos e legumes

3.1. Consumo de energia elétrica	17
3.2. Consumo de energia térmica	20
3.3. Balanço de energia (Diagrama de Sankey)	20
3.4. Custos de energia	22

## 4. Medidas de poupança de energia

4.1. Eficiência energética em sistemas de refrigeração	23
4.2. Melhoria do isolamento nas instalações de frio	24
4.3. Motores eficientes	25
4.4. Sistemas de ar comprimido	27
4.5. Variadores de velocidade	28
4.6. Isolamento	29
4.7. Aquecimento de água ou ar	30
4.8. Baterias de condensadores para redução da potência reativa	32
4.9. Iluminação	32
4.10. Centros de transformação de alta eficiência	33
4.11. Ferramentas de gestão	33

## 5. Conclusões

## 6. Referências

34

35

## 1. INTRODUÇÃO

O principal objetivo do projeto TESLA é utilizar as melhores técnicas disponíveis para avaliar a situação energética e promover a adoção de medidas de melhoria de eficiência nas pequenas e médias empresas europeias (PMEs) do setor agroalimentar.

O setor agroalimentar engloba três componentes que se relacionam de um modo muito próximo: agricultura, indústria agroalimentar e distribuição (comércio de retalho). De um modo mais particular, o projeto TESLA está focado na componente central, caracterizada pelas empresas de transformação, que utilizam os produtos agrícolas (produção primária) para abastecer a indústria alimentar que produz comida e bebidas (indústria de transformação).

Este manual é dedicado especificamente ao subsetor das empresas de processamento de frutos e legumes, representado pelas PMEs que lidam com os produtos frescos primários, desde a receção do produto após a colheita até ao seu armazenamento e antes da colocação no mercado.

### *1.1. Análise do subsetor processamento de frutos e legumes*

Este manual do projeto TESLA refere-se fundamentalmente aos produtos frescos (1ª gama). Apesar de também se referirem e discutirem brevemente os processos relacionados com questões sanitárias dos produtos frescos de 4ª gama. Os produtos de 2ª e 3ª gama são apenas mencionados de modo a salientar alguns aspetos interessantes relacionados com os objetivos da eficiência energética.

- **1ª gama:** Frutas e Legumes para venda direta no mercado.
- **2ª gama:** Frutas e Legumes conservados por esterilização através de processos térmicos, por secagem ou outro tipo de processamento com utilização de uma mistura de diferentes técnicas.
- **3ª gama:** Produtos congelados.
- **4ª gama:** Produtos higienicamente tratados e prontos a consumir em fresco, com um período de conservação reduzido, embalados em atmosfera protegida.
- **5ª gama:** Produtos pré-cozinhados e prontos a consumir que se podem conservar durante algumas semanas em condições controladas.

De um modo geral, após a colheita, as frutas e legumes devem ser transportados o mais rapidamente possível para as áreas de armazenamento. Na receção existe um controlo do estado sanitário, que é geralmente feito em laboratórios internos com equipamentos específicos (p.e. extratos refratométricos para tomate, frutas, etc; pesagens específicas para batatas, ervilhas, etc; consistência, testes de cozedura e outros tipos de análises).

Depois disso, os produtos são lavados com água e outros produtos de higiene de modo a remover, da superfície do produto os vestígios de terra, de micro-organismos, de fungicidas, de inseticidas e outros pesticidas. A seguir, os produtos são classificados de modo a retirar frutos e legumes com características indesejáveis de qualidade (variedade, dimensões, grau de maturação, etc). Depois disso os produtos frescos podem ser embalados em caixas e/ou com películas para serem então vendidos em caixas ou pequenas embalagens familiares.

Depois da embalagem o passo mais importante antes da distribuição para o mercado e para o consumo em fresco é o armazenamento do produto.

### 1.1.1. Produção

Existem variações regionais consideráveis no tipo de frutas e legumes produzidos nos diferentes países da UE.

Este tipo de produção na UE caracteriza-se por rápidas e significativas flutuações na oferta e na procura de produtos que são, na sua generalidade, altamente perecíveis. A política da UE tem como objetivo encorajar os produtores a melhorar tanto a qualidade da produção como as técnicas de comercialização.

Cerca de 15% da produção agrícola primária diz respeito ao subsector hortofrutícola, que origina uma gama de notável qualidade e variedade de produtos frescos e processados (Direção Geral de Agricultura da Comissão Europeia).

**ITÁLIA** Em 2012, a produção hortofrutícola italiana atingiu mais de 19 Mtons, com uma redução média de 11% relativamente a 2011 (ISTAT). De acordo com o CSO, em 2012, a colheita total incluiu 6,3 Mtons de frutos frescos (mais 3,6 Mtons de citrinos), 7,5 Mtons de legumes frescos (além das 4,7 Mtons de tomate para indústria, não incluído nas 19 Mtons totais), 973.000 tons de legumes para saladas (alface, endívias e rabanetes), 312.000 tons de couves (couves, couves de Savoy, couves de bruxelas e outras).

**ESPAÑA** Dados do Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) referem que em 2013, a produção hortofrutícola espanhola atingiu as 18 Mtons, das quais aproximadamente dois terços se destinaram à exportação e um terço para consumo interno. Mais de 800.000 hectares destinaram-se a produtos frescos (151.000 para legumes, 56.000 para batatas, 312.000 para citrinos e 280.000 para outros frutos).

**FRANÇA** Com os seus cerca de 530.000 hectares dedicados à produção hortofrutícola (incluindo batatas), a França é o terceiro maior produtor europeu de frutas e legumes, com uma produção anual de 5.4 Mtons de legumes frescos e 3 Mtons de fruta para consumo em fresco (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013). É o 1º produtor europeu de enlatados e o 2º de legumes congelados (FranceAgriMer).

**PORTUGAL** Em Portugal, a produção hortofrutícola tem aumentado nos últimos anos, ocupando atualmente uma área de 33.370 ha (+8,5% em comparação com 2011). O maior valor de produção, 96 Mtons, diz respeito à produção de tomate em fresco, seguido das cenouras (76 Mtons) e couves (75 Mtons). A produção em estufa representa cerca de 16,9% da produção total de frutas e legumes (INE, 2013).

## *1.2. Ponto de vista socioeconómico*

As indústrias de processamento de frutas e legumes representam um importante subsector da indústria alimentar – o setor de produção líder na Europa – em termos de rotatividade económica, valor acrescentado, emprego e número de empresas (FOODDRINKEUROPE European Food and Drink Industry 2012 – Data & Trends, disponível em [www.federalimentare.it/m\\_banche\\_dati.asp](http://www.federalimentare.it/m_banche_dati.asp)).

Em 2011, o volume de negócios do setor hortofrutícola atingiu cerca de 61 bilhões € (6% do valor do setor alimentar, que alcançou cerca de 1.017 bilhões €) e empregou perto de 255.000 pessoas (6% do total de 4,25 M de pessoas envolvidas em todos os setores da indústria alimentar).

Aproximadamente 11.320 das 287.000 empresas do setor alimentar registadas na Europa em 2010 são empresas de processamento de frutas e legumes e cerca de 99% delas são pequenas e médias empresas (PMEs). Estas PME's geram quase metade do volume de negócios da indústria alimentar e empregam mais de 61% das pessoas (Fontes: Eurostat, UN Comtrade, OECD).

**TABELA 1. CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÓMICAS DO SETOR INDÚSTRIAL DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E LEGUMES EM ITÁLIA, ESPANHA, FRANÇA E PORTUGAL.**

<b>EMPRESAS DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E LEGUMES</b>	<b>ITALIA</b>	<b>ESPANHA</b>	<b>FRANÇA</b>	<b>PORTUGAL</b>
<b>Produção (tons/ano)</b>	19.000.000	18.000.000	8.400.000	807.938
<b>Número total de empresas de processamento de frutas e legumes</b>	1.856	3.407	1.802	247
<b>Número de cooperativas</b>	1.273	1.034	300	60
<b>Valor económico (M€)</b>	7.800	6.300	7.583	655
<b>Número de empregos</b>	28.658	53.152	35.000	3.818

*Fontes: Osservatorio sulla Cooperazione Agricola Italiana 2011/Prometeia 2011 para Itália; Feria Internacional del Setor de Frutas y hortalizas 2013/Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Español 2013 (dados 2012) (Cooperativas Agro-alimentarias)/FIAB 2008/MARM 2009 para Espanha; Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt 2013/CoopdeFrance 2009 para França; GPP 2013/Confagri 2013 para Portugal.*

Recentemente registou-se no setor hortofrutícola, na Europa, um aumento de exportações (11%) assim como nas importações (14%) (Dados de exportações: de 3.919 M€ em 2010 para 4.363 em 2011. Dados de importações: de 6.655 M€ em 2010 para 7.565 em 2011. Fonte: Eurostat database COMEXT).

A Tabela 1 apresenta alguma informação socioeconómica referente aos quatro países europeus envolvidos no projeto TESLA (Itália, Espanha, França e Portugal). A informação será discutida e analisada relativamente ao subsetor hortofrutícola de cada país participante.

### 1.2.1. Volume de negócios

**ITÁLIA** As PME's italianas do setor agro-alimentar geram um volume de negócios de 35.052 M€. Cerca de 22% do valor total, correspondente a 7.800 M€, é originado em empresas que trabalham no subsector hortofrutícola.

**ESPAÑA** De acordo com os dados da FIAB, em 2008, o setor agro-alimentar apresentou um volume de negócios total de 7.438 M€ em legumes, 7.209 M€ em fruta (incluindo citrinos), e 551 M€ em batatas. O valor dos produtos frescos de frutas e legumes, processados e comercializados por empresas do setor agro-alimentar foi de cerca de 6.300 M€/ano.

**FRANÇA** O valor gerado pelas cooperativas hortofrutícolas foi de 4.500 M€ (CoopdeFrance, 2009) e o valor gerado por todas as empresas em 2010 foi de 7.583 M€.

**PORTUGAL** O volume de negócios gerado pelo setor agro-industrial mostra um aumento médio anual de 3,7% desde 2000. De acordo com o GPP (2013) em 2012 atingiu 655 M€.

### 1.2.2. Número total de indústrias de processamento de frutas e legumes e número de cooperativas

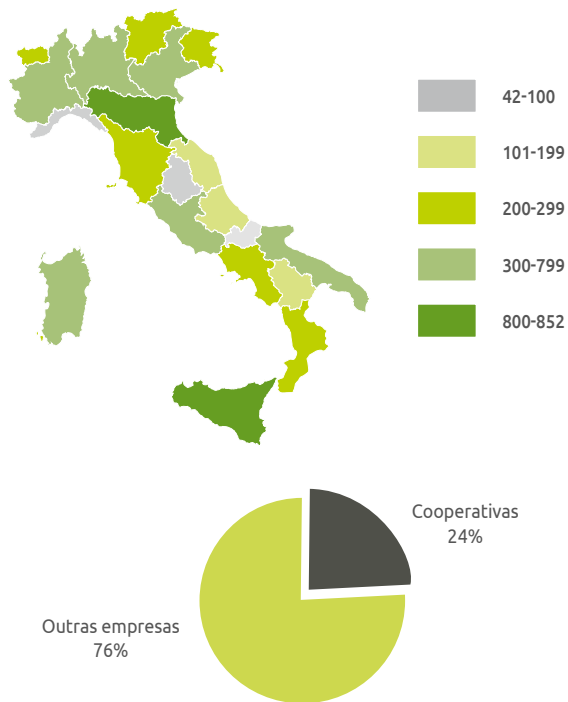
Este subsector caracteriza-se por uma larga difusão de sociedades cooperativas. A maioria são pequenas empresas, existindo apenas um pequeno número de grandes empresas.

**ITÁLIA** Todo o território nacional é caracterizado por um extenso número de cooperativas (1.273 em 2011). No entanto, existe uma diferença económica entre o Norte e o Sul de Itália, mesmo tendo em conta que a indústria alimentar é, do ponto de vista económico, o tipo de indústria mais importante no Sul.

Cerca de 80% do volume de negócios é gerado por 42% das cooperativas no Norte. Nesta zona do país, o valor médio de cada cooperativa é de 11,4 M€, enquanto que no Centro do país esse valor é de 3 M€ e no Sul de 1,7 M€ (Fonte: Osservatorio della Cooperazione Agricola Italiana, 2011). A maioria das cooperativas agrícolas é pequena e o valor económico médio de uma empresa de processamento de frutas e legumes é de 6,1 M€.



Número de cooperativas:



**Figura 1.** Número de cooperativas de frutas e legumes em Itália. 24% do volume de negócios total no setor agro-alimentar é produzido pelas cooperativas (Osservatorio della Cooperazione Agricola Italiana , 2011).

**ESPAÑA** De acordo com o Fichero Coordinado de Industrias Agroalimentarias (FCIA), existiam 4.900 empresas envolvidas na preparação e processamento de frutas e legumes em 2009. Dessas, 85% dedicavam-se a produtos frescos, 12% eram fábricas de conservas e apenas 3% fábricas de sumos.



**Figura 2.** Distribuição territorial das cooperativas de frutas e legumes em Espanha (OSCAE, Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Agrario Español, 2009).

**FRANÇA** Em 2009, estavam registadas 1.082 empresas de frutas e legumes e 300 eram cooperativas (dados de CoopdeFrance and FranceAgriMer).

**PORTUGAL** As indústrias envolvidas no subsector das frutas e legumes frescos são cerca de 247 (dados do Gabinete de Planeamento e Políticas, GPP, 2013), e aproximadamente 60 delas são cooperativas (Confagri).

### *1.2.3. Número de empregos*

**ITÁLIA** Uma cooperativa típica com um volume de negócios de 6,1 M€ tem, em média, 22,5 empregados.

**ESPAÑA** A ocupação no subsector hortofrutícola é metade da ocupação gerada por todo o setor agroalimentar em Espanha.

**FRANÇA** Em 2009, o número de empregados permanentes neste subsector era de 10.000, e o número de empregados sazonais era de 27.000 pessoas (dados de CoopdeFrance).

**PORTUGAL** Em 2011, o número de empregos no subsector hortofrutícola estava estimado em 3.818 (GPP, 2013).

Hoje em dia, o mercado alimentar global está a fragmentar-se em segmentos de consumo, e a tendência é para o crescimento do comércio em supermercados com consumidores cada vez mais atraídos para produtos de acordo com o seu estilo de vida assim como as suas necessidades de boa saúde e bem estar. Enquanto no passado a maioria dos produtos agroalimentares eram consumidos pela família e comercializados em mercados locais, hoje os produtos alimentares são fornecidos pelas cadeias de supermercados com a indústria agroalimentar transformada de “pressão na oferta” para “pressão na procura”. Apesar disso, as frutas e legumes frescos estão a ter novamente um papel chave na saúde e bem estar das pessoas.

Esta transformação aumentou, por um lado, a disponibilidade de produtos alimentares, mas por outro lado, tem levantado receios sobre as implicações de uma procura crescente de energia utilizada pelo setor nos países da OCDE. Hoje em dia, tanto as cadeias de abastecimento agro-alimentar como a indústria alimentar precisam de encontrar soluções para resolver alguns dos seus maiores desafios: i) fragmentação excessiva do lado do abastecimento; ii) desequilíbrio na distribuição de valor ao longo desta mesma cadeia; iii) fraca propensão para a

inovação tecnológica; e iv) pontos críticos significativos na logística. Assim, num ambiente crescente de globalização, a indústria alimentar da UE necessita de melhorar a sua eficiência energética e a utilização de energia, e ao mesmo tempo, implementar boas práticas na gestão da cadeia de abastecimento, focando-se nas novas necessidades dos consumidores e no desenvolvimento ambientalmente sustentável da produção e do processamento de alimentos. Este manual analisa principalmente os aspetos técnicos associados com o consumo de energia nas indústrias de processamento de frutas e legumes frescos, procurando identificar os consumos de energia de cada fase de processamento.

## 2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Depois da colheita, e da entrada na fábrica, os produtos são sujeitos a processos específicos antes de irem para o mercado. Em todos os casos, a primeira fase inclui os processos de receção, descarga e aceitação dos produtos. No caso dos produtos frescos (1ª gama), é quase sempre necessário um armazenamento preliminar, e em função das especificidades de cada empresa realizam-se tratamentos de limpeza e calibração. Outros tratamentos particulares relacionados com os produtos em fresco podem incluir a lavagem, a desinfeção, e a embalagem em atmosfera modificada. A desinfeção das instalações industriais e a utilização de refrigeração são outros processos que têm de ser frequentemente considerados. Todos estes tratamentos caracterizam também a cadeia de processamento de alimentos referente aos produtos de 4ª gama.



**Figura 3.** Descarga de um camião com um empilhador.

Abaixo apresenta-se a listagem das fases do processo em cooperativas que processam frutos tropicais e legumes, com a respetiva duração:

- *Receção (~ 2 h)*
- *Limpeza e secagem (~ 2 h)*
- *Escolha e calibração (~ 2 h)*
- *Embalagem (~ 2 h)*
- *Conservação no frio (~ 1 dia)*

### 2.1. Receção

Os produtos, em bruto, são entregues na doca de receção, trazidos por um camião ou outro veículo. É feita uma primeira inspeção aos frutos e legumes: códigos de rastreabilidade, tamanho do lote, qualidade do produto, condição do veículo, etc. Toda esta informação é geralmente registada na base de dados da empresa. Empilhadores e carros elétricos realizam as operações de carga e descarga necessárias para o processo de pré-refrigeração e para a linha de produção.

Os produtores de frutas e legumes devem rapidamente arrefecer os seus produtos. A remoção do calor gerado na

recolha no campo é importante para a qualidade do produto e determina a sua vida útil no mercado. O pré-armazenamento dos produtos pode fazer-se em instalações de pré-refrigeração e/ou áreas específicas acondicionadas para o efeito, onde os produtos terão de passar antes de entrar nas linhas de processamento onde são manuseados e embalados.



**Figura 4.** Pré-refrigeradores verticais de fluxo de ar reduzem o tempo de pré-refrigeração, o que aumenta a qualidade e a vida útil dos produtos e permite poupar nos custos de energia.



**Figura 5.** Máquina de Paletização.



**Figura 6.** Queda de maçãs para a água (à esquerda) e um túnel utilizado na secagem (à direita).

## *2.2. Limpeza e secagem*

As etapas de lavagem e secagem não são fixas no processo de manuseamento e embalagem de frutas e legumes, dependendo da morfologia e outras características dos produtos (figura 6).

## *2.3. Escolha e calibração*

O processo de escolha é comum a muitos produtos no subsetor hortofrutícola. A escolha pode ser feita pela cor, tamanho ou outras propriedades físicas. Como as empresas geralmente comercializam diversos produtos, as máquinas de escolha devem ser capazes de trabalhar nas campanhas de inverno e verão, e ter capacidade de classificar o maior número possível de produtos. Nesta etapa, podem também ser utilizados outros tratamentos como maturação, encharcamento, enceramento, etc.

**MATURAÇÃO.** As principais causas do esverdear são as condições climáticas antes da colheita. Por exemplo, no caso

dos citrinos a maturidade comercial é muitas vezes alcançada ainda com alguma cor verde na epiderme dos frutos. Apesar das suas características não serem diferentes das dos frutos



**Figura 7.** Equipamento de lavagem e classificação.

com cor, os consumidores ficam com a ideia de que eles não estão suficientemente maduros e não atingiram o seu melhor sabor. O favorecimento da maturação consiste na degradação da clorofila de modo a permitir evidenciar a sua pigmentação natural. Em câmaras próprias, os citrinos são expostos, durante 24 a 72 horas (em função do grau de verde), a uma atmosfera com etileno (5-10 ppm) sob ventilação controlada e humidade relativa elevada (90-95%). As condições de maturação são específicas da área de produção.

**ENCHARCAMENTO.** Na pós-colheita realizam-se diferentes tratamentos para prevenção e controlo de pragas e doenças. Entre eles, o encharcamento com soluções químicas, muito útil para inibir o aparecimento de escaldão ou outros danos causados pelo frio durante o armazenamento.

**ENCERAMENTO.** Alguns frutos, como as maçãs, pepinos, citrinos, pêssegos e outros, são encerados pelos seguintes motivos: para reduzir a desidratação, aumentar a vida útil pós-colheita substituindo as ceras naturais removidas na lavagem dos frutos e selando pequenas feridas produzidas durante o manuseamento dos frutos. As ceras são também utilizadas como agentes transportadores de certos fungicidas ou apenas para aumentar o brilho e melhorar a aparência. Estão disponíveis no mercado diferentes tipos de formulações de ceras. Podem ser aplicadas em spray ou espumas, ou pela imersão e gotejamento ou com outros processos. A uniformidade da distribuição é importante. Utilizam-se escovas suaves, rolos, ou outros métodos para assegurar que a aplicação na superfície do fruto é minuciosa e a textura suave. Aplicações excessivas podem bloquear totalmente alguns processos fisiológicos, e respectivas trocas gasosas, e provocar asfixia dos tecidos, podendo causar enegrecimento no interior do fruto e o

desenvolvimento de maus sabores e maus odores. É muito importante que se utilizem apenas ceras aprovadas para o consumo humano.

#### 2.4. Embalagem

Na etapa final os produtos são embalados numa máquina específica, saindo depois para a distribuição. Nesta etapa é feito um controlo de qualidade adequado, em função do tipo de produto.



**Figura 8.** Área de classificação e de embalagem.



**Figura 9.** Equipamento para embalagem.

#### 2.5. Conservação em frio

Os produtores de frutas e legumes têm de arrefecer rapidamente muitos dos seus produtos. A diminuição da temperatura no campo é importante para a manutenção da qualidade do produto e para a sua vida útil no mercado. O armazenamento em frio é o processo com maior consumo de energia realizado neste tipo de indústria agro-alimentar.

### **3. ANÁLISE ENERGÉTICA DE EMPRESAS DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E LEGUMES**

De um modo geral, a indústria alimentar usa energia fundamentalmente para o processamento e conservação dos alimentos, embalagem e armazenamento. Um processo de embalagem seguro é extremamente importante na indústria agro-alimentar e requer elevado consumo de energia. De facto, os processos de embalagem mais modernos exigem técnicas assépticas e alterações eletroquímicas. O armazenamento adequado é também muito dependente de energia e de modo particular no caso das frutas e legumes de verão. É um processo crucial devido às elevadas temperaturas exteriores e ao metabolismo acelerado dos produtos colhidos. O arrefecimento e a secagem representam os processos chave para o armazenamento dos alimentos. No entanto, neste manual não se irá dar muita atenção a estes processos que são usados mais habitualmente nos produtos de 2ª, 3ª e 4ª gamas.

O principal factor de produção nestes processos agroindustriais, além dos produtos em si, é a energia. Os modernos sistemas de produção agroalimentar consomem grandes quantidades de energia na produção dos alimentos de origem animal ou vegetal para responder às exigências globais de procura de alimentos. A energia utilizada para processamento, transporte

e preparação dos alimentos apresenta valores de cerca de 3 ou 4 vezes a energia utilizada na produção primária (Smil, 2008). Mais especificamente, a indústria alimentar requer energia térmica para aquecimento e arrefecimento, e eletricidade para o processamento dos produtos vegetais. Adicionalmente, também é necessária energia para a produção dos materiais (plástico ou alumínio) utilizados na embalagem dos produtos.

Uma pequena parte (menos de 10%) da energia total consumida pela indústria de processamento de alimentos é para processos indiretamente associados à produção, que incluem a climatização e iluminação de instalações e transporte no local. Quando utilizadas, o combustível de caldeiras pode representar até um terço do consumo total de energia.

Abaixo são apresentados alguns dados tipo do consumo de energia (em toneladas equivalentes de petróleo, tep) no subsetor das frutas e legumes, em França (Agreste, 2010):

- *Valor total do subsetor das frutas e legumes: 95.442 tep*
- *Processamento e conservação de batatas: 14.386 tep*
- *Preparação de sumos de frutas e legumes: 9.910 tep*
- *Outros tipos de processamento e conservação de legumes: 55.780 tep*
- *Processamento e conservação de fruta: 15.367 tep*



### 3.1. Consumo de energia elétrica

As tabelas seguintes mostram a percentagem de energia consumida em cada etapa do processamento no subsector hortofrutícola.

De um modo geral, o consumo de energia é essencialmente devido à eletricidade utilizada nos processos de refrigeração (46,4% na Tabela 2), mas a energia térmica necessária para a manutenção da higiene e do estado sanitário das frutas e legumes é também considerável. A necessidade de energia da indústria alimentar pode ser classificada em função de sete principais subsistemas de energia: i) arejamento (ventilação e climatização), ii) vapor, iii) motores e bombas, iv) ar comprimido, v) refrigeração, vi) aquecimento e iluminação das infraestruturas e edifícios, e vii) energia necessária para o transporte dentro das instalações.

No entanto, deve ser salientado que os dados apresentados nas tabelas seguintes não refletem toda a realidade, porque tanto as tecnologias de transformação ou os materiais primários em bruto (frutas e legumes) podem ser completamente diferentes de uma empresa para outra.

**TABELA 2. PERCENTAGENS DE CONSUMO DE ENERGIA NAS INDÚSTRIAS DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E LEGUMES ESPANHOLAS BASEADAS EM PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO EM FRIO.**

<b>ETAPA DE PROCESSAMENTO</b>	<b>%</b>
Receção do produto em bruto, lavagem, escolha e separação por tamanhos	19,5
Processamento: corte, moenda, calibração, polimento, etc. Operações após tratamento, verificação e embalagem	12,2
<b>Conservação em frio</b>	<b>46,4</b>
Transporte	2,0
Climatização	2,5
Iluminação	7,8
Processos auxiliares	9,6
<b>ENERGIA TOTAL</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Informação proveniente da análise de dez empresas espanholas de processamento de alimentos feita pelas Cooperativas Agro-alimentarias, 2010.

Nas centrais hortofrutícolas para o mercado em fresco, as instalações têm basicamente sistemas de refrigeração/congelamento, pelo que uma percentagem elevada do consumo

de energia é elétrica. Nalguns casos, o consumo de energia é diretamente proporcional às necessidades de frio (ver também a Figura 10, mais à frente).

**TABELA 3. CONSUMO DE ENERGIA PARA PROCESSOS DE PRODUÇÃO NUMA INDÚSTRIA HORTOFRUTÍCOLA TÍPICA PORTUGUESA (10.000 TONS DE PRODUTO/ANO).**

<b>ETAPA DO PROCESSO</b>	<b>Tecnologia usual</b>	<b>Capacidade (ton/h)</b>	<b>Potência elétrica instalada (kW)</b>	<b>Consumo de energia elétrica (kWh/ano)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Consumo de gásóleo</b>
<b>Receção</b>	Balança Máquina de lavagem (Drencher)	57	184	33.500	-	-
<b>Conservação</b>	Armazenamento no frio	-	270	536.000	-	-
<b>Embalagem</b>	Calibrador Máquina de embalagem	6	39	67.000	-	-
<b>Expedição</b>	Câmara de expedição	6	19	33.500	-	-
<b>Iluminação e outros equipamentos elétricos auxiliares</b>	Lâmpadas	-	12	56.300	-	-
<b>Equipamento auxiliar</b>	Empilhadores	14	-	-	10	14.560
<b>TOTAL</b>	-	-	523	726.300	10	14.560

Fonte: Dados provenientes da análise de uma instalação tipo realizada pela Universidade de Évora.

### *3.2. Consumo de energia térmica*

Nas empresas de processamento de frutas e legumes o consumo de energia térmica não é muito relevante. Uma recolha de informação conduzida pelas Cooperativas Agro-alimentarias (Espanha) dá uma ideia da distribuição do consumo de energia de algumas PMEs auditadas em 2010: o consumo de energia térmica é de apenas 14% enquanto o consumo de energia elétrica é de 86%. Este pequeno consumo térmico é essencialmente para o aquecimento de águas de limpeza, mas também para os empilhadores utilizados no transporte de frutas e legumes nas instalações, pelos queimadores utilizados na secagem de alguns produtos frescos, etc.

Quando se consideram os produtos de 2ª e 3ª gamas, o consumo de energia térmica aumenta consideravelmente devido aos processos de pasteurização e congelação. A tabela 4 apresenta dados referentes aos consumos elétrico e térmico por tonelada de produto processado, numa central hortofrutícola tipo italiana, com um consumo consistente de energia térmica (particularmente comum em instalações dedicadas a frutas e legumes de 2ª gama).

### *3.3. Balanço de energia (Diagrama de Sankey)*

O balanço de energia dos processos industriais e o consumo de energia associado, em centrais hortofrutícolas baseadas em processos de frio, é apresentado na figura 10 na forma de um diagrama de Sankey. Esta análise é baseada num estudo da Cooperativas Agro-alimentarias, de 2010, em dez centrais hortofrutícolas espanholas.

**TABELA 4. PROCESSOS INDUSTRIAIS E CONSUMO DE ENERGIA ASSOCIADO EM INDÚSTRIAS TIPO ITALIANAS BASEADAS EM PROCESSOS TÉRMICOS.**

<b>ETAPA DO PROCESSO</b>	<b>Energia elétrica (kWh por tonelada de produto processado)</b>	<b>Energia térmica (kWh por tonelada de produto processado)</b>	<b>Eletricidade para bombagem de água (kWh por tonelada de produto processado)</b>
<b>Receção dos materiais em bruto</b>	3,4	-	-
<b>Lavagem, escolha e separação por tamanhos</b>	2,1	51	-
<b>Corte, moagem, calibração, polimento etc.,</b>	3,4	72	3
<b>Branqueamento e secagem</b>	1,5	209	-
<b>Refrigeração e enxaguamento</b>	3,9	-	3
<b>Operações pós-tratamento, verificação e embalagem</b>	3,0	50	-
<b>Tratamento com calor para estabilização</b>	-	229	8
<b>Arrefecimento</b>	1,1	-	-
<b>Armazenamento</b>	1,0	-	-
<b>ENERGIA TOTAL</b>	<b>19,4</b>	<b>611</b>	<b>14</b>

Fonte: LG MTD Industria Alimentare, 2008.

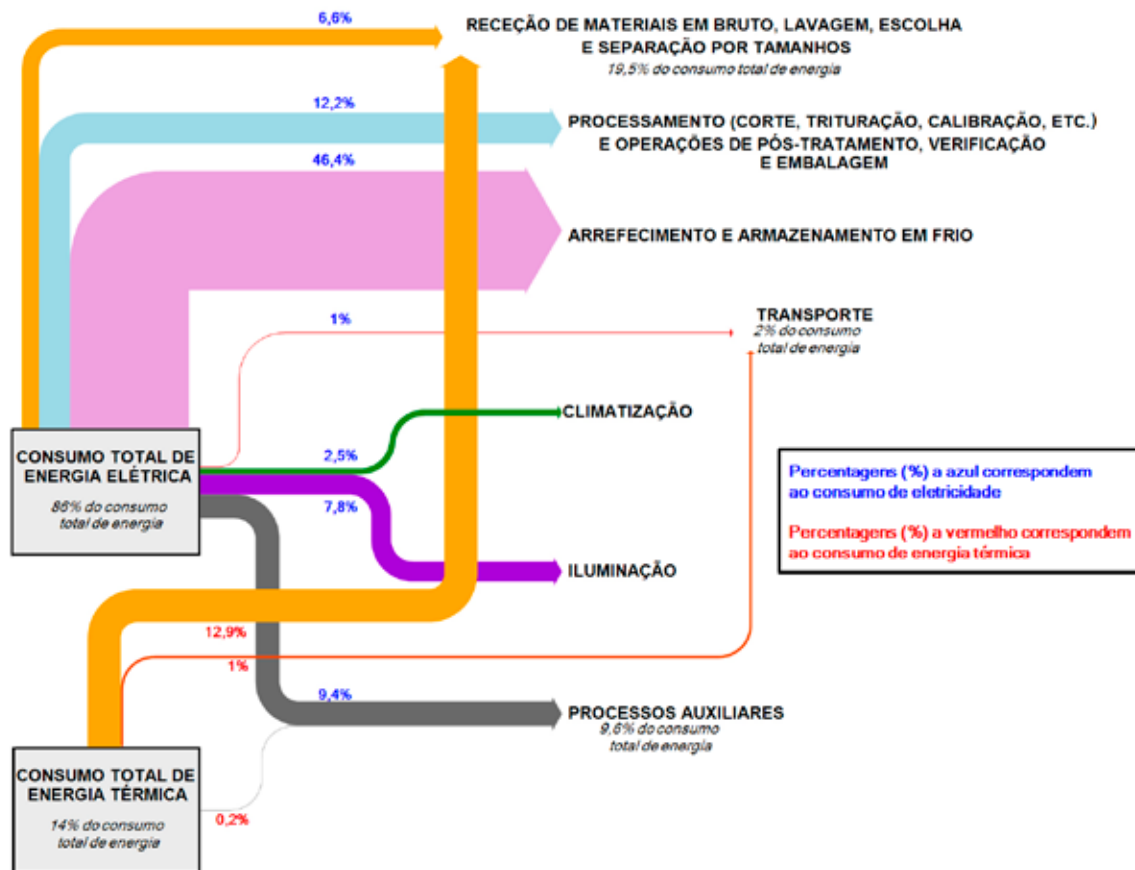


Figura 10. Fluxos do consumo de energia em Cooperativas Hortofrutícolas espanholas.

### 3.4. Custos de energia

O contexto energético de cada país europeu é diferente. De facto, o custo da energia será diferente em função da política energética de cada país, e de acordo com os diferentes combustíveis fósseis utilizados na produção de energia térmica. A tabela 5 apresenta valores de referência para os custos da energia elétrica e térmica numa central hortofrutícola tipo nos quatro países do TESLA.

**TABELA 5. CUSTOS DA ENERGIA NOS QUATRO PAÍSES DO PROJETO TESLA.**

PAÍS	Custo da energia elétrica (€/MWh)	Custo da energia térmica (€/MWh)
Itália	144	37
Espanha	125	60
França	De 60 até 110	De 20 até 80
Portugal	80	70

### 4. MEDIDAS DE POUPANÇA DE ENERGIA

Após uma breve análise do subsector de processamento de frutas e legumes, nos quatro países do projeto TESLA, o quarto capítulo deste manual foca-se em propostas e possíveis ações que se podem executar de modo a poupar energia e/ou melhorar a eficiência energética.

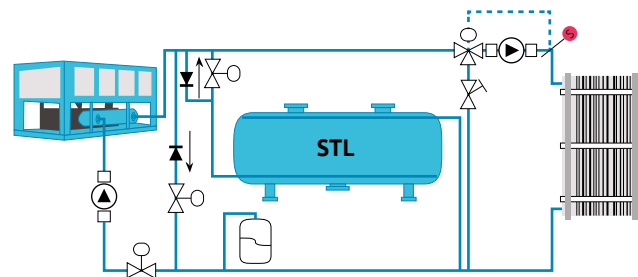
O armazenamento em frio é o processo mais exigente em energia, pois, de um modo geral, dura vários meses por ano e sob condições de temperatura exterior muito elevadas. O consumo de eletricidade para produção de frio pode atingir os 55% da energia elétrica consumida pela indústria. Deste modo, sistemas eficientes de produção de frio e instalações de frio eficientes podem representar medidas importantes de poupança de energia.

#### 4.1. Eficiência energética em sistemas de refrigeração

Existem diversos modos de melhorar os sistemas de produção de frio, sem ser a compra de uma nova, moderna e altamente eficiente máquina de frio.

##### **DESACOPLAMENTO DA PRODUÇÃO E CONSUMO DE FRÍO USANDO UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE FRIO.**

Este conceito baseia-se na utilização de materiais que facilmente mudam de fase. O fluido que muda de fase encontra-se no interior de nódulos esféricos, que são colocados em depósitos de armazenamento com água que é congelada nos períodos em que o custo da energia elétrica é menor (horas de vazio). A energia armazenada em forma de frio pode ser utilizada noutros períodos (horas de cheia) ou numa altura em que a produção de frio seja interrompida para manutenção ou outra razão qualquer. Este processo pode ser automatizado e otimizado. A poupança potencial depende de cada caso, mas pode atingir uma redução do custo de eletricidade de 70%; pode-se reduzir também a potência contratada.



**Figura 11.** Esquema dum sistema de armazenamento de frio em paralelo com o sistema de refrigeração (CIAT).

##### **COMPONENTES EFICIENTES NOS EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO.**

As empresas fabricantes de equipamentos de frio vendem diferentes modelos, geralmente com mais eficiência à medida que aumenta a sua potência. Um fluido refrigerante habitual é o R134A. Determinados equipamentos contam com compressores rotativos de alta eficiência (em vez de compressores de deslocamento positivo com pistões) e um novo sistema de evaporadores. Além disso, os condensadores fabricados com ligas de alumínio têm excelentes propriedades térmicas. Por outro lado, podem-se instalar variadores de velocidade em compressores e ventiladores, permitindo a regulação do consumo de energia em situações de carga de 25%

a 100%. Também se podem instalar arrancadores eletrônicos para reduzir os picos de consumo no arranque.

A poupança potencial é considerável, tendo em conta que as máquinas velhas (sem opções de regulação) tem um EER perto de 1,5 enquanto que estas máquinas de frio mais eficientes tem um EER de cerca de 3. (Nota: EER = Índice de Eficiência de Energia, o que significa que para 1 kWh de eletricidade existe uma produção de 1,5 (ou 3) kWh de frio).



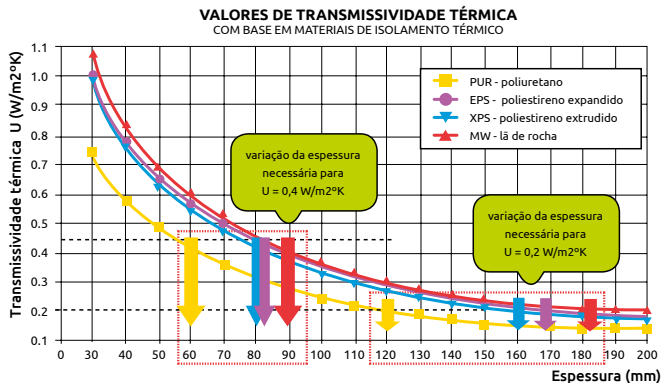
**Figura 12.** Máquina de frio.

#### *4.2. Melhoria do isolamento nas instalações de frio*

A substituição ou melhoria dos painéis instalados nas paredes/telhados por painéis de poliuretano, mais grossos, que garantam menor transmissividade térmica irá permitir melhores condições de isolamento térmico do que outros materiais e não requer um grande investimento.

Poupanças reais de energia irão depender da superfície da instalação, da transmissividade térmica ( $U$ ) dos anteriores e dos novos painéis, e das temperaturas exterior e interior. Considerando uma Instalação de frio (com dimensões de: 10 m x 10 m x 3.5 m), composta inicialmente por paredes e telhado com poliestireno com uma espessura de 80 mm e  $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ , se se trocar o material isolante térmico para painéis de poliuretano com uma espessura de 100 mm e  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ , com condições de temperatura exterior de  $29^\circ\text{C}$  e interior de  $10^\circ\text{C}$ , a necessidade de potência pode ser reduzida até 20%.





**Figura 13.** Transmissividade térmica para diferentes materiais e espessuras.

### 4.3. Motores eficientes

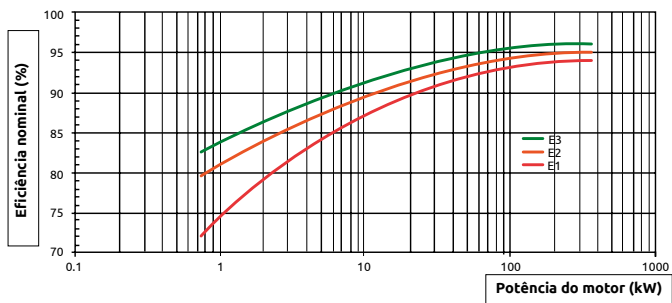
O consumo de um motor elétrico depende de vários fatores. Para aproveitar ao máximo o potencial do motor, deve-se otimizar o conjunto global do qual faz parte, e depois tratar de otimizar o funcionamento do próprio motor. Podem-se considerar os seguintes aspetos de modo a melhorar a eficiência dos motores.

**MOTORES DE ALTA EFICIÊNCIA.** A eficiência energética dos motores está classificada na norma IEC 60034-30. De acordo com esta classificação, existem cinco níveis de motores:

- *IE1: eficiência standard*
- *IE2: alta eficiência*
- *IE3: eficiência premium*
- *IE4: eficiência super premium*
- *IE5: eficiência ultra premium (recentemente disponíveis no mercado)*

A Diretiva europeia para os EuP (Energy-using product: Equipamentos consumidores de energia) estabelece os critérios para o dimensionamento de motores, de acordo com os níveis de eficiência definidos na norma IEC 60034-30. Estabelece também que os motores comercializados a partir de 16 de Junho de 2011 devem cumprir no mínimo o nível de eficiência IE2; a partir de 1 de Janeiro de 2015 os motores entre os 7,5 e os 375 kW devem cumprir no mínimo o nível de eficiência IE3; e a partir de 1 de Janeiro de 2017 os motores entre os 0,75 e os 375 kW devem cumprir no mínimo o nível de eficiência IE3.

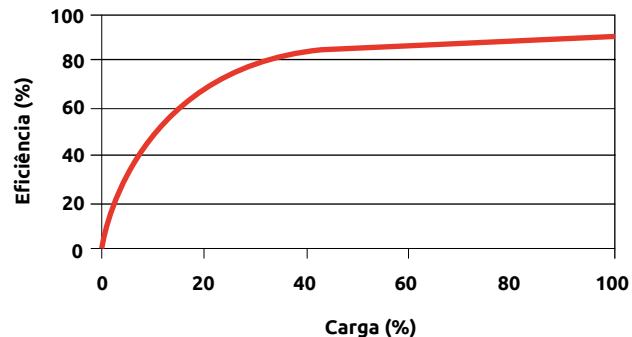
A figura 14 mostra as diferenças entre cada tipo de motor.



**Figura 14.** Comparação das curvas de eficiência energética dos diferentes níveis de motores (CIRCE, 2013).

#### DIMENSIONAMENTO ADEQUADO DA POTÊNCIA DO MOTOR.

A eficiência máxima do motor atinge-se com níveis de carga entre os 60 e os 100% da carga nominal. A eficiência do motor de indução tem um máximo à volta dos 75% da carga nominal. Abaixo dos 40% da carga nominal, o motor não trabalha nas condições adequadas e a eficiência baixa drasticamente. No entanto, determinados motores (geralmente de grande potência) podem trabalhar abaixo dos 30% da carga nominal com uma eficiência razoável. A relação entre a eficiência do motor e a situação de carga é apresentada na Figura 15.



**Figura 15.** Eficiência de um motor elétrico de acordo com a carga (BREF, 2009).

**CONTROLO DOS MOTORES.** O objetivo é reduzir ao mínimo as situações de funcionamento em vazio (motores a funcionar sem produto), com a utilização, por exemplo, de sensores de presença, temporizadores ou outros automatismos. O resultado é a paragem do motor quando o seu funcionamento não é necessário; a interrupção do funcionamento é feita pelo contactor da corrente elétrica do motor.

Outra possibilidade é a regulação da velocidade de rotação do motor com um variador de velocidade, processo que normalmente produz um significativo aumento da eficiência energética. Com uma carga variável, o variador pode reduzir

os consumos de energia elétrica, nomeadamente nas bombas centrífugas, compressores e ventoinhas.

Os equipamentos de transmissão incluindo todo o tipo de engrenagens ou poleias devem ser corretamente dimensionados e ter uma manutenção adequada, uma vez que a transmissão da potência desde o motor à máquina acoplada pode ser uma fonte de perdas de energia. Estas perdas podem variar de 0 a 45%. A ligação direta, quando tecnicamente possível, é, em princípio, a melhor opção.

#### *4.4. Sistemas de ar comprimido*

Praticamente todas as indústrias possuem sistemas de compressão de ar, utilizados em diferentes processos: prensas, equipamentos de frio, transporte de produtos, etc. A produção do ar comprimido é feita por compressores de diferentes equipamentos comerciais. A eficiência destes equipamentos também pode ser melhorada com base nas seguintes medidas.

**DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO.** Muitos sistemas de ar comprimido não foram corretamente dimensionados. A instalação de compressores e equipamentos adicionais sobre a instalação inicial, em várias etapas, tem frequentemente como resultado um funcionamento inadequado. Um parâmetro fundamental do sistema é a pressão, que deve ser capaz de satisfazer 95% das necessidades do sistema, utilizando um pequeno dispositivo de aumento da pressão para as outras situações. Outro aspeto fundamental é o dimensionamento das tubagens e a posição dos compressores. Um sistema bem dimensionado deve ter perdas de pressão inferiores a 10% da pressão de funcionamento do compressor.

**VARIADORES DE VELOCIDADE E VOLUMES DE ARMAZENAMENTO.** Sempre que as necessidades de ar comprimido variem (seja ao longo do dia ou entre dias diferentes) a instalação de variadores de frequência e volumes de armazenamento ajudarão a reduzir o consumo de energia do sistema. A poupança pode chegar aos 30%. A poupança média de um compressor com um variador de velocidade é de 15%. Por outro lado, o volume de armazenamento reduz as variações de pressão, e permite cobrir picos de necessidade. Os variadores

de velocidade, acoplados a compressores, proporcionam uma pressão mais estável, um fator de potência mais alto (reduz-se a potência reativa) e um arranque mais suave, que aumenta a vida útil do compressor.

**REDUÇÃO DAS FUGAS DE AR COMPRIMIDO.** A redução das fugas de ar comprimido é frequentemente um dos aspetos com maiores possibilidades de melhoria. As fugas são proporcionais à pressão do sistema; e existem durante 24 horas do dia, não apenas quando o sistema está a funcionar. A percentagem de capacidade de compressão que se pode perder pode ser inferior a 10% num sistema com boa manutenção, e superior a 25% num sistema com má manutenção, especialmente se sofreu modificações depois de instalado.

Assim, os programas de manutenção preventiva nestes sistemas devem incluir medidas de prevenção das fugas e verificações periódicas contra a ocorrência das mesmas. Uma medida adicional consiste na redução, dentro do possível, da pressão existente no sistema; para menor pressão, menores perdas em fugas.

**ALIMENTAÇÃO DO COMPRESSOR COM AR FRIO EXTERIOR.** Por razões termodinâmicas, a compressão de

ar quente requer mais energia que a compressão de ar frio. Por isso, é conveniente alimentar o compressor com ar frio exterior, colocando uma conduta entre o exterior e a entrada de ar do compressor. Convém que a entrada de ar exterior esteja no lado norte, ou pelo menos à sombra na maior parte do tempo.

**OTIMIZAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO.** Quanto menor for a pressão da instalação, menores custos terá o sistema. De qualquer modo, é necessário assegurar que todos os aparelhos que trabalham com ar comprimido têm abastecimento suficiente. Uma forma de ajustar a pressão com custo reduzido é pela utilização de pressostatos mecânicos. Também se pode regular a pressão com um compressor com regulação da velocidade de rotação, adaptando essa velocidade à necessidade de ar comprimido de cada instante.

#### *4.5. Variadores de velocidade*

Os variadores de velocidade podem utilizar-se em muitos processos de carga variável: bombas centrífugas, ventiladores, moinhos, tapetes transportadores, compressores, etc. Com o variador o consumo de energia do motor elétrico, para uma carga variável, é menor, uma

vez que a sua rotação se pode adaptar às necessidades de cada instante.

Os variadores de velocidade ou variadores de frequência regulam a velocidade de rotação do motor, convertendo a voltagem e a frequência fixas da rede em valores variáveis. A velocidade de rotação do motor é proporcional à frequência da corrente. O resultado é que se pode regular o funcionamento do motor em função de variáveis externas: temperatura, caudal ou nível de carga. A poupança de energia conseguida depende de vários fatores, entre eles o número de horas de funcionamento anual; em percentagem pode chegar a 50%.

#### *4.6. Isolamento*

Em vários setores do projeto TESLA, é necessário transportar calor ou frio; isto acontece, por exemplo, na fermentação com refrigeração nas adegas, nas quais é transportado, por tubagens, um fluido a baixa temperatura desde as máquinas de frio aos tanques de fermentação; ou em caldeiras, desde as quais é enviada água quente ou vapor para os locais onde é necessária. Nestes casos, a manutenção dos materiais isolantes é muito importante para evitar perdas térmicas ou condensações.

Devem ser seguidas diversas recomendações: evitar a corrosão, proteger contra a radiação UV, manter seco o material (prestando atenção a possíveis fugas de líquido que possam afetar o material isolante). O material deve ser flexível e fácil de instalar, com muito baixa condutibilidade térmica (até  $0,04 \text{ W/m}^2\text{C}$ ). Geralmente os materiais isolantes são eficazes a temperaturas entre  $-50^\circ\text{C}$  e  $110^\circ\text{C}$ .

**ISOLAMENTO DE TUBAGENS.** A poupança potencial dependerá de: comprimento e diâmetro da tubagem (ou superfície a isolar), temperatura interior e exterior, e da condutibilidade e espessura do material isolante. Um exemplo: duas tubagens que transportam um fluido quente, num caso com e noutra sem material isolante. Em ambos os casos, a temperatura do fluido é de  $60^\circ\text{C}$ , a temperatura do ar é de  $15^\circ\text{C}$ , o comprimento da tubagem é de 350 m, o seu diâmetro de 150 mm, e o material isolante é poliuretano de 31 mm de espessura e condutibilidade térmica de  $0,04 \text{ W/m}^2\text{C}$ . A comparação entre as duas situações mostra que as perdas de energia reduzem-se com o isolamento em 85%; a poupança de energia pode ser muito significativa simplesmente utilizando um material isolante térmico.

**ISOLAMENTO DE VÁLVULAS.** Relativamente ao que se disse anteriormente, as fixações, válvulas e singularidades das condutas serão locais onde o isolamento térmico pode ser deficiente. Existem elementos isolantes específicos para estes pontos. Considerando uma temperatura de uma válvula de 150°C, temperatura da sala de 20°C, e uma dimensão da válvula de 150mm, pode-se calcular a poupança de energia potencial instalando um isolamento móvel sobre a válvula que pode ser de 970W (BREF, 2009). Além disso, como regra geral, qualquer superfície que atinja temperaturas superiores a 50°C e apresente risco de contacto com pessoas, deveria ser isolada como medida de segurança.



**Figura 16.** Isolamento de tubagens em boas condições.

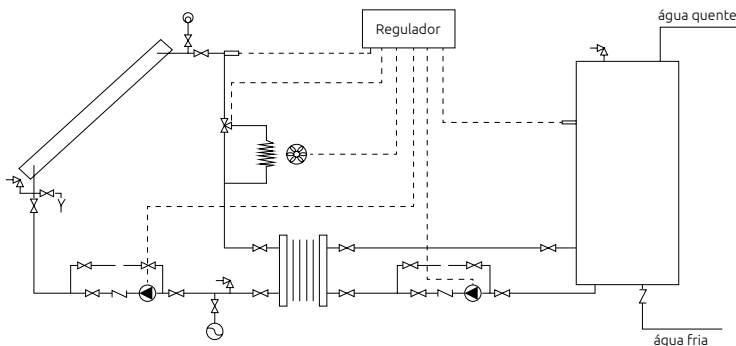
#### *4.7. Aquecimento de água ou ar*

Nas centrais hortofrutícolas é geralmente necessária água quente em vários processos: instalações sanitárias, lavagens, aquecimento ou produção de vapor. Existem várias opções para o aquecimento da água, sem aumento do consumo de energia, algumas das quais são apresentadas a seguir.

#### **ENERGIA SOLAR TÉRMICA PARA O AQUECIMENTO**

**DE ÁGUA.** Uma opção é a utilização de painéis solares de alta eficiência equipados com vidros de alta transparência (superior a 92%) e absorvedores em cobre com tratamento seletivo (TINOX) que apresentam uma resistência térmica até 250°C, umos valores de rendimento óptico de 75%, e um coeficiente de perda de calor de 2,9 W/m<sup>2</sup> °C.

A poupança energética que se pode conseguir depende da radiação solar da zona. Valores habituais de poupança são da ordem dos 50 - 70% em função do clima e da necessidade de energia. A poupança de energia traduz-se num menor consumo de combustível nas caldeiras, e menor emissão de CO<sub>2</sub>.



**Figura 17.** Esquema com energia solar térmica IMS (CPC solar).

### RECUPERAÇÃO DE CALOR EM COMPRESSORES DE AR.

A maioria da energia elétrica consumida por um compressor de ar é convertida em calor, e dissipa-se no exterior da adega. Nalguns casos, a instalação de uma unidade recuperadora de calor pode recuperar uma percentagem elevada deste calor disponível, aplicando-o no aquecimento de ar ou água. Há dois tipos de sistemas de recuperação disponíveis:

- **Aquecimento de ar:** o calor recuperado pode utilizar-se no aquecimento do ambiente ou noutros

processos. O sistema consiste em fazer passar ar à temperatura ambiente através do compressor, aquecendo-o. As únicas modificações que são necessárias são a instalação de tubagens e, nalguns casos, a instalação de ventiladores. O sistema pode regular com um termostato.

- **Aquecimento de água:** nalguns modelos de compressores, é possível acoplar um permutador de calor para extrair o calor libertado no processo de compressão. A água quente produzida pode utilizar-se em vários processos da adega; o sistema produz, em função do modelo, água potável ou não potável. Se não é necessária água quente, o sistema liberta o calor no dissipador convencional do compressor.

Muitos compressores comerciais permitem acoplar os recuperadores de calor descritos. Um sistema bem dimensionado pode recuperar aproximadamente 50 - 90 % do calor disponível.

## **RECUPERAÇÃO DE CALOR COM ECONOMIZADORES OU CONDENSAÇÃO.**

Nas caldeiras é possível instalar economizadores para recuperar o calor dos gases de escape. Este tipo de instalações reduz o consumo de energia global da caldeira. O economizador é um permutador de calor instalado na chaminé de saída dos gases; o calor recuperado é transferido para a água da caldeira ou para outros processos. Este tipo de instalação permite uma poupança de energia à volta de 5% (existe um limite na recuperação de modo a evitar condensação e corrosão na chaminé).

Outra alternativa eficiente são as caldeiras de condensação. O sistema recupera o calor contido no vapor de água dos gases de escape através da condensação do vapor. A poupança de energia pode atingir os 15%.

### *4.8. Baterias de condensadores para redução da potência reativa*

Muitos dos recetores elétricos, como os motores e as lâmpadas de descarga em gás, consomem energia reativa, que é paga na fatura elétrica. Este consumo de energia reativa pode ser evitado com a utilização de baterias de condensadores, disponíveis em praticamente todas as categorias de potência.

Costumam instalar-se junto ao centro de transformação ou ao quadro elétrico principal, num equipamento centralizado que compensa globalmente a potência reativa de toda a instalação.

Neste caso, trata-se de uma poupança económica mais do que uma poupança energética na instalação; a compensação da energia reativa é benéfica para a poupança de energia na rede elétrica, não na instalação propriamente dita.

### *4.9. Iluminação*

Nos diferentes setores do projeto TESLA são necessárias potentes instalações de iluminação. Atualmente instalam-se vários tipos de lâmpadas, fundamentalmente de descarga em gás (fluorescentes, vapor de sódio, vapor de mercúrio) ou halogénio. Algumas destas lâmpadas são pouco eficientes (vapor de mercúrio) e podem ser substituídas com vantagens por lâmpadas LED. A tecnologia LED tem uma maior vida útil (mais de 50.000 horas), menos manutenção, rendimento de cor de 80%, temperatura de cor de 4.000 K, e uma poupança de energia até 75%. O fluxo luminoso ronda os 10.000 lúmen (para 110 W) e 20.000 lúmen (para 210 W). De um modo geral, a substituição da lâmpada é simples. A tabela seguinte apresenta a poupança de energia que se pode atingir substituindo lâmpadas de descarga em gás por LEDs.



**TABELA 6. POUPANÇA DE ENERGÍA COM LEDS.**

SITUAÇÃO DE PARTIDA	ALTERNATIVA COM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	REDUÇÃO DA POTÊNCIA
Tubo fluorescente 2x18W (total instalado 42 W incluindo o balastro)	LED18S (19W)	54%
Tubo fluorescente 2x58W (total instalado 136 W incluindo o balastro)	LED60S (57W)	58%
Lâmpada de vapor de mercúrio 250 W (total instalado 268 W incluindo equipamentos auxiliares)	BY120P (110 W)	58%
Lâmpada de vapor de mercúrio 400 W (total instalado 428 W incluindo equipamentos auxiliares)	BY121P (210 W)	51%

Fonte: Philips.

#### 4.10. Centros de transformação de alta eficiência

Os transformadores de potência convertem a eletricidade que vem da rede em potência. Muitos dos transformadores antigos ainda utilizam petróleo e não são muito eficientes, apresentando um consumo de energia elevado. Pelo contrário, os transformadores a seco reduzem as perdas de energia até 70%, são seguros, não precisam de manutenção e apresentam uma boa capacidade para suportar sobrecargas e resistir a curto-circuitos.

#### 4.11. Ferramentas de gestão

Uma ferramenta de gestão de energia ajuda a encontrar a maneira mais sustentável de melhorar o uso de energia e reduzir os custos de energia, através de um melhor conhecimento e a monitorização dos fluxos de energia, diminuindo assim as emissões de gases de estufa, melhorando a imagem da indústria. Um “gestor de energia virtual” é composto por aparelhos de mediação, uma rede de comunicação, e o respetivo software. Pode utilizar-se para implementar um sistema de qualidade de gestão energética de acordo com as normas EN 16.001/ISSO 50.001.

## **5. CONCLUSÕES**

Nas últimas décadas, tem existido um interesse crescente na melhoria da eficiência energética do setor agroalimentar de modo a diminuir os custos de energia e as emissões de gases com efeito de estufa. A adoção de normas e de valores mínimos de desempenho energético das máquinas (motores, sistemas de frio e caldeiras de aquecimento), e o uso de energias renováveis representam soluções efetivas para diminuir o consumo de energia e reduzir os impactos ambientais. A aplicação de medidas de eficiência energética e as intervenções em sistemas de vapor (caldeiras, distribuição de calor), sistemas de ar comprimido (engarramento, desidratação, transporte, pulverização de revestimentos, limpeza), processos de refrigeração, aquecimento, e iluminação das instalações, podem permitir certamente atingir poupanças de energia de 15 a 25% (Kaminski and Leduc, 2010). Outras ações gerais de potencial melhoria são abaixo descritas.

Um menor consumo de eletricidade pode ser conseguido pela aplicação de várias medidas. Por exemplo, o armazenamento de alimentos pode ser melhorado pela melhor utilização de sistemas de ventilação ou pela instalação de ventoinhas de alta eficiência de rotação variável, com sistemas de inversão. Podem utilizar-se fluxos térmicos para aquecimento tanto da água necessária para a lavagem dos produtos ou das instalações, no inverno. Também pode ter

algum interesse a aplicação de Padrões Mínimos de Desempenho de Energia, de modo a encorajar a utilização de compressores mais eficientes e melhorar o dimensionamento dos permutadores de calor, lâmpadas, ventoinhas e sistemas de controlo.

A utilização de sistemas que funcionem com base nas energias renováveis pode ser outra hipótese a considerar na indústria agroalimentar, numa tentativa de reduzir os custos de energia. A produção de calor a partir de sistemas que trabalhem com biomassa ou vapor e a cogeração podem fornecer água quente e energia às centrais hortofrutícolas para operações de secagem, com uma melhoria significativa da eficiência energética. A otimização da eficiência de combustão, a recuperação de calor a partir de gases de combustão e a utilização de motores elétricos adequados e eficientes pode conduzir a poupanças de energia de 20 a 30%.

Uma análise das faturas de eletricidade, a identificação do estado de conservação e da utilização de cada equipamento, e uma análise cuidadosa dos processos de produção deve ser levada a cabo de modo a ser possível uma gestão energética mais conscienciosa. Além disso, as iniciativas governamentais (de acordo com as normas UNI EN 16.001/ISO 50.001) para apoiar as ações de eficiência e poupança energética dos investidores privados serão muito importantes.

## 6. REFERÊNCIAS

- Agreste, 2010.
- Circe, *Best Practices Collection*, 2014.
- Cleland D., *Toward a sustainable cold chain. International Institute of Refrigeration. Cambridge. 2010.*
- Confagri, 2013.
- CoopdeFrance, 2009.
- Cooperativas Agro-alimentarias.
- CSO (Centro Servizi Ortofrutticoli). *Tutti i numeri dell'ortofrutta italiana, la panoramica completa 2012.*
- European Commission, *Directorate-General for Agriculture.*
- Eurostat; *Eurostat database COMEXT.*
- FAOSTAT, 2006-2009.
- FCIA. *Fichero Coordinado de Industrias Agroalimentares.*
- *Feria Internacional del Setor de Frutas y Hortalizas 2013.*
- FIAB, 2008.
- FOODDRINKEUROPE *European Food and Drink Industry 2012 – Data & Trends.*
- *FranceAgriMer, Etablissement National des Produits de l'Agriculture et de la Mer.*
- GPP, *Gabinete de Planeamento e Politicas, 2013. Fruícolas, Hortícolas e Flores. Código NC: 06; 07; 08; 20; Programa de Desenvolvimento Rural do Continente 2014-2020. 1b-Anexo\_ Diagnostico. 48 pp.*
- INE, 2013. *Estatísticas Agrícolas 2012. Instituto Nacional de Estatística, I.P.. 180 pp.*
- Kaminski J., Leduc G., 2010. *Energy efficiency improvements options for the EU food industry. POLITYKA ENERGETYCZNA. Tom 13, zeszyt 1. PL ISSN 142-6675.*
- ISTAT, 2009-2012. *Italian Institute for Statistics.*
- LG MTD *Industria Alimentare (Linee Guida per l'identificazione delle Migliori Tecniche Disponibili), 2008.*
- MAGRAMA *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.*
- MARM, 2009.
- *Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013.*



Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry



[www.teslaproject.org](http://www.teslaproject.org)  
[tesla@agro-alimentarias.coop](mailto:tesla@agro-alimentarias.coop)



Co-financiado pelo Intelligent Energy Europe  
Programme da União Europeia