



E3. RELATÓRIO SOBRE OPORTUNIDADES PARA A ECONOMIA CIRCULAR



Promover a economia circular nas explorações agrícolas
e agroindústrias do Alentejo

ALENTEJO CIRCULAR

Promover a Economia Circular nas Explorações Agrícolas e Agroindústrias do Alentejo

Data:	Abril 2018	Nº do Entregável:	3
Título:	Relatório sobre oportunidades para a economia circular		
Nº da Ação:	3	Nº da Atividade:	3.1; 3.2
Participantes:	1- ISQ 2- UEv		

Autores:	Bruno Vitoriano, LABIAGRO
	Bruno Magalhães, EQUIPORAVE
	Vasco Cruz, Universidade de Évora

Histórico de revisões:

Rev. Nº	Data	Autor	Organização	Descrição
00	08/12/2017	Vasco Cruz	U. Évora	Inclusão de nova informação.

Nível de disseminação:

PU	<i>Publico</i>	X
CO	<i>Confidencial, apenas para membros dos promotores (incluindo PO Alentejo)</i>	



ÍNDICE

ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABELAS	vi
1-Introdução.....	7
2- Utilização eficiente de recursos e identificação de possíveis soluções para a valorização de resíduos	8
2.1- Utilização eficiente da água	8
2.2- Utilização eficiente da energia.....	9
2.3- Soluções de valorização dos resíduos	9
3- Caracterização da utilização eficiente dos recursos e soluções de valorização de resíduos..	11
3.1- Uso eficiente do recurso água	11
3.1.1- Otimização da água de rega.....	11
3.1.2- Reutilização das águas do processo das adegas e dos lagares	14
3.1.3- Utilização eficiente da água de lavagem das instalações suinícolas.....	16
3.1.4- Fornecimento eficiente de água aos animais	17
3.2- Uso eficiente do recurso energia	18
3.2.1- Aquecimento de águas.....	21
3.2.2- Utilização da energia solar	23
3.2.3- Uso eficiente de frio.....	24
3.2.4- Equipamentos energeticamente eficientes	26
3.2.5- Instalações energeticamente eficientes em suiniculturas.....	30
3.3-Valorização de resíduos e de subprodutos	33
3.3.1- Compostagem	34
3.3.1.2- Processo de compostagem	34
3.3.1.3- Parâmetros relevantes para o processo de compostagem	35
3.3.1.3.1- Razão carbono: azoto.....	36
3.3.1.3.2- Humidade.....	37
3.3.1.3.3- Temperatura	37
3.3.1.3.4- Oxigénio	37
3.3.1.3.5- Tamanho das partículas	38
3.3.1.3.6- Leiras revolvidas.....	38
3.3.2- Valorização energética da biomassa.....	40



3.3.2.1- Valorização da biomassa da olivicultura, vitivinicultura e do setor oleico e vitivinícola	40
3.3.2.1- Biometanização (digestão anaeróbia)	41
3.3.3- Efluentes das suiniculturas	43
3.3.4- Aproveitamento do tartarato das borras de vinho.....	45
4-Conclusão.....	50
5-Bibliografia	53



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Consumo de água nos vários processos na adega HG (Mendonça, 2016)	14
Figura 2- Consumos energéticos nas adegas HG e HM (Mendonça, 2016).....	19
Figura 3- Consumos energéticos de duas adegas (Cardoso, 2014)	20
Figura 4- Consumos energéticos nas diferentes fases do processo no lagar (Baptista <i>et al</i> , 2016).....	20
Figura 5- Energia elétrica (kWh) consumida por porco produzido (Carbon Trust, 2005).....	21
Figura 6- Produção de eletricidade por fontes fósseis e renováveis dados de Janeiro a Outubro de 2017 (APREN, 2017)	24
Figura 7 - Consumo de energia das lâmpadas incandescentes, halogéneo, fluorescentes compactas e LED (Murcho <i>et al</i> , 2015).....	27
Figura 8- Sistemas de leiras revolvidas (Paradela, 2014)	40
Figura 9- Processo de aproveitamento das borras (Papadaki <i>et al</i> , 2015)	49
Figura 10- Esquema de valorização dos subprodutos da vinificação (Institut Français de la Vigne et du Vin, 2013)	49



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Apresentação das melhores soluções para a gestão eficiente da água	8
Tabela 2- Apresentação das melhores soluções para a gestão eficiente da energia	9
Tabela 3- Solução para a valorização da biomassa e dos desperdícios agrícolas, agroindustriais e suinícolas	Erro! Marcador não definido.
Tabela 4- Consumo de água e produção de chorume das reprodutoras em ciclo fechado (CF) (Ferreiras <i>et al</i> , 2011).....	16
Tabela 5- Condições operacionais dos parâmetros da compostagem (elaboração própria)	38
Tabela 6- Composição do biogás (Castro <i>et al</i> , 2003)	42
Tabela 7- Conversão de 1 m ³ de biogás em energia elétrica e térmica	43
Tabela 8 – Quantidade média de nutrientes excretados anualmente (DGADR, 2015 e Despacho 1230/2018)	43
Tabela 9- Vantagens e desvantagens das diversas técnicas de espalhamento (Santonja <i>et al</i> , 2017)	45



1-Introdução

Este relatório é o sumário das melhores práticas de economia circular nas fileiras do vinho do azeite e da suinicultura.

Abordam-se neste documento as soluções das boas práticas de economia circular detetadas no decorrer das Ações 1 e 2 do projeto Alentejo Circular, que foram consideradas prioritárias para o tecido empresarial das fileiras do azeite, vinho e suinícola.

Pretende-se com este relatório apresentar uma análise dos fundamentos e dos requisitos técnicos necessários para a implementação das soluções eficientes para a gestão da água, energia e dos resíduos produzidos nestas fileiras.

Em complemento à informação contida neste relatório, foi elaborado um conjunto de diversas fichas técnicas, contendo informações de cariz mais operacional e onde são apresentados, sempre que possível, os investimentos necessários para a implementação das tecnologias e indicadas as vantagens e as desvantagens das soluções propostas para a transição para uma economia circular.



2- Utilização eficiente de recursos e identificação de possíveis soluções para a valorização de resíduos

Nesta atividade do projeto os promotores priorizaram as soluções para uma gestão eficiente dos recursos da água e da energia e soluções que promovam a gestão eficiente dos resíduos dos setores oleico, vitivinícola e suinícola. As soluções de valorização orgânica ou energética transformam os resíduos em produtos de valor acrescentado, que podem reutilizados pelos setores ou comercializadas com benefícios económicos para atividades económicas.

No Alentejo quando as explorações agrícolas possuem olivais e vinhas, as soluções de gestão de água e da energia explanadas neste documento podem ser aplicadas transversalmente às fileiras.

2.1- Utilização eficiente da água

As soluções apresentadas na Tabela 1 cobrem a gestão eficiente das águas, na rega das vinhas e dos olivais, na captação e reutilização das águas pluviais e na reutilização e reaproveitamento das águas do setor oleico e vitivinícola. No caso da suinicultura são abordados os temas da gestão eficiente, do fornecimento de água aos animais e das águas de lavagem das instalações pecuárias.

Tabela 1- Apresentação das melhores soluções para a gestão eficiente da água

Fileira	Solução
Vinho Azeite	Otimização rega - Rega de precisão com aplicação da quantidade de água necessária de acordo com o tipo de vinho pretendido, necessidades hídricas da planta em cada fase do seu ciclo, características do solo e condições meteorológicas - Estações meteorológicas que fornecem dados de precipitação, temperatura do ar, humidade relativa, radiação, velocidade do vento, humidade da folha, cálculo de evapotranspiração com os dados meteorológicos a serem medidos permanentemente e enviados por GPRS (General Packet Radio Service) para uma base de dados online - Sondas que medem a humidade e salinidade do solo - Imagens satélite NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) que permitem analisar a condição da vegetação agrícola nas imagens geradas por sensores remotos. É utilizado para medir a intensidade de atividade clorofílica - Caudalímetros parciais para controlo sobre a quantidade de água que está a ser utilizada em cada setor e deste modo agir mais rapidamente em caso de fugas - Regulação do débito dos bicos e da velocidade do trator - Pulverizadores/nebulizadores que permitem uma pulverização mais gasosa e com menor escorrimento, diminuindo as perdas - Aproveitamento das águas pluviais
Vinho Azeite	Reutilização de águas - CIP (<i>clean in place</i>) - Linhas de engarrafamento são lavadas em circuito fechado e a água que sobra da lavagem é reaproveitada - Água de lavagem das cubas é reutilizada, tanto para a higienização como para a desinfecção através da utilização de circuitos fechados de lavagem
Suinicultura	Utilização eficiente de água nas lavagens - Lavagem com água sob pressão e redutores nas torneiras de modo a diminuir o caudal necessário - Tipo de piso



Fileira	Solução
Suinicultura	Fornecimento de água eficiente aos animais - Bebedouros de nível com boia, comedores semilíquidos, bebedouros de concha com chupeta - Reutilização de água através de taças de recuperação

2.2- Utilização eficiente da energia

As propostas de gestão eficiente da eletricidade passam pela utilização de energias renováveis (para produção de energia e para aquecimento de águas), pela utilização de equipamentos e instalações energeticamente eficientes e pela produção eficiente de frio. Na Tabela 2 apresentam-se as várias soluções para cada fileira.

Tabela 2- Apresentação das melhores soluções para a gestão eficiente da energia

Fileira	Solução
Vinho, Azeite, Suinicultura	Aquecimento de águas por energia solar
Vinho, Azeite, Suinicultura	Produção energias renováveis - Solar fotovoltaica
Vinho	Produção eficiente de frio
Vinho, Azeite	Equipamentos energeticamente eficientes (processo produtivo)
Suinicultura	Instalações energeticamente eficientes - Isolamento - Arejamento e iluminação natural

2.3- Soluções de valorização dos resíduos

As soluções apresentadas na Tabela 3 passam pela valorização orgânica e energética dos resíduos das explorações agrícolas e das atividades industriais de transformação da azeitona e da uva.

O processo de compostagem ao transformar os resíduos agrícolas, suinícolas e agroindustriais em matéria orgânica permite devolver os micronutrientes e macronutrientes aos solos.

As propostas de valorização energética passam pela biometanização dos efluentes suinícolas e pela produção de energia térmica a partir de biomassa, de desperdícios agrícolas e de resíduos agroindustriais.

Durante o processo de estabilização do vinho o ácido tartárico precipita para as borras podendo ser recuperado por processos físico-químicos para ser reutilizado no processo de vinificação, tornando-se num excelente exemplo de economia circular.



Tabela 3- Soluções para a valorização de resíduos agroindustriais e suinícolas

Fileira	Solução
Vinho, Azeite	Compostagem - Engaço, bagaço, podas, efluentes, lamas - Hipóteses sinergias
Vinho, Azeite	Valorização biomassa - Carço azeitona - Madeira das vinhas - Podas (produção de energia térmica)
Suicultura	Biogás - energia elétrica
Suicultura	Compostagem - Aproveitamento dos sólidos e lamas
Suicultura	Efluentes - Reutilização das águas nas instalações - Espalhamento em terreno agrícola
Vinho	Aproveitamento industrial - Borras (Ácido Tartárico)



3- Caracterização da utilização eficiente dos recursos e soluções de valorização de resíduos

Nesta secção do documento serão descritas com a pormenorização possível as soluções para uma gestão eficiente dos recursos e para valorização dos resíduos.

3.1- Uso eficiente do recurso água

Dados do IPMA mostram que os níveis de precipitação nos períodos de Janeiro a Maio e Novembro de 2016 foram superiores à média no período de 1971 a 2000. No ano de 2017 apenas em Fevereiro e Março é que se registaram níveis de precipitação superiores à precipitação média referentes ao período de 1971-2000. Na Península Ibérica registam-se estações chuvosas mais curtas e níveis de precipitação menores e nos últimos 30 anos a temperatura em Portugal tem aumentado 0,4-0,5°C por década e as amplitudes térmicas diárias são cada vez menores.

O setor agropecuário consome cerca de 87% da água a nível nacional (dados de 2000-2009) e desperdiça cerca de 40% da água devido a perdas no sistema no armazenamento, transporte, distribuição e ao uso ineficiente da água (Programa Nacional para o uso eficiente da água, 2012).

Devido às alterações climáticas e às secas prolongadas a água tornou-se um recurso escasso, sendo essencial alterar os comportamentos para promover uma gestão eficiente da água. A água é um dos pilares de sustentabilidade das explorações olivícola, vitivinícola e suinícola.

3.1.1- Otimização da água de rega

A agricultura de precisão tem como objetivo o aumento da produtividade e da qualidade da cultura minimizando os custos, a intervenção humana e a variabilidade das condições naturais (Zarco-Tejada, 2014). A agricultura de precisão gere a variabilidade do tipo de solo, como a capacidade hídrica, o teor de nutrientes, o pH, a matéria orgânica, a exposição ao sol e a presença de doenças (Coelho et al, 2009). A agricultura de precisão tem um impacto menor no ambiente, maior eficiência no uso de combustível, diminuição na pegada de carbono, na lixiviação de nitratos, na contaminação das águas subterrâneas e da erosão (Zarco-Tejada, 2014).

A otimização da rega passa pela captação e reutilização da água pluvial, pela utilização de técnicas eficazes como a rega de precisão, rega por défice e caudalímetros e por sistemas de apoio à decisão como estações meteorológicas, sondas de humidade e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDIV).

O aprovisionamento adequado das águas pluviais em represas traz benefícios ambientais e hídricos. As represas contribuem para a conservação da biodiversidade atraindo animais e insetos e a água pluvial pode ser usada na rega diminuindo o recurso às fontes de água potável.

O stress hídrico, os nutrientes e as propriedades físico-químicas do solo contribuem para variabilidade espacial das culturas (Adeyemi et al, 2017). A rega de precisão permite que as



culturas sejam irrigadas em função das condições (hídricas, climáticas e de variabilidade espacial), da retenção de água no solo e do estado de desenvolvimento dos frutos.

A rega de precisão envolve a monitorização em tempo real das culturas e das condições do solo o que permite programar as regas e controlar os equipamentos de rega (Adeyemi et al, 2017).

O sistema de gota-a-gota é o sistema mais usado nas vinhas e olivais novos estando também instalados e sistemas de aspersão. O sistema gota-a-gota previne o excesso de água no solo, a compactação, salinização, a proliferação de doenças associadas a microrganismo e a lixiviação do solo (que pode comprometer a qualidade das águas subterrâneas). A rega gota-a-gota pode ser sectorizada, dependendo das características do terreno, e controlada por eletroválvulas.

O sistema de aspersão compartimentado por sectores controlados por eletroválvulas permite a distribuição espacial da água em função das necessidades hídricas das plantas e em função da capacidade de retenção de água pelos solos.

A rega por défice consiste no fornecimento de água abaixo das necessidades das culturas durante estados fenológicos resistentes à seca (Cajias et al., 2016).

A rega deficitária nas videiras promove o equilíbrio entre a folhagem e o desenvolvimento reprodutivo preservando a produtividade, a água e aumentando a qualidade do fruto (Miras-Avalos et al, 2016; Chaves et al, 2007; Zarco-Tejada, 2014).

Nas oliveiras pode-se usar rega deficitária a partir do meio do verão, durante a expansão e o lenhificar das células do endocarpo, e progressivamente durante toda a estação (Cajias et al, 2016; Moriana et al, 2003). Nos três períodos críticos, mais sensíveis ao défice hídrico do ciclo de vegetação das oliveiras, floração e na maturação do fruto (durante o endurecimento do caroço e 15 dias antes da colheita) é necessário compensar efeitos evapotranspirativos com rega (Moriana et al, 2003; Santos et al, 2007). O stress hídrico reduz a divisão celular e a expansão do mesocarpo e endocarpo na fase de desenvolvimento inicial do fruto (Fase I) e modifica as características do fruto e do conteúdo de óleo durante a fase III de desenvolvimento do fruto, que é caracterizada pela expansão das células do mesocarpo, acumulação de azeite e maturação (Cajias et al., 2016).

Os caudalímetros são medidores de caudal que instalados nas estações de bombagem e filtração, controlam as fugas e os desperdícios de água.

A sustentabilidade da rega passa pela combinação do solo, plantas e sensores meteorológicos que fornecem dados em tempo real a sistema de suportes à decisão. Os sistemas de sensores de solo e de dados climáticos permitem a monitorização das dinâmicas de humidade temporais e espaciais bem como do uso da água pelas plantas (Adeyemi et al, 2017). As estações de meteorológicas e as sondas permitem o controlo da rega através do registo e da análise das condições meteorológicas e hídricas das plantas.

Os sensores climáticos usam os dados de evapotranspiração, determinados a partir de parâmetros como a radiação, chuva e velocidade do vento. A água proveniente da precipitação e da rega retorna diretamente para o ar através de fenómenos de evaporação de água dos solos, e de transpiração nos estomas das plantas (Adeyemi et al, 2017). A rega pode ser feita sobre a



análise dos dados monitorizados permanentemente pelas estações meteorológicas e enviados por GPRS para uma base de dados on-line.

As sondas de humidade permitem determinar as quantidades de água disponíveis para a planta usar (Adeyemi et al, 2017). A utilização de sondas com leituras de humidade multiníveis são uma vantagem porque permitem monitorizar as condições hídricas das plantas a diferentes profundidades.

A gestão de precisão pelo mapeamento do vigor vegetativo (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada NDVI) passa pelo uso de tecnologia que permite monitorizar constantemente a heterogeneidade espacial das culturas, resultantes de fatores intrínsecos como pragas, stress hídrico, estado nutricional das culturas, mapeamento agrícola e de fatores externos como o clima que determinam a produtividade e a qualidade da cultura (Matese et al, 2015). O NDIV é uma tecnologia que controla a atividade da clorofila nas plantas usando análise de espectros obtidos por imagens aéreas (satélites, aviões ou drones) (Ihuoma et al, 2017, Matese et al, 2015).

Um dos benefícios do uso desta tecnologia é do mapeamento dos terrenos agrícolas permitindo atuar em conformidade com as necessidades fisiológicas das plantas. Os custos podem variar dos 3€ por hectare até aos 50€ dependendo do grau de resolução pretendido (5 a 20 metros, ao nível da planta ou ao nível da folha) (Freire, 2015). O uso desta tecnologia deve ser avaliado caso a caso determinando-se as vantagens face aos constrangimentos da tecnologia, resolução, tipo de vegetação, variabilidade espacial dos solos e conhecimento técnico específico (Matese et al, 2015).

Num estudo realizado em duas vinhas em Itália com imagens de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada recolhidas por drone, avião e satélite, os autores concluíram que as imagens recolhidas fornecem resultados similares em vinhas com gradientes vegetativos pronunciados e em grandes aglomerados de vegetação e que as imagens de baixa resolução em vinhas caracterizadas por pequenos gradientes vegetativos e com parcelas com vegetação alta não conseguem representar a variabilidade e os padrões da vinha (Matese et al, 2015). O estudo económico, não considerando as limitações técnicas, demonstrou que a tecnologia de aquisição de dados de NDIV, por drones é economicamente viável em relação às outras plataformas aéreas, para extensões entre os 5 e os 50 hectares e que os custos das imagens obtidas por avião continuam a ser competitivas com as imagens de satélite para áreas superiores a 50 hectares (Matese et al, 2015).

Num estudo desenvolvido em oliveais no Irão as imagens de NDIV associadas às análises do solo permitiram relacionar o índice de folhagem verde das oliveiras com as deficiências de azoto e potássio na fase de floração e formação do fruto (Noori et al, 2015).

Existem outros fatores que contribuem para a retenção da água no solo como descompactação do solo, com a incorporação das podas nas vinhas e da vegetação autóctone (Jordão, 2007).

O recurso a ferramentas tecnológicas de decisão, como sondas de humidade, rega de gota-gota, rega deficitária NDIV, podem ajudar à adaptação da agricultura e minimizar o impacto das alterações climáticas e de períodos de seca mais prolongados.



3.1.2- Reutilização das águas do processo das adegas e dos lagares

No âmbito do programa de Plano de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo foram feitos relatórios de sustentabilidade em algumas das adegas e foram produzidos dados de ecoeficiência.

No Alentejo os consumos de água variam entre os 1,2 e 14,4 litros de água por litro de vinho produzidos (Vinhos do Alentejo). Nas adegas HG e HM e os consumos foram de 5,56 L e 6,52 L de água por litro de vinho produzido (Mendonça, 2016).

Num estudo realizado sobre o ciclo de vida do produto numa adega no Alentejo verificou-se que são produzidas em média 4,9 litros de água residuais dos processos de lavagem e higienização e 1,2 litros de águas residuais nos processos de embalagem e engarrafamento, o que totaliza 6,1 litros de efluente para ser processado pela estação de tratamento de água residuais (ETAR) por litro de vinho produzido (Marçal, 2014).

Os principais consumos de água na adega HG (Figura 1) registam-se nos processos de lavagem das barricas (27%), processo de laboratórios (12%), prensas (11%), lavagem de filtros (9%), lavagem das cubas (7%) e linha de produção (7%). No ano de 2014 a adega consumiu 4,7 litros de água por litro de vinho produzido e 4,9 litros em 2015 (Mendonça, 2016).

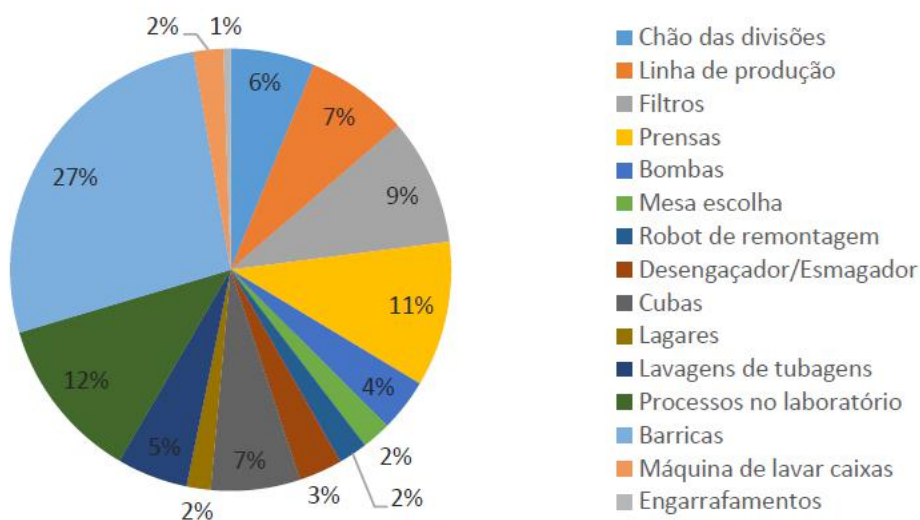


Figura 1- Consumo de água nos vários processos na adega HG (Mendonça, 2016)

A limpeza compreende a remoção total de resíduos orgânicos ou de componentes dos produtos e a desinfecção a remoção de agentes patogénicos e não patogénicos que afetem a qualidade dos produtos (Canut et al, 2012).

O Clean in place (CIP) é um programa de limpeza automático baseado em sucessivas soluções de água, agentes químicos, desinfetantes e das águas de lavagem dos resíduos químicos. No processo convencional é efetuado uma pré-lavagem com água para remover parte da sujidade (como açúcares e matérias corantes), de seguida faz-se uma lavagem com uma solução alcalina

para remover as proteínas e as gorduras, seguida de uma lavagem com água para remover os produtos de limpeza e os sólidos dissolvidos. Depois passa-se uma solução ácida para neutralizar os resíduos alcalinos e para remover os minerais (como sais de ferro, cobre e tartáricos) e lava-se de seguida com água. No final desinfeta-se e esteriliza-se, para reduzir os microrganismos, e lava-se com água quente ou fria (Canut et al, 2012; Ainia, 1). As águas residuais deste processo possuem matéria orgânica solúvel (gorduras, óleos, sólidos suspensos, nitratos, nitritos, amónia, fosfatos e soluções ácidas e básicas) (Canut et al, 2007).

As boas práticas indicam que se deve monitorizar a turbidez e a condutividade, garantindo que o equipamento está a operar em condições eficientes e reciclar e minimizar o uso do ácido etilenodiamino tetra-acético (usar o EDTA apenas quando necessário, com a frequência necessária e nas quantidades necessárias) (European Commission, 2006).

O ozono é um agente antimicrobiano de largo espectro (bactérias, fungos, vírus, protozoários, esporos) que atua sobre, as membranas celulares e constituintes das paredes e das células (Arranz et al, 2007). O ozono atua mais rapidamente nas estirpes dos microrganismos do que os outros agentes de desinfecção (Nath et al, 2014). O ozono é 10 vez mais efetivo que o cloro, 25 vezes do que o ácido hipocloroso, 2500 vezes do que o ião hipoclorito e 5000 vezes que a cloroamina (Ainia, 1). A utilização do ozono como agente desinfetante permite usar água fria e reutilizar as águas de desinfecção nos processos de pré-lavagem (Canut et al, 2007).

Os custos operacionais do sistema CIP com ozono são inferiores ao sistema CIP convencional devido à diminuição da quantidade de compostos de químicos nas águas residuais, da condutividade elétrica e do consumo de água nos processos de lavagem após a desinfecção (Arrant et al, 2007; Canut et al, 2007; Ainia, 2).

A reutilização da água de lavagem a utilização de equipamentos de lavagem com jato de água sobre pressão e a instalação de redutores de caudal permitem reduzir os consumos de água.

Dentro das unidades é possível reutilizar a água em sistemas de cascata, usando a água, de melhor qualidade e com menos quantidade de substâncias poluentes noutro processo. Uma gestão eficiente de água passa pela reutilização da água das lavagens das garrafas, das cubas e de parte das águas do CIP em processos de lavagem, higienização e desinfecção. As linhas de engarrafamento, lavadas em circuito fechado, as águas quentes usadas durante o processo de esterilização podem ser usadas em atividades de limpeza e a água da lavagem das cubas, utilizada em circuito fechado, é reutilizada para higienização e desinfecção. A utilização de sistemas de pressão média e alta, devido à ação da lavagem mecânica do jato de água, permitem o reduzir o consumo de água, de substâncias químicas e de efluentes (European Commission, 2006).

As águas residuais dos lagares e das adegas depois de serem devidamente tratadas podem ser usadas na fertirrigação. Em sistemas de fechados de recirculação de água eficazes é possível reciclar, 99% da água que entrou na adega, nas estações de tratamentos de águas residuais (Mendonça, 2016).



3.1.3- Utilização eficiente da água de lavagem das instalações suinícolas

Os consumos de água durante o processo de lavagem das instalações dependem da temperatura da água, da pré-lavagem, dos agentes de limpeza, da pressão e dos fluxos de água (Matlock et al, 2014).

O desperdício de água pelos os suínos durante o abeberamento, o piso e pressão da água contribuem de forma significativa para a quantidade de água necessária para lavagem das instalações.

No estudo desenvolvido por Ferreira *et al*, (2011) relacionaram-se os consumos médios nas lavagens (L/animal/dia) com o piso e com sistema de fornecimento de água aos animais. Os sistemas de abeberamento que têm maiores desperdícios de água implicam menor consumo de água durante as lavagens. Na Tabela 4 podem verificar-se as diferenças de produção de chorume nas fases de maternidade e da gestão das porcas em função do alojamento, da quantidade das águas de lavagem e no sistema de abeberamento. As variabilidades dos chorumes produzidos nas maternidades devem-se em grande parte à quantidade de água usada nas lavagens e na fase de gestação a variabilidade das quantidades de chorume produzido depende do sistema de abeberamento e do alojamento dos animais.

Tabela 4- Consumo de água e produção de chorume das reprodutoras em ciclo fechado (CF) (Ferreiras *et al*, 2011)

		MATERNIDADE ⁽²⁾				GESTAÇÃO			
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF1 ^{(a) (3)}	CF2 ^{(a) (4)}	CF3 ^{(b) (3)}	CF4 ^{(c) (3)}
Consumo Animal ⁽¹⁾	Abeberamento	49,28	32,24	27,25	29,29	19,57	23,80	13,86	22,14
	Lavagens	18,92	8,33	27,50	1,49	2,44	0,20	2,14	0,07
	Total	68,20	40,57	48,75	30,78	22,01	24,00	16,00	22,21
Produção Chorume		57,70	24,14	46,09	25,56	12,00	13,98	6,97	10,95
Relação Chorume/Água		0,85	0,60	0,95	0,83	0,55	0,59	0,44	0,49

(1)- Água ingerida, desperdício do animal e lavagem do ciclo de produção

(2) - Baías individuais com piso ripado integral, metálico

(3) – Baías individuais e parques com piso ripado parcial

(4)- Baías individuais, com piso ripado parcial

(a)- Abeberamento por tetina; (b)- Abeberamento por nível constante em pia e tetina envolta em concha;

(c)- Abeberamento por nível constante em pia

A estrutura do piso é importante no controlo da humidade no interior das instalações e na eliminação eficiente das águas de lavagem, de desinfecção e dos dejetos.

As escorrências são mais eficientes em pisos com declives de 2-3%, em instalações com grelhas ou ripas no chão. As larguras máximas das aberturas das grelhas em betão são 11 mm para leitões, 14 mm para leitões desmamados, 18 mm para porcos de criação e 20 mm para marrãs após cobrição e para porcas. Para pisos construídos com ripas, as larguras máximas das ripas são de 50 mm para leitões e leitões desmamados e 80 mm para os restantes animais (CAP, 2006).



A utilização de redutores nas torneiras e de aspersores de água com pressão diminuem o consumo de água e permitem uma maior eficácia no processo de lavagem. A pressão da água pode ser regulada através do uso de reguladores em consonância com os requisitos da limpeza. A eficiência dos sistemas de lavagem com pressão de água deve-se à força de elevado impacto da água sobre os dejetos e à boa cobertura de limpeza do jato de água (Predicala et al, 2014). A pressão da água deve ser regulada entre 1 e 10 bares e a distância ao objeto a lavar deve estar entre os 10-30 cm (Amaral et al, 2006). A lavagem a alta pressão com água quente reduz o consumo de água em 50% (Santonja et al, 2017).

3.1.4- Fornecimento eficiente de água aos animais

Os consumos diários e o débito dos bebedouros dependem do peso dos animais e o fornecimento de água é importante para não condicionar a ingestão dos alimentos. Os consumos diários variam entre 1,0- 1,5 Litros dos leitões até aos 15-30 litros para as porcas e marrãs em lactação e os débitos dos bebedouros variam entre os 0,3-2,0 litros por minuto (CAP, 2006).

Um fornecimento eficiente de água evita o desperdício e reduz os custos em energia, em água e no tratamento dos dejetos. Existem diversas formas de reduzir os desperdícios de água durante abeberamento tendo em consideração as fases de desenvolvimento do animal e o seu bem-estar.

Os bebedouros devem ser adaptados, em altura, em escoamento e em pressão, a cada estágio de desenvolvimento de forma a que os animais acedam facilmente à água (CAP, 2006). Os equipamentos devem estar localizados de maneira a evitar a contaminação com a alimentação e com os dejetos e a temperatura da água não deve superior a 20°C. Os sistemas de abeberamento devem estar separados para reduzir o desperdício de água devido às trocas de bebedouros por parte dos animais (Santoja et al, 2017).

Os métodos mais comuns de distribuição de água em suiniculturas são os bebedouros, comedores semilíquidos e bebedouros de concha com tetina.

No sistema de bebedouros o animal ativa um sistema para dispensar a água ou o sistema é acionado através de um flutuador de nível de água.

Os consumos dos sistemas variam consoante os estudos e as comparações podem ser diferentes consoante a fase de desenvolvimento do animal, sistemas de abeberamento e o tipo de alojamento. Os consumos de água das porcas na fase de gestação em estabulação individual com sistemas de tetina (17,58 l/animal/d) e de pia (16,34 l/animal/d) são semelhantes, no entanto quando os animais são mantidos em grupo os consumos de água nos sistemas de tetina com concha (9,65 l/animal/d) são inferiores aos consumos em pias (23,99 l/animal/d) (Ferreira et al, 2009). Os consumos em pias nas fases de gestação e de engorda podem ser 20-31.2% inferiores aos consumos em bebedouros com tetina (Matlock et al, 2014).

Os bebedouros dos leitões devem ser em forma de concha ou tetina e reguláveis em altura (Embrapa, 2015). Os desperdícios de água dos bebedouros de tetina podem ser reduzidos em



15% regulando a altura das tetinas ao nível dos ombros dos animais e reduzindo a taxa do fluxo de água. Os dispensadores tetina tipo “bite ball” reduzem o desperdício de água entre os 8-22% relativamente aos bebedouros de tetina (Matlock *et al*, 2014).

Os consumos de água na fase de engorda nos bebedouros de tetina (13,52 e 19,51 l/animal/d) são superiores, entre os 45-69%, aos consumos obtidos em bebedouros de concha com tetina (6,14 l/animal/d) (Ferreira *et al*, 2009). Estes dados encontram-se em consonância com valores apresentados noutro estudo em que os desperdícios de água nos bebedouros tipo tetina rondam os 40-60% (Li *et al*, 2005).

Existem sistemas automáticos de fornecimento de alimentos líquidos que permitem ajustar as curvas de alimentação às necessidades dos animais durante as fases de gestação e aleitamento. Em alguns destes sistemas, o número de refeições diárias, os horários e as quantidades de água e de alimento dispensadas são controladas por computador.

Os consumos de água em comedores semilíquidos e de bebedouros de concha com tetina são equiparados (Ferreira *et al*, 2009).

3.2- Uso eficiente do recurso energia

Na União Europeia a principal fonte de energia do setor vitivinícola é a eletricidade (92%) e os restantes 8% são de fontes fósseis (Malvoni *et al*, 2017). Estima-se que o consumo de energia no setor vitivinícola em Portugal seja de 75 milhões de kWh. Neste setor a principal fonte de energia é a eletricidade com mais de 90% sendo os restantes 10% provenientes de fontes fósseis que são usadas em processos térmicos, como o aquecimento de água para o processo de engarrafamento ou para gerar calor (Fuentes-Pila *et al*, 2015).

Os consumos de energia nas adegas variam consoante os autores e os estudos. Para uma adega de vinho tinto, sem envelhecimento, os consumos de energia elétrica variam entre os 3 e os 25 kWh/hl de vinho sendo em média são 11 kWh/hl e os consumos de energia térmica são de 1 kWh/hl de vinho (Fuentes-Pila *et al*, 2015). Nas adegas a energia elétrica consumida nos processos de refrigeração e arrefecimento varia entre os 40-60%, os equipamentos com rotores dinâmicos consomem 10-35%, a iluminação 5-30%, o ar comprimido 3-10% e outros equipamentos relacionados com a produção e com as instalações consomem 5-30% (Jia *et al*, 2018). No estudo realizado por Mendonça os consumos variam entre 0,08 e 1,57 kWh por litro de vinho produzido (Mendonça, 2016) enquanto que os consumos desagregados no estudo de Marçal indicam gastos de 0,0087kWh no processo de produção do vinho, 0,13 kWh nos processos de lavagem e higienização e 0,16 kWh nos processos de embalamento e engarrafamento (Marçal, 2014).

Na Figura 2 apresentam-se os consumos energéticos de duas adegas HG e HM. Na adega de HG os maiores consumos registaram-se na iluminação (22%), linha de produção (21%) e climatização (20%) e na adega HM os maiores consumos registaram-se na climatização (chillers e ar condicionado 40%), ETAR (17%) e linha de montagem (16%).



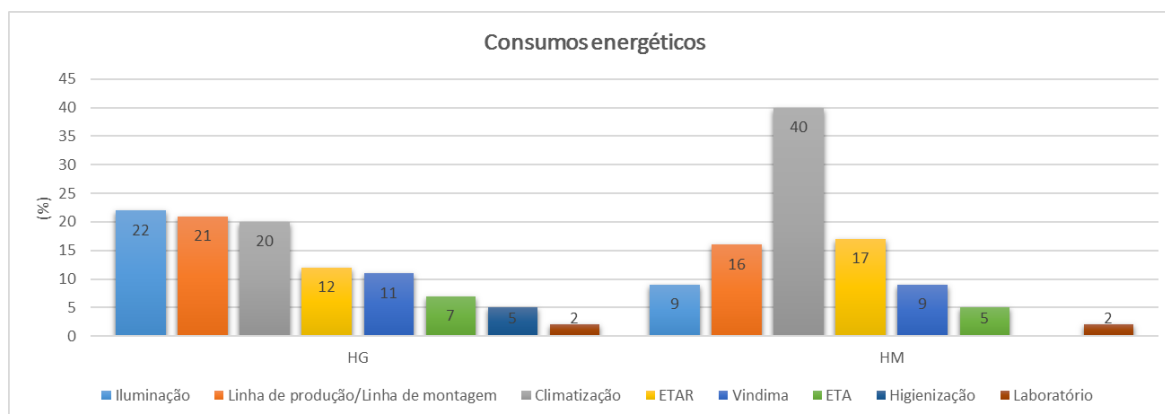


Figura 2- Consumos energéticos nas adegas HG e HM (Mendonça, 2016)

Na Figura 3 apresentam-se os consumos anuais energéticos de duas adegas CSI e CSSD, com incidência da análise em 3 usos finais, ar comprimido, compressores do chiller e pelas bombas de circulação do fluido frigorígeno do chiller. O consumo anual do sistema de refrigeração, compressores e bombas de circulação do chiller, das adegas CSSD e CSL são respetivamente de 35% e de 52%. As diferenças nos consumos da adega CSL devem-se a gestão dos processos de trasfega, engarrafamento e refrigeração ao longo do ano (Cardoso, 2014).

Numa adega os equipamentos de refrigeração, e da linha de engarrafamento são responsáveis por 40,6% e 53,9% do consumo total de energia enquanto que a iluminação consome apenas 1,1% (Relvas, 2016).

Os chillers são os equipamentos que mais energia consomem contabilizando 19 % a 37% do consumo total nas adegas (Mendonça, 2016). O isolamento térmico de sistema de aquecimento e refrigeração são importantes para minimizar as perdas energéticas. A redução dos consumos passa pelo isolamento eficaz das tubagens de vapor, água quente, termofluidos, condensados e pela inspeção periódica dos sistemas para verificar a sua integridade e bom funcionamento (CITEVE, 2012).



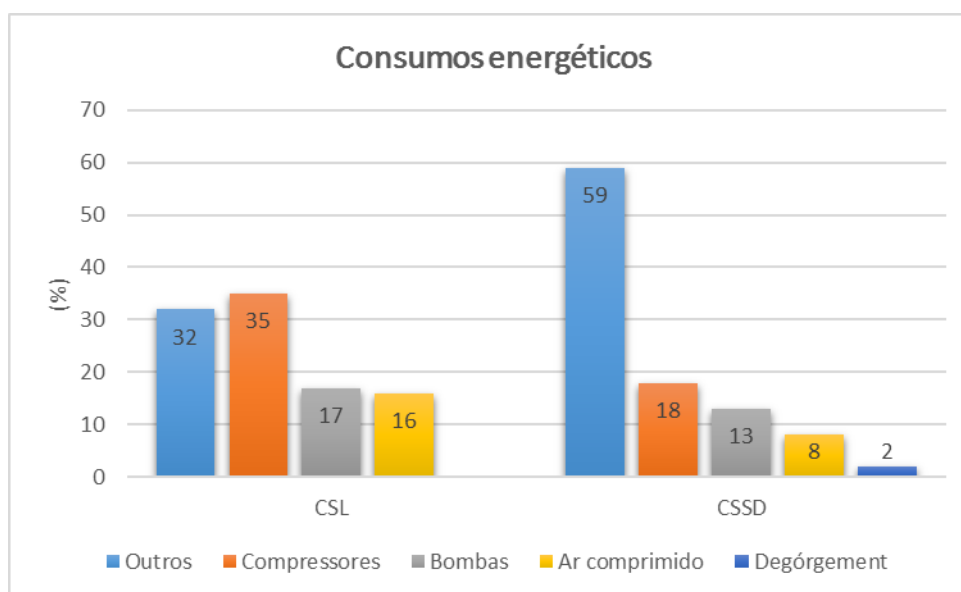


Figura 3- Consumos energéticos de duas adegas (Cardoso, 2014)

Os consumos energéticos de um lagar, que produz anualmente 1600 t de azeite por ano, são 288000 kWh de eletricidade e 336000 kWh de energia térmica. A moenda e homogeneização da pasta de azeitona consome 58,2% da energia (14,9% de energia elétrica e 43,3% de energia térmica), a separação das fases (Decanter) e a centrifugação consomem 4,2 % da energia (elétrica) enquanto que o armazenamento consome (1,9% de energia elétrica e 43,3% de energia térmica) (Baptista *et al*, 2016). Na Figura 4 apresentam-se os consumos de energia elétrica e térmica em cada uma das fases do fabrico de azeite num lagar (Baptista *et al*, 2016).

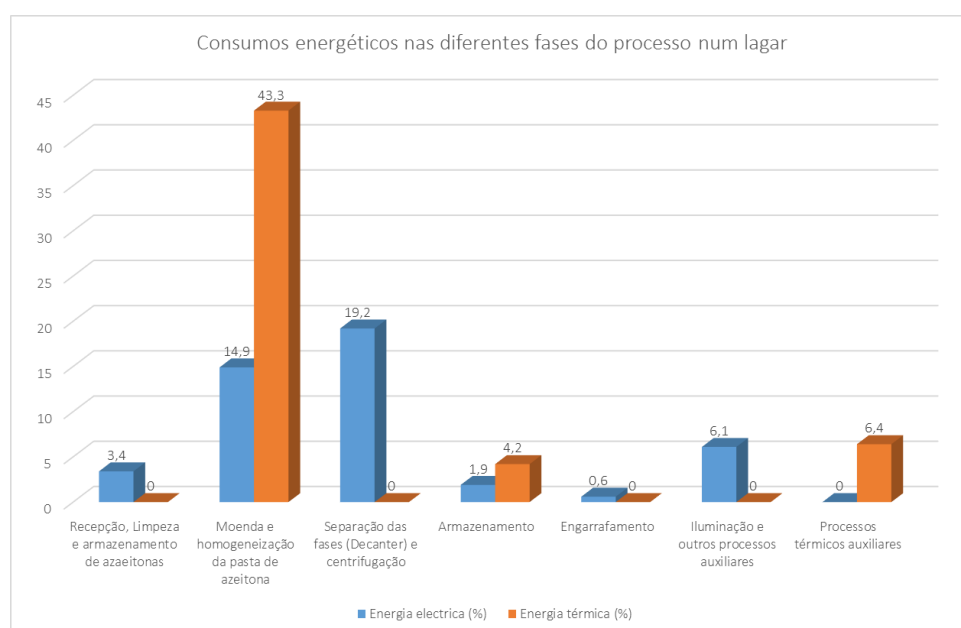


Figura 4- Consumos energéticos nas diferentes fases do processo no lagar (Baptista *et al*, 2016)

Na Figura 5 apresentam-se os consumos energéticos típicos e resultantes da aplicação de boas práticas por porco produzido. As boas práticas incluem o controlo termostático nas boxes de aleitamento, o controlo de ventilação e isolamento das boxes na fase de recria, sistemas eficientes de ventilação e de lavagem na fase de engorda, a utilização de sistemas de alimentação a secos e o uso de sistemas eficientes de tratamento dos resíduos (Carbon Trust, 2005).

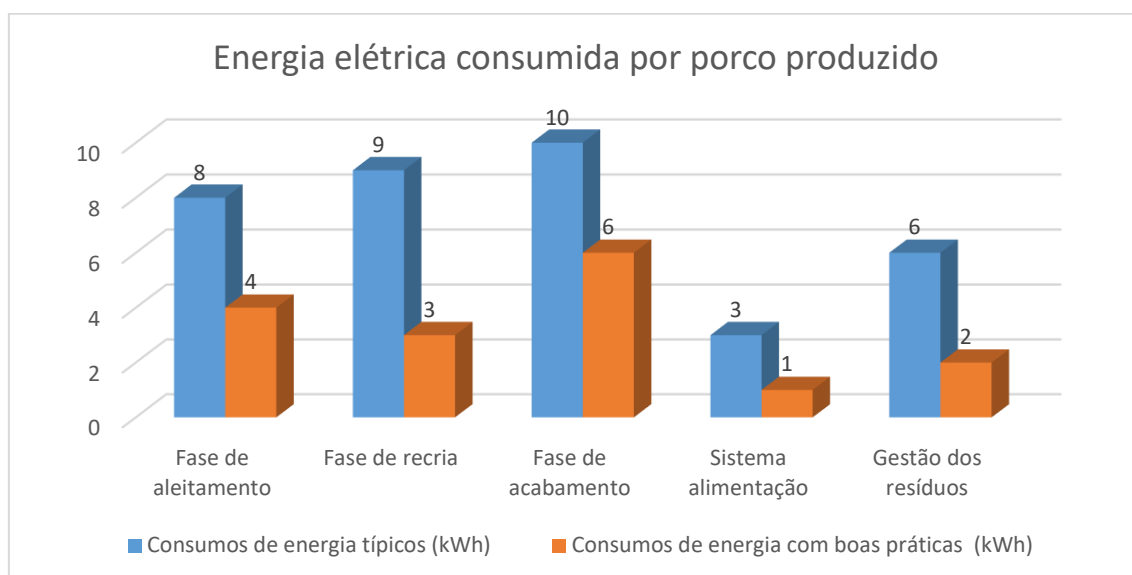


Figura 5- Energia elétrica (kWh) consumida por porco produzido (Carbon Trust, 2005)

Uma exploração industrial de produção em ciclo fechado de leitões para recria e acabamento com 1000 reprodutoras (com peso médio de 150 kg), 16 varrascos (com peso médio de 220 kg), 1328 leitões (de peso médio 15 kg) e 4905 marrãs/porcos (com peso médio 60 kg) consome anualmente 120000 kWh (Almeida, 2008).

3.2.1- Aquecimento de águas

As formas de energia renovável a partir do sol, vento, biomassa e energia do globo terrestre produzem níveis baixos de gases de estufa (Omer, 2006). A produção de água quente com recurso às energias renováveis pode ser um meio para reduzir os consumos da rede elétrica. O aquecimento da água ser feito usando a energia solar (painéis solares) ou a energia geotérmica (bombas de calor).

As superfícies dos coletores solares permitem coletar a energia radiante e transformá-la em energia térmica que vai ser transferida na forma de calor para o fluido térmico. Para fins de aquecimento de águas, o líquido térmico circula através do sistema hidráulico desde do painel solar até ao depósito de água, transferindo o calor para a água.

As perdas de calor ocorrem por radiação, convecção e condução. As perdas por radiação, são minimizadas com o revestimento da componente absorvente, as da irradiação são mitigadas com a instalação de película transparente entre o vidro e o absorvente e as da condução são



minimizadas reduzindo a área de absorção e aumentando a área de captação ao refletir a luz (DGGE/IP-AQSpP, 2004).

Os coletores podem ser instalados nas coberturas das instalações ou num terreno anexo. Os atuais coletores solares produzem calor a temperaturas entre os 80 e os 250°C, o que permite aquecer água para a produção de vapor, lavagem e desinfecção. Os coletores são constituídos por um circuito de fluido térmico e por uma superfície com um absorsor, com uma cobertura transparente por cima e um isolamento por baixo.

Existem coletores estacionários como os coletores planos, de tubo de vácuo e concentradores do tipo CPC e coletores parabólicos. Os coletores estacionários produzem calor até aos 150°C e os parabólicos, têm um dispositivo de rotação que permite acompanhar o movimento do sol, podem produzir calor para obter temperaturas até aos 250°C. A geometria dos coletores do tipo CPC concentra a energia solar por ação da reflexão permitindo atingir temperaturas mais elevadas (AIMinho, 2010). Os coletores de cilindros parabólicos, o absorsor é colocado dentro dos tubos de vidro sob vácuo, permitem produzir calor até aos 400°C que pode ser usada na produção energia térmica e elétrica (DGGE/IP-AQSpP, 2004).

O bom funcionamento dos coletores depende da eficiência da captação de energia e da circulação do fluido térmico para garantir uma temperatura constante. A energia solar deve ser a fonte de energia primária e o sistema deve ser projetado para ativar o fornecimento da energia auxiliar de um modo instantâneo para que não ocorra a sobreposição do consumo da energia primária e auxiliar (AIMinho, 2010). A instalação de coletores solares térmicos deve ser avaliada em função da sazonalidade do consumo energéticos nas adegas e da radiação solar (Fuentes-Pila et al, 2015).

A energia geotérmica do globo terrestre pode ser aproveitada devido a fenómenos de transferência de calor, condução, convecção e radiação (AIMinho, 2010). As bombas de calor capturam o calor da energia geotérmica ou de outras fontes de calor residuais (aerotérmicas), como equipamentos de arrefecimento e ventilação, e transferem-no através do ciclo de refrigeração para o aquecimento térmico de águas e do ambiente (Omer, 2006; Hepbasli et al, 2009). O refrigerante absorve calor num primeiro permutador formando um gás a baixa pressão que vai ser comprimido e transportado para o segundo permutador onde vai ocorrer libertação de calor e condensação do refrigerante (Wu, 2009).

A tecnologia de bombas de calor, que usam energia geotérmica, baseia-se no princípio que a temperatura do planeta é constante e que a temperatura no inverno é mais quente que o ar exterior e que a temperatura no verão é mais fria que o ar exterior (Omer, 2006). As bombas de calor que usam energia geotérmica transferem o calor da terra para o meio exterior no inverno e no verão absorvem o calor do meio exterior e transferem-no para o solo (Omer, 2006). A energia térmica é transferida e transportada até ao evaporador que entra dentro de uma unidade de refrigeração que contém um refrigerante, que é um fluido de mudança de fase. O calor é transferido para o líquido refrigerante que vai ser comprimido, por ação num compressor, num gás quente a alta pressão. O gás entra num condensador, que se encontra a uma temperatura mais baixa, ocorrendo transferência de calor para o meio ambiente e condensação do refrigerante num líquido quente a alta pressão. O líquido antes de reiniciar o ciclo passa numa válvula de expansão para reduzir a pressão e a temperatura (Self et al, 2013, Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009). As bombas de



calor reversíveis têm um comutador que permite o aquecimento e o arrefecimento. No modo de refrigeração o comutador move o fluido refrigerante no sentido oposto do ciclo, em que o meio ambiente funciona como evaporador e a terra como condensador (Self, 2013).

Estudos indicam que aproximadamente 70% da energia usada por estas bombas provém da energia geotérmica renovável (Chua et al, 2010). Estas bombas usam energia elétrica para a compressão e transporte da energia térmica (Self, 2013).

As bombas de calor fornecem 3 a 4 vezes mais em energia térmica do que a energia elétrica que consomem e consomem menos 75% energia elétrica que os sistemas convencionais de aquecimento e arrefecimento (Omer, 2006). O retorno do investimento numa bomba de calor geotérmica pode rondar os 8-15 anos dependendo do Índice de Eficiência de Energia (EER) do equipamento e das horas de funcionamento por ano (Fuentes-Pila et al, 2015).

3.2.2- Utilização da energia solar

Em Portugal Continental os combustíveis fósseis contribuíram para produção de energia elétrica com 58,3%, no período de Janeiro a Outubro de 2017 e as fontes de energia renovável contribuíram com 41,7% (APREN,2017). A produção de energia para autoconsumo, regulamentada no Decreto Lei 153/2014, permite diminuir os custos anuais de energia elétrica e as emissões de CO₂.

Atualmente a produção de energia solar é de apenas 1,6% da energia total produzida (APREN, 2017). Com os custos da eletricidade a aumentar e os custos de instalação dos painéis fotovoltaicos a diminuir e com o aumento da experiência da indústria vitivinícola com esta tecnologia é expectável que a energia fotovoltaica se torne uma vantagem económica na produção de eletricidade em várias regiões geográficas. Os coletores solares térmicos custam cerca de 3 vezes mais que os sistemas de aquecimento convencionais, mas duram 3 vezes mais e diminuem os custos no aquecimento da água em 80%, os custos de capital dos dois sistemas num período de 20 anos é semelhante (Jia et al, 2018).



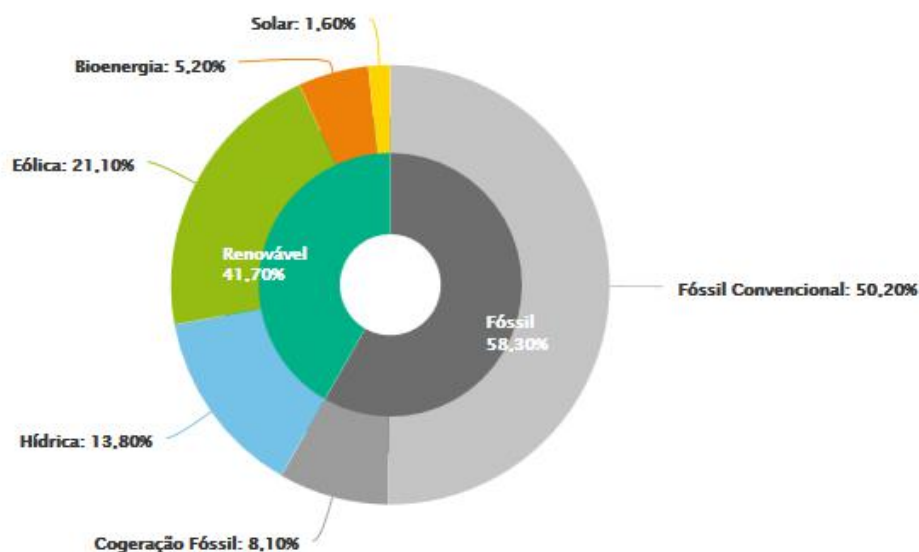


Figura 6- Produção de eletricidade por fontes fósseis e renováveis dados de Janeiro a Outubro de 2017 (APREN, 2017)

A radiação solar ao incidir sobre as células fotovoltaicas vai promover a emissão de eletrões que vão gerar energia elétrica. A energia fotovoltaica pode ser usada no aquecimento de água, aquecimento ou arrefecimento e pode ser considerada como uma hipótese no aquecimento de espaços, tratamento das águas residuais e dos resíduos e na iluminação (Jia et al, 2018). Nas adegas a água quente produzida através de energia solar pode ser usada nos processos de esterilização, lavagem e limpeza dos tanques de fermentação e da linha de engarrafamento. Vários autores têm desenvolvido, a partir da energia solar, sistemas de arrefecimento e aquecimento para os processos de fermentação e maceração (Jia et al, 2018).

As coberturas dos edifícios permitem a instalação de painéis solares para produção de energia. A orientação e a inclinação dos painéis para a produção de energia elétrica devem ser feitas tendo em conta os consumos médio anuais para que não haja desperdício da energia gerada e é aconselhável que as instalações estejam equipadas com baterias e com reguladores.

No âmbito dos relatórios de sustentabilidade das adegas no Alentejo foram propostos sistemas fotovoltaicos, com retorno de investimento entre os 6 e os 7 anos, que permitem reduções de consumos mensais de 19 % (potência instalada de 40,02 KW e consumos anuais de 402 MWh) e de 17 % (potência instalada de 18,3 kW e consumo anuais de 175,4 MWh) (Mendonça, 2016).

3.2.3- Uso eficiente de frio

Os processos de produção de frio (refrigeração) do setor agroalimentar consomem 16% da energia total (CITEVE, 2012). As fases de climatização numa adega envolvem o arrefecimento das uvas à receção e a refrigeração das salas de envelhecimento dos vinhos (Pereda et al, 2013). Nas adegas a fermentação alcoólica realiza-se entre os 25º e os 30º C e fermentação maloláctica é realizada preferencialmente entre os 15 e os 18ºC. No caso dos vinhos tintos é necessário ter sistemas de refrigeração para a fase da fermentação alcoólica e equipamentos para aquecimento para a fase da fermentação maloláctica, enquanto nos vinhos brancos a fermentação é feita com recurso a refrigeração (Pereda et al, 2013). Outro processo que necessita de refrigeração é a estabilização tartárica que é feita a temperaturas abaixo de 0ºC



durante 5 a 8 dias (European Commission, 2006). Os processos de arrefecimento nas adegas são responsáveis por quase 50% do consumo de energia (Fuentes-Pila et al, 2015).

Os chillers ou sistemas de refrigeração são sistemas que produzem frio retirando calor residual do meio envolvente através de permutadores de calor (Reference Documento on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009).

A produção de frio passa por ter equipamentos eficientes energeticamente, pelo uso eficiente dos equipamentos e pelo isolamento dos equipamentos. A conservação do frio nas áreas com controlo de temperatura é importante para que os sistemas de refrigeração operem nas melhores condições.

Os equipamentos podem ser energeticamente eficientes ou possuírem componentes energeticamente eficientes. Os equipamentos de arrefecimento devem ter um Índice de Eficiência de Energia (EER) superior a 3 (Fuentes-Pila et al, 2015). A redução dos consumos pode ser obtida usando componentes eficientes nos sistemas de arrefecimento, como fluidos de arrefecimento eficazes, compressores de parafuso, evaporadores e compressores em liga de alumínio para melhorar as propriedades térmicas, instalação de reguladores de velocidade nos compressores e nas ventoinhas para permitir o consumo de energia e arrancadores suaves para diminuir os consumos no arranque inicial (Fuentes-Pila et al, 2015).

O isolamento dos equipamentos melhora a transferência de calor e previne as perdas térmicas (Malvoni et al, 2017). Os sistemas de frio ou calor devem estar bem isolados para impedir a dissipação ou transferência de frio ou calor para o exterior e devem estar na sua capacidade máxima reduzindo-se o consumo energético por unidade de volume produzido (Mendonça, 2016). Os materiais isolantes devem ter uma condutividade térmica baixa (menor ou igual a 0,04 W/m°C), proteger dos raios UV, evitar o enferrujamento e devem fáceis de instalar (Fuentes-Pila et al, 2015).

Os tanques de aquecimento e de arrefecimento devem estar bem isolados e devem-se desligar os tanques de refrigeração das caves quando a temperatura exterior baixa para níveis satisfatórios (New Zealand Sustainable Winegrowing).

Deve-se otimizar a pressão e a temperatura de condensação, manter os condensadores limpos e garantir que o ar que entra é o mais frio possível. Utilizar o descongelamento automático dos evaporadores de arrefecimento (CITEVE, 2012).

Os chillers são usados na refrigeração dos depósitos e das caves. Os consumos energéticos destes equipamentos estão associados a vários parâmetros, tais como, a temperatura do ar exterior, com o enchimento e esvaziamento dos depósitos bem como os dias de arrefecimento dos mesmos (Mendonça, 2016).

Podem-se utilizar novas técnicas de estabilização a frio por flotação ou centrifugação que reduzem o tempo de refrigeração e aumentam a eficiência energética, usando permutadores de calor para recuperar o calor dos equipamentos de arrefecimento para o aquecimento de água a temperaturas de 50-60°C (European Commission, 2006).

As zonas de refrigeração, devem serem protegidas do calor radiante de modo a aumentar a sua eficácia energética. Deve-se assegurar que as áreas refrigeradas não estão mais frias do que é necessário e é aconselhável alterar os parâmetros dos equipamentos de controlo de temperatura nas alturas não críticas para o processo de vinificação. As unidades que necessitam de controlos térmicos mais apertados devem ser isoladas para minimizar as perdas energéticas



(instalação de portas, isolar os armazéns e as zonas de fermentação, isolar os tanques, instalar os equipamentos de refrigeração numa área ventilada e sombreada) (Brent et al, 2014).

3.2.4- Equipamentos energeticamente eficientes

É importante determinar os consumos detalhados dos equipamentos de cada unidade do processo bem como as eficiências energéticas dos equipamentos para ponderar soluções que permitam o aumento da eficiência energética. As metodologias e/ou tecnologias devem otimizar a utilização de energia entre os diversos processos e o sistema. A implementação de novas soluções depende da viabilidade da redução dos consumos, da capacidade de investimento da empresa e do tempo de retorno do investimento.

Os equipamentos devem ser eficientes no consumo de energia e se possível devem ter dispositivos como sensores de presença, temporizadores ou outros automatismos para reduzir as situações de trabalho em vazio (Murcho et al, 2015) ou devem ser desligados quando não estão a ser usados. É aconselhável estabelecer indicadores energéticos e limites de desempenho com base em valores de referência sectoriais ou nas melhores práticas. A monitorização do desempenho dos processos e dos equipamentos e as manutenções dos sistemas permitem identificar situações anómalas e evitar avarias e perdas energéticas.

O dimensionamento dos sistemas, a utilização de equipamentos eficiente e as suas condições operacionais são fatores determinantes nos consumos energéticos. Os setores vitivinícolas e olivícolas ao longo dos anos têm vindo a alterar hábitos e mentalidades com vista à sustentabilidade da sua área de atividade que culminaram na elaboração de planos de sustentabilidade e estudos das melhores práticas para a eficiência energética que regem as melhores práticas dos sectores na operação e manutenção de motores, compressores, ar condicionado, caldeiras e iluminação. Algumas das melhores práticas mencionadas proveem dos programas de sustentabilidade dos vinhos da Nova-Zelândia e da África do Sul, do estudo das melhores práticas para a eficiência energética em lagares (Murcho *et al*, 2015) e do plano setorial de melhoria da eficiência energética em PME do setor agroalimentar (CITEVE, 2012)

A iluminação das instalações é um fator importante no desenrolar das atividades de uma empresa e têm um contributo entre os 6 e os 22 % para o consumo total. Para diminuir o consumo devem-se usar lâmpadas de alta eficiência com controlo automático de iluminação ou desligar a iluminação quando não estão a ser usadas. Deve-se analisar os pontos críticos de controlo de temperatura em cada setor e instalar lâmpadas que tenham menos dissipação de energia na forma de calor o que permite diminuir nos gastos energéticos nas zonas onde se realizam processos arrefecimentos.

As lâmpadas fluorescentes tubulares e as lâmpadas LED (light-emitting diode) são as alternativas mais eficientes às lâmpadas convencionais e às lâmpadas de halogéneo. As lâmpadas de LED não emitem energia térmica sendo adequadas à iluminação de sectores refrigerados (Mendonça, 2016). Na Figura 7 apresentam-se os consumos por lúmens e tempo de vida das lâmpadas incandescentes, de halogéneo, fluorescentes compactas (CFL) e LED (Murcho *et al*, 2015).



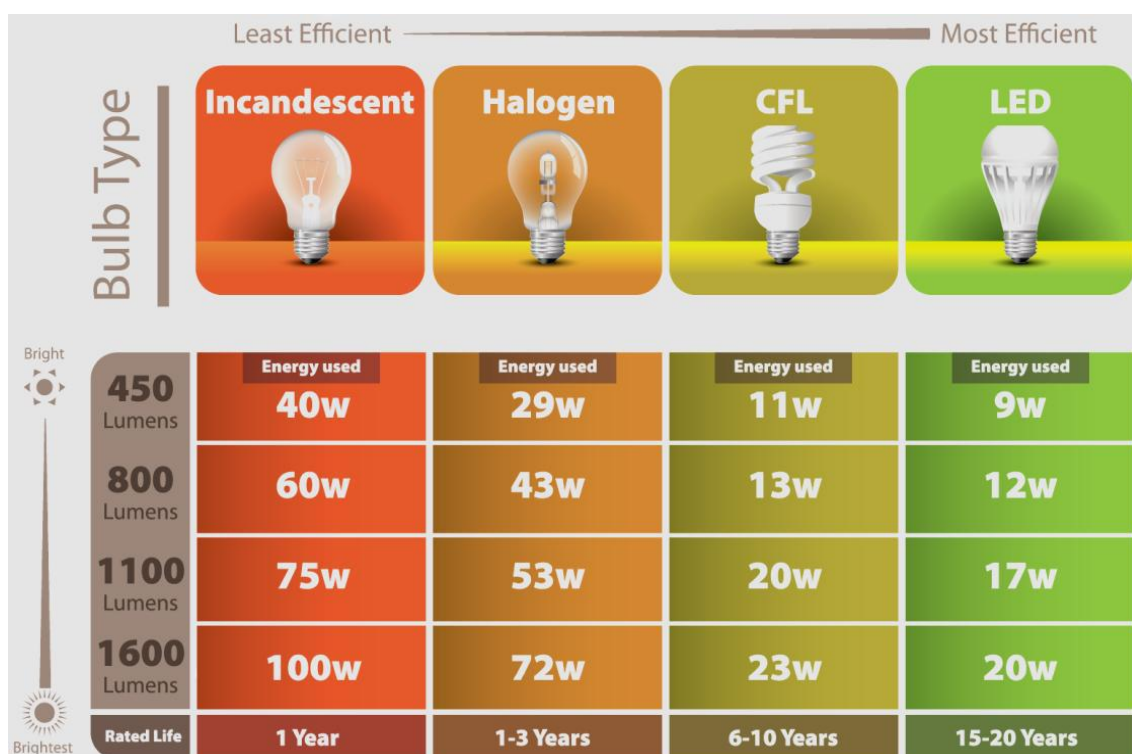


Figura 7 - Consumo de energia das lâmpadas incandescentes, halogéneo, fluorescentes compactas e LED (Murcho *et al*, 2015)

A energia reativa é a componente elétrica que não realiza trabalho, mas é necessária para magnetizar as bobinas e criar campos eletromagnéticos que são essenciais ao funcionamento dos equipamentos. Para diminuir a energia reativa é preciso compensar o fator de potência instalando condensadores. Os condensadores tornam a rede resistiva e atuam como fontes de energia reativa, circunscrita aos locais onde é necessária evitando-se as perdas sob a forma de energia térmica. A instalação de condensadores permite aumentar a potência de 0,7-0,8 para 0,96-0,98 (Relvas, 2016). Nas adegas torna-se difícil dimensionar baterias de condensadores devido à variabilidade sazonal os processos de produção e dos consumos de energia reativa ao longo do ano (Cardoso, 2014).

Os motores transformam a energia elétrica em energia mecânica que é usada em diversas atividades na linha de produção, como tapetes ou passadeiras, equipamentos de esmagamento, prensas, sistemas de filtração ou de trasfega, na vindima, na ETA, na ETAR e nos processos de higienização. As bombas e os motores consomem entre 13 e 17% da energia total das adegas (Mendonça, 2016) & (Cardoso, 2014). Devem-se usar motores que operem a fluxos adequados ao que o sistema necessita e motores pequenos e eficientes em cada etapa do processo (escolher motores altamente eficientes que trabalhem quase na sua capacidade máxima). Os motores operam eficientemente com fatores de carga entre o 65% e os 100% da sua capacidade e devem estar equipados com controlos de velocidade, que atuam em função da carga, para evitar os esforços do motor e consumos excessivos de energia. Existem exceções como os motores de grande potência que conseguem trabalhar a eficiências razoáveis com cargas abaixo



dos 30% (Murcho et al, 2015). Os equipamentos pesados devem ser usados de um modo eficiente para se poupar nos consumos energéticos e os motores devem estar bem ventilados para garantir o bom funcionamento do equipamento.

Os motores devem ter arranques de tensão reduzida com arrancadores suaves e no caso de haver a necessidade de vários motores trabalharem ao mesmo tempo o arranque deve ser sequencial. No caso de motores com necessidade de arrancar muitas vezes avaliar a possibilidade de instalar motores de arranque de tensão reduzida. É aconselhável usar controladores de frequência dos motores e variadores de velocidade para reduzir a carga nos motores (CITEVE, 2012). Devem-se evitar ou minimizar as paragens dos motores usando sensores de presença, relógios, controlando o processo ou desligar os motores quando eles não estão a operar. Os sistemas de transmissão podem ter perdas até 45% se os seus componentes não estiverem corretamente instalados ou se não forem feitas manutenções (Fuentes-Pila et al, 2015).

Os sistemas de ar comprimido consomem 8 a 25,1% da energia total das adegas (Cardoso, 2014) & (Mendonça, 2016). Os sistemas devem ser instalados ao abrigo da luz e do calor e o ar de admissão deve ser seco e filtrado e não deve ser quente (CITEVE, 2012). Os compressores devem estar equipados com ajuste dos controlos e com sistema de regulação da pressão. Os reguladores de pressão variáveis mantêm a pressão estável, reduzem a potência reativa, fornecem arranques mais suaves a velocidades baixas e consequentemente estendem o tempo de vida dos equipamentos e reduzem os consumos energéticos entre os 15 e os 30% (Fuentes-Pila et al, 2015). Os equipamentos devem ser verificados e sujeitos a manutenção para prevenir fugas e entupimentos dos filtros (CITEVE, 2012). As fugas nos sistemas de compressão em equipamentos com pouca manutenção podem atingir os 25% (Fuentes-Pila et al, 2015). Se possível deve-se recuperar o calor dissipado pelos sistemas de arrefecimento do compressor (CITEVE, 2012).

A rede de distribuição de ar comprimido não deve ser demasiado comprida e idealmente deve ser projetada em anel (IAPMEI, 2012; CITEVE, 2012). Nos sistemas em que é necessário ter pressões variáveis é aconselhado ter depósitos suplementares, que irão atuar como zonas de tampão, próximo das cargas variáveis (CITEVE, 2012, IAPMEI, 2012). Os depósitos devem ser dimensionados para que os compressores funcionem nas suas condições ótimas evitando arranques e paragens bruscas (CITEVE, 2012). O sistema deve estar equipado com tubagens com os diâmetros ótimos para os processos, deve estar equipado com reguladores de pressão adaptados aos consumos dos equipamentos e deve ser desenhado para minimizar as mudanças de direção, o uso de cotovelos, uniões em T e mudanças de secção minimizando as perdas de eficiência e o esforço sobre o compressor (IAPMEI, 2012; CITEVE, 2012).

Os processos de aquecimento no sector agroalimentar representam 29% do consumo total (CITEVE, 2012).

As caldeiras são usadas para o aquecimento de águas ou produção de vapor necessários a vários processos nas adegas e nos lagares.

O funcionamento eficiente das caldeiras depende de vários fatores, como o fornecimento eficiente de combustível, as condições de combustão, dispositivos de controlo térmico,



isolamento térmico para evitar as perdas de calor e da inspeção e manutenção dos queimadores, dos tubos de fumo e da caldeira (CITEVE, 2012).

Os sistemas de combustão são tão mais eficientes quanto menores forem as perdas térmicas dos gases de saída, o caudal mássico dos gases de combustão e as perdas de calor através do isolamento. A temperatura do ar de combustão admitido na caldeira pode ser pré-aquecida usando recuperadores ou permutadores de calor, regeneradores ou queimadores regeneradores. A eficácia da combustão pode ser otimizada usando um controlador, que ajusta em tempo real o teor de oxigénio nos gases de combustão (CITEVE, 2012).

A eficácia na transferência de energia térmica para a água, depende da área ou da taxa de transferência de calor e da temperatura do ar entrada. A utilização de permutadores de calor para pré-aquecer a água de alimentação da caldeira, recuperação do calor das purgas, reutilização dos condensados e do vapor gerado pela expansão dos condensados da caldeira, o isolamento das tubagens e válvulas e a eliminação das fugas de vapor e dos condensados são algumas das condições que permitem aumentar a geração e distribuição vapor (CITEVE, 2012).

No âmbito do projeto LIFE08 foi elaborado um guia de boas práticas e melhores técnicas ambientais para o sector do vinho em Castilha e Léon que definiu as melhores práticas e as melhores tecnologias no setor. As caves devem ser construídas no subsolo e as paredes das adegas devem estar isoladas.

Os depósitos devem ser encamisados na parte de inferior e o controlo da temperatura dos depósitos deve ser feito através de sistemas de circuito fechado. Os equipamentos de produção de frio e os equipamentos refrigerados devem distar o menos possível, as tubagens de saída dos equipamentos de produção de frio devem estar isoladas e as transfegas devem ser feitas por bombas peristálticas. A estabilização tartárica deve ser feita com resinas e a filtração deve ser por fluxo tangencial. As garrafas devem ser limpas com ar comprimido (Pereda et al, 2013).

No processo de fabrico do azeite é possível otimizar os processos esmagamento da azeitona, de homogeneização da massa de azeitona, do “Decanter” e da limpeza do azeite.

A aplicação de moinhos de listelos no processo de esmagamento da azeitona permite reduzir em 35% o consumo energético relativamente aos moinhos de tela (Murcho et al, 2015).

A fase de homogeneização da pasta de azeitona decorre entre os 25-28°C usando-se água quente como fonte de calor. A água pode ser aquecida em caldeiras que são alimentadas a biomassa ou a combustíveis fósseis como gás natural ou gasóleo ou usar sistemas de aquecimento da massa usando micro-ondas com a redução em 24% dos custos energéticos e dos tempos de aquecimento da massa aos 28°C (que passam dos 55 minutos para 17 segundos). As caldeiras de biomassa têm custos de produção de energia térmica de 13 €/MWh comparativamente aos 46 €/MWh das caldeiras alimentadas a gasóleo (Murcho et al, 2015). A utilização dos caroços de azeitona como biomassa para gerar energia térmica em caldeira é um bom exemplo de economia circular.

O processo de “Decanter” é mais eficiente usando separadores integrados de transmissão direta (93%) do que os separadores com correia de transmissão (90%). A centrifugação vertical pode ser substituída por decantação mecânica oleosim ou por sedimentação em tanques. A decantação mecânica oleosim reduz os consumos energéticos em 96% e a sedimentação natural



em tanques permite obter azeites de melhor qualidade relativamente aos azeites obtidos pela centrifugação vertical (Murcho et al, 2015).

3.2.5- Instalações energeticamente eficientes em suiniculturas

Nas produções intensivas de suínos o principal objetivo é garantir o bem-estar animal e as temperaturas de conforto de modo a maximizar o potencial de crescimento dos suínos (Costa et al, 2013). As instalações devem ser construídas tendo em conta o clima da região, as amplitudes térmicas, a humidade do ar e direção e a intensidade do vento. As instalações devem ter humidades relativas e temperaturas ambiente próximas das temperaturas de conforto que permitam ao suíno regular a temperatura por mecanismos de homeostasia.

A humidade relativa do ar deve-se situar entre os 60-80% para as porcas, 50-70% para as porcas com leitões, 50-80% para leitões e 50-70% para porcos de criação (Costa et al, 2013). Níveis altos ou baixos de humidade relativa podem influenciar o bem-estar animal, a combinação de humidade relativa alta com temperaturas elevadas diminui a capacidade do suíno dissipar o calor e níveis de humidade relativa baixa podem provocar problemas respiratórios nos suínos e aumentar os níveis de poeiras no ar (Guo et al 2001).

A temperatura das suiniculturas pode ser regulada tendo em conta fatores estruturais das instalações tais como a orientação, a cobertura, o sombreamento e a ventilação e considerando o calor gerado pelos animais e pelas fontes de calor existentes nas instalações (lâmpadas, luz e radiação solar e outras fontes).

O eixo central (comprimento) do edifício deve ser preferencialmente orientado no sentido Este-Oeste, em que as paredes longitudinais estão voltadas para Norte e para Sul, para aproveitar os ventos predominantes e a redução da radiação (Almeida, 2008; Amaral et al, 2006).

O isolamento adequado das paredes, da cobertura, do pavimento, das janelas e das portas previne a perda de calor (em instalações aquecidas) ou o aumento da temperatura térmica devido à ação do sol (em instalações sem aquecimento) (Carbon Trust, 2005; CAP, 2006).

As perdas de calor pelas paredes são de 25% (Santonja et al, 2017). As instalações mais eficientes ao nível do isolamento são as construções em tijolo e cimento. As paredes são duplas com caixas-de-ar e a parede exterior é rebocada em cimento e a parede interior é pintada com uma tinta isolante (Almeida, 2008).

O isolamento térmico do telhado pode ser conseguido com a escolha do revestimento e o seu isolamento. O telhado pode ser coberto com telhas cerâmicas ou metálicas (Dias et al, 2011).

O isolamento da cobertura pode ser com aplicação direta de poliuretano sobre a cobertura ou a aplicação de poliuretano, poliestireno extrudido ou lã de vidro sob a cobertura (Dias et al, 2011). Os coeficientes de transferência de calor do isolamento com poliuretano é na ordem dos 0,4 W/m²/°C (Carbon Trust, 2005), poliestireno extrudido é de 0,84 W /m²/°C e da lã de vidro é de 0,56 W/m²/°C (Santonja et al, 2017).



Instalações com isolamento de 8 cm nas paredes permitem poupar 20% nos consumos totais de energia relativamente a instalações com isolamento de 2 cm nas paredes e na ordem dos 45% relativamente a instalações sem isolamento (Santonja *et al*, 2017).

A colocação de árvores junto às instalações permite que as sombras auxiliem no controlo de temperatura (Santonja *et al*, 2017).

As temperaturas de conforto dos suínos durante o tempo quente podem ser conseguidas recorrendo a métodos de arrefecimento como a ventilação forçada, vaporização com água ou molhando o piso com água (CAP, 2006).

As ventilações devem ser feitas através de condutas e ventoinhas eficientes porque cerca de 75% das perdas anuais de calor devem-se à ventilação das instalações (Santonja *et al*, 2017). A ventilação das instalações pode ser natural ou com ventilação forçada. Nas instalações com ventilação natural o edifício deve ser orientado perpendicularmente aos ventos predominantes com aberturas no telhado, na frente e nas partes laterais para permitir a circulação de ar. No caso das ventilações forçadas a configuração mais vantajosa do ponto de vista energético é a utilização de ventoinhas de baixa velocidade com comutadores eletrónicos (Santonja *et al*, 2017).

O arrefecimento da temperatura corporal dos suínos pode ser feito através de sistemas de dispersão de água sobre os animais ou por arrefecimento evaporativo. Nos sistemas em que a água, sob a forma de gota ou por aspersão, é dispersa sobre o suíno, este vai arrefecendo à medida que a água é evaporada (Matlock *et al*, 2014). A eficácia dos sistemas de arrefecimento evaporativo depende de diversos fatores, como o tipo de painel, água, temperatura da água, fluxos de ar, temperatura do ar ambiente e humidade relativa (Lucas *et al*, 2000). No sistema de arrefecimento evaporativo o ar admitido passa pelos painéis, superfícies saturados com água, onde ocorre a transferência de calor do ar para a água com a consequente evaporação de água o que provoca a diminuição da temperatura do ar ambiente e no aumento da humidade (Lucas *et al*, 2000; Matlock *et al*, 2014; Santonja *et al*, 2017). Com este sistema diminui-se a temperatura do ar insuflado nas instalações, o que permite transferências mais eficazes de calor entre o suíno e o ar ambiente (Matlock *et al*, 2014).

A luminosidade e a humidade relativa do ar são importantes para o bem-estar dos animais. Na Directiva 2008/120/CE indica que os suínos devem ser expostos a uma luz com a intensidade de pelo menos 40 lux durante um período mínimo de 8 horas por dia. A luminosidade pode ser regulada em função das instalações e das necessidades fisiológicas dos animais. A luminosidade estimula a fertilidade das porcas e o apetite dos leitões enquanto que a baixa luminosidade promove a tranquilidade materno-infantil.

A iluminação deve ser controlada por variadores de luminosidade e por sensores de presença para poupar energia. Na Figura 8 apresentam-se as características das várias lâmpadas usadas em instalações animais, as poupanças energéticas de cada uma delas face as lâmpadas incandescentes, o custo relativo de cada uma delas e a possibilidade de serem recicláveis. As luzes auxiliares devido à sua durabilidade, às poupanças energéticas e ao preço devem ser fluorescentes compactas para salas pequenas ou lâmpadas de alta eficiência tubulares fluorescentes para espaços com necessidade de muita luz. As lâmpadas tubulares fluorescentes



equipadas com controlo eletrónico em vez de balastros são 20% mais eficientes e com um tempo médio de vida 50% superior (Santonja *et al*, 2017).

O aquecimento representa 46% da energia total consumida numa suinicultura com recria e acabamento e cerca de 80% nas suiniculturas para produção de leitões. Os aquecimentos elétricos devem ser controlados por termostatos para poupar energia. Podem-se tomar diversas ações de modo a prevenir as perdas de energia como reduzir a ventilação tendo sempre em conta o bem-estar dos animais, isolar as tubagens de aquecimento, monitorizar os sensores de temperatura regularmente, usar a ventilação natural, otimizar a posição dos equipamentos de aquecimento e ajustá-los às temperaturas de conforto dos animais nas diferentes fases de desenvolvimento (Santonja *et al*, 2017).

Os sistemas de alimentação também contribuem para o consumo de energia total das suiniculturas. Os sistemas de alimentação com água consomem mais 18% do que os sistemas de alimentação a seco e os sistemas de transferência de alimento mecânicos consomem menos 50% de energia do que os sistemas pneumáticos. Estes sistemas devem estar equipados com motores de alta eficiência e de velocidades variáveis (Santonja *et al*, 2017).



3.3-Valorização de resíduos e de subprodutos

A olivicultura e vitivinicultura geram grandes quantidades de desperdícios, por hectare cultivado e por tonelada de produtos processados, que podem ser valorizados por compostagem.

Por hectare de olival são produzidos em média 1,75 toneladas de restos de podas, que correspondem a 0,41 t em lenha, 0,47 t em folhas e 0,87 t em rama (Herrera, 2016). Nos lagares de sistema contínuo de 2 fases por cada tonelada de azeitona processada são produzidos em média 800-950 kg de bagaço de azeitona e 0,12 m³ de águas ruças (Sempiterno *et al*, 2014).

Durante o cultivo e apanha da uva são geradas 5 toneladas de resíduos sólidos por hectare de vinha (Zacharof, 2017) e em média em Portugal são produzidas, 382 550 toneladas de podas de vinha (Imflorestal, 2014). Por cada tonelada de uva são produzidos em média 6,3 hl de vinho, 121 kg de bagaço, 41,1 kg de borras, 50 kg de engaço, 1,6 kg de terras filtrantes, 23,8 kg de lamas de ETAR e 3,8 m³ de efluentes de ETAR (Marçal, 2014). Estima-se que a produção de resíduos seja em média 1,3- 1,5 kg por cada litro de vinho produzido em que 75% são efluentes vinícolas, 24% são produtos de vinificação e 1% de resíduos sólidos (Antunes *et al*, 2016).

A quantidade de chorume produzido numa suinicultura depende da quantidade das águas de lavagem, do regime alimentar e do tipo de estabulação (Dias, 1997). No Despacho de 1230/2018 está publicado no anexo VII a quantidade e composição média de estrumes e de chorumes não diluídos produzidos anualmente por diferentes espécies pecuárias e a sua conversão em cabeça normal (CN), os valores de referência para o cálculo das quantidades de água de lavagem utilizadas na atividade pecuária que escoam para o tanque de receção dos dejetos no anexo VII. Um lugar de porcos de engorda/acabamentos, que corresponde a um lugar para engorda de um suíno dos 25 até aos 100 kg com 3 a 3,2 ciclos por ano, produzem 8,0 m³/CN/ano de estrume e 10,7 m³/CN/ano de chorume para um valor de 0,15 CN. Para um lugar de bácoros/leitões desmamados, considerando 11,5 ciclos por ano e cada ciclo com uma duração de 32 dias, produzem-se 10 m³/CN/ano de estrume e 16 m³/CN/ano de chorume para um valor de CN de 0,05. Numa exploração de produção de leitões, considerando os efluentes por cada porca alojada e os valores equivalentes a 5% de varrascos e 3 leitões desmamados, são produzidos 9,8 m³/CN/ano de estrume e 16,7 m³/CN/ano de chorume para um valor de CN de 0,52. Numa exploração de ciclo fechado, considerando os efluentes por cada porca alojada e os valores equivalentes a 5% de varrascos e 3 leitões desmamados e 6,5 porcos em acabamento, são produzidos 8,6 m³/CN/ano de estrume e 12,8 m³/CN/ano de chorume para um valor de CN de 1,49 (Despacho de 1230/2018). Para uma produção de suínos em ciclo fechado de 1008 porcas (1502 cabeças normais) calcula-se de acordo com o anexo 2 do código de Boas Práticas Agrícolas que sejam produzidos anualmente 1856 m³ de chorume e 5669 toneladas de estrume (Recurso e Eco14, 2016).

O valor de referência da quantidade de água necessária para efetuar a limpeza de suinicultura, 0,15 CN, é de 2 m³/ano, este valor será superior quando se efetuam limpezas com equipamentos que não são de alta pressão (Despacho de 1230/2018).



3.3.1- Compostagem

O solo terrestre é caracterizado por ter 23% dos seus solos com problemas químicos, 28% de solos muito secos, 10% dos solos são demasiado húmidos, 22% são incipientes, 6% são pergelissolo (permafrost) e apenas 11% desses terrenos é que são cultiváveis (Mateus, 2008).

Em Portugal Continental cerca de 21% dos terrenos são pobres sendo classificados como solos sob desempenho anómalo, desempenho de base e muito degradado (Figueiredo *et al*, 2015).

Dados da Direcção Geral do Ambiente referente ao ano de 1999 indicam que apenas 11% dos solos cultivados em Portugal possuem matéria orgânica suficiente (Relatório do estado do ambiente, 1999).

A matéria orgânica nos solos é importante porque melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas da terra. Um bom nível de matéria orgânica aumenta a porosidade do solo, diminui a compactação do solo, aumenta a retenção de água diminuindo o risco de erosão, é uma fonte de micronutrientes e macronutriente e favorece o desenvolvimento de microrganismos (MADRP, 2000).

A compostagem apresenta-se como uma solução viável para a incorporação da matéria orgânica dos solos e para o aproveitamento dos desperdícios resultantes da vinificação, do processo de fabrico de azeite e da suinicultura.

3.3.1.2- Processo de compostagem

A compostagem é um processo que visa transformar material orgânico num material, sem sementes infestantes e sem organismos patogénicos, com propriedades físico-químicas adequadas à fertilização do solo.

A qualidade final do composto é determinada pela matéria-prima, temperatura, oxigénio, humidade e razão carbono/azoto (Silva *et al*, 2014). Os microrganismos vão usar o carbono, azoto, fósforo, potássio e metais pesados e o oxigénio para promoverem o seu crescimento e transformar a matéria orgânica em substâncias húmicas (Tuomela *et al*, 2000).

A compostagem é caracterizada por 3 fases, mesófila, termófila, fase de arrefecimento de maturação (Tuomela *et al*, 2000).

Devido à grande disponibilidade de matéria orgânica há um crescimento rápido dos organismos mesófilos. Este desenvolvimento microbiano resulta no aumento da temperatura da mistura até aos 40-50°C (Hassen *et al*, 2001). Nesta fase os microrganismos mesófilos metabolizam as moléculas, que se degradam mais facilmente, como monossacáridos, amido e lípidos, em ácidos que promovem a diminuição do pH para valores entre os 4,5-6 (Tuomela *et al*, 2000; Santos, 2001). A dissolução do dióxido de carbono produzido durante o metabolismo microbiano também contribui para a descida do pH (Santos, 2001).

Estes ácidos atuam como catalisadores de reações exotérmica de hidrólise ácida que elevam a temperatura da mistura para a gama de atuação dos microrganismos termófilos (Santos, 2001).



Nesta fase ocorrem várias reações em paralelo que resultam na libertação de dióxido de carbono, amoníaco, água e no aumento da temperatura e do pH do meio. Os microrganismos termófilos vão degradar as proteínas, lípidos e hidratos de carbono em compostos, que contêm azoto e fósforo na sua estrutura, o azoto orgânico é hidrolisado em azoto nítrico e amoníaco (promovendo o aumento do pH da mistura) (Brito, 2005; Cordeiro, 2010). O aumento do pH (8-9) nesta fase deve-se à metabolização dos ácidos orgânicos, produzidos na fase mesófila, e a degradação das proteínas e de bases azotadas em amoníaco (Sundberg, 2004; Santos, 2001; Tuomela et al, 2000). As temperaturas altas (60-75°C) obtidas durante a fase termófila são importantes na diminuição ou erradicação dos agentes patogénicos (Wolna-Maruwka et al, 2009). Os microrganismos e exoenzimas são termicamente destruídas e inativadas a temperaturas superiores a 70°C (Mathur, 1998). Temperaturas entre os 60-70°C inviabilizam as sementes infestantes (Dahlquist et al, 2007; Zaborski, 2015).

À medida que as fontes de carbono vão escasseando o metabolismo vai diminuindo e a temperatura vai diminuindo até à temperatura ambiente. Nesta fase de arrefecimento ocorre a degradação da celulose, amido e pectina por organismos mesófilos e termófilos (Santos, 2001).

Na fase de maturação são reintroduzidos microrganismos mesófilos, como fungos eumicetas, actinomicetas e fungos basidiomicetas, que irão degradar a celulose e a lignina em colóides húmicos associados a elementos minerais (Santos, 2001 e Tuomela et al, 2000). O processo de maturação termina quando as pilhas de compostagem atingem a temperatura ambiente e o pH do produto final se situa perto de 7 (Rynk et al, 1992).

3.3.1.3- Parâmetros relevantes para o processo de compostagem

São vários os fatores que influenciam e condicionam o processo de compostagem, a composição da matérias-primas, a disponibilidade de elementos como o carbono, azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, o tamanho das partículas da matéria-prima, a disponibilidade de oxigénio e de humidade (Santos, 2007).

A composição dos nutrientes contidos no substrato e o tamanho das partículas são aspetos relevantes na decomposição da biomassa. Os nutrientes na forma de carbono e azoto, determinam a taxa de metabolização nas fases mesófilas e termófilas. O tamanho das partículas e os seus interstícios são importantes para difusão do ar e da água (humidade). Quanto maior for a área de contacto dos microrganismos com a biomassa maior será a atividade metabólica e a degradação da matéria orgânica. A água é importante para a semipermeabilidade das paredes celulares o que permite as trocas de nutrientes da biomassa para os microrganismos. A atividade de degradação das moléculas resulta na formação de ácidos, de azoto nítrico e amoníaco que irão alterar os valores de pH ao longo das fases da degradação ativa. Na fase mesófila o valor de pH baixa devido à formação de ácidos e de dióxido de carbono e na fase termófila a degradação dos ácidos e a formação de azoto nítrico e amoníaco elevam o pH da mistura. A decomposição da matéria de compostagem pelos microrganismos mesófilos resulta num aumento da temperatura e consequente ativação dos microrganismos termófilos para a subsequente atividade microbiana na fase de degradação ativa. Durante este processo são formados gases, vapor de água, amoníaco e dióxido de carbono, que serão libertados durante o processo de



arejamento. O arejamento permite a introdução de oxigénio na mistura de compostagem, elemento necessário à atividade metabólica dos microrganismos, e à regulação da temperatura.

3.3.1.3.1- RAZÃO CARBONO: AZOTO

A mistura deverá ter três constituintes, o ingrediente primário húmido com elevado conteúdo em azoto, um agente de suporte para conferir a resistência mecânica à pilha e um agente condicionante que irá atuar como a fonte o carbono (Rynk et al, 1992). As razões de carbono: azoto mais adequadas para se obter um composto final de elevada qualidade são entre os 25:1 e os 30:1 (Silva et al, 2014). Os materiais com razões de carbono: azoto superiores a 60:1 devem só ser usados até um máximo de 10% do volume da pilha de compostagem.

Materiais como folhas, palha, serragens, casca de árvores, aparas de madeira, podas de jardins, cinzas de caldeira, bagaços, pó de carvão vegetal são ricos em carbono e os materiais como esterco, cama de aviários, resto de comida, cascas de frutas e legumes provenientes do processamento de alimentos, folhas verdes, solo, erva e restos de vegetais agrícolas são ricos em azoto (Brito, 2005; Christian et al, 2009; Schalch et al, 2015; Cerri, 2008). A utilização de estercos animais permite incorporar elementos, azoto, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro e zinco na mistura de compostagem. Na impossibilidade de obter matérias-primas naturais ricas em azoto pode-se recorrer a fertilizantes com azoto amoniacal ou fosfatados.

O carbono serve com fonte de energia para os microrganismos e apenas uma pequena fração do carbono é que é incorporada nas suas células, o azoto é um elemento crítico para os microrganismos porque é um componente das proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas, necessárias ao crescimento celular e funcionamento (Tuomela et al, 2000; Rynk et al, 1992).

A razão carbono:azoto e a disponibilidade de carbono são importante no decorrer do processo de compostagem (Brito, 2005). Os açúcares são classificados como matérias com fontes de carbono acessíveis enquanto que os materiais como palhas e aparas de madeira são difíceis de decompôr, porque são constituídas por celulose e lignina que são resistentes à degradação biológica, e com baixa disponibilidade de carbono (Rynk et al, 1992)

Dois terços do carbono será libertado na forma de dióxido de carbono que é utilizado pelos microrganismos para obter energia e um terço será usado em conjunto com o azoto para constituir as células microbianas (Brito, 2005). Quando o azoto é o fator limitante, a degradação no processo de compostagem é lenta, se, no entanto, houver um excesso de azoto, este é libertado do sistema na forma de amoníaco ou na forma de compostos azotados (Tuomela et al, 2000).



3.3.1.3.2- HUMIDADE

A humidade é um parâmetro que afeta a atividade microbológica e o fornecimento de oxigénio aos microrganismos (Richard, 2002). A água é essencial para transportar e dissolver os nutrientes necessários para as atividades fisiológicas e metabólicas dos microrganismos e para a difusão dos microrganismos ao longo da matéria de compostagem (Guo et al, 2012; Richard, 2002).

No estudo efetuado por Liang verificaram que o processo de compostagem ocorre com teores de humidade entre os 30-60 %, no entanto quanto maior a percentagem de humidade maior a atividade microbiana (Liang et al, 2003). Quando os níveis de humidade são elevados, a água preenche os interstícios das partículas da biomassa o que dificulta a difusão do ar, e aumenta a espessura dos filmes na superfície das partículas diminuindo as taxas metabólicas (Richard, 2002). Neste caso deve-se arejar a mistura para promover a libertação de vapor de água do interior (Christian et al, 2009). Os movimentos das bactérias são restringidos para níveis de humidade baixos (Richard, 2002).

3.3.1.3.3- TEMPERATURA

O metabolismo microbiano e as dinâmicas populacionais (composição e densidade) dependem da temperatura. As temperaturas aumentam dentro das pilhas de compostagem em função da temperatura inicial, da evolução do calor metabólico e da conservação de calor (Liang et al, 2003).

A temperatura na fase I (termofílica) será entre os 45-65°C e na fase II (mesofílica) entre os 30-45°C. A taxa de decomposição máxima ocorre na fase I entre os 45-55°C. Durante a compostagem a temperatura aumentará devido à ação dos microrganismos até atingir um máximo de 65°C (os microrganismos não suportam temperaturas superiores a 70°C). As temperaturas mais altas destroem os organismos patogénicos e a viabilidade das sementes invasoras.

O controlo da temperatura é feito por dissipação do calor através de processos de vaporização (vapor de água) e por libertação de calor. A decomposição da mistura de compostagem por ação dos microrganismos liberta energia na forma de calor, que vai aquecer o ar seco e promover a libertação do vapor de água da biomassa (Rynk et al, 1992).

3.3.1.3.4- OXIGÉNIO

A quantidade de oxigénio disponível para o metabolismo microbiano depende da humidade, da área da superfície de contato dos microrganismos com a biomassa e da porosidade das matérias-primas de compostagem. Os interstícios retêm o oxigénio e a água, que vão atuar como um meio de difusão do oxigénio do ar para os microrganismos dispostos em filmes líquidos sob as superfícies das matérias-primas (Chen et al, 2012).



A percentagem de oxigénio deverá ser, entre os 5-15%, sendo idealmente de 10%. Quando a percentagem baixa a menos de 5% a compostagem torna-se lenta e anaeróbia, gerando gás sulfídrico, amoníaco, ácidos gordos voláteis e indóis (Chen *et al*, 2012).

O arejamento da pilha de compostagem evita a compactação do substrato e promove o controlo de temperatura, com a libertação do vapor de água e do dióxido de carbono e outros gases (Rynk *et al*, 1992).

3.3.1.3.5- TAMANHO DAS PARTÍCULAS

Os microrganismos encontram-se em filmes líquidos dispostos sobre as superfícies das partículas da biomassa (Chen *et al*, 2012). A porosidade dos materiais de compostagem é importante para retenção de água e oxigénio, parâmetros essenciais à atividade metabólica dos microrganismos.

O tamanho das partículas, pode variar 1,3 cm e os 7 cm sendo o tamanho ideal de 3 cm, é importante para que haja contacto da matéria orgânica com a água, oxigénio e com os microrganismos e com as suas enzimas (Schalch *et al*, 2015).

Na Tabela 6 apresentam-se as condições operacionais dos parâmetros importantes no processo de compostagem.

Tabela 5- Condições operacionais dos parâmetros da compostagem (elaboração própria)

Parâmetros	Intervalos de trabalho aceitáveis	Condições ótimas	Produto final
Razão C:N	20:1-40:1 ^{1, 4}	25:1 e os 30:1 ^{1, 4}	10:1
Humidade	30-60% ²	50-60% ⁴	30%
Temperatura	30-65°C	-	t.a.
Oxigénio	5-15% ³	10% ¹	-
pH	5,5-9 ⁴	6,5-8 ^{3, 4}	7,5-9
Tamanho partícula	1,3-7,6 cm ¹	≤ 3 cm	-

1- Cordeiro, 2010

2- Liang *et al*, 2003

3- Paradela, 2014

4- Rynk *et al*, 1992

3.3.1.3.6- LEIRAS REVOLVIDAS

No sistema de leiras revolvidas a biomassa é disposta em pilhas triangulares (em períodos chuvosos) ou em forma de trapézio (em períodos secos), ao ar livre ou sob uma estrutura coberta.

A oxigenação da mistura pode ser realizada por insuflação de ar ou por revolvimento mecânico (Schalch *et al*, 2015). O controlo do oxigénio, da temperatura e da humidade, é feito por



revolvimento mecânico, que permite a movimentação do ar por convecção ou por difusão (Rynk *et al*, 1992; Schalch *et al*, 2015).

As leiras triangulares têm uma largura de 4,0 m a 4,5 m e altura 1,5 e o 1,8 m. Neste formato a fase mesófila é rápida durando 2 a 4 dias e fase termófila pode durar entre 1 a 2 meses. A fase de maturação dura de 2 a 3 meses (Fernandes *et al*, 1996). Nas leiras que são revolvidas com frequência e que possuam na sua constituição estrume, o tempo de compostagem ativa varia de 1 a 4 meses e o tempo de maturação de 1 a 2 meses (Rynk *et al*, 1992).

A dimensão das leiras em explorações agrícolas são determinadas pelo equipamento de revolvimento e podem ter entre 1 m a 3,5 metros de altura dependendo do material (mais baixas para materiais mais densos como esterco e mais alta para materiais mais leves como folhas) e larguras entre 3 e os 6 metros (Figura 9). As taxas das trocas gasosas dependem da porosidade da mistura de compostagem, possibilitando a construção de leiras mais largas para materiais mais leves e leiras menos largas para materiais mais densos. As pilhas de compostagem não devem ser muito largas para evitar focos anaeróbios nem demasiado estreitas para evitar a perdas de calor (Rynk *et al*, 1992).

O revolvimento da pilha serve para controlar a temperatura, introduzir oxigénio, libertar gases, fragmentar a mistura e compostar os materiais de forma homogénea (Rynk *et al*, 1992).

Operações de pequena e média dimensão podem usar um trator equipado com uma pá escavadora para fazer o revolvimento das leiras. A escavadora revolve a mistura deslocando a massa da sua base e atirando-a para o topo da pilha. A capacidade de revolver irá depender do tamanho da pá escavadora. Podem ser usados espalhadores para misturar a matéria e depositá-la em novas pilhas de compostagem ou equipamentos de revolvimento (tratores equipados com estas peças ou equipamentos próprios para este fim). Os tratores equipados com as peças de revolvimento necessitam de duas passagens, uma vez que revolvem apenas metade em cada passagem (Rynk *et al*, 1992).

Os equipamentos de revolvimento misturam lateralmente (o material é movido para o lado) ou longitudinalmente (o material é movido para a frente).

O revolvimento deve ser feito quando os níveis de oxigénio são inferiores a 5% ou quando a temperatura é superior aos 65°C (as medições fazem-se a cada 15 metros colocando sondas dentro da pilha entre os 50-60 cm).



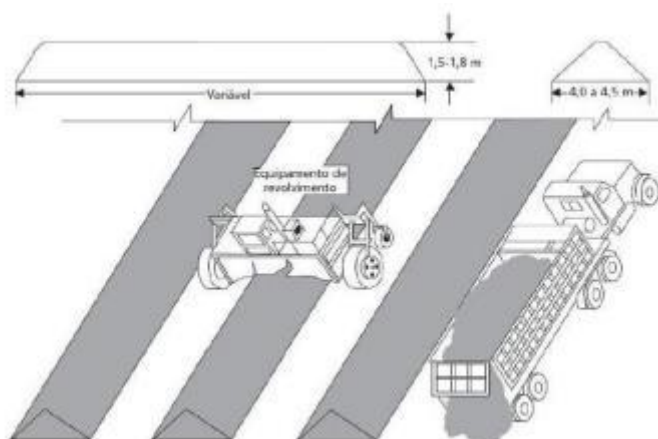


Figura 8- Sistemas de leiras revolvidas (Paradela, 2014)

3.3.2- Valorização energética da biomassa

A União Europeia pretende diminuir a dependência energética de fontes fósseis tendo para tal estabelecido como meta produzir cerca de 20% da energia na forma de energias renováveis. Em Portugal Continental, no período de Janeiro a Outubro de 2017, a produção de energia a partir de biomassa foi de 5,2% (APREN, 2017).

Os resíduos das culturas dos cereais, tomate, árvores de fruta, azeitona e uva no Alentejo representam 34% dos resíduos agrícolas de Portugal Continental (Imflorestal, 2014). As biomassas produzidas na olivicultura, vitivinicultura e os subprodutos olivícolas e vitivinícolas podem ser usadas na geração de energia térmica e elétrica devido ao seu poder calorífico.

3.3.2.1- Valorização da biomassa da olivicultura, vitivinicultura e do setor oleico e vitivinícola

Os sarmentos das videiras em base seca têm um poder calorífico de 17795 kJ/kg (4250 Kcal/kg), engaço de 17568 kJ/kg, bagaço de uva (teor de humidade de 20%) tem um potencial calorífico de 13398 kJ/kg (3200 kcal/kg) e as grainhas de uva (teor de humidade de 13%) possuem um poder calorífico de 19470 kJ/kg (4650 kcal/kg) (Imflorestal, 2014) (Marques, 2008).

Os restos das podas das oliveiras, numa base seca de 20%, têm um poder calorífico de 18004 kJ/kg (4300 Kcal/kg) o caroço da azeitona tem um poder calorífico de 18423 kJ/kg (4400 Kcal/kg) e o bagaço da azeitona 12560 kJ/kg (Zumaquero, 2015) (Imflorestal, 2014). O caroço de azeitona, que representa 13 % do peso total da azeitona, é separado da massa da azeitona por processos físicos, antes da extração do azeite, após a extração mecânica do azeite ou após a extração do óleo de bagaço da azeitona (Parenti *et al*, 2014). O caroço de azeitona é um bom exemplo de economia circular quando é usado como biomassa para alimentar as caldeiras dos lagares, nos processos de aquecimento da água na fase da homogeneização da massa da azeitona.



A produção de energia a partir de biomassa é uma alternativa à queima das podas a céu aberto ou à sua deposição no solo, no entanto devido à sua baixa densidade física e energética necessita ser transformada em peletes, estilhas ou em materiais granulados. A biomassa precisa de ser densificada através de processos secagem, trituração, homogeneização e prensagem, para a ser mais fácil de manipular, transportar e armazenar.

A biomassa densificada pode ser usada para gerar energia térmica ou para produzir energia térmica e elétrica por um processo combinado de co-geração. O rendimento global da produção de energia térmica sistemas convencionais rondam os 85-93% e a elétrica os 40-55% (Silva, 2012). A co-geração de energia a partir de biomassa têm rendimentos globais a rondar os 85-90% (Moreira, 2012) sendo mais eficiente que os sistemas convencionais de produção de energia elétrica e igualmente eficiente aos sistemas convencionais térmicos.

3.3.2.1- Biometanização (digestão anaeróbia)

O tratamento de efluentes com digestores anaeróbios contribui para o controlo de odores, diminui a carga de matéria orgânica e produz biogás. O metano gerado pode ser usado como fonte de energia térmica ou elétrica. Na Alemanha cerca de 7000 explorações suinícolas foram equipadas com digestores anaeróbios e o estado alemão na província da Baviera subsidia as tarifas de produção de energia geradas a partir do biogás proveniente de chorume de animais. Eles preveem a construção de 6000 pequenas instalações de reatores que no total terão a capacidade de produzir energia, equivalente a 2 fábricas nucleares (Insam et al, 2014). A co-geração de energia térmica e elétrica partir de biogás pode ser usada para diminuir a dependência de fontes de combustíveis fósseis e diminuir o consumo da energia da rede.

A utilização de biodigestores relativamente a outras técnicas de tratamento de efluentes permite diminuir a emissão dos gases de estufa para a atmosfera, através do processo de geração de energia que transforma o metano em dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O) (Hamilton, 2016).

A composição de matéria orgânica nos chorumes (3-6%) está relacionada com o consumo de água pelos animais, desperdícios nas instalações, a flutuação do número de efetivos, com as fases de crescimento dos porcos e com o tempo de armazenamento dos efluentes (Amaral et al, 2014).

Devido à pouca quantidade de matéria orgânica no chorume é necessário ter biodigestadores adaptados a chorumes diluídos ou densificar a matéria orgânica ou adicionar co-digestores (como gordura, restos agrícolas de culturas de cereais e culturas bionergéticas) para aumentar a taxa de conversão de metano (Amaral et al, 2014).

Nesta digestão os microrganismos mesófilos (faixa de temperatura situa-se 20-45°C) em condições anaeróbias (ausência de oxigénio) transformam materiais orgânicos complexos, como proteínas, polissacarídeos e gorduras, em compostos de menor peso molecular, peptídios, aminoácidos e ácidos gordos, que são absorvidos pelas bactérias fermentativas (acidogénese) e convertidos em ácidos voláteis, ácidos lácticos, álcoois, dióxido de carbono, hidrogénio e amoníaco. Estes compostos vão servir de substrato durante a fase de acetogénese para formar



ácido acético, hidrogénio e dióxido de carbono que serão convertidos pelas bactérias metanogénicas (ativas entre os 35 e os 45°C) em metano (Moreira, 2012; Castro, 2003).

Durante a produção de gás geram-se outros subprodutos como vapor de água, dióxido de carbono e sulfureto de hidrogénio. Na Tabela 7 apresentam-se as percentagens dos gases constituintes do biogás. Antes de se proceder à queima do metano é necessário remover estes subprodutos (água e H_2S) de modo a não se danificar os motores de combustão.

Tabela 6- Composição do biogás (Castro *et al*, 2003)

Produtos	Volume (%)
Metano (CH_4)	55-66
Dióxido de carbono (CO_2)	35-45
Azoto (N_2)	0-3
Hidrogénio (H_2)	0-1
Sulfureto de hidrogénio (H_2S)	0-3
Oxigénio (O_2)	0-1

O digestor converte cerca de 50% da matéria orgânica em biogás e o remanescente fica na forma de efluente digerido e lama. As lamas contêm matéria orgânica estabilizada, bactérias benéficas, azoto orgânico, fósforo insolúvel e micronutrientes e o líquido contém nitrogénio solúvel (amónio NH_4^+), fósforo solúvel (PO_4^-), potássio solúvel (K^+), sais e micronutrientes (Hamilton, 2016). As lamas são compostadas e os efluentes líquidos são espalhados sobre os terrenos como fertilizantes tendo em consideração as características dos solos e das culturas.

O processo de biometanização é regulado por condições químicas, anaeróbicas, pH, teor de água e relação carbono azoto e pela temperatura. As condições anaeróbicas são essenciais à produção de metano porque em condições aeróbicas só se produz dióxido de carbono. A regulação do pH, entre os 6,5 e os 8, ao longo do processo é feita pela neutralização dos ácidos produzidos por fermentação durante a fase de hidrólise pelo carbonato formado pela libertação de dióxido de carbono durante a fase de acetogénese. Trabalhar às temperaturas ótimas dos microrganismos, manter um teor de humidade entre os 60 e os 90% e uma relação de carbono 20:1 ou 30:1 são condições essenciais ao processo de biometanização (Castro, 2003).

Um quilo de sólidos voláteis produz 1 m³ de biogás que gera 1,7 kWh de eletricidade assumindo um coeficiente de conversão de 30% ou 2,5 kWh de calor assumindo uma conversão de 70% (Castro, 2003). Na tabela 8 apresentam-se os dados da produção de energia elétrica e térmica por m³ de biogás segundo vários autores.



	Energia	
Autores	Elétrica (KwH)	Térmica (KwH)
Castro, 2003	1,7	2,5
Banks, 2009	2,14	3,05
Santonja, 2016	1,75-2,5	2,0-2,75

Tabela 7- Conversão de 1 m³ de biogás em energia elétrica e térmica

As suiniculturas com unidades de desmame seriam os principais candidatos a esta tecnologia, porque usariam a energia térmica produzido por biodigestor ao longo de todo o ano (Santonja *et al.*, 2017).

3.3.3- Efluentes das suiniculturas

As explorações suinícolas geram efluentes que são constituídos principalmente por urina e fezes dos animais. Se os dejetos não forem tratados podem resultar num problema ambiental sério na contaminação dos solos (acumulação de elementos tóxicos, salinização, impermeabilização, desequilíbrio dos nutrientes no solo, contaminação das culturas com patogénicos e parasitas) e do meio aquático (lençóis freáticos e meio aquático) com amónia e nitratos.

Um suíno de 100 kg do peso vivo elimina diariamente cerca 6% do seu peso em dejetos (Almeida, 2008). Em Portugal as quantidades médias anuais variam entre os 4,6-35 Kg de azoto excretado, 2,6-20 kg de fósforo e 2,5-19 kg de potássio (Tabela 9).

Tabela 8 – Quantidade média de nutrientes excretados anualmente (DGADR, 2015 e Despacho 1230/2018)

Efetivo	N (kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O (kg)
Lugar de porco de engorda (25-100kg)	15 ¹ , 13 ²	7 ¹ , 6 ²	6 ¹ , 7 ²
Lugar de porca reprodutora incluindo leitões até 25 kg	35 ^{1,2}	20 ¹ , 19 ²	18 ¹ , 19 ²
Unidade varrasco	17,5 ¹ , 18 ²	10 ^{1,2}	9 ¹ , 10 ²
Lugar de porco de engorda (25-100kg)	17,5 ¹ , 18 ²	10 ^{1,2}	9 ¹ , 10 ²
Lugar de porca gestante	20 ²	11 ²	13 ²
Lugar de bácoro desmamado	4,6 ²	2,6 ²	2,5 ²

As fezes são constituídas por esterco sólido ou pastoso e o esterco líquido é constituído por matéria orgânica, azoto, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos da dieta dos animais. Os compostos voláteis mais comuns são a amónia, amoníaco, ácidos gordos voláteis, ácido sulfídrico, óxido nitroso e dióxido de carbono.

Os tratamentos biológicos dos dejetos sólidos promovem a degradação por ação de microrganismos gerando-se um material estável isento de organismos patogénicos e de xenobióticos. Em Portugal as técnicas mais usadas no tratamento de efluentes passam, pelo uso



de um tanque sedimentador de sólidos (que permite a homogeneização do caudal e a concentração de sólidos), uma lagoa anaeróbia e duas lagoas de estabilização, uma aeróbia e outra de maturação que permitem a estabilização e o tratamento do efluente.

No tanque sedimentador separação os sólidos dos líquidos e a diminuição do volume do chorume.

Na lagoa anaeróbia apenas uma parte dos resíduos sólidos é decomposta nos gases metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3) e ácido sulfídrico (H_2S) enquanto que o restante fica na forma de lamas. Na lagoa aeróbia o trabalho simbiótico entre as algas e bactéria permite decompor os compostos solúveis e coloidais em dióxido de carbono, composto azotados e fosfatos e oxigénio. Os compostos orgânicos na presença de oxigénio e de bactérias são decompostos em composto azotados, fosfato e dióxido de carbono que por sua vez é transformado pelas as algas em hidratos de carbono que por ação do sol e das algas são convertidos em oxigénio, para voltarem a ser usados pelas bactérias. A lagoa de maturação é usada para reduzir ou eliminar os organismos patogénicos por ação dos raios solares e permitir reutilizar o líquido na fertirrigação (Amendoeira, 2011).

Nos estados membros da União Europeia cerca de 90% do estrume é incorporado na terra e cerca de 7,8% é tratado mecanicamente por filtração, peneiros ou centrifugação ou por digestão anaeróbia (Buckwell *et al*, 2016).

O espalhamento nos solos deve ser equacionado quando existem terras disponíveis, para a incorporação, nas proximidades das suiniculturas tendo em consideração os métodos de tratamento dos efluentes, que permitam equilibrar os nutrientes e tornar o azoto e o fósforo biodisponível. A razão de azoto para fósforo (P_2O_5) em média para a maioria das culturas é superior a 2,5, enquanto que a razão de azoto para o fósforo nas lamas dos suínos é de 1,7 com uma biodisponibilidade a curto prazo de 0,6-1,2 e a longo prazo de 0,8-1,4 (Schröder, 2005). A aplicação do chorume deve ser vista como um complemento ao azoto e ao fósforo presente no solo uma vez que as quantidades de azoto e fósforo nas lamas não são suficientes para cobrir as necessidades de macronutrientes da maioria das culturas.

Mesmo de depois de aplicado como fertilizante no solo o azoto é perdido por volatilização e lixiviação (Henriques, 2013). A perda de azoto por volatilização do amoníaco é inevitável e está relacionada com a temperatura, vento, solos e densidade do estrume. A temperaturas mais baixas liberta-se menos amónia e por cada 1 m/s de velocidade de ar liberta-se 10% de amoníaco. Solos bem drenados, texturizados e solos secos permitem uma infiltração rápida do estrume com menor libertação de amoníaco, enquanto que solos húmidos, compactos e muito secos diminuem as taxas de incorporação. Estercos com densidade elevada aderem ao solo diminuindo a sua infiltração no solo e aumentando a volatilização do amoníaco. As lamas digeridas penetram mais facilmente no solo que os efluentes não tratados (Santonja, 2017).

O espalhamento dos efluentes pode ser feito através da dispersão sobre as plantas ou sobre o solo arado. Deve evitar condições climatérica húmidas e frias para efetuar a dispersão dos efluentes de modo a minimizar as perdas da incorporação dos nutrientes nos solos (Loyon *et al*, 2016). Na dispersão sobre as plantas pode ser sobre a superfície, em banda sobre um soccalco ou em injeção a baixa profundidade. Na dispersão sobre o solo pode ser por aplicação direta sobre a superfície ou por incorporação na superfície (por injeção ou misturada no solo com



recurso a máquinas agrícolas) (Santonja, 2017). A incorporação dos efluentes no solo, com recurso a máquinas agrícolas no espaço de 4 a 6 horas, permite reduzir em 90% a emissão do amoníaco (Loyon et al, 2016). Existem várias técnicas de espelhamento do estrume no solo desde do espelhamento para o ar ou à incorporação no solo através de injeção no solo ou com recurso a técnicas de cultivo. (Tabela 10).

Tabela 9- Vantagens e desvantagens das diversas técnicas de espalhamento (Santonja et al, 2017)

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Dispersão sobre a superfície	Rápido e barato	Dispersão heterogénea Aplicação de nutrientes inconsistente Volatilização do amoníaco Difusão dos odores Risco de dispersão de patogénicos Perda de amoníaco entre os 40-60%
Injeção aberta	Injeção baixa (50 mm) profunda (150 mm)	Volatilização do amoníaco Difusão dos odores
Injeção fechada	Diminui as emissões de amoníaco A Injeção em profundidade (5-20 cm) permite distribuir maiores quantidades de cada vez	Aumento dos custos
Incorporação	Redução dos odores Redução da volatilização quando a incorporação é feita logo após a dispersão Arados mais eficientes que as grades de disco	Volatilização do amoníaco Utilização de máquinas para a dispersão e para a incorporação no solo Maiores perdas de amoníaco quando se usam arados

3.3.4- Aproveitamento do tartarato das borras de vinho

As borras são os resíduos resultantes da fermentação, do armazenamento e dos processos de filtração e centrifugação que ficam depositados no fundo dos recetáculos. O depósito é constituído por microrganismos mortos (ex: leveduras), sólidos suspensos, coloides e matéria orgânica e contém diversos compostos como etanol, ácido tartárico, compostos fenólicos, escaleno, lípidos e ácidos gordos.

As borras secas contêm ácido tartárico (12%), proteínas (20%), fibras alimentares como celulose, pectinas, hemicelulose, lignina (25%), açúcares e pigmentos (10%) e lípidos (4%) (Núñez, 2013).



O ácido tartárico pode ser produzido a partir das borras, bagaço de uva, do vinho diluído do bagaço de uva e dos depósitos de cristais resultantes da fermentação ou formados durante armazenagem antes do engarrafamento. No entanto a nível industrial os processos resumem-se às matérias-primas como as borras e o bagaço de uva. Uma tonelada de borras tem um potencial de produção de 100-150 kg de tartarato de cálcio (Agrocycle,2016).

Os métodos industriais implicam a reação do tartarato de potássio com uma base e precipitação do composto com um ácido ou da precipitação do tartarato de potássio com um ácido e reação do produto resultante com uma base. Um dos processos consiste na formação de tartarato de cálcio a partir do bitartarato de potássio que ao reagir com ácido sulfúrico produz ácido tartárico. O outro método implica a dissolução das borras com ácido clorídrico seguido de precipitação com carbonato de cálcio. Cerca de 100 kg de borras (12,24 kg em base seca) solubilizados com 4,41 L de ácido clorídrico dão 2,20 kg de ácido tartárico que são neutralizados com 0,61 kg de carbonato de cálcio.

Descreve-se brevemente as várias patentes existentes para a produção de ácido tartárico, hidrogénio tartarato potássio e tartarato de cálcio.

Patente	US 2303602 A
Data Publicação	1 de Dezembro 1942
Resumo	O ácido de tartarato de potássio reage com hidróxido de cálcio para formar tartarato de potássio que por sua vez reage com cloreto de cálcio para formar tartarato de cálcio.
Tipo de subprodutos	Borras
Produtos de valor acrescentado	Tartarato de cálcio

Patente	US 3114770 A
Data Publicação	17 de Dezembro 1963
Resumo	Dissolver os sedimentos do vinho em ácido e aquecer para obter uma solução de tartaratos solúveis. Filtrar a solução e adicionar cristais de tartarato de cálcio e uma misturas de compostos de cálcio para obter tartarato de cálcio.
Tipo de subprodutos	Sedimentos dos vinhos
Produtos de valor acrescentado	Tartarato de cálcio

Patente	FR-A2646421
Data Publicação	2-11-1990
Resumo	Os bitartaratos são neutralizados para obter tartaratos solúveis. A solução passa numa membrana de electrodiálise e obtêm-se uma solução de ácido tartárico.
Tipo de subprodutos	-
Produtos de valor acrescentado	Ácido tartárico

Patente	WO 199712028
---------	--------------



Data Publicação	3 de Abril 1997
Resumo	Uma solução aquosa dos sedimentos do vinho passa numa resina de permuta catiónica para recuperar o ácido tartárico e leveduras saturadas com proteínas, aminoácidos, micronutrientes e vitaminas ("fodder yeast")
Tipo de subprodutos	Borras
Produtos de valor acrescentado	Ácido tartárico e leveduras

Patente	DEA-19819884 A1 também publicada como EP0965576 A1 e US6534678
Data Publicação	11 Novembro 1999
Resumo	O processo utiliza matéria-primas que contenham pelo menos 5% de hidrogénio tartarato potássio. Ao adicionar hidróxido de potássio ao hidrogénio tartarato potássio obtém-se tartarato de potássio ($K_2C_4H_4O_6$). Adiciona-se um ácido à mistura, preferencialmente o ácido tartárico produzido no processo, precipitando os cristais de hidrogeno tartarato de potássio que são dissolvidos em água para produzir ácido tartárico.
Tipo de subprodutos	Matéria primas que contenham pelo menos 5% de hidrogénio tartarato potássio
Produtos de valor acrescentado	Ácido tartárico

Patente	EP 1185611 A1 também publicada como WO2001068797 A1
Data Publicação	13 Março 2002
Resumo	Produção de ácido tartárico e pigmento concentrado de antocianinas a partir de subprodutos das adegas. O processo consiste na adsorção seletiva das antocianinas a uma resina polimérica adsorvente e a produção de ácido tartárico por um processo de troca iónica, através de uma resina catiónica forte. 500 kg de borras produzem 38 kg de ácido tartárico (95% de recuperação) e 20 L de concentrado de antocianinas (30% m/v)
Tipo de subprodutos	Borras, bagaço de uva prensado, precipitados produzidos após o arrefecimento do vinho diluído dos bagaços de uva
Produtos de valor acrescentado	Ácido tartárico e antocianinas
Propriedades e aplicações dos produtos	Ácido tartárico é um aditivo usado na correção da acidez dos vinhos, nos sumos de frutos, confeitaria, geleia é usado na indústria alimentar, farmacêutica e química. Antocianinas é um corante natural usado na indústria alimentar, nutracêutica e cosmética



Patente	US 6534678 B1
Data Publicação	18 Março 2003
Resumo	O hidrogénio tartarato potássio é misturado com uma solução aquosa de hidróxido de sódio para formar tartarato de potássio que vai ser misturado com ácido para precipitar os cristais de potássio hidrogénio tartarato a pH 2,0-5,0. O potássio hidrogénio tartarato é dissolvido em água para produzir ácido tartárico.
Tipo de subprodutos	Leveduras da produção de vinho
Produtos de valor acrescentado	Ácido tartárico

Patente	US 7311837 B2 também publicada como E1454894A1 e US20040232078
Data Publicação	25 Dezembro 2007
Resumo	Produção de ácido tartárico a partir de produtos que contenham pelo menos 5% de hidrogénio tartarato potássio. Os materiais são misturados com água e o hidrogénio tartarato potássio dissolve-se. A mistura é filtrada e o líquido clarificado é filtrado novamente e arrefecido para promover a precipitação dos cristais de hidrogénio tartarato potássio. O hidrogénio tartarato potássio dissolvido passa por uma coluna de troca catiónica para se obter o ácido tartárico.
Tipo de subprodutos	Leveduras do vinho, tartaratos e sub-produtos das adegas
Produtos de valor acrescentado	Ácido tartárico

Patente	DE 264005 C
Data Publicação	-
Resumo	Os materiais são sujeitos a um processo térmico e tratadas com agentes básicos e ácidos para formar uma solução de tartarato neutra e uma solução de ácido tartárico. Ao misturar as duas soluções obtém-se hidrogénio tartarato potássio.
Tipo de subprodutos	-
Produtos de valor acrescentado	Hidrogénio tartarato potássio

Apresentam-se dois projetos no meio académico para a valorização mais abrangente dos compostos e das leveduras presentes nas borras.

A Universidade de Agricultura de Atenas propõe um processo de valorização das borras do vinho, envolvendo processos de fermentação, destilação, tratamento químico para gerar vários produtos, como etanol, antocianinas, ácido tartárico e tartarato, extrato de leveduras.

O processo começa com uma centrifugação ou filtração para separar as frações líquida e sólida das borras. A fase líquida é destilada para obter etanol o remanescente sofre processos hidrolíticos para obter um meio rico em nutrientes. A fração sólida possui compostos fenólicos, ácido tartárico e leveduras mortas. O ácido tartárico é extraído com ácido clorídrico e



neutralizado com carbonato cálcio. Os ácidos fenólicos podem ser extraídos usando solventes. O remanescente do sólido possui as leveduras mortas que após um processo de liase das células liberta um extrato de leveduras que pode ser usado como meio de incubação para outros microorganismos.

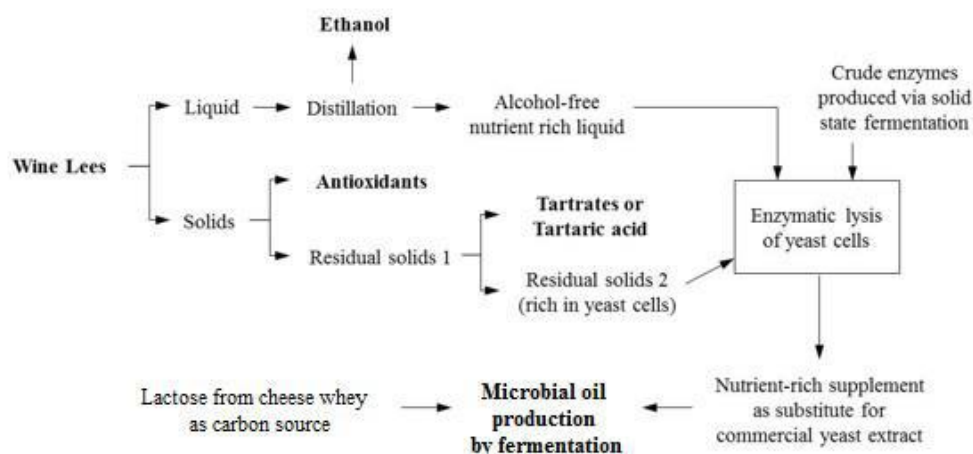


Figura 9- Processo de aproveitamento das borras (Papadaki *et al*, 2015)

O Instituto Francês do Vinho e da Vinha em 2013 propôs uma cadeia de valor para os subprodutos do vinho, nomeadamente a valorização das borras através da extração de tartaratos e da produção de biogás.

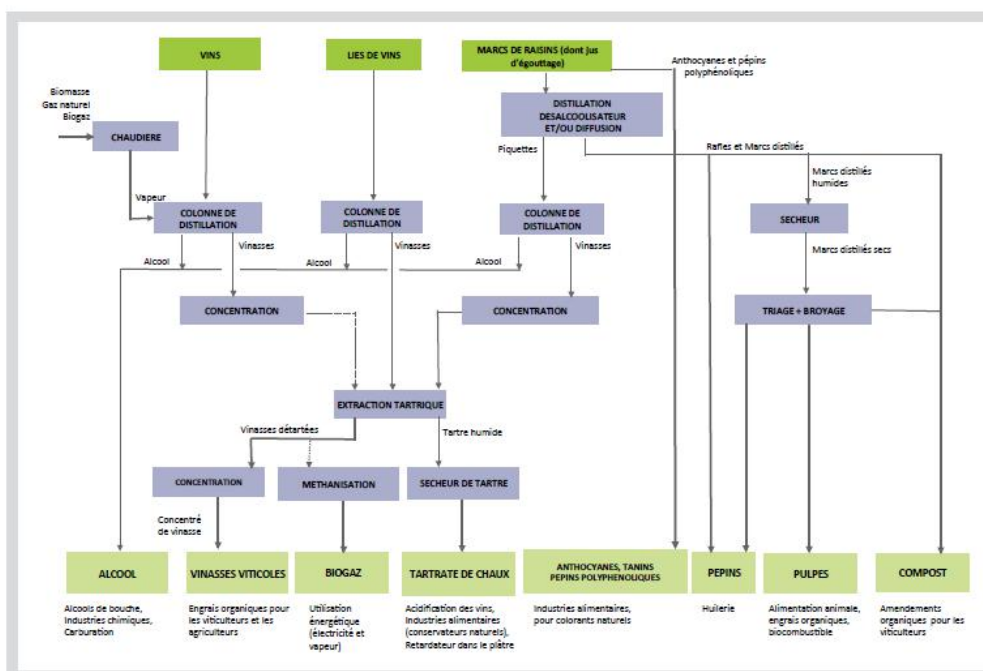


Figura 10- Esquema de valorização dos subprodutos da vinificação (Institut Français de la Vigne et du Vin, 2013)

4-Conclusão

O conceito de sustentabilidade dos recursos naturais está na génese da economia verde e da economia circular. Os recursos naturais devem ser geridos de uma forma sustentável, através de processos produtivos menos poluentes e na regeneração dos recursos sem comprometer as necessidades das gerações futuras. A economia verde é a utilização de processos produtivos que promovam o desenvolvimento sustentável do ambiente e da humanidade, assentando em três pilares, a redução da emissão do carbono, o uso eficiente dos recursos e a inclusão social.

A economia circular pretende reduzir, reutilizar e reciclar materiais e recursos durante o ciclo de vida dos produtos. Os ciclos de vida são otimizados desde da conceção e desenho, aos processos de produção, consumo e à gestão dos resíduos. Com este modelo pretende-se uma alteração no paradigma do processo industrial promovendo a conceção de que o resíduo deve ser visto como um subproduto que pode ser valorizado em produtos de valor acrescentado. Esta nova conceção permite gerir as questões ambientais controlando o risco ambiental e os custos económicos associados ao tratamento dos resíduos e criando novas fontes de matérias-primas.

A gestão eficiente dos recursos água, energia e resíduos resulta na redução dos custos ambientais e económicos e na sustentabilidade dos setores de atividade. As medidas de gestão eficiente dos recursos água e energia são apresentadas nos documentos das melhores práticas dos setores (Baptista et al, 2016, Carbon Trust, 2005, CITEVE, 2012, Santonja et al, 2017, European Commision, 2006) e nos planos de sustentabilidade da vinha e do vinho.

Os consumos globais e desagregados dos processos e dos equipamentos num ciclo anual, são ferramentas de apoio à decisão para implementar medidas que promovam uma gestão eficiente da água e da energia e para que se atinjam os valores de ecoeficiência setoriais.

A gestão eficiente da água no setor da vitivinicultura e da olivicultura passa pelo uso de rega de precisão baseados em dados climatéricos, vegetativos e hídricos, pela utilização de águas pluviais e de equipamentos que previnam as perdas de água. Nos setores vitivinícola e oleico a utilização de sistemas de “clean in place” nos processos de lavagem e higienização e a reutilização das águas, permitem reduções dos consumos de água.

No setor de vinificação os maiores consumos energéticos registam-se nos equipamentos para climatização, refrigeração e na linha de engarrafamento e no setor oleico durante a moenda e homogeneização da massa de azeitona. A produção de energia de fontes renováveis para autoconsumo e a utilização de equipamentos energeticamente eficientes permitem reduzir os consumos totais das adegas e dos lagares

A produção de água quente com recurso a energia renováveis, energia solar (painéis solares), energia geotérmica (bombas de calor) e caldeiras de biomassa pode ser um meio para reduzir as emissões dos gases de estufa e os consumos da rede elétrica. A instalação de painéis solares permite reduções de 40-67% do consumo de energia elétrica no aquecimento das águas, as bombas de calor permitem poupanças de 70-75% relativamente a caldeiras de gásóleo e de gás propano e as caldeiras de biomassa permitem poupanças de 72% nos custos de produção de energia térmica por comparação com as caldeiras alimentadas a gásóleo.



No caso das adegas os sistemas de refrigeração são importantes para o processo de vinificação e a produção eficiente de frio pode contribuir significativamente para a redução do consumo de energia. O uso eficiente dos equipamentos de frio, o isolamento adequado desses equipamentos e a conservação do frio nas áreas com controlo de temperatura são fatores importantes para a produção eficiente de frio.

A eficiência energética das adegas e nos lagares dependem dos desempenhos dos equipamentos como motores, compressores e caldeiras e dos sistemas de iluminação e ar condicionado. Os motores devem ser de alta eficiência, equipados com controlos de velocidade e o fator de potência deve ser compensado com condensadores. Os sistemas de distribuição de ar comprimido devem ser desenhados para reduzir as perdas e o esforço sobre o compressor, devem estar equipados com ajuste de controlo e com reguladores de pressão e os depósitos devem ser dimensionados para que os compressores funcionem em condições ótimas evitando paragens e arranques bruscos. As instalações devem ser equipadas com lâmpadas de alta eficiência com controlo automáticos e, nas áreas de trabalho com controlo de temperatura devem-se instalar lâmpadas com pouca dissipação de calor. O ar condicionado deve trabalhar nas temperaturas de conforto e deve-se usar de caldeiras de biomassa com custos de produção de energia inferiores às caldeiras de combustíveis fósseis.

Os resíduos do setor da vinha e do vinho e da azeitona e azeite podem ser valorizados em produtos que são reintegrados nos ciclos produtivos. Os efluentes dos processos oleico e de vinificação podem ser reutilizados na fertirrigação e as podas, engaço, bagaço e efluentes suinícolas podem ser convertidos por compostagem num fertilizante rico em micronutrientes e macronutriente que serão reintegrados no solo.

O caroço de azeitona é usado como uma fonte de energia renovável e reutilizado nas caldeiras de biomassa dos lagares e o ácido tartárico depois de recuperado nas borras pode ser reintegrado no processo de vinificação.

Nas explorações suinícolas os maiores consumos de água registam-se no abeberamento dos animais e na lavagem das instalações. O fornecimento eficiente de água aos animais evita o desperdício e reduz os custos com a energia, água e no tratamento dos efluentes. Os desperdícios de água podem ser reduzidos ao se dispor e ajustar corretamente os sistemas abeberamentos adequados a cada fase de desenvolvimento. A quantidade de água necessária para lavar as instalações depende de vários fatores como os dispositivos de distribuição de água aos animais o piso e os sistemas de lavagem. A quantidade de água desperdiçada pelos animais durante o abeberamento, a inclinação do piso, a existência de grelhas no piso e a utilização de sistemas de lavagem de alta pressão contribuem para uma utilização eficiente da água no processo lavagem.

A eficiência energética das instalações suinícolas depende de fatores como a orientação, dimensionamento, cobertura, sombreamento, ventilação e fontes de calor para a regulação dos parâmetros de temperatura, ventilação e humidade. O isolamento eficiente das paredes, janelas, portas e coberturas permitem poupanças energéticas na ordem dos 20 a 45%.

Os efluentes suinícolas podem ser tratados por compostagem e digestão anaeróbia ou espalhados nos solos. A digestão anaeróbia de chorumes, que possuem entre 3-6% de matéria orgânica, para ser eficiente requer biodigestores adaptados, densificação da matéria orgânica e



utilização de codigestores para aumentar a taxa de conversão do metano. Esta tecnologia possui a vantagem de diminuir a emissão de gases de estufa e de odores, por comparação com os outros tratamentos dos efluentes suínícolas e de produzir biogás, efluentes digeridos e lamas. As lamas possuem matéria orgânica com azoto orgânico, fosforo insolúvel, micronutrientes e bactérias e o efluente nitrogenado, fósforo e potássio solúveis, sais e micronutrientes. A aplicação de chorumes, lamas, efluentes digeridos e composto nos solos são práticas de valorização orgânica dos resíduos que devolvem os macronutrientes e micronutrientes ao solo. A incorporação destes nutrientes permite melhorar as condições estruturais e as características químicas e biológicas do solo. A utilização destas técnicas poderá reduzir os problemas associados à seca e à mudança climática uma vez que alteram a porosidade do solo aumentando a retenção da água e diminuindo a erosão dos solos.

A sustentabilidade da gestão dos resíduos passa pela agregação espacial/territorial dos sistemas, pela integração dos sistemas de recolha relacionados e pela promoção de sinergias para ter economia de escala.



5-Bibliografia

Adeyemi, O., Grove, I., Peets, S., Norton, T., 2017, Advanced monitoring and management systems for improving sustainability in precision irrigation, Sustainability, 9 (3),353

Agrocycle, 2016, Characterization of agricultural waste co and by-products, deliverable 1.2

AlMinho- Associação Empresarial, 2010, Guia de Orientação para a utilização das energias renováveis nas empresas, ISBN 978-972-99502-7-8

Ainia, 1, Study of the ozone technology. Public report

Ainia 2, Demonstration project of the environmental advantages of integrating ozone technologies in clean in place system in food industries

Almeida, J.P.de A., 2008, Produção intensiva de suínos – projectos de exploração, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa

Amaral, A.C. do, Kunz, A., Steinmetz, R.L.R, Cantelli, F., Scussiato, L.A., Justi, K.C., 2014, Swine effluent treatment using anaerobic digestion at different loading rates, Eng. Agríc., Jacoticabal, V.34, n.3, 567-576

Amaral, A.L. do, Silveira, P.R.S. da, Lima, G.J.M.M. de, Klein, C.S., Paiva, D.P. de, Martins, F., Kich, J.D., Zanella, J.R.C., Fávero, J., Ludke, J.V., Bordin, L.C., Miele, M., Higarashi, M.M., Morés, N., Costa, O.A.D., Oliveira, P.A.V. de, Bertol, T.M., Silva, V.S., 2006, Boas práticas de produção de suínos, Circular Técnica Embrapa

Amendoeira, I.L.P., 2011, Sistema de gestão integrado sustentável de efluentes agro-pecuários, estudo de caso: sub-bacia hidrográfica do rio Alviela, concelho de Santarém, Dissertação para a obtenção do grau de mestre em engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

Antunes, M. R. O., Carvalho, L. A. de, Carvalho, G. L. de, 2016, Produção do vinho e o tratamento de seus efluentes, Revista Científica Semana Acadêmica, vol. 02, número 000098

APREN, 2017, Produção de eletricidade por fonte dados de Janeiro a Outubro de 2017, consultado 28-11-2017 <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>

Arranz, M.A.P., Schories, G, 2007, The use of aqueous ozone for cleaning operations in breweries Ozone clean in place in food industries – ozone as an alternative sanitizing agent for cleaning operations in food industry, IOA Conference and Exhibition Valencia, Spain, October 29-31

Banks, C.,2009, Optimizing anaerobic digestion, Evaluating the Potential for Anaerobic Digestion to provide energy and Soil amendment, University of Reading, 25th March 2009

Baptista, F., Murcho, D., Silva, L.L., Carcia, J.L., Fuentes-Pila, J., Ortego A., 2016, Consumo de energia e eficiência energética nos lagares: caso estudo em Portugal e Espanha – Projeto Tesla, I Congresso Ibérico de Olivicultura

Brent, A. Sanetra, N., Silinga, C., 2014, Energy Management Guideline, Centre for Renewable and Sustainable Energy Studies, Faculty if Engineering Universiteit Stellenbosch University



Brito, L.M.C.M, 2005, Manual de compostagem, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Superior de Viana do Castelo, consultado 21-03-2018 em <http://www.ci.esapl.pt/mbrito/compostagem/>

Buckwell, A., Nadeu, E., Six, L., Keer, K.V., Williams, A., 2016, Nutrient recovery and reuse (NRR) in European agriculture, a review of the issues, opportunities, and actions, Rise Foundation Rural Investment Support for Europe

Cajias, E. Antunez, A., Román, L.F., 2016, Response to moderate water stress imposed after pit hardening in mature olive orchards cv azapa, Agricultural Water Management 173, 76-83

Canut, A., Ilorca, I., Soro, R., Pascual, A., 2012, Reducing costs by integrating ozonated water in the CIP systems, Journal of Hygienic Engineering and Design, vol 1, 47-50

Canut, A., Pascual, A., 2007, OzoneCip: ozone cleaning in place in food industries, IOA Conference and Exhibition Valencia, Spain, October 2-31

CAP, 2006, Recomendações de bem-estar animal bovinos, ovinos, suínos, galinhas poedeiras, frangos de carne, DGV-Direcção Geral de Veterinária – Divisão de Bem-Estar Animal

Carbon Trust, 2005, Energy use in Pig farming, ECG089, Energy Consumption Guide

Cardoso, B.M.J., 2014, Auditorias energéticas na indústria agro-alimentar fileira do vinho, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra

Castro, F.L.V., Almeida, N.R.R. de, Teixeira, R.F. da R., 2003, Biogás Estudo de viabilidade Económica de uma Suinicultura com produção de biogás, Gestão de Energia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Cerri, C.E.P., Oliveira, E.C.A., Sartori, R.H., Garcez T.B., 2008, Compostagem, Disciplina Matéria orgânica do solo (LSO-897), Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo

Chaves, M.M., Santos, T.P., Sousa, C.R., Ortuno, M.F., Rodrigues, M.L., Lopes C.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., 2007, Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality, Annals of Applied Biology, 150, 237-252

Chen, L., Moore A., Haro-Martí E.de, 2012, On-Farm composting management, University of Idaho

Christian, A.H., Evanylo, G., Pease, J.W., 2009, On farm composting a guide to principles, planning and operations, Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech, Virginia State University

Chua, K.J., Chou, S-K-, Yang, W.M., 2010, Advances in heat pump systems: A review, applied Energy, 87,3611-3624

CITEVE, 2012, Plano sectorial de melhoria de eficiência energética em PME-setor agroalimentar, CITEVE- Centro Tecnológico das Indústria Têxtil e do Vestuário de Portugal, ISBN:978-989-8644-05-3



Coelho, J.P.C., da Silva, J.R.M., 2009, Agricultura de Precisão, Associação dos Jovens agricultores de Portugal

Cordeiro N.M., 2010, Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos – caso de estudo da Algar S.A., Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa

Costa, A., Ismayilova, G., Borgonovo, F., Viazzi, S., Berckmans, D, Guarino, M., 2013, Image-processing technique to measure pig activity in response to climatic variation in a pig barn, *Animal Production Science* 54, (8), 1075-1083

Dahlquist, R., Prather, T.S., Stapleton, J.J., 2007, Time and temperature requirements for weed seed thermal death, *Weed Science*, 55, 6:619-625

Despacho nº. 1230/2018, Diário da República, 2ª série – N.º 25 – 5 de Fevereiro de 2018

Devesa-Rey, R., Vecino, X., Varela-Alende, J.L., Barral, M.T., Cruz, J.M., Moldes, A.B., 2011, Valorization of winery waste vs the costs of not recycling, *Waste Management* 31 (2011) 2237-2335

DGADR, 2015, Valorização agrícola de efluentes pecuários, no âmbito do NREAP- Novo Regime do Exercício da Atividade Pecuária, INIAV "Fertilidade do Solo e Nutrição das Plantas" – 22 de Setembro

DGGE / IP-AQSpP, 2004, Utilização de coletores solares para a produção de calor de processo industrial, ISBN 972-8268-30-0

Dias, A.L.C., Carraro, B.Z., Dallanora, D., Coser, F.J., Machado, G.S., Machado, I.P., Pinheiro, R., Rohr, S.A., 2011, Manual Brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos, Embrapa

Dias, J.C.S., 1997, Código de boas práticas agrícolas, Laboratório Químico-Agrícola Rebelo da Silva

Embrapa, 2015, Gerenciamento hídrico na suinocultura pode reduzir o uso da água em até 50%, Sociedade Nacional de Agricultura, consultado 22-11-2017 <http://sna.agr.br/gerenciamento-hidrico-na-suinocultura-reduz-uso-da-agua-em-ate-50/>

European Commission, 2006, Integrated pollution prevention and control reference document on best available techniques in the food, drinking and milk industries

Fernandes, F., Silva, S.M.C.P. da, 1996, Manual prático para a compostagem de bio-sólidos, PROSAB – programa de pesquisa em saneamento básico, Universidade Estadual de Londrina UEL

Ferreira, L, Duarte, E., Tavares, J., Fitas da Cruz, V., 2009, A importância da gestão integrada da água novos desafios para a gestão ambiental no sector suinícola, I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais – SIGERA, Florianópolis- SC

Ferreira, L., Tavares J., Cordovil, C.M.d.S., Figueiredo, D., 2011, As boas práticas de manejo da água em suinocultura, como factor limitante para uma gestão correcta e uso dos chorumes



animais como fertilizante – um exemplo com maternidade e gestações, VI Congresso Ibérico de Agro-Engenharia Universidade de Évora

Figueiredo, T., Fonseca, F., Nunes, L., 2015, Proteção do solo e combate à desertificação oportunidade para as regiões transfronteiriças, Instituto Politécnico de Bragança, ISBN 978-972-745-193-7. E-ISBN 978-972-745-194-4.

Freire, E. 2015, Agricultura de precisão gestão de precisão, consultado em 28-11-2017 <http://www.vidarural.pt/insights/gestao-de-precisao/>

Fuentes-Pila, J., García, J.L., 2015, D.6.7. Best practices for improving energy efficiency in Wineries, IEE/12/758/SI2.644752, Tesla Transferring Energy Save Laid on Agroindustry

Guo, H., Lemay, S.P., Barber, E.M., Crowe, T.G., Chénard, L., 2001, Humidity control for swine buildings in cold climate. Part II: development and evaluation of humidity controller, Canadian Biosystems Engineer 43, 5.37-5.46

Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., Shen, Y., 2012, Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost, Bioresource Technology 112, 171-178

Hamilton, D.W., 2016, What every pork producer should know about anaerobic digestion, Factsheet Pork Information Gateway

Hassen, A., Belguith, K., Jedidi, N., Cherif, A., Cherif, M., Boudabous, A., 2001, Microbial characterization during composting of municipal solid waste, Bioresource Technology, 80, 217-225

Henriques, S., 2013, Gestão dos efluentes pecuários em Portugal, seminário “A Suinicultura e o Ambiente”, Suinicultura, nº102, Federação Portuguesa de Associação de Suinicultores

Hepbasli, A., Kalinci, Y., 2009, A review of heat pump water heating systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, 1211-1229

Herrera, J.A. la C., 2016, Subprodutos de la producción dela aceite de oliva: cómo mejorar la eficiencia de la almazara como industria, Bioliza Estratégias en Biomassa, JORNADA de OLIVAR, Jaén

IAPMEI, LNEG, ADENE, 2012, Estratégia de eficiência energética em PME,

Ihuoma, S., Adramooto, C., 2017, Recent advances in crop water stress detection, Computers and Electronics in Agriculture, 141, 267-275

Imflorestal, 2014, Estudo de quantificação do total de resíduos agrícolas e vegetais em cada distrito principalmente centro/norte, de cada biomassa proveniente de podas, Projeto n.º 34001, Ibero Massa Florestal, Lda

Imflorestal, 2014, Estudo do potencial energético de calor de cada biomassa/resíduo agrícola e vegetal, Projeto nº 34001 Ibero Massa Florestal, Lda

Insam, H., Franke-Witttle, I.H., Podmirseg, S.M., 2014, Agricultural waste management in Europe with emphasis on anaerobic digestion, JIFS, 11,13-17, Symposium Mini Paper (Oral Session)



Institut Français de la Vigne et du Vin, 2013, Marcs de raisins, lies de vin et bourbes: Quelle gestion de sous-produits vinicoles?, Itinéraires n°25, Expérimentation nationale sur la valorisation des sous-produits vinicoles, Novembre

Jia, T., Dai, Y., Wang, R., 2018, Refining energy sources in winemaking industry by using solar energy as alternatives for fossil fuels: A review and perspective, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 88, 278-296

Jordão, A.J., 2007, Gestão do solo e da vinha, Plano de ação para a vitivinicultura da Alta Estremadura

Li, Y.Z., Chénard, L., Lemay, S.P., Gonyou H.W., 2005, Water intake and wastage at nipple drinkers by growing-finishing pigs, J.Anim.Sci., 83:1413-1422

Liang, C., Das, K.C., McClendon, R.W., 2003, The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend, Bioresource Technology, 86, 137-137

Loyon, L., Burton, C.H., Misselbrook, T., Webb, J., Philippe, F.X., Aguilar, M., Doreau, M., Hassouna, M., Veldkamp, T., Dourmad, J.Y., Bonmati, A., Grimm, E., Sommer, S.G., 2016, Best available technology for European livestock farms: availability, effectiveness and uptake, Journal of Environmental Management, 166, 1-11

Lucas, E.M., Randall, J.M., Meneses, J.F., 2000, Potential for evaporative cooling during heat stress periods in pig production in Portugal (Alentejo), J. Agric. Engng Res., 76, 363-371

MADRP- Grupo de Trabalho Técnico para as Boas práticas agrícolas: Auditor de Ambiente (Coordenação), INIA, IHERA e DGPC, 2000, Manual básico de práticas agrícolas. conservação do solo e da água

Malvoni, M., Congedo, P.M., Laforgia, D., 2017, Analysis of energy consumption: a case study of an Italian winery, Energy Procedia, 126 (201709), 227-233

Marçal, C.F.B., 2014, Gestão integrada de resíduos do sector vinícola e análise do ciclo de vida do produto Fundação Eugénio de Almeida, Herdade dos Pinheiros, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Marone, E., Bertocci, M., Boncinelli, F., Marinelli, N., 2017, The cost of making wine: A Tuscan case study based on a full cost approach, Wine Economics and Policy, 6, 88-97

Marques, A.S.M.L. da C., 2008, Valorização orgânica do subproduto da destilação do bagaço de uva, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais, Universidade de Aveiro

Matese, A., Toscano, P., Di Gennaro, S.F., Genesio, L., Vaccari, F.P., Primicerio, J., Belli, C., Zaldei, A., Bianconi, R., Gioli, B., 2015, Intercomparison of UAV, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture, Remote Sens, 7, 2971-2990

Mateus, A. (Coord.), 2008, Solo: a pele da Terra., Departamento de Geologia da FCUL, Lisboa, pp 45, consultado em 31-10-2017 em <http://geologia.fc.ul.pt/documents/163.pdf>



Mathur S.P. ,1998, Composting processes. In: Martin A.M. (eds) Bioconversion of Waste Materials to Industrial Products. Springer, Boston, MA

Matlock, M, Thoma, G., Boles,E., Leh, M., Sandefur, H., Bautista, R., Ulrich, R., 2014, A life cycle analysis of water use in U.S. pork production comprehensive report, Center for Agricultural and Rural Sustainability, Division of Agriculture, University of Arkansas

Mendonça, A.M.R., 2016, Promoção do uso eficiente de água e de energia em unidade de produção vitivinícola: estudo dos casos da Herdade dos Grous e Herdade da Mingorra, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia da Energia e do Ambiente, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

Miras-Avalos, J., Orriols, I., 2016, Irrigation effects on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. “Álbariño” the humid climate of Galicia, Vine and Wine open access Journal, volume 50, number 4

Moreira, C.M.P., 2012, Avaliação do potencial energético da biomassa nas sub-regiões do Minho-Lima, Ave, Cávado e Grande Porto, Dissertação do MIEM, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia do Porto, Universidade do Porto

Moriana, A., Orgaza, F., Pastor, M., Fereres, E., 2003, Yield responses of a mature orchard to water deficits, J. Amer. Soc. Hort. Sci, 128 (3):425-431

Muhlbauer, R.V., Moody, L.B., Burns, R.T., Harmon, J., Stalder, K. 2010. Water Consumption and Conservation Techniques Currently Available for Swine Production. Nation Pork Board 09-128, 2011 Allen D. Leman Swine Conference

Murcho, D., Baptista F., Silva, L.L., Silva, J.R.M. da, 2015, D.6.7. Melhores práticas para a eficiência energética em lagares, Tesla Transferring Energy Save Laid on Agroindustry

Nath, A., Mukhim, K., Swer, T., Dutta, D., Verma, N., Deka, B.C., Gangwar, B., 2014, A review on application of ozone in food processing and packaging, Journal of Food Product Development and Packaging, volume 1, 07-21

New Zealand Sustainable Winegrowing, Energy, Pillars of Sustainability

Noori, O., Arzani, K., Moameni, A., Taheri, M., 2015, Vegetative grow and fruit set of olive (*Olea europaea* L.cv. ‘Zard’) in response to some soil and plant factors, Journal of Central European Agriculture, 16 (3), 319-329

Nuñez,Y., 2013, De resíduos del Vino de alto valor añadido, LiFEHAprowine, Valladolid 3 de diciembre

Omer, A.M., 2006, Ground-source heat pumps systems and applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 12, 344-271

Papadaki, A., Vlysidis, A., Kopsahelis, N., Papanikolaou, S., Kookos, I., Koutinas, A., 2015, Techno-economic evaluation of an integrated biorefinery using dairy and winery by-products for the microbial oil production, 3rd International Conference on Sustainable Solid State Waste Management Tinos 2nd – 4th July



Paradela, C.do S., 2014, Projeto piloto de compostagem acelerada, Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Parenti, A, Massela, P., Guerrini, L., Guiso, A., Spugnoli, P., 2014, Energetic and economic viability of olive stone recovery as a renewable energy source: a Southern Italy case study, Journal of Agricultural Engineering, volume XLV: 230, 60-63

Paterson, T., 2012, Inquiring winemaker costs and benefits of additives, consultado 02-03-2018 em <https://www.winesandvines.com/columns/section/24/article/95835/Costs-and-Benefits-of-Additives>

Pereda, L.P., Barreiro, R.C., Pérez, Y.N, 2013, Guía de buenas prácticas y mejores técnicas ambientales para el sector del vino em Castilla y León, HAprowine Life08 ENV/E/000143

Predicala, B.Z., Alvarado. A.C, 2014, Alternatives for animal drinking and barn cleaning to reduce water use in swine facilities, Canadian Biosystems Engineering, 56, 5.7-5.15

Programa nacional para o uso eficiente da água implementação 2012-2020, 2012, Agência Portuguesa do Ambiente, Ministério da Agricultura, do Mar, do ambiente e do Ordenamento Território, Governo de Portugal

Recurso Estudos e Projetos de Ambiente e Planeamento e ECO14 Serviços e Consultadoria Ambiental, Lda, 2016, Pedido de elementos adicionais –Anexos do processo de licenciamento da exploração suinícola do Casalito

Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009

Relatório do Estado do Ambiente, 1999, Direção Geral do Ambiente

Relvas, F., 2016, Relatório de sustentabilidade, Faculdade de Ciências da Universidade Lisboa

Richard, T., Hamelers, H.V.M.B., Veeken, A., Silva, T., 2002, Moisture relationship in composting process, Compost Science &Utilization, vol.10, nº4, 286-302

Rynk,R., Kamp, M van de, Willson, G.B., Singley, M.E., Richard, T.L.; Kolega, J.J., Gouin F.R., Laliberty, L. Jr., Kay, D., Murphy, D.W., Hoitink, H.A.J., Brinton, W.F., 1992, On-Farm Composting Handbook, Northeast Regional Agricultural Engineering Service 152 Riley-Robb Hall, Cooperative Extension Ithaca, NY 14853-5701

Santonja, G.G., Georgitzikis, K., Scalet, B.M., Montobbio, P., Roudier, S., Sancho, L.D., 2017, Best available techniques (BAT) reference documents for the intensive rearing of poultry or pigs, Industrial Emissions Directive (Integrated Pollution Prevention and Control), JRC Science for Policy Report

Santos, F.L, Valverde, P., Reis, J., Ramos, A., Castanheira, N., 2007, Rega deficitária controlada de olival tradicional convertido ao regadio, II Congresso Nacional da Rega e Drenagem, Fundação 26,27 e 28 de Junho de 2007

Santos, J.L.D. dos, 2007, Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis, Dissertação



para a obtenção do Grau de Mestre em Ecologia Aplicada, Faculdade de Ciência, Universidade do Porto

Santos, L.M. da Cunha, 2001, Resíduos com interesse agrícola Evolução de parâmetros da sua compostagem, Instituto Politécnico de Bragança, ISBN972-745-052-0

Schalch, V., Massukado, L.M., Bianco, C.I., 2015, Capítulo 19 compostagem, Recurso Solo Propriedades e Usos

Schröder, J., 2005, Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment, Bioresource Technology, 96, 256-261

Self, J.S., Reddy, B.V., Rosen, M.A., 2013, Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options, Applied Energy, 101, 341-348

Sempiterno, C, Fernandes R., 2014, Utilização de subprodutos da Indústria de extração de azeite como matéria fertilizante, INIAV – UEI – SAFSV/Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Workshop “Boas Práticas Agroambientais na Fileira do Azeite”

Silva, M.E.F., Lemos, L. T. de, Nunes, O.C., Cunha-Queda, A.C., 2014, Influence of the composition of the initial mixtures in the chemical composition, physicochemical properties and humic-like substances content of composts, Waste Management, 34, 21-27

Silva, S.T da, 2012, Direito da Energia, Coimbra Editora / Wolters-Kluwer, Coimbra

Sundberg, C., Smårs, S., Jönsson, H., 2004, Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting, Bioresource Technology, 95, 145-150

Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itävaara, M., 2000, Biodegradation of lignin in a compost environment: a review, Bioresource Technology, 72, 169-183

Vinhos do Alentejo, Redução de consumos e gestão de água na adega- objetivo ideal rácio 1L água consumida vinho produzido/ 1L vinho produzido água consumida, consultado 22-11-2017 em <http://sustentabilidade.vinhosdoalentejo.pt/pt/melhores-praticas-na-adega/agua/reducao-de-consumos-e-gestao-de-agua-na-adega>

Wolna-Maruwka. A., Dach, J., Sawicka, A., 2009, Effect of temperature on the number of selected microorganism groups and enzymatic activity sewage sludge composted with different additions in cybernetic bioreactors, Agronomy Research, 7, 2, 875-890

Wu, R., 2009, Energy efficiency technologies – air source heat pump vs ground source heat pump, Journal of Sustainable Development, vol 2, nº2, 14-23

Zaborski, E., 2015, Composting to reduce weed seeds and plant pathogens, Organic Agriculture, consultado 22-03-2018 em <http://articles.extension.org/pages/28585/composting-to-reduce-weed-seeds-and-plant-pathogens>

Zacharof, M-P., 2017, Grape winery waste as feedstock for bioconversions: applying the biorefinery concep



Zarco-Tejada, P.J., Hubbard, N., Loudjani, P., 2014, Precision Agriculture: an opportunity for EU farmers – potential support with the CAP 2014-2020 Study, Joint Research Centre (JRC) of the European Commission; Monitoring Agriculture Resources (MARS) Unit H04

Zumaquero, J.T., 2015, Sistemas de gestión energética y aplicación al sector oleícola, Trabajo Fin de Grado en administración y Dirección de Empresas, Faculdade de Ciencias Socialies y Jurídicas, Universidade de Jaén

