



Bioenergia

manual sobre tecnologias, projecto e instalação



O presente volume, parte integrante de uma edição de três volumes técnicos, resulta do trabalho levado a cabo no âmbito de um projecto parcialmente financiado pela Comissão Europeia, designadamente do programa ALTENER, o qual visa promover a utilização das Fontes de Energia Renováveis (FER) no espaço Europeu.

O projecto em causa, designado por “*GREENPRO*”, decorreu entre Fevereiro de 2002 e Janeiro de 2004, e envolveu um conjunto de parceiros que representaram cinco países da União Europeia, nomeadamente a Holanda, a Alemanha, a Itália, o Reino Unido e Portugal. Em todos estes países serão de igual forma editados os três mencionados volumes técnicos nos respectivos idiomas.

Com o objectivo de fornecer um documento de referência a todos aqueles que se interessam pela temática das renováveis, partiu-se de originais elaborados na Alemanha. Posteriormente cada país procedeu então à necessária tradução e adaptação, no âmbito da especificidade de cada realidade nacional.

Pretendeu-se com o formato em causa proceder à apresentação de informação de cariz essencialmente prático, sem descurar no entanto a fundamentação teórica dos aspectos mais relevantes.

Esperamos desta forma que a presente série de documentos possa ser da máxima utilidade para todos os que de algum modo pretendam contactar com as energias renováveis - arquitectos, engenheiros, empreiteiros, instaladores, proprietários de imóveis, estudantes, entre outros, quer ao nível de projectos de investimento de natureza pessoal, quer no contexto de actividades profissionais.

Janeiro de 2004

ÍNDICE

| | | |
|----------|--|------------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1.1 |
| 2 | BIOENERGIA - ENERGIA PROVENIENTE DO SOL | 2.1 |
| 2.1 | O desafio | 2.1 |
| 2.2 | O portador universal de energia | 2.2 |
| 2.3 | O Potencial | 2.3 |
| 2.4 | O mercado | 2.4 |
| 2.5 | As condições limitantes | 2.5 |
| 2.6 | O Processo fotossintético | 2.6 |
| 2.7 | Funcionamento do processo de fotossíntese | 2.7 |
| 2.8 | O papel do dióxido de carbono nas alterações climáticas | 2.7 |
| 2.9 | O ciclo do carbono no planeta Terra | 2.10 |
| 2.10 | A biomassa como armazenamento de dióxido de carbono | 2.11 |
| 2.11 | Tipos de biomassa | 2.13 |
| 2.12 | Fontes de biomassa | 2.15 |
| 2.13 | Utilização das fontes de biomassa | 2.16 |
| 2.14 | Tipos de fontes de bioenergia | 2.18 |
| 2.14.1 | Fontes de biomassa sólida | 2.18 |
| 2.14.2 | Fontes de biocombustíveis líquidos | 2.22 |
| 2.14.3 | Fontes de biocombustíveis gasosos | 2.23 |
| 2.15 | Características da qualidade das fontes de biomassa | 2.24 |
| 2.15.1 | Fontes de biomassa sólida | 2.24 |
| 2.15.2 | Fontes de biocombustíveis líquidos | 2.27 |
| 2.15.3 | Fontes de biocombustíveis gasosos | 2.29 |
| 2.16 | Produtos de biomassa sólida | 2.30 |
| 2.16.1 | Pelletes de madeira | 2.31 |
| 2.16.2 | Estilhas de madeira | 2.32 |
| 2.16.3 | Toros | 2.34 |
| 2.16.4 | Briquetes de madeira | 2.35 |
| 2.16.5 | Fardos de palha | 2.35 |
| 2.17 | Produtos biocombustíveis líquidos | 2.35 |
| 2.18 | Produtos biocombustíveis gasosos | 2.36 |
| 2.19 | Possíveis usos técnicos | 2.36 |
| 2.19.1 | Produção de calor | 2.36 |
| 2.19.2 | Geração combinada de calor e energia | 2.43 |
| 2.19.3 | Processamento de um produto | 2.53 |
| 3 | BIOGÁS A PARTIR DE SISTEMAS DE DIGESTÃO ANAERÓBIA | 3.1 |
| 3.1 | Descrição e componentes do sistema | 3.1 |
| 3.1.1 | Descrição do sistema | 3.1 |
| 3.1.2 | Biogás de efluentes agro-pecuários e co-substratos | 3.5 |
| 3.1.3 | Vários sistemas de DA | 3.11 |
| 3.1.4 | Componentes do sistema | 3.16 |
| 3.2 | Planeamento dum projecto de digestão anaeróbia | 3.28 |
| 3.2.1 | Passos a seguir no desenvolvimento do projecto | 3.28 |
| 3.2.2 | Criação do projecto | 3.28 |
| 3.2.3 | Análise da exequibilidade | 3.30 |
| 3.2.4 | Preparação do projecto | 3.37 |
| 3.3 | Realização, comissionamento e arranque do projecto | 3.38 |
| 3.3.1 | Planeamento e construção | 3.38 |
| 3.3.2 | Arranque | 3.39 |
| 3.4 | Operação e manutenção | 3.41 |
| 3.4.1 | Operação de um digestor em circunstâncias normais | 3.41 |
| 3.4.2 | Operação de um digestor em caso de mau funcionamento | 3.42 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.4.3 | Manutenção | 3.42 |
| 4 | BIOCOMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS A PARTIR DE MATÉRIAS PRIMAS RENOVÁVEIS | 4.1 |
| 4.1 | Questões gerais | 4.1 |
| 4.2 | O mercado para biocombustíveis líquidos | 4.2 |
| 4.3 | As vantagens dos biocombustíveis | 4.2 |
| 4.4 | Áreas de aplicação | 4.3 |
| 4.5 | Processo para a produção de biocombustíveis líquidos a partir da biomassa | 4.5 |
| 4.5.1 | Óleos Vegetais Naturais | 4.5 |
| 4.5.2 | Biodiesel | 4.7 |
| 4.5.3 | Etanol | 4.8 |
| 4.5.4 | Combustíveis a partir do gás de síntese | 4.9 |
| 4.5.5 | Metanol | 4.11 |
| 4.5.6 | Hidrogénio a partir da biomassa | 4.11 |
| 4.6 | Custos dos biocombustíveis líquidos | 4.12 |
| 4.7 | Desenvolvimento do mercado de biocombustíveis líquidos | 4.13 |
| 4.7.1 | Óleos Vegetais Naturais | 4.13 |
| 4.7.2 | Biodiesel | 4.13 |
| 4.7.3 | Etanol | 4.14 |
| 4.8 | Utilização de biocombustíveis líquidos em fontes móveis | 4.15 |
| 4.8.1 | Óleos vegetais naturais | 4.15 |
| 4.8.2 | Biodiesel | 4.15 |
| 4.8.3 | Etanol | 4.16 |
| 4.9 | Uso de biocombustíveis líquidos em aplicações estacionárias | 4.16 |
| 4.9.1 | Fundamentos | 4.16 |
| 4.9.2 | Possíveis problemas técnicos de operação nas centrais de cogeração com óleo vegetal | 4.17 |
| 4.10 | Gestão do Projecto | 4.17 |
| 4.10.1 | Planeamento geral do projecto | 4.17 |
| 4.10.2 | Planeamento técnico | 4.18 |
| 5 | SISTEMAS DE COMBUSTÃO DE PEQUENAS DIMENSÕES | 5.1 |
| 5.1 | Medição detalhada do output máximo de calor | 5.1 |
| 5.1.1 | Cálculo da necessidade de aquecimento para sistemas de aquecimento central | 5.1 |
| 5.1.2 | Cálculo da necessidade de aquecimento em aplicações de lareira | 5.2 |
| 5.1.3 | Procedimentos alternativos para calcular o <i>output</i> máximo de calor necessário para aplicações de lareiras | 5.3 |
| 5.2 | Tipos de sistemas | 5.6 |
| 5.3 | Escolha de sistemas de combustão de pequenas dimensões para aquecimento de edifícios | 5.7 |
| 5.3.1 | Classificação de sistemas de combustão de pequenas dimensões descritos de acordo com o <i>output</i> de calor | 5.7 |
| 5.3.2 | Lareiras abertas | 5.8 |
| 5.3.3 | Lareiras Fechadas | 5.10 |
| 5.3.4 | Salamandras | 5.12 |
| 5.3.5 | Forno de pellets | 5.15 |
| 5.3.6 | Fogões de aquecimento central | 5.18 |
| 5.3.7 | Fornos cerâmicos | 5.20 |
| 5.3.8 | Caldeiras de aquecimento central alimentadas com madeira | 5.24 |
| 5.3.9 | Caldeiras de aquecimento central com pellets | 5.29 |
| 5.3.10 | Caldeiras de estilhas de madeira | 5.37 |
| 5.3.11 | Sistemas combinados de caldeiras | 5.40 |
| 5.4 | Equipamento de segurança para sistemas de aquecimento | 5.45 |
| 5.4.1 | Tanques de expansão | 5.45 |
| 5.4.2 | Chaminés | 5.47 |
| 5.4.3 | Conduta da chaminé | 5.49 |
| 5.5 | Armazenamento | 5.49 |
| 5.5.1 | Armazéns para toros de madeira | 5.49 |

| | | |
|------------|--|-------------|
| 5.5.2 | Armazenamento de pellets | 5.50 |
| 5.5.3 | Possibilidades de armazenamento para estilhas de madeira | 5.60 |
| 6 | CALDEIRAS | 6.1 |
| 6.1 | Implementação de um projecto de aproveitamento energético da madeira | 6.1 |
| 6.2 | Condições básicas para projectos de aproveitamento energético da madeira | 6.3 |
| 6.2.1 | Lista de verificação para projectos a nível local e público | 6.3 |
| 6.2.2 | Lista de verificação para projectos privados | 6.4 |
| 6.3 | Planeamento | 6.6 |
| 6.3.1 | Avaliação dos dados iniciais do projecto | 6.6 |
| 6.3.2 | Aplicações em edifícios municipais e edifícios habitacionais | 6.8 |
| 6.3.3 | Aplicações para redes de aquecimento locais de pequenas e médias dimensões | 6.9 |
| 6.3.4 | Tipos de sistemas de combustão | 6.10 |
| 6.4 | Avaliação da eficiência económica | 6.11 |
| 6.5 | Fornecimento de combustível | 6.12 |
| 6.6 | Estrutura organizacional | 6.13 |
| 6.6.1 | Estruturas opcionais de propriedade | 6.14 |
| 7 | GASEIFICAÇÃO | 7.1 |
| 7.1 | Princípios fundamentais | 7.2 |
| 7.1.1 | Gaseificação | 7.2 |
| 7.1.2 | Combustível | 7.2 |
| 7.1.3 | Estado da tecnologia | 7.3 |
| 7.2 | Utilização como energia | 7.7 |
| 7.2.1 | Aplicações da gaseificação | 7.7 |
| 7.2.2 | Possíveis utilizações da energia do gás produzido a partir da madeira | 7.8 |
| 7.2.3 | Combinação de calor e energia numa unidade de cogeração | 7.8 |
| 7.3 | Emissões e sub-produtos | 7.8 |
| 8 | ENQUADRAMENTO LEGAL PARA SISTEMAS DE BIOENERGIA | 8.1 |
| 8.1 | Introdução | 8.1 |
| 8.1.1 | Aspectos legais gerais | 8.1 |
| 8.1.2 | Construção e operação de sistemas de bioenergia | 8.1 |
| 8.1.3 | Questões legais relacionadas com a biomassa | 8.2 |
| 8.2 | Questões gerais de licenciamento para sistemas de energia renováveis | 8.2 |
| 8.2.1 | Licença de acesso à rede | 8.2 |
| 8.2.2 | Licença de construção | 8.2 |
| 8.2.3 | Requisitos Técnicos | 8.2 |
| 8.3 | Processos de licenciamento para sistemas de biomassa | 8.3 |
| 8.3.1 | Input de biomassa | 8.4 |
| 8.3.2 | Emissões | 8.4 |
| 8.3.3 | Aspectos específicos da tecnologia | 8.5 |
| 8.3.4 | Documentos que acompanham o processo de licenciamento | 8.6 |
| 8.3.5 | Informação Adicional | 8.6 |
| 9 | MEDIDAS DE APOIO PARA PROJECTOS DE BIOENERGIA | 9.1 |
| 9.1 | Introdução | 9.1 |
| 9.2 | Visão geral dos mecanismos de apoio para os sistemas de energia renovável | 9.1 |
| 9.2.1 | Políticas de incentivo | 9.1 |
| 9.2.2 | Medidas legislativas | 9.2 |
| 9.2.3 | Incentivos fiscais | 9.3 |
| 9.2.4 | Subsídios, concessões ou programas de empréstimo | 9.3 |
| 9.2.5 | Apoio administrativo para o SER | 9.4 |
| 9.2.6 | Apoio de desenvolvimento tecnológico | 9.5 |
| 9.2.7 | Educação e informação | 9.5 |
| 9.3 | Informação geral sobre apoio financeiro | 9.5 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 9.3.1 | Elegibilidade do Projecto | 9.6 |
| 9.3.2 | Elegibilidade do Candidato | 9.6 |
| 9.3.3 | Crítérios de qualificação essenciais (concordância) | 9.6 |
| 9.3.4 | Impressos de requerimento | 9.7 |
| 9.3.5 | Tipo e nível de financiamento | 9.7 |
| 9.3.6 | Acumulação | 9.7 |
| 9.3.7 | Condições actuais para programas de apoio | 9.7 |
| 9.4 | Informação complementar sobre as medidas de apoio em vários países | 9.8 |
| 9.4.1 | Fontes de informação em Portugal | 9.8 |
| 9.4.2 | Fontes de informação no Reino Unido | 9.10 |
| 9.4.3 | Fontes de informação nos Estados Unidos da América | 9.12 |
| 9.4.4 | Fontes de informação no Canadá | 9.14 |
| 9.4.5 | Fontes de informação na Austrália | 9.14 |
| 9.4.6 | Fontes de informação na Escandinávia | 9.15 |
| 9.4.7 | Fontes de informação noutros países de língua inglesa | 9.16 |
| 9.4.8 | Fontes de informação ao nível da UE | 9.17 |
| 9.4.9 | Outras fontes de informação sobre biomassa | 9.17 |

1 INTRODUÇÃO

Portugal é um país sem reservas de combustíveis fósseis. É senso comum que o recurso à bioenergia - energia obtida a partir da biomassa - constitui uma alternativa possível, embora parcial, à aquisição de combustíveis fósseis e, como tal, poderá estabelecer-se como variável determinante na solução de muitos dos problemas energético-ambientais, económicos, e mesmo sociais, que estão vulgarmente associados ao consumo do carvão, petróleo ou gás natural. De facto, o uso de biomassa como fonte alternativa à energia primária de origem fóssil pode permitir uma melhoria da qualidade de vida, particularmente em Países sem reservas daqueles combustíveis, como Portugal, através da diminuição da sua dependência económico-energética do exterior e da redução dos impactos negativos resultantes da queima de carvão, petróleo, gás natural ou derivados.

A imagem da situação energética nacional revela um sub-aproveitamento das energias endógenas. Uma das fontes endógenas de extrema importância é o potencial energético da biomassa, uma vez que o valor anual nacional identificado da conversão de biomassa em energia ronda os 100 PJ/ano, pretendendo-se um crescimento de c. de 15% até 2010.

Questões de critério que podem suscitar alguma controvérsia são a própria definição daquilo que se considera ser biomassa ou o enquadramento legal dos sistemas operativos com biomassa. No primeiro e penúltimo capítulos do presente Manual estabelecem-se claramente os critérios que definem o que pode ser considerado biomassa, e enumeram-se as divesas e vastas aplicações e tecnologias disponíveis para a sua conversão em energia, efectuando-se o seu enquadramento legal. O último capítulo sintetiza as medidas de incentivo disponíveis para projectos de conversão de biomassa.

Deve salientar-se ainda que a simples introdução de novos sistemas de conversão de energia a partir da biomassa (ou mesmo a modificação dos sistemas já existentes para queima simultânea de biomassa com combustíveis fósseis) não traduzem necessariamente um aproveitamento energético optimizado: há mesmo um paralelismo entre a conversão energética da biomassa e a dos combustíveis fósseis no que se reporta à sua eficiência. É, pois, óbvio que as instalações carecem de um correcto dimensionamento e de uma instalação, operação e manutenção cuidadas. A não consideração de qualquer destes aspectos pode acarretar uma redução no desempenho do sistema relativamente ao que inicialmente estava previsto.

Torna-se assim importante a existência deste Manual para projectistas e instaladores, na medida em que contém os fundamentos teóricos e a informação prática necessários ao correcto dimensionamento e instalação de sistemas produção de bioenergia ou de conversão energética da biomassa (biogás a partir de sistemas de digestão anaeróbia, biocombustíveis líquidos a partir de matérias primas renováveis, sistemas de combustão industriais e domésticos de pequenas dimensões, caldeiras de centrais térmicas e gaseificadores), bem como informação referente à condução e manutenção dos equipamentos.

O presente Manual constitui uma excelente ferramenta de apoio a projectistas e instaladores de sistemas operativos com biomassa, desde os de aplicação doméstica aos de aplicação industrial e contribui desta forma para uma melhoria quer na aplicação destes sistemas quer na sua condução.

2 BIOENERGIA - ENERGIA PROVENIENTE DO SOL

A energia solar, disponível em forma de radiação à superfície da terra, excede 11.000 vezes a energia actualmente necessária à humanidade. A biomassa é uma forma de armazenamento da energia solar. As plantas convertem a energia solar através da fotossíntese, com uma eficiência de 0,1%, e armazenam-na, durante muito tempo, nas folhas, nos caules, nas flores, etc. Em condições limite, a energia na biomassa pode ser armazenada infinitamente, sem perdas.

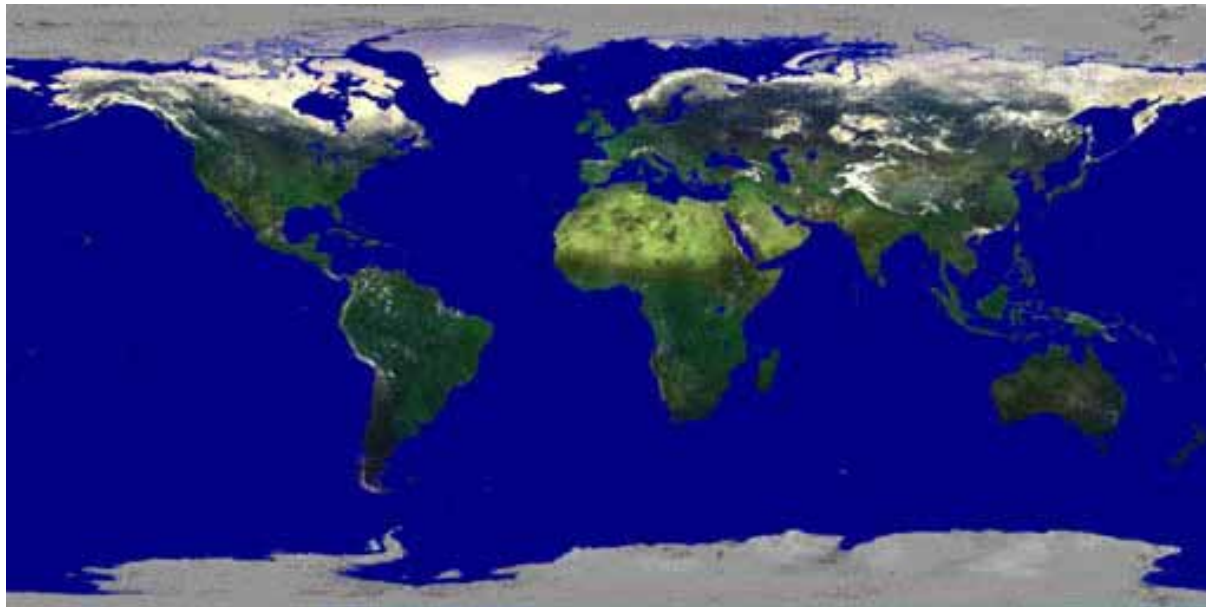


Figura 2.1 - O planeta verde

Fotografia: NASA

A biomassa é a única energia renovável que pode ser convertida em combustíveis gasosos, líquidos ou sólidos, por meio de tecnologias de conversão conhecidas. Neste contexto, o portador universal de energia renovável pode ser usado num vasto campo de aplicações no sector da energia. Presentemente, é possível fornecer energia a partir da biomassa para toda a gama de aplicações energéticas, desde o aquecimento de imóveis até ao fornecimento de combustíveis para aplicações móveis, nomeadamente para os transportes.

A variedade de utilizações possíveis da biomassa, as vantagens de um armazenamento seguro e inofensivo, e a possibilidade de integrar fornecedores locais de combustíveis, nomeadamente empresas agrícolas e florestais, oferecem um vasto campo de aplicações sustentáveis. Usar a biomassa como um combustível renovável pode reduzir a pegada ecológica de todas as nações no que respeita à energia, e poderá ser a solução para a minimização das alterações climáticas e de outros problemas ambientais. Quando se usa a energia armazenada na biomassa, estão a ser emitidos gases com efeito de estufa, tal como o dióxido de carbono. Contudo, a quantidade libertada é a mesma que foi consumida durante o processo da fotossíntese. Assim, as fontes de biomassa são consideradas neutras, relativamente aos danos climáticos, derivados do efeito estufa.

Em contraste com o uso directo da energia solar ou eólica, a biomassa como portadora de energia renovável está sempre disponível. Geralmente, depois do tratamento da biomassa, esta é convertida em três grandes formas de energia: electricidade, calor, e combustível. Esta flexibilidade permite à biomassa estar em concorrência directa com a energia produzida por fontes fósseis.

2.1 O desafio

A longo prazo, a energia é a chave para a sobrevivência da civilização moderna. Em média, por ano, cada ser humano, dos 6 biliões de pessoas no mundo, consome duas toneladas de carvão para produção de energia. Existe uma grande diferença entre países industrializados e países em desenvolvimento, sendo de referir, por exemplo, que um europeu consome mais do que seis

toneladas de carvão, o que representa um valor 40 vezes maior, do consumo de um ser humano no Bangladesh.

Hoje em dia, 90 por cento das fontes de energia usadas são de origem fóssil e a sua utilização está associada às emissões de dióxido para a atmosfera. Assim, anualmente, a atmosfera terrestre recebe mais de 15 biliões de toneladas de CO₂, o que implica danos irreversíveis no clima.

Todavia, a satisfação das necessidades energéticas da civilização não precisa de estar baseada nas fontes de energia fóssil. Os recursos energéticos neutros em CO₂, tais como o uso directo da energia solar, energia eólica e o uso indirecto da radiação solar em forma de biomassa, podem fornecer a energia necessária.

A União Europeia tem vindo a enfatizar, na sua política energética, o uso das fontes de bioenergia e o desenvolvimento de um mercado para estas. No livro branco da União Europeia para os estados membros, foram colocadas as seguintes metas, com vista ao uso da biomassa no ano 2010:

- 5 milhões de toneladas de biocombustíveis;
- 10000 MW de biomassa em centrais de cogeração;
- 1 milhão de lares fornecidas com biocalor;
- 1 milhão de empregos no sector da bioenergia.

2.2 O portador universal de energia

A utilização de biomassa, é a forma mais antiga de fornecer energia à humanidade. Contudo, as fontes modernas de bioenergia, tais como as briquetes, pellets ou estilhas de madeira, troncos de madeira, gás proveniente da madeira, biogás e óleo vegetal ou biodiesel, oferecem um elevado potencial para utilização de energias inovadoras. Estes combustíveis naturais podem ser usados em aplicações estacionárias, para fornecimento de calor e energia a habitações, edifícios públicos, na agricultura e na indústria. O biodiesel, gerado a partir de colheitas para fins energéticos, pode ser usado em motores para veículos automóveis, para os quais apenas são necessárias pequenas modificações.



Figura 2.2 - Aplicações da bioenergia

Os avanços tecnológicos e a reputação da biomassa, como portadora de energia renovável universal, estão a permitir um aumento da avaliação do seu potencial. De referir que para além dos efeitos ambientais positivos, existem também diversos aspectos económicos e sociais envolvidos, nomeadamente a criação de postos de trabalho resultantes da colheita, tratamento e transporte da biomassa. A longo prazo, por cada Gigawat-hora gerado, a bioenergia poderá permitir a geração de 1,75 novos empregos, surgindo como fonte de criação de uma rede de emprego significativa, nomeadamente para o desenvolvimento sustentável de áreas rurais na União Europeia e na maior parte de outros países.



Figura 2.3 - Fotossíntese: a fábrica de energia natural

A biomassa oferece um potencial considerável no suporte de um desenvolvimento estrutural sustentável e no reforço das áreas rurais na Europa. Por isso, as fontes de bioenergia apresentam vantagens a longo prazo para o desenvolvimento rural, mas também na produção agrícola de alimentos e no melhoramento da qualidade deste serviço na União Europeia. A biomassa como energia solar armazenada mostra, assim, o seu poder como elemento universal de uma política económica sustentável.

2.3 O Potencial

Nas áreas rurais do planeta, crescem cerca de 200 biliões de toneladas de biomassa, com uma capacidade de energia de aproximadamente 30000 Hexajoule, valor equivalente ao volume de energia de todas as reservas das fontes de energia fóssil. Um crescimento anual, de cerca de 15 biliões de toneladas de biomassa, através da fotossíntese, representa um potencial energético de 2250 Hexajoule.

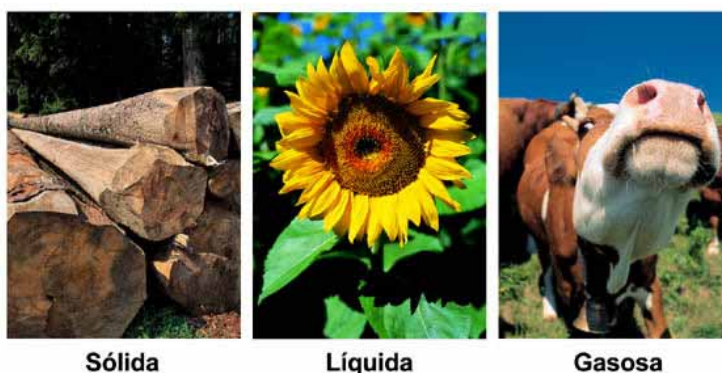


Figura 2.4 - Tipos de biomassa

Infelizmente, este vasto potencial não pode ser usado directamente para energia, visto que está disseminado sobre toda a massa terrestre. Apenas uma parte deste potencial está disponível para utilização. O potencial técnico está estimado em cerca de 150 Hexajoule.

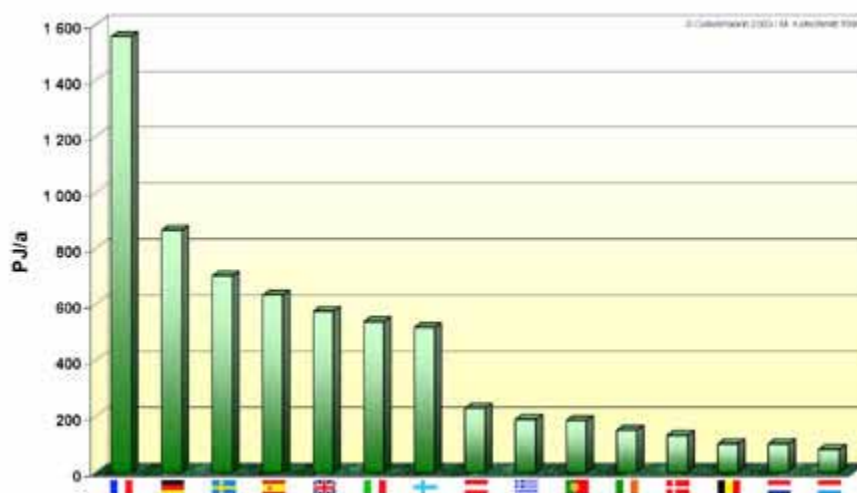


Figura 2.5 - Potencial técnico de biomassa na Europa

A fracção do potencial técnico da biomassa viável economicamente, depende das respectivas condições de mercado. Assim, o valor económico local do gás e do petróleo, bem como os instrumentos políticos de suporte (subsídios, receitas etc.), complementam as vantagens ambientais e sociais da bioenergia. No entanto, com o aumento dos preços para as fontes de energia fóssil, o potencial técnico para projectos de bioenergia aumenta também.

2.4 O mercado

A biomassa contribui significativamente para o fornecimento de energia sustentável, num determinado número de países europeus.

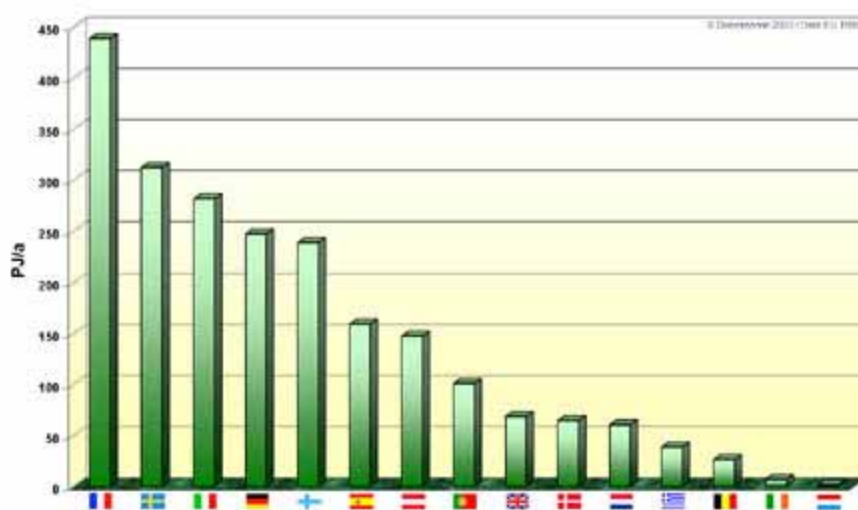


Figura 2.6 - A utilização de bioenergia na Europa

Na União Europeia, mais de 2200 Petajoule de energia por ano, armazenados na forma de biomassa, estão a ser produzidos. Destes, cerca de 1700 Petajoule são usados directamente para gerar calor, enquanto que os restantes 500 Petajoule são usados para gerar electricidade.

Complementarmente, a União Europeia colocou como objectivo, para o ano 2010 e para o sector da energia, um valor médio de 12% de electricidade a partir de recursos de energia renováveis. Espera-se que a biomassa forneça 10% de toda a energia na Europa, ou seja, um valor equivalente a cerca de 5800 Petajoule.

Presentemente, alguns estados membros da UE obedecem a este objectivo. A Finlândia, seguida da Suécia, fornecem mais do que 10% da energia necessária através da biomassa. Estes países utilizam quase metade do seu potencial de biomassa, provando que um desenvolvimento consequente no sector da bioenergia pode obter sucesso.

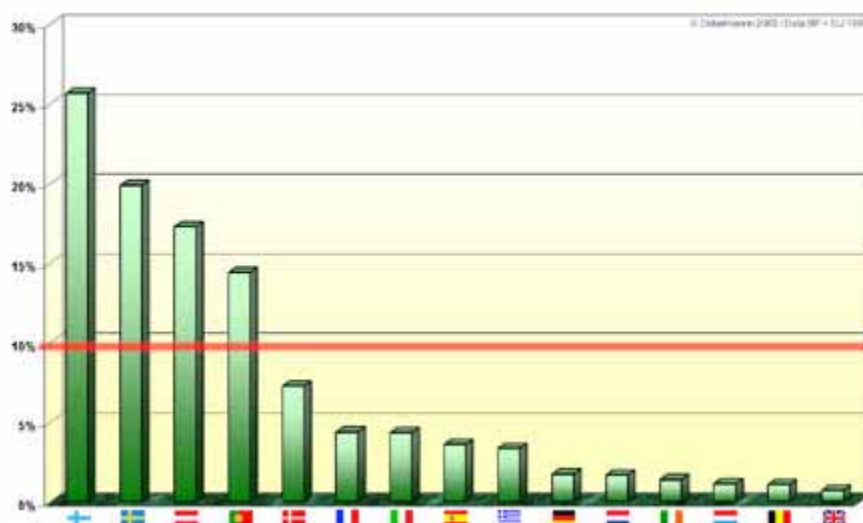


Figura 2.7 - Quota de bioenergia comparada com o consumo total de energia

2.5 As condições limitantes

As condições limitantes para projectos de bioenergia, nos vários países da Europa, no que diz respeito às questões administrativas e económicas, são muito variadas. As barreiras administrativas, nomeadamente a nível da política local, impedem o desenvolvimento dos projectos de bioenergia. Analisando as receitas de venda de energia da biomassa, o nível nos diferentes países da UE assemelha-se cada vez mais. Enquanto países como a Áustria, Alemanha, França e Portugal têm tarifas de venda fixas para a electricidade gerada a partir da biomassa, outros países, tais como o Reino Unido, a Itália ou a Bélgica, introduziram instrumentos orientados para o mercado, como as quotas de energia renovável, tendo como consequência o desenvolvimento de um mercado de quotas.

Apresenta-se de seguida uma comparação das tarifas de venda para sistemas menores que 2 MW_e para os estados membros da União Europeia:

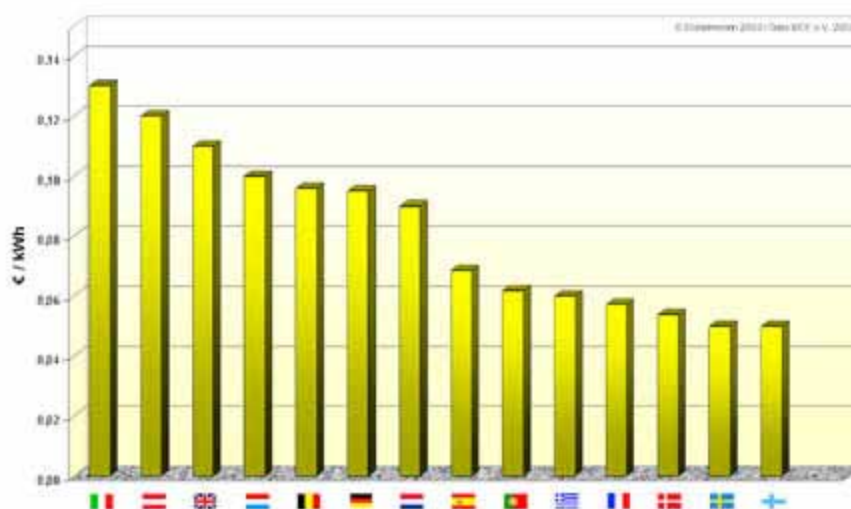


Figura 2.8 - Receitas da electricidade de biomassa na Europa

Este gráfico mostra claramente que não existe uma tendência específica, quanto ao tipo de instrumento político, tarifa de venda fixa ou quota/certificado, e as respectivas receitas de venda de energia. De notar que a Itália e a Áustria, dois países com mecanismos políticos diferentes, apresentam as receitas mais elevadas na Europa.

Em geral, as receitas para a electricidade proveniente da biomassa, em cada país, diferem no tipo e capacidade. Os subsídios de investimento individual complementam um projecto, conjuntamente com empréstimos a baixos juros e incentivos fiscais.

O mercado de bioenergia e a variedade de instrumentos de suporte, são muitas vezes difíceis de analisar. São comuns alterações frequentes na organização política, de modo que os investidores necessitam de verificar cuidadosamente as condições locais e regionais, e os programas nacionais e europeus, por forma a elaborar uma boa concepção financeira, com um mínimo de custos e de risco.

O sucesso da introdução no mercado e o aumento da penetração das fontes de bioenergia, depende da conjugação dos vários mecanismos de suporte: políticos, legais e de natureza administrativa e financeira. Geralmente, os países com uma quota mais elevada de energia proveniente da biomassa, têm definidos objectivos a longo prazo na sua política de energia nacional, e um conjunto de instrumentos de suporte ao desenvolvimento dos projectos de bioenergia. O desenvolvimento tecnológico, as actividades de investigação e desenvolvimento, bem como os actividades formativas, têm um papel importante no sector da bioenergia. A indústria bioenergética finlandesa, líder do mercado mundial para sistemas de bioenergia da madeira, é um excelente exemplo de sucesso, devido ao forte investimento efectuado pelo governo finlandês.

2.6 O Processo fotossintético

O processo fotossintético permite a criação de biomassa a partir do dióxido de carbono na atmosfera, água e nutrientes, e é a base de toda a vida no planeta Terra. A fotossíntese assenta em dois processos chave:

1. As plantas obtêm energia a partir da radiação solar, o que permite a sua autotrofia. Por outro lado, as plantas formam a base nutricional para os outros organismos, tais como os humanos e os animais, que sendo formas de vida heterotróficas, não são capazes de obter a sua energia a partir da luz solar.
2. O processo fotossintético é o principal responsável pela libertação do oxigénio que é utilizado pelos organismos heterotróficos.

A forma como as plantas e os animais vivem em simbiose na Terra, pode ser demonstrada através da seguinte experiência:

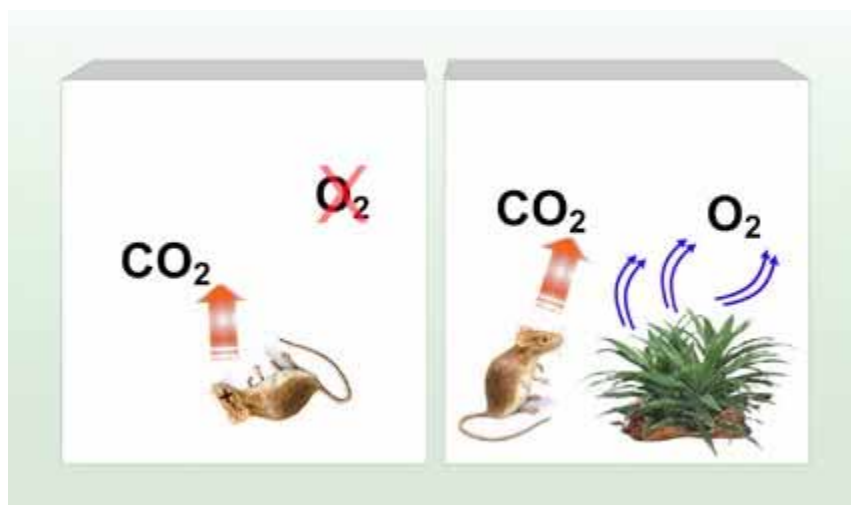


Figura 2.9 - Simbiose entre plantas e mamíferos

Se um mamífero, neste caso um rato, for colocado num recipiente hermeticamente fechado, o animal morrerá em poucos minutos, por falta de oxigénio. Isto acontece porque o animal respira oxigénio e expira dióxido de carbono, esgotando rapidamente o oxigénio disponível.

Por outro lado, se estiver presente uma planta no mesmo recipiente, esta absorve o dióxido de carbono que o mamífero expira e, com a radiação solar, realiza a fotossíntese. Como desperdício ela gera oxigénio, permitindo a sobrevivência do rato enquanto este viver em simbiose com a planta.

Na Terra e na atmosfera terrestre, realiza-se o mesmo processo. Neste caso, as florestas fornecem o oxigénio que a humanidade e o reino animal precisam para viver.

2.7 Funcionamento do processo de fotossíntese

O pigmento verde das folhas, a clorofila, é a “central energética” interna das plantas. Movidas pela energia solar, as plantas convertem o dióxido de carbono em biomassa, na forma de açúcar e de amido. Para além da radiação solar, a água e os minerais (nutrientes da planta) são necessários neste processo, sendo estes retirados do solo através das raízes.

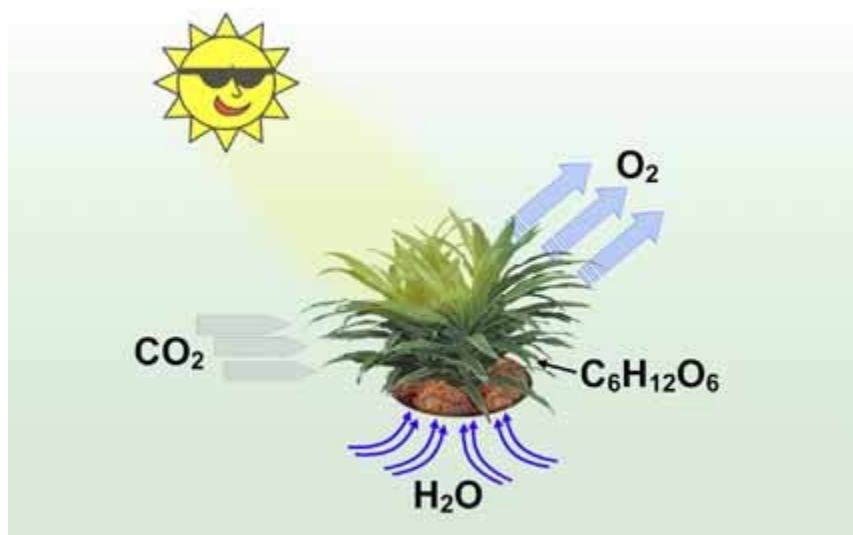
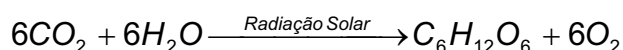


Figura 2.10 – Processo fotossintético

Em termos químicos, a reacção da fotossíntese para a formação do açúcar tem a seguinte fórmula:



Dependendo do tipo de planta, a fotossíntese resulta na criação de várias cadeias de carbono (hidratos de carbono). Em espécies de plantas de crescimento rápido, tal como o milho, a fotossíntese de plantas jovens pode alcançar uma eficiência de conversão energética da radiação solar até 2%. De salientar que, na Terra, a fotossíntese é o único processo que fornece oxigénio aos organismos, daí decorrendo a importância deste para a vida na Terra.

2.8 O papel do dióxido de carbono nas alterações climáticas

Actualmente, o fornecimento de energia à humanidade baseia-se nos combustíveis fósseis. As centrais energéticas e os veículos automóveis, queimam por ano uma quantidade de combustíveis fósseis que resulta em cerca de 24 biliões de toneladas de dióxido de carbono libertado para a atmosfera, em todo o mundo. O teor natural de dióxido de carbono na atmosfera terrestre é baixo. No entanto, estimativas efectuadas com base em séries de dados sobre a composição da atmosfera, mostram que esta reserva tem estado a crescer.

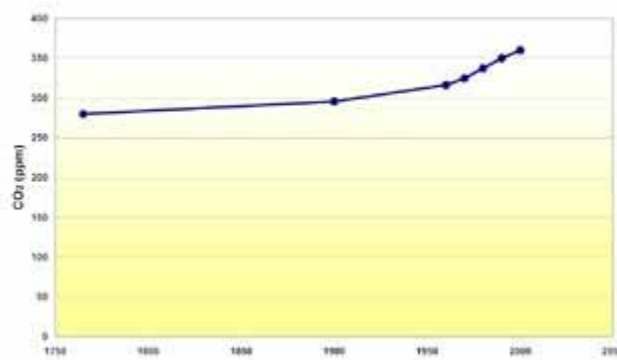


Figura 2.11 - Conteúdo de CO₂ na atmosfera desde 1765

Gráfico: Dobelmann/www.sesolutions. de
 Dados: BINE serviço de informação técnica

Nos últimos 100 anos, a combustão dos recursos fósseis, tais como óleo mineral e carvão, tem resultado num aumento na atmosfera terrestre de cerca de 27% na proporção de dióxido de carbono. Enquanto que em 1765 o teor de CO₂ na atmosfera era cerca de 280 ppm, hoje regista um valor de 360 ppm. A este aumento de CO₂ é atribuído um papel importante no efeito de estufa observado globalmente.

O efeito de estufa é a descrição dos desenvolvimentos climáticos que, a longo prazo, levarão a um aumento nas temperaturas médias anuais na atmosfera terrestre. Para além do dióxido de carbono, outros gases prejudiciais estão a contribuir para este aumento global:

- Vapor de água (H₂O);
- Ozono (O₃);
- Metano (CH₄);
- Óxido nitroso (N₂O).

As causas do enriquecimento destes gases na atmosfera terrestre derivam, essencialmente, de quatro efeitos antropogénicos:

1. Destruição da floresta tropical (15%);
2. Utilização de combustíveis fósseis (50%);
3. Emissões da produção e aplicação de químicos (20%);
4. Emissões de actividades agrícolas (15%).

Funcionamento do efeito de estufa

Em média, 342 W/m² de radiação solar de onda curta atingem a Terra. Desta quantidade, cerca de 77 W/m² são reflectidos para o espaço, pelos aerossóis na atmosfera e pelas nuvens. A atmosfera terrestre absorve aproximadamente 67 W/m². Desta forma, cerca de 198 W/m² da radiação solar alcança os oceanos e o solo terrestre. Enquanto que a superfície terrestre absorve aproximadamente 168 W/m², ela reflecte directamente para a atmosfera cerca de 30 W/m². Para além disso, o espectro de radiação passa de onda curta para onda longa.

A reflexão da radiação de onda longa não ultrapassa facilmente a atmosfera terrestre, ficando esta enriquecida com dióxido de carbono e vapor de água. A superfície da Terra liberta aproximadamente 390 W/m² da radiação de onda longa, dos quais apenas 66 W/m² ficam na atmosfera e 324 W/m² são imediatamente reflectidos de volta para a superfície da Terra.

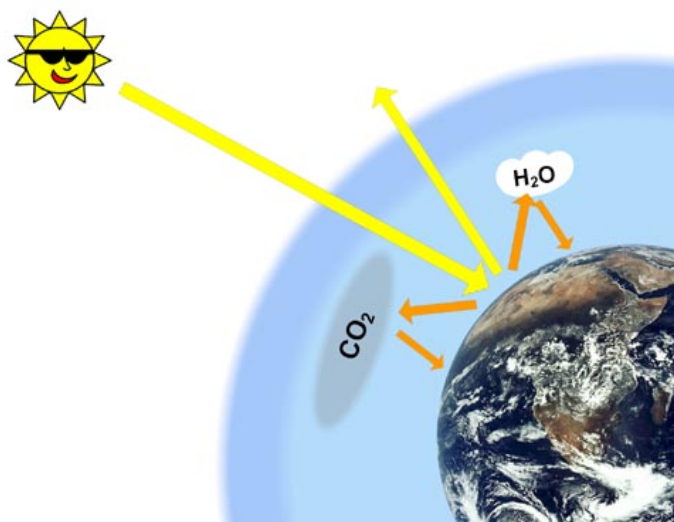


Figura 2.12 - Como funciona o efeito estufa

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

No início do século XIX, este efeito era responsável por um aumento da temperatura global média de 0,5°C. De acordo com estimativas, no próximo século este aquecimento poderá elevar-se até aos 1,4°C - 5,6°C.



Figura 2.13 - Vaga de tempestade no mar

Fotografia: colecção criativa / www.sesolutions.de

Apesar de parecerem pouco significativos, estes valores de aumento de temperatura podem causar impactos no aquecimento global, catastróficos para muitos países. Um aumento na temperatura anual média, significará que diversas áreas geladas na Terra derretam, tendo como consequência um aumento do nível das águas mar entre 11 a 88 cm, ameaçando desta forma nas áreas costeiras com cerca de 50% da população mundial.



Figura 2.14 - Furacão nos EUA

Fotografia: NASA / www.nasa.gov

Presentemente, muitas destas alterações são já visíveis. A cobertura de gelo do Ártico reduziu 10 a 15 %. Na Europa, as plantas de jardim ficam em flor durante mais 10 dias em média, comparativamente ao que acontecia há 35 anos atrás. As temperaturas mais altas resultam também em fenómenos climáticos de maior frequência, tais como tempestades e inundações.

O prejuízo causado pelos desastres climáticos, tais como furacões, tem aumentado dez vezes mais desde 1950. Em 1990, o prejuízo atingiu níveis recorde de 40 biliões de dólares americanos.

2.9 O ciclo do carbono no planeta Terra

No planeta Terra, o elemento carbono passa por um ciclo constante. Neste ciclo, o carbono é associado em cadeias, por meio da fotossíntese. As plantas servem de alimento aos animais, sendo criada a sua massa a partir destas cadeias. Quando os vegetais ou a biomassa animal entram em decomposição, o carbono é libertado novamente como dióxido de carbono.

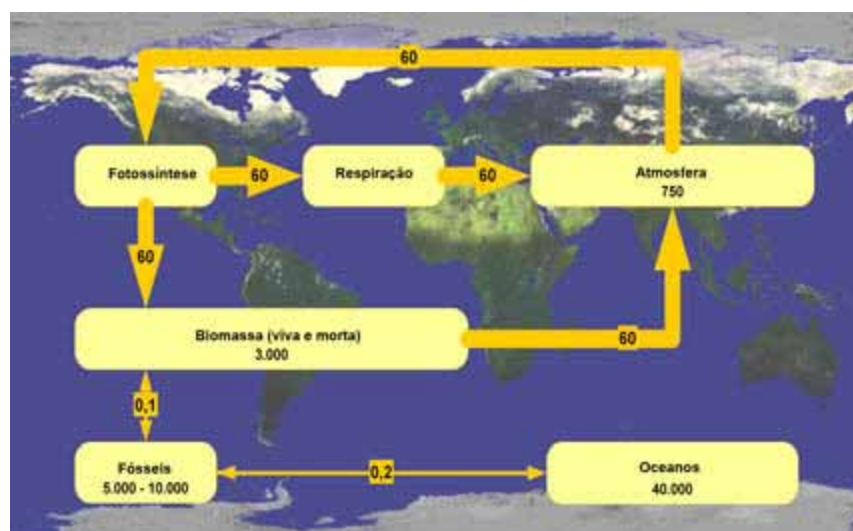


Figura 2.15 - O ciclo do carbono na Terra

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de
 Dados: Comissão de estudo alemã do Bundestag

No total, mais de 575 biliões de toneladas de carbono passam por uma constante transformação. Quando se queima a biomassa, o dióxido de carbono das cadeias de carbono é libertado para a atmosfera. No entanto, estas emissões de dióxido de carbono não são consideradas no desequilíbrio do clima.

Esta consideração baseia-se nos períodos de equilíbrio que estão envolvidos nas mudanças climáticas, ou seja, à medida que uma árvore cresce, esta absorve dióxido de carbono na sua biomassa. Para criar um metro cúbico de madeira, a árvore consome uma tonelada de dióxido de carbono da atmosfera. Desta, 250 kg são armazenados como carbono na madeira e 750 kg são libertados como oxigénio para a atmosfera.

Quando a árvore morre, inicia-se um processo gradual de decomposição na floresta, na qual os microrganismos quebram as cadeias de carbono da árvore nas suas partes constituintes. Dependendo do tipo de madeira e da sua localização, este processo pode levar desde um a vários anos. No ciclo natural de decomposição, também denominado “combustão fria”, é libertada a mesma quantidade de energia que originalmente foi armazenada.

No total, o processo de decomposição liberta exactamente a mesma quantidade de dióxido de carbono. A vantagem da oxidação rápida por combustão é a criação de calor útil.

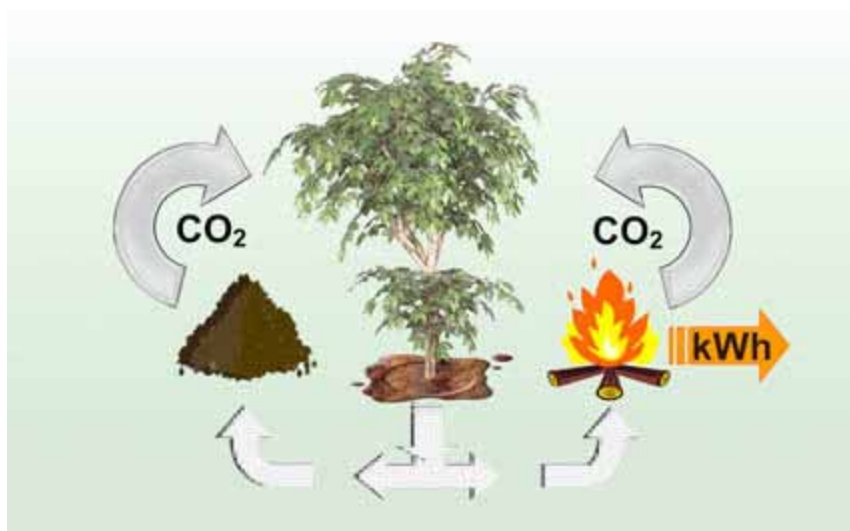


Figura 2.16 - Ciclo de CO₂ da combustão e deterioração

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

Como se pode ver no diagrama, o ciclo do carbono é fechado em ambos os casos (combustão e decomposição).

A libertação de energia na combustão, acontece durante um período de várias horas. Apresenta uma elevada densidade de energia, que pode ser utilizada. A decomposição natural tem lugar durante um período mais longo, nalguns casos durante vários anos. A densidade de energia resultante não é utilizável.

Contudo, para o período de equilíbrio de acontecimentos climáticos, esta diferença não tem qualquer efeito. Por esta razão, a combustão de fontes de bioenergia é considerada como neutra em CO₂.

2.10 A biomassa como armazenamento de dióxido de carbono

Os princípios de agricultura e florestação sustentável, oferecem formas de reduzir o desenvolvimento das alterações climáticas globais. A expansão contínua de florestas e o aumento de *stocks*, representa um papel importante, uma vez que aumenta a capacidade de armazenamento de dióxido de carbono.

A importância da biomassa no equilíbrio estável do dióxido de carbono, deve-se ao facto de ser uma fonte renovável. As florestas activas e os espaços verdes são armazéns de dióxido de carbono, que podem servir de sumidouro.

Existem, essencialmente, três mecanismos de armazenamento relevantes para o dióxido de carbono quando este se torna biomassa.

1. Crescimento

A Biomassa, porque cresce rapidamente, serve de armazenamento de carbono. Na Europa, a quantidade de dióxido de carbono armazenado está em constante crescimento. Nas florestas da Europa, crescem todos os anos cerca de 793 milhões de metros cúbicos de madeira. Contudo, apenas cerca de 418 milhões de metros cúbicos são retirados das florestas.



Figura 2.17 - Uma floresta em crescimento

Fotografia: colecção criativa / www.sesolutions.de

Consequentemente, a área de floresta na Europa cresceu 9 milhões de hectares nos últimos 10 anos. Com o aumento das reservas de madeira, as florestas europeias retiram, cada ano, cerca de 140 milhões de toneladas de carbono do ar, reduzindo a quantidade de dióxido de carbono e contribuindo activamente para a protecção do clima. Portanto, com uma gestão activa da floresta, é possível obter uma redução permanente no dióxido de carbono.

2. Fontes de energia eficientes

Os produtos, tais como a madeira e outros recursos renováveis como fibras e óleos, que têm biomassa, podem substituir na totalidade fibras e materiais produzidos com derivados do petróleo.

Em contraposição aos recursos fósseis, os recursos renováveis a partir de materiais orgânicos, requerem muito menos energia para a sua extracção, processamento e venda. Como consequência, a sua produção e processamento significam menores emissões de dióxido de carbono para a atmosfera. Para além disso, as emissões de outros poluentes é mais baixa.



Figura 2.18 - Materiais químicos

Fotografia: Colecção criativa / www.sesolutions.de

No final do ciclo de vida, os materiais orgânicos podem na sua generalidade ser usados, sem restrições, para a produção de energia regenerativa, contrastando com a maioria dos produtos químicos de recursos fósseis.

Deste modo, com a utilização da madeira é possível poupar outras fontes de energia, tais como o carvão, o óleo e o gás, e introduzir um segundo ciclo de vida para os produtos. A valorização energética destes produtos fecha o ciclo do carbono natural.

3. Uso a longo prazo

Se a madeira for retirada da floresta, é geralmente transformada em materiais de construção e de mobiliário, ou noutros bens económicos de longa duração.



Figura 2.19 - A madeira como produto de longa duração

Fotografia: colecção criativa / www.sesolutions.de

O carbono armazenado na madeira e noutros produtos de fibra biológica é retido durante todo o tempo de vida do produto. Por exemplo, uma tonelada de madeira usada para construção ou produção de mobiliário contém 500 kg de carbono, que por sua vez armazena 1,8 toneladas de dióxido de carbono.

2.11 Tipos de biomassa

A biomassa é a massa total de substâncias orgânicas que ocorrem num habitat. As formas de biomassa no planeta são diversas. Para além disso existem diferenças nas utilizações primárias de

biomassa. Além da indústria alimentar, a biomassa pode ser usada noutras indústrias, tais como, de manufatura ou construção.



Figura 2.20 – Variedade de biomassa

Fotografia: coleção criativa / www.sesolutions.de

Quando o uso original termina, pode ser efectuado um uso energético secundário da biomassa. Por exemplo, os resíduos orgânicos que são uma mistura de material desperdiçado, pode ser usado como fonte de produção de energia regenerativa.



Figura 2.21 - Resíduos orgânicos municipais

Fotografia: colecção criativa/www.sesolutions.de

A energia contida nos resíduos orgânicos é geralmente usada através da geração de biogás. Nos aterros, existe uma conversão dos resíduos orgânicos em metano. Nalguns casos, contudo, pode ser vantajosa a fermentação directa destes resíduos em sistemas de tratamento anaeróbio. Para resíduos com alto teor de madeira, existe a possibilidade de serem sujeitos a secagem e à queima.

Uma área de estudo de aplicações da biomassa passa pela criação de colheitas para fins energéticos, que crescem para uso directo como combustível. Esta questão será discutida nas secções seguintes, analisando os diversos tipos de fontes de biomassa.

2.12 Fontes de biomassa

A biomassa pode ser dividida em quatro categorias, de acordo com a sua origem:

1. Culturas para fins energéticos

As colheitas para fins energéticos são cultivadas principalmente para a produção de energia. A sua função é capturar a radiação solar para armazená-la na biomassa. Exemplos de colheitas de energia são a colza, o girassol, o miscanthus sinensis e o milho.

2. Resíduos agrícolas e florestais

Os resíduos que são gerados na colheita de cereais e no corte de árvores, tal como a palha e os resíduos de madeira, são desperdícios naturais. Este grupo de “sub-produtos” é especialmente adequado para a reciclagem energética, porque reduz os custos de produção dos produtos principais, ou aumenta o rendimento da cadeia de cultivo.

3. Sub-produtos orgânicos

O processamento da biomassa para criação de produtos, forma um grupo adicional de sub-produtos. Estes sub-produtos incluem os resíduos orgânicos, os efluentes da agro-pecuária e os resíduos do processamento industrial da madeira e de fibras vegetais. Nestes casos, a reciclagem energética pode conduzir a um aumento da utilidade e assegurar que partes do processo de produção sejam permanente e ambientalmente sustentáveis.

4. Resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos incluem os resíduos domésticos e as lamas dos efluentes domésticos e industriais, como por exemplo, os resíduos da produção alimentar. Estes resíduos estão geralmente sujeitos à legislação respectiva. Consequentemente, deve ser cumprida uma gama completa de requisitos legais, desde a origem até ao controlo epidémico.

A biomassa vegetal encontra-se, geralmente num estado sólido agregado. Tem ainda uma forma geométrica e um teor de água que, na maior parte dos casos e por razões técnicas, define o uso energético directo.

O seguinte diagrama apresenta os métodos mais comuns de processamento das quatro classes de biomassa:

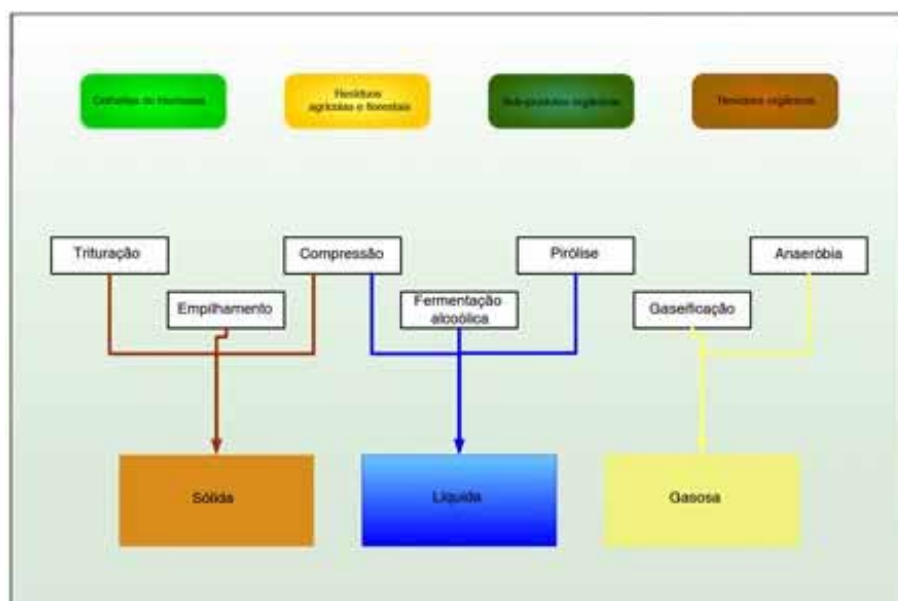


Figura 2.22 – Métodos de processamento de biomassa

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

As fontes de biomassa utilizadas como combustíveis, são classificadas de acordo com o estado de agregação em que se encontram: sólido, líquido ou gasoso.



Figura 2.23 – Estados de agregação

Fotografia: colecção criativa / www.sesolutions.de

O estado de agregação existente determina as possibilidades de utilização das fontes de biomassa e o tipo de infraestrutura de conversão energética necessária. Os permutadores de calor ou os sistemas de combustão combinados de calor e energia são capazes de usar combustíveis sólidos, enquanto que os motores de combustão e as pilhas de combustível, são incapazes.

A forma e o estado de agregação, dos produtos de biomassa processados, são determinados pelas tecnologias e sistemas de conversão disponíveis. Para cada tipo de utilização existe um método de operação optimizado para as características da biomassa e níveis de desempenho específicos. Para se obter uma operação eficiente, estes níveis e características devem manter-se dentro de limites rígidos.

2.13 Utilização das fontes de biomassa

Em termos de formas de energia existem três fundamentais: energia calorífica, energia mecânica e energia eléctrica.



Figura 2.24 – Três formas fundamentais de energia

Fotografia: colecção criativa / www.sesolutions.de

O uso das fontes de biomassa pode cobrir estes três tipos de energia. Existe um grande número de possibilidades de geração das formas de energia desejadas, a partir das fontes de biomassa, em diferentes estados de agregação.

Energia Calorífica

Normalmente o calor é produzido em sistemas de combustão. Numa pequena escala, estes sistemas podem aquecer uma habitação, enquanto que em larga escala, numa central, o calor disponível por meio de redes de calor pode fornecer bairros de uma cidade.

Para sistemas de combustão estacionários, cuja única função seja a produção de calor, predominam os combustíveis sólidos, no que diz respeito à biomassa. A madeira, como resíduo ou matéria-prima,

pode ser usada para geração de calor, com baixos custos de processamento, de trituração ou secagem.



Figura 2.25 - Queimador moderno de madeira 2 x 3,2 MW

Fotografia: Schmid AG / www.holzfeuerung.ch

Energia mecânica

A energia mecânica é produzida por meio de geradores de calor e energia, como as máquinas a vapor. Nestas, o combustível líquido ou gasoso é inflamado nos cilindros de um motor de combustão. A expansão da mistura combustível/ar, causada pela combustão é então convertida em energia. O calor produzido por este processo tem de ser dissipado para o ambiente, através de um sistema de arrefecimento.

A utilização de biodiesel na Europa, por exemplo, como uma mistura de etanol em França, e o uso de etanol puro no Brasil, são exemplos de uso de fontes de biomassa com sucesso, no sector dos transportes.



Figura 2.26 – Exemplo de Veículos a Biodiesel

Fotografia: UfoP / www.ufop.de

Os óleos vegetais do sarmento ou sementes de girassol e o álcool produzido da biomassa, é possível cobrir as necessidades de mobilidade da sociedade. Os combustíveis de biomassa são uma alternativa técnica, equivalente às fontes de energia fóssil.

Energia Eléctrica

Os sistemas que produzem energia mecânica, em motores de combustão ou em turbinas de combustão directa e indirecta, são acoplados a geradores eléctricos. Estes convertem a energia mecânica em energia eléctrica.

A utilização de energia mecânica para produção de energia eléctrica gera aproximadamente dois terços de calor, para um terço de electricidade, o que demonstra o aumento da eficiência económica da cogeração (produção simultânea de calor e electricidade) em aplicações estacionárias.



Figura 2.27 - Utilização de biogás produzido em aterro

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

O biogás, proveniente dos aterros, da reciclagem de resíduos agrícolas ou de outros resíduos orgânicos pode ser utilizado, em centrais estacionárias para produção de energia.

2.14 Tipos de fontes de bioenergia

A bioenergia está disponível no mercado, em todos os tipos de formas. Este manual apresenta os produtos mais importantes, para os três estados de agregação (sólido, líquido, gasoso), nas suas formas comerciais usuais.

2.14.1 Fontes de biomassa sólida

A maior fonte de biomassa sólida provém de produtos a partir da madeira. Estes são obtidos quando é retirada a lenha das florestas e quando os desperdícios são utilizados no processamento industrial de produtos de madeira. Em muitos locais, outros sub-produtos, nomeadamente a palha são usados para produzir energia, a partir da biomassa.

No desbaste das florestas, além dos troncos das árvores, que são usados para as indústrias de mobiliário e construção, são também recolhidos resíduos de madeira de qualidade inferior. Por cada hectare de floresta, podem ser obtidas, a partir destes resíduos 0,4 - 0,8 toneladas de lenha seca. Para além disso, outras quantidades de resíduos de madeira, recolhidas durante acções de manutenção da floresta, permitem um rendimento combustível anual de cerca de 1,5 toneladas por hectare, para uma área florestal de uso permanente.



Figura 2.28 - Colheita de madeira mecanizada

Fotografia: Zeppelin AG / www.zeppelin.de

Nas explorações florestais, as árvores são derrubadas com o auxílio de máquinas, que utilizam um braço com uma serra eléctrica montada. Adicionalmente, estas máquinas podem remover automaticamente os ramos do tronco, retirar a casca escura da madeira e cortar o tronco em partes. Este método significa que, parte do valor acrescentado do processamento da madeira é efectuado antes da madeira sair da floresta.

Quando os troncos redondos são transformados em pranchas e vigas, são produzidas grandes quantidades de resíduos. Contudo, a maior parte destes é utilizada na indústria da madeira para outros materiais. Estilhas de madeira que não têm casca, por exemplo, é uma matéria prima para o processamento de cartão de elevada qualidade.



Figura 2.29 - Madeira industrial e seus subprodutos

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Contudo, outra parte destes resíduos continua a ter fragmentos de impurezas e é, portanto, inadequada para a utilização como matéria prima. Estes pedaços de casca são ideais para reciclagem energética. Devido ao elevado teor de cinzas, estes resíduos são principalmente utilizados em centrais de fornecimento de calor de grandes dimensões e em centrais de cogeração, como substrato de co-aquecimento.



Figura 2.30 - Casca - subproduto do processamento da madeira

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Outros resíduos significantes, provenientes da agricultura, incluem a palha e o feno. Os resíduos de pós-colheita estão usualmente disponíveis a nível local e em grandes quantidades.



Figura 2.31 - Colheita mecanizada de palha com fardo prensado

Fotografia: Claas AG / www.claas.de

Um hectare de palha tem um teor de energia de 73 gigajoules. Este valor é aproximadamente equivalente a 2.000 litros de óleo de aquecimento. Contudo, a palha e outros produtos deste tipo possuem características de combustão diferentes dos combustíveis lenhosos. Consequentemente, o ponto de fusão das cinzas e o comportamento de emissões da biomassa obriga a uma abordagem técnica diferente.



Figura 2.32 - Palha como produto residual natural

Fotografia: colecção criativa/ www.sesolutions.de

Até à data, tem sido apenas possível conseguir uma reciclagem energética, a grande escala, de palha em centrais de cogeração.

Para além dos materiais referidos, os produtos no final do seu ciclo de vida, são ideais para a reciclagem energética. O processamento e a combustão de madeira velha é um exemplo.



Figura 2.33 - Processamento industrial de desperdício de madeira

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Devido à sua utilização prévia, esta biomassa pode estar contaminada com substâncias tóxicas, tais como químicos, tintas ou algo similar. Por esta razão, muitos países definem restrições à reciclagem energética da madeira velha. Queimar a madeira em pequenos sistemas de combustão é permitido, se o processamento da madeira for puramente mecânico e se a madeira contiver somente contaminantes pouco perigosos.



Figura 2.34 - Madeira preparada mecânicamente

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Para além da possível utilização de madeira velha, a madeira recolhida durante as actividades de gestão do território, nomeadamente em trabalhos de manutenção nas estradas e auto estradas e dos trabalhos em parques florestais, deve ser tida em conta. Estes resíduos de madeira são geralmente uma mistura de madeira, folhas e troncos.



Figura 2.35 - Resíduos de actividades de gestão do território

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

A utilização energética serve também como um meio para a eliminação destes resíduos. O teor energético destas misturas é relativamente baixo, devido ao grande número de impurezas, nomeadamente por causa das quantidades de solo que geralmente existem na mistura, que gera um teor elevado de cinzas. As outras impurezas existentes, tais como embalagens de plástico, sacos e outros resíduos conduzem a níveis elevados de substâncias tóxicas libertadas para a atmosfera.

2.14.2 Fontes de biocombustíveis líquidos

A mobilidade é fundamental para a sociedade moderna industrializada. Aparte algumas excepções, o transporte de pessoas e bens é efectuado com utilização de combustíveis líquidos. Existem já disponíveis várias fontes de biocombustíveis líquidos, tecnicamente equivalentes aos combustíveis fósseis, que podem realizar as tarefas de mobilidade, nomeadamente o etanol da fermentação alcoólica e o metanol da biomassa da celulose de lenhina. De longe, as colheitas para fins energéticos mais comuns são a colza e o girassol, cujo óleo é usado quer na sua forma natural, quer como biodiesel.



Figura 2.36 - Colheitas de girassol

Fotografia:UfoP/www.ufop.de

Uma vez que as emissões de CO₂ dos biocombustíveis líquidos não são contabilizadas para o aumento do efeito de estufa, estes combustíveis apresentam um menor potencial de poluição, relativamente aos combustíveis fósseis. Contudo, no que respeita à eficiência estes biocombustíveis apresentam níveis menores, nomeadamente em competições automobilísticas.



Figura 2.37 - Biodiesel em desportos motorizados

Fotografia:UfoP/www.ufop.de

2.14.3 Fontes de biocombustíveis gasosos

Os biocombustíveis gasosos são o resultado da conversão da biomassa natural. Por um lado, por processos microbiológicos, tal como a fermentação anaeróbia do metano e, por outro lado, através da conversão termoquímica da biomassa sólida em processos de gaseificação.

O biogás é criado pela fermentação da biomassa animal e vegetal, sem a acção do oxigénio. Neste caso, uma simbiose de grupos de bactérias realiza a decomposição química dos compostos de carbono, em produtos finais gasosos – metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). Na prática, esta situação acontece, por exemplo, em aterros.



Figura 2.38 – Recolha de gás de um aterro

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

A conversão termoquímica da biomassa sólida em gases combustíveis tem lugar durante a gaseificação ou durante a combustão lenta, com défice de oxigénio. Das cadeias de carbono na biomassa criam-se os gases combustíveis, monóxido de carbono (CO), hidrogénio (H_2) e, em pequenas quantidades, o metano (CH_4).



Figura 2.39 - Conversão termoquímica da madeira em gás

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

2.15 Características da qualidade das fontes de biomassa

2.15.1 Fontes de biomassa sólida

Existem várias maneiras de classificar as fontes de bioenergia sólidas. A característica de qualidade mais importante, para qualquer fonte de energia, é o seu poder calorífico. No caso da biomassa, esta característica é directamente influenciada pelo conteúdo de água.

O poder calorífico mais baixo PCMB pode ser calculado usando a seguinte fórmula matemática:

$$PCMB = \frac{PC_{\text{seco}} \times (100 - \%H_2O) - 2,44 \times \%H_2O}{100}$$

Onde PC_{seco} é o poder calorífico da madeira sem água e $\%H_2O$ o teor de água na madeira no estado em que é encontrada.



Figura 2.40 - Teor de água e poder calorífico da biomassa

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

A biomassa é um produto natural. Como tal, o teor natural de água varia consideravelmente, mesmo que não sofra influências externas. Na prática, a forma mais rápida de calcular esse teor é com base em valores recolhidos ao longo de vários anos.

O teor de água típico para a biomassa lenhosa fresca é entre 40 e 60 %. As plantas verdes podem ter um teor de água mais elevado, até 80 %. A biomassa com secagem ao ar livre, atinge um teor de água que, dependendo da estação do ano e da humidade ambiental, varia entre 12 e 18 %.

Os produtos de biomassa com secagem artificial, tais como briquetes, têm um teor de água máximo de 10 %. Contudo, um armazenamento impróprio pode conduzir a uma absorção de água por estes. De referir que um teor de água acima de 10 % torna as briquetes inutilizáveis.

Devido à influência do peso, as fontes de biomassa são tratadas em medidas de volume. Consequentemente, o método de armazenamento e a forma geométrica são muito importantes para a determinação do poder calorífico, com base no volume da biomassa sólida.

Para a madeira existem três medidas cúbicas principais:

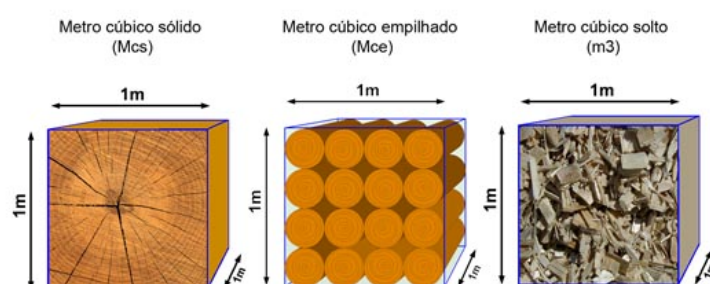


Figura 2.41 - Unidades de medida no comércio de madeira

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

Devido às diversas densidades de armazenamento da madeira, estas unidades de medida resultam em pesos e volumes diferentes. A tabela seguinte permite uma conversão das unidades:

Tabela 2.1 - Valores guia de conversão de volumes de madeira

Dados : Basisdaten Bioenergie

| | Mcs | Mce | m³ |
|-----|------------|------------|-----------|
| Mcs | 1 | 1,43 | 2,43 |
| Mce | 0,70 | 1 | 1,70 |
| m³ | 0,41 | 0,59 | 1 |

A unidade de cálculo metro cúbico sólido (Mcs) é usada apenas para madeira sólida, enquanto que metros cúbicos empilhados (Mce) são usados principalmente para madeira acumulável em porções a metro ou toros. A medida metro cúbico (m³) livre, ilustrada na figura 2.41, para estilhas de madeira, é utilizada para os seguintes produtos de madeira: briquetes, serradura e estilhas, bem como cereais e outras massas consideráveis.

A tabela seguinte mostra valores típicos para fontes de biomassa de madeira sólida.

Tabela 2.2 - Dados característicos dos combustíveis sólidos feitos a partir da madeira

Dados: Basisdaten Bioenergie

| Produtos de madeira | | Massa | Teor de água | Poder calorífico | Teor energético | Aquecimento a óleo equivalente | Teor de cinza |
|---|-----------------|-------|--------------|------------------|-----------------|--------------------------------|---------------|
| Peso medido 1t (madeira sólida) | | [kg] | [%] | [MJ] | [kWh] | [litros] | [kg] |
| Madeira rija (faia) | Secagem por ar | 1000 | 18 | 14,6 | 4069 | 407 | 4,1 |
| | Secagem natural | 1000 | 35 | 11,1 | 3085 | 308 | 3,3 |
| | Verde | 1000 | 50 | 7,9 | 2212 | 219 | 2,5 |
| Madeira macia (abeto) | Secagem por ar | 1000 | 18 | 14,9 | 4137 | 414 | 4,9 |
| | Secagem natural | 1000 | 35 | 11,3 | 3139 | 314 | 3,9 |
| | Verde | 1000 | 50 | 8,1 | 2315 | 225 | 3,0 |
| Peso medido 1t (produtos da madeira) | | | | | | | |
| Pelletes | Estufa | 1000 | 10 | 17,0 | 4725 | 471 | 5,3 |
| Serradura | Estufa | 1000 | 10 | 17,0 | 4536 | 453 | 5,4 |
| Estilhas | Estufa | 1000 | 10 | 17,0 | 4425 | 442 | 5,8 |
| Medida 1m³ solto (estilhas de madeira) | | | | | | | |
| Madeira rija (faia) | Secagem por ar | 283 | 18 | 14,6 | 1161 | 115 | 1,2 |
| | Secagem natural | 375 | 35 | 11,1 | 1050 | 108 | 1,2 |
| | Verde | 464 | 50 | 7,9 | 1028 | 103 | 1,2 |
| Madeira macia (abeto) | Secagem por ar | 202 | 18 | 14,9 | 838 | 84 | 1,0 |
| | Secagem natural | 265 | 35 | 11,3 | 792 | 81 | 1,0 |
| | Verde | 332 | 50 | 8,1 | 750 | 75 | 1,0 |
| Medidas 1m³ solto (produtos da madeira) | | | | | | | |
| Pelletes | Estufa | 600 | 10 | 17,0 | 2835 | 283 | 3,2 |
| Serradura | Estufa | 202 | 10 | 17,0 | 823 | 82 | 1,1 |
| Estilhas | Estufa | 120 | 10 | 17,0 | 580 | 58 | 0,9 |
| Medida cúbica empilhada 1m³ (toros separados) | | | | | | | |
| Madeira rija (faia) | Secagem por ar | 482 | 18 | 14,6 | 1961 | 196 | 2,0 |
| | Secagem natural | 608 | 35 | 11,1 | 1875 | 188 | 2,0 |
| | Verde | 669 | 50 | 7,9 | 1796 | 181 | 1,9 |
| Madeira macia (abeto) | Secagem por ar | 345 | 18 | 14,9 | 1429 | 143 | 1,7 |
| | Secagem natural | 436 | 35 | 11,3 | 1368 | 137 | 1,7 |
| | Verde | 517 | 50 | 8,1 | 1305 | 131 | 1,6 |

No estado seco, que apenas pode ser atingido com secagem artificial, a madeira tem um poder calorífico de 18,5 MJ por quilograma.

As cinzas, que ocorrem quando a madeira é queimada, têm um elevado teor de nutrientes, tais como cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Os resíduos de cinzas com densidade acima de 900 kg/m³, têm um teor baixo em metais. Consequentemente, estas são usualmente permitidas, para aplicação como fertilizante.

Contudo, durante a combustão de resíduos de madeira em sistemas com capacidades de combustão de mais de 150 kW, podem ocorrer grandes quantidades de cinzas finas (densidade menor que 400 kg/m³). Estas podem conter concentrações tão elevadas de metais pesados que, por razões ambientais, o seu uso como fertilizantes não se justifica.

As fontes de biomassa sólida da ramagem têm os seguintes valores característicos.

Tabela 2.3 - Dados característicos de combustíveis feitos de biomassa de ramagem

Dados: Basisdaten Bioenergie

| Produtos de ramagem | | Massa | Teor de água | Poder calorífico | Teor energético | Aquecimento a óleo equivalente | Teor de cinza |
|---|-----------------|-------|--------------|------------------|-----------------|--------------------------------|---------------|
| Peso medido 1t | | [kg] | [%] | [MJ] | [kWh] | [litros] | [kg] |
| Palha de trigo | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,4 | 4032 | 403 | 57,0 |
| Palha de cevada | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,7 | 4116 | 412 | 48,0 |
| Palha de centeio | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,7 | 4116 | 412 | 48,0 |
| Palha de nabo | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,3 | 4004 | 400 | 62,0 |
| Palha de milho | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,8 | 4144 | 414 | 67,0 |
| Feno de prado | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,3 | 4004 | 400 | 71,0 |
| Palha de linho | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,2 | 3976 | 398 | 27,0 |
| Miscanthus | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,9 | 4172 | 417 | 39,0 |
| Grão de trigo | Secagem natural | 1000 | 15 | 14,2 | 3976 | 398 | 39,0 |
| Medida cúbica empilhada 1m³ (Armazenagem em fardos) | | | | | | | |
| Palha de trigo | Secagem natural | 135 | 15 | 14,4 | 544 | 54 | 7,7 |
| Palha de cevada | Secagem natural | 133 | 15 | 14,3 | 533 | 53 | 7,6 |
| Palha de centeio | Secagem natural | 140 | 15 | 14,9 | 584 | 58 | 8,0 |
| Palha de nabo | Secagem natural | 133 | 15 | 14,3 | 533 | 53 | 7,6 |
| Palha de milho | Secagem natural | 139 | 15 | 14,8 | 576 | 58 | 7,9 |
| Feno de prado | Secagem natural | 133 | 15 | 14,3 | 533 | 53 | 7,6 |
| Palha de linho | Secagem natural | 131 | 15 | 14,2 | 521 | 52 | 7,5 |
| Miscanthus | Secagem natural | 140 | 15 | 14,9 | 584 | 58 | 8,0 |
| Medida cúbica empilhada 1m³ | | | | | | | |
| Grão de trigo | Secagem natural | 760 | 15 | 14,2 | 3022 | 302 | 43,3 |

Com a biomassa da ramagem, o teor de cinzas e o seu comportamento de fusão, sob a influência da temperatura, têm um papel importante. Em contraste com a madeira, as cinzas deste tipo de biomassa começam a fundir-se para temperatura entre os 710 a 930°C. Durante a combustão estas temperaturas são rapidamente atingidas.

Desta forma, os sistemas de combustão para este tipo de biomassa são projectados para prevenir a ocorrência de escórias ou aglomerados de cinza, dentro das grelhas ou paredes do forno, nomeadamente através de um sistema de arrefecimento a água.

A ramagem têm um teor médio de cloro de 0,5%, e por causa desse teor elevado e da existência de potássio na biomassa proveniente da palha, estas têm um potencial corrosivo elevado. O cloro, como os outros componentes naturais, enxofre e azoto, está presente em quantidades que constituem um factor de emissão relevante. Assim, é necessário enquadrar na legislação vigente, as actividades de operação, em instalações de queima de produtos de palha. Isto aplica-se tanto para as emissões gasosas, como à subsequente utilização dos resíduos de cinza, que apresentam uma densidade de 150 quilogramas por metro cúbico.

2.15.2 Fontes de biocombustíveis líquidos

Das fontes de biocombustíveis líquidos, têm correntemente aplicações comerciais no mercado: o óleo vegetal, o biodiesel e o etanol.

2.15.2.1 Óleo vegetal natural

O uso de óleo vegetal natural em motores de combustão é tão recente que o comité de normalização europeu ainda não tomou qualquer decisão final, sobre a sua utilização. Até que surja uma norma definitiva para o uso de óleo vegetal em motores, é utilizada uma norma de qualidade criada por diversos institutos de pesquisa.

Tabela 2.4 - Dados característicos para óleos vegetais

Dados: Ölmühle Leer / www.biodiesel.de

| | | Padrão de qualidade alemão RK |
|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| Densidade a 15°C | g/ml | 900-930 |
| Ponto de inflamação | °C | 220 |
| Teor máx. de água | ppm | 750 |
| Viscosidade cinemática max. | mm²/s | 35 |
| Valor de acidez | mg KOH/g | 2 |
| Resíduo de carbono max. | % | 0,4 |
| Estabilidade de oxidação min. | h a 110 °C | 5 |
| Teor de fósforo max. | ppm | 15 |
| Teor de cinza | % | 0,01 |
| Teor de impurezas | mg/kg | 25 |

Alguns óleos vegetais aplicados em motores de combustão estão conforma esta norma de qualidade, mostrando portanto a existência de aplicações com sucesso, como combustível em motores diesel adaptados.

2.15.2.2 Biodiesel

As características de qualidade mais importantes para o ácido gordo éster metilílico (biodiesel) são regulamentadas, para a Europa, na pré-norma pr EN 14 214:

Tabela 2.5 - Dados característicos para biodiesel

Dados: Ölmühle Leer / www.biodiesel.de

| | | Diesel-K FAME pr EN 14 214 |
|-----------------------------|-------------|-------------------------------|
| Densidade a 15°C | g/ml | 875-890 |
| Ponto de inflamação | °C | 100 |
| Teor máx. de água | ppm | 300 |
| Viscosidade cinemática max. | mm²/s | 3,5-5,0 |
| Valor de acidez | mg KOH/g | 0,5 |
| Glicerina total | % | 0,25 |
| Livre de Glicerina | h at 110 °C | 0,02 |
| Teor de fósforo max. | ppm | 10 |
| Teor de metanol | % | 0,3 |
| Etapas de temperatura | mg/kg | -20, -10, 0 |

Apenas os combustíveis que vão de encontro a este critério são aprovados para utilização em veículos.

2.15.2.3 Etanol

O etanol é usado em pequena escala, como combustível puro, para motores movidos a gasolina. É em contraposição, muito utilizado como componente de mistura nos combustíveis fósseis. É possível misturar etanol até 10% em volume com combustíveis para motores a gasolina, sem haver necessidade de converter os motores.

O etanol proveniente da biomassa, de acordo com os requisitos de qualidade apresentados na tabela 2.6, é adequado para misturas com combustíveis fósseis:

Tabela 2.6 - Dados característicos para o EtanolDados: Williams / www.williamsenergypartners.com

| | | Etanol |
|----------------------------------|------|----------|
| Pureza do etanol | % | 98 |
| Outros alcoóis | % | < 0,5 |
| Teor máx. de água | % | 0,82 |
| Teor máx. de impurezas | mg/l | 50 |
| Teor de cloro | mg/l | 32 |
| Teor de cobre | mg/l | 0,08 |
| Valor min. de pH | - | 6,5 |
| Valor max. de pH | - | 9 |
| Teor max. de acetato | ppm | 7 |
| Partículas de impurezas visíveis | - | Nenhumas |

Na produção desta mistura de combustível, e porque o etanol é solúvel em água, deve assegurar-se que não existe contaminação com água, nomeadamente no enchimento ou no armazenamento. Assim, a produção e o enchimento desta mistura de combustível só tem lugar, geralmente, em grandes estações e centros de distribuição dos fabricantes de combustível.

2.15.3 Fontes de biocombustíveis gasosos

As fontes gasosas de biomassa são obtidas a partir da conversão de biomassa sólida ou resíduos de suinicultura, tais como estrume. A fermentação anaeróbia de metano e a produção termoquímica de gases de síntese são dois métodos diferentes de transformação da biomassa, em fontes gasosas de bioenergia.

2.15.3.1 Biogás

A principal característica de qualidade do biogás é o respectivo teor em metano. O metano tem um poder calorífico de 39,8 Megajoules por metro cúbico e, como componente combustível predominante, determina o teor de energia do biogás. Este teor varia com as características mássicas, para os teores dos substratos fermentados de hidrocarbonetos, gorduras e proteínas. Em média o biogás tem um volume de metano de cerca de 50 a 75 %, complementado por 50 a 25 % em volume de dióxido de carbono.

**Figura 2.42 – Exemplo de instalação de produção de biogás com co-fermentação**Fotografia: Loick Bioenergie / www.enr.de

Adicionalmente, o biogás contém pequenas quantidades de outros gases, tais como o ácido sulfídrico (H_2S), oxigénio (O_2) e hidrogénio (H_2). Enquanto que o oxigénio e o hidrogénio não representam problemas para a subsequente utilização energética, o ácido sulfídrico é um gás prejudicial. Além

deste ser tóxico, é também corrosivo. Com teores de H_2S acima de 50 ppm, é recomendada a dessulfurização do biogás, de modo que a subsequente utilização não aumente os custos de manutenção, devida a danos de corrosão.

2.15.3.2 Gases de síntese

Os gases de síntese são produzidos durante a gaseificação e a combustão lenta da biomassa, em condições de défice ou exclusão de oxigénio. Os componentes combustíveis destes gases consistem em hidrogénio (H_2), monóxido de carbono (CO) e metano (CH_4). Os componentes inertes nestes gases são o dióxido de carbono (CO_2) e o nitrogénio (N_2).

A composição do gás depende do oxidante escolhido, para iniciar o processo de síntese. Se se utilizar ar atmosférico, a composição do gás tem azoto (cerca de 50%) e é produzido um gás magro (aproximadamente 5 MJ/m^3), enquanto que a utilização de oxigénio puro como oxidante leva a um gás de síntese com um elevado teor de hidrogénio e monóxido de carbono e, consequentemente, um poder calorífico de mais de 10 MJ/m^3 .

Tal como a composição química do gás, as cargas de poeiras e os teores de alcatrão são importantes na determinação dos usos subsequentes para os gases de síntese. Para utilização em motores, ambos os parâmetros – poeiras e alcatrão – devem estar abaixo de 100 mg/m^3 , de outro modo a operação do motor a longo prazo deixa de ser possível.

2.16 Produtos de biomassa sólida

Existe um grande número de produtos de biomassa sólida no mercado, que podem ser usados em combustão ou sistemas de gaseificação. As maiores fontes destes produtos de energia são florestais, e agrícolas, bem como o sector de matérias primas secundárias.

As principais fontes e produtos finais de produtos de biomassa sólida de madeira, que estão disponíveis no mercado, são mostrados na figura seguinte.



Figura 2.43 - Produtos bioenergéticos a partir da madeira

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

As caldeiras modernas e os sistemas de combustão são otimizados, nas suas zonas de combustão, para as geometrias existentes de biomassa. As caldeiras a madeira, alimentadas manualmente, comportam somente certos comprimentos de toros e o material muito fino não queima da melhor maneira. Os queimadores de estilhas ou pellets, alimentados automaticamente, operam apenas com geometrias de combustível e teores de água específicos.

Contudo, para além da geometria, a composição química dos combustíveis tem um papel importante na combustão limpa. O grão de trigo e as briquetes de madeira, têm uma densidade quase idêntica (grão de trigo 750 kg/m^3 e briquetes de madeira 650 kg/m^3) e geometria similar, mas, o comportamento de fusão das cinzas destes produtos (grão de trigo aproximadamente 800°C e briquetes de madeira mais de $1,500^\circ\text{C}$) significa que o grão de trigo só pode ser usado em queimadores especiais, com grelhas de arrefecimento a água.

As seguintes secções apresentam as fontes de biomassa mais importantes, disponíveis no mercado.

2.16.1 Pelletes de madeira

As pelletes são formas mecanicamente estáveis de pó de madeira. Esta transformação (alta densidade de produto) permite um aumento da eficiência de muitos processos, tais como, um aumento do fluxo favorável e melhoria de propriedades de combustão. Os produtos peletizados podem ser transportados, usando sistemas existentes, tais como transportadores em parafuso ou equipamento de sucção.

Uma das vantagens de se utilizarem pelletes de madeira está no seu tamanho normalizado, permitindo que os produtores de caldeiras a madeira, mesmo para gamas de saída baixas até 50 kW, fabriquem sistemas de aquecimento completamente automáticos. Os pelletes de madeira têm uma elevada densidade energética permitindo que os sistemas de aquecimento obtenham autonomias equivalentes a sistemas com óleo de fontes de energia fóssil.

Os pelletes de madeira para aquecimento consistem em serradura ou estilhas de madeira não contaminadas. Durante a produção, 6 a 8 metros cúbicos de estilhas de madeira ou serradura são comprimidas a altas pressões, num metro cúbico de pelletes de madeira.



Figura 2.44 - Estilhas de madeira de uma plaina

Fotografia: creativ collection / www.sesolutions.de

Antes da produção de pelletes de madeira, os materiais são secos. O processo de produção resulta, geralmente, em pelletes com um comprimento entre 5 e 43 mm. A compactação acima dos 1000 bar permite que estes se mantenham estáveis, durante o transporte e enchimento, até à sua queima.

Como resultado da secagem e compactação, as pelletes têm um teor de água máximo de 8%. Para além disso apresentam uma densidade de mais de 650 kg por metro cúbico. Assim as pelletes de madeira apresentam um poder calorífico constante entre 4,9 e 5,4 kWh por quilograma. Regra geral, 2 kg de pelletes de madeira substituem cerca de 1 litro de óleo de aquecimento.

Na produção de pelletes de madeira, também são usadas colas naturais, como o amido do milho. Estas colas são adicionadas para facilitar o processo de prensagem, e para melhorar o equilíbrio

energético e a resistência abrasiva do produto. O limite máximo para as colas é de 2%, que estão estabelecidos de modo a minimizar o teor de cinzas, dado que a matriz de cinzas está otimizada para o sistema de combustão.



Figura 2.45 - Pelletes de madeira

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Mesmo se a produção de pelletes de madeira, com os seus processos de prensagem e secagem, for pouco eficiente do ponto de vista energético, este corresponde a menos de 2% do teor de energia do produto final. Por esta razão, os pelletes de madeira são significativamente melhores do que as fontes de energia fóssil, para as quais 10-12% da sua energia é necessária, para tratamento e purificação.



Figura 2.46 - Produção industrial de pelletes de madeira

Fotografia: Umdasch AG / www.umdach.com

2.16.2 Estilhas de madeira

Para aquecimento automatizado com madeira, em sistemas com limites de saída elevados, superiores a 50 kW, são usadas estilhas de madeira. Estas são produzidas a partir dos resíduos de madeira colhida e do processamento de madeira, através de cortadores mecânicos.

Para a produção de estilhas de madeira, existem disponíveis três aparelhos diferentes de corte mecânico (cortador, cortador cilíndrico e cortador de parafuso).



Figura 2.47 - Cortador cilíndrico para 100m³ de estilhas de madeira por hora

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Os requisitos energéticos específicos para o processo de corte variam entre 2 e 5 kWh por tonelada de produto cortado, ou seja, menos do que 0,5% da energia contida na madeira. Este requisito depende fortemente do teor de água na madeira. A madeira rija e seca ao ar necessita de cerca de 18% mais energia no processo de corte, do que a madeira fresca e húmida da floresta.

As estilhas de madeira têm geralmente um comprimento entre 1 e 10 centímetros. Têm até 4 cm de largura e estão divididas em três categorias comerciais: corte fino <3 cm, corte médio <5 cm e corte grosso <10 cm. A grande uniformidade do tamanho nas estilhas de madeira e um teor baixo em água são os requisitos essenciais para uma utilização eficaz, em sistemas de aquecimento automatizados.

Nas estilhas não devem existir impurezas, tais como, pedras, objectos de metal ou outros materiais estranhos. Para além disso, as estilhas de madeira não devem estar muito húmidas, para que se possa obter uma combustão limpa. A madeira fresca da floresta tem um teor de água de 50%, sendo este nível suficiente, para causar problemas técnicos na combustão.

Se o teor em água das estilhas estiver abaixo dos 40%, são classificadas como húmidas e requerem uma secagem posterior. Se for utilizado um método de secagem ao ar livre, consegue-se atingir um teor em água de cerca 20% depois de várias semanas de secagem.

Estilhas de madeira com elevada qualidade, para uso em sistemas de combustão automatizados, não contêm ou contêm uma quantidade mínima de casca de árvores. Isto torna possível assegurar que exista uma combustão óptima, com um teor mínimo de cinzas, menor que 0,5%.

Os sistemas de combustão automatizados conseguem garantir uma operação correcta se as estilhas de madeira tiverem os mesmos comprimentos e não houver sobredimensionamento no comprimento do material cortado. Por outro lado, os bloqueios e a formação de aglomerados no armazenamento podem causar paragens no sistema de combustão.



Figura 2.48 - Estilhas de madeira de alta qualidade

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Tal como os briquetes de madeira, as estilhas de madeira, têm de ser derivadas de madeira pura. As impurezas na forma de plásticos ou tintas, que não se conseguem remover da madeira velha, conduzem ao aumento de emissão de poluentes e do teor de cinzas. Por esta razão, o seu uso em caldeiras sem purificação do gás de exaustão é geralmente proibido.

A madeira processada em estilhas de madeira pode ser usada em todos os sistemas de combustão disponíveis. A gama total de saída num sistema de combustão totalmente automatizado, desde uma saída térmica de 50 kW e até várias dezenas de megawatts, pode ser coberta com este produto de biomassa.

2.16.3 Toros

A produção de toros divididos para fins energéticos, é a forma tradicional de preparação da madeira. Neste processo, a madeira é serrada em peças até 1 metro de comprimento. Estão estabelecidos outros três medidas de comprimento de toros: 25 cm, 33 cm e 50 cm. Todos os produtores de caldeiras têm optimizadas as geometrias das câmaras de combustão para estes comprimentos.

Depois de ser cortada no comprimento desejado, a madeira é dividida, para optimizar a área de superfície para combustão e para facilitar a secagem da madeira. Quando a madeira é separada manualmente, o toro é mantido em pé e separado em quatro partes ao comprido. Este processo também pode ser feito por uma máquina hidráulica de corte de madeira.



Figura 2.49 - Corte industrial de madeira

Fotografia: Biomassehof Allgäu GmbH / www.holzbrennstoffe.de

Para utilizar os toros em aquecedores é importante que a madeira esteja seca. Um bom toro de madeira tem um teor de água menor que 20 %. Este valor atinge-se depois de dois anos de armazenamento ao ar livre. Se este requisito for satisfeito, pode esperar-se um teor de cinzas residual dos toros menor que 0,5%.

A produção de toros é a forma energeticamente mais eficiente de preparação de madeira, como produto de biomassa. Os separadores mecânicos de toros requerem menos de 0,1% do teor de energia total. Por causa da sua falta de uniformidade, os toros não são adequados para a combustão automatizada. O seu uso é restringido a caldeiras de madeira, alimentadas manualmente.

2.16.4 Briquetes de madeira

Os briquetes de madeira são prensados do mesmo modo que as pelletes, a partir das estilhas de madeira e serradura. Neste caso também se utiliza madeira sem casca. Durante o processo de manufatura, a madeira tem de secar, até se obter um teor de água inferior a 10%.

Tal como as pelletes, os briquetes de madeira são compactados no processo de manufatura, comprimindo um metro cúbico de madeira rija, em 450 kg de briquetes de madeira. Com um poder calorífico de 18,5 megajoules por quilo, os briquetes de madeira atingem valores quase idênticos aos briquetes de lenhina.



Figura 2.50 - Briquetes de madeira armazenados

Fotografia: Umdasch AG / www.umdach.com

Uma elevada densidade de energia, boas propriedades de calor do material de madeira compactado e os baixos resíduos, com um máximo de 0,5% de teor de cinzas, tornam os briquetes de madeira um combustível ideal para sistemas de combustão pequenos, alimentados manualmente, tais como fornos, queimadores de madeira e fornos cerâmicos. Porque não contêm nenhuma resina de árvore, não são propensos a emitir faíscas. Por esta razão, os briquetes de madeira também são muito adequados para o uso em lareiras abertas.

2.16.5 Fardos de palha

A palha e outros produtos de ramagem são tratados em fardos compactados e em rolos. Os fardos rectangulares têm comprimentos de 80 cm a 250 cm, larguras de 30 cm a 120 cm e alturas de 30 a 130 cm. A compactação, durante a produção destes fardos, atinge densidades de armazenamento de 130 a 160 kg/m³.

Os fardos redondos, dependendo da maquinaria disponível, podem ser produzidos com diâmetros de 60 cm a 180 cm. Estes fardos têm um comprimento entre 120 cm e 150 cm e atingem densidades de armazenamento até 120 kg/m³.

2.17 Produtos biocombustíveis líquidos

Na Europa, o biodiesel é o único biocombustível líquido disponível no mercado geral, nas estações de distribuição. Embora as grandes empresas de óleo mineral por toda a Europa não ofereçam biodiesel nos seus postos de distribuição, em muitos países existe uma rede de estações de enchimento independentes, que fornece o produto biodiesel.



Figura 2.51 - Percurso do biodiesel

Fotografia: UfoP / www.ufop.de

Na Europa e nos EUA, o etanol e outras fontes de biocombustíveis líquidos são usados como componentes de mistura e aditivos. Como resultado, o cliente não se apercebe geralmente do seu uso.

A utilização directa de etanol puro como combustível, sistema implementado em larga escala no Brasil, é uma excepção.

2.18 Produtos biocombustíveis gasosos

Os produtos biocombustíveis gasosos são geralmente produzidos para aplicações estacionárias. Mesmo existindo exemplos de abastecimento de biogás em redes de gás natural, estes produtos estão geralmente ligados a uma instalação, não estando facilmente disponíveis no mercado. No entanto já foi testado o uso de biogás em automóveis ou máquinas agrícolas.

2.19 Possíveis usos técnicos

As fontes de biomassa são usadas em três campos principais de aplicação:

1. Produção de calor puro;
2. Produção de electricidade, e combinada com calor;
3. Uso como combustível para veículos.

As fontes de biomassa podem substituir totalmente as fontes de energia fóssil, nos três campos.

A principal área de aplicação para as fontes sólidas de biomassa é a produção de calor. Este pode ser produzido eficientemente em sistemas de combustão de tamanho pequeno (de 3 kW) e médio (cerca de 100 kW), e em grandes centrais térmicas (cerca de 10 MW). As fontes líquidas e gasosas de biocombustíveis são raramente usadas para produção de calor puro. A sua área de aplicação tende a ser mais na produção de electricidade ou no uso como combustível para veículos.

Os processos usados para produzir electricidade a partir da biomassa têm feito, durante muitos anos, parte da melhor tecnologia disponível,. Estes vão desde mini-estações de energia (com motores de combustão), até grandes centrais de energia (com turbinas a vapor).

2.19.1 Produção de calor

O calor pode ser produzido usando todas as fontes de biomassa nos estados sólido, líquido e gasoso. Enquanto a quantidade de calor produzido depende apenas do poder calorífico do combustível, as condições básicas necessárias para a combustão completa com baixas emissões, diferem para diferentes estados de agregação.

2.19.1.1 Combustão de fontes sólidas de biomassa

Os combustíveis sólidos orgânicos não são auto-inflamáveis, sob condições ambientais normais. Para que uma fonte sólida de biomassa queime, é necessário ter lugar uma cadeia complexa de processos de conversão termoquímica:

1. Aquecimento
2. Secagem
3. Decomposição pirolítica
4. Gaseificação do combustível sem água
5. Gaseificação do carbono sólido
6. Oxidação dos gases combustíveis

Os requisitos técnicos para uma conversão total dos combustíveis sólidos, nesta cadeia de processo são:

1. O ar oxidante deve ser fornecido em excesso;
2. O controlo do processo deve conduzir a uma mistura suficientemente boa dos gases combustíveis e do ar de combustão fornecido;
3. A mistura combustível/ar produzida no processo necessita de um tempo de actuação na área de reacção;
4. Todo o processo necessita de uma temperatura de combustão suficientemente elevada.

As caldeiras modernas de combustível sólido são projectadas de modo a criarem estas condições técnicas adequadas. Essencialmente, isto é possível com a separação espacial do fornecimento de ar e da chama (entrada de ar primária) e do fornecimento de ar à zona de combustão do gás (entrada de ar secundária). Assim, garante-se uma combustão uniforme dos combustíveis, e um baixo nível de emissões.

De seguida são explicadas em detalhe as fases individuais na combustão, usando combustíveis sólidos.

Fase 1: Aquecimento do combustível (menos de 100°C)

Quando os sistemas de combustão são alimentados, os combustíveis sólidos estão geralmente à temperatura ambiente, ou seja, a uma temperatura entre 10°C e 25°C. Antes que as reacções possam começar, o combustível sólido precisa de passar por uma fase de aquecimento.

Fase 2: Secagem do combustível (entre 100° C e 150° C)

Acima dos 100°C inicia-se a vaporização da água existente no combustível. Esta liberta-se do combustível, na forma de vapor de água.

Fase 3: Decomposição pirolítica dos componentes da madeira (entre 150°C e 230°C)

A decomposição pirolítica começa a temperaturas de cerca de 150°C. Neste processo, os componentes de cadeia longa dos combustíveis sólidos são quebrados em compostos de cadeia curta. Os produtos que surgem são gases e compostos líquidos de alcatrão, tais como o monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos gasosos (C_mH_n). A decomposição pirolítica da madeira não necessita de oxigénio.

As fases 1 a 3 são reacções endotérmicas (absorção de calor). Elas têm lugar automaticamente em qualquer fogo e servem para preparar o combustível para a oxidação. Uma vez atingido o ponto de inflamação, que é cerca de 230°C, as reacções exotérmicas (libertação de calor) iniciam-se com a entrada de oxigénio. A superfície exterior da madeira pode ser inflamada a cerca de 300°C e, a partir dos 400°C, ocorre combustão espontânea.

Fase 4: Gaseificação do combustível sem água (entre 230°C e 500°C)

A decomposição térmica do combustível sem água, sob a influência do oxigénio, inicia-se a um ponto de inflamação de cerca de 230°C. A gaseificação tem lugar na chama de um fogo de combustível sólido. O oxigénio (como ar primário) fornece calor suficiente na sua reacção, com produtos gasosos

da pirólise capazes de afectar os produtos sólidos e líquidos de pirólise, tais como o carbono e alcatrão.

Fase 5: Gaseificação do carbono sólido (de 500°C a 700°C)

Nesta fase, sob a influência do dióxido de carbono (CO_2), vapor de água existente e oxigénio (O_2), produz-se monóxido de carbono combustível. A gaseificação do carbono sólido é exotérmica e liberta luz e raios de calor, que tomam a forma de uma chama visível.

Fase 6: Oxidação dos gases combustíveis (de 700°C a cerca de 1.400°C)

A oxidação de todos os gases combustíveis, resultantes das etapas do processo precedente, representa o fim da reacção de combustão para os combustíveis sólidos. Sob a influência do ar secundário, efectua-se a combustão completa e limpa da mistura de gases.

O processo de conversão pode ser visualizado na figura abaixo:

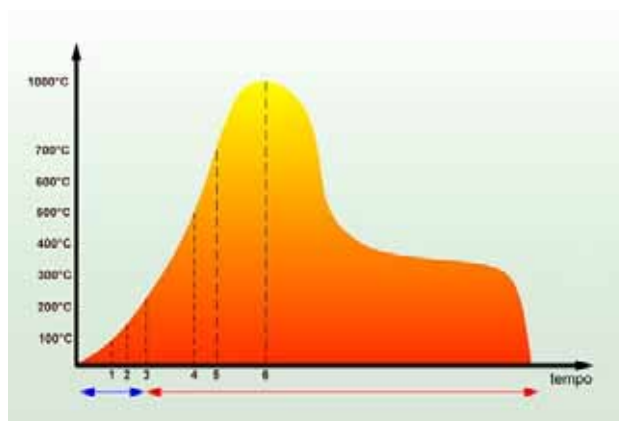


Figura 2.52 - Gráfico de temperatura na combustão de lenha

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

A lenha inflamada como combustível apresenta a curva de calor mostrada acima. A combustão baseia-se num equilíbrio entre reacções endotérmicas (absorção de calor), representadas com uma seta azul, e reacções exotérmicas (libertação de calor), representadas com uma seta vermelha.



Figura 2.53 - Chamas de um fogo a lenha

Fotografia: colecção criativa / www.sesolutions.de

As diferentes cores das chamas, num fogo com madeira, são o resultado de vários processos de combustão. As chamas amarelas ocorrem com a pós-combustão de partículas de carbono, tal como a

fuligem. As chamas azuis ocorrem quando a madeira é pirolisada em monóxido de carbono. Ambas as volatilizações e a fase seguinte de combustão são fortemente dependentes da superfície de reacção disponível.

Quando uma peça de madeira grande é queimada, a combustão acontece num processo contínuo, no qual as mudanças termoquímicas se movem de fora para dentro do material. O diagrama abaixo apresenta uma secção em corte, de uma peça de madeira a arder, caracterizada esquematicamente.

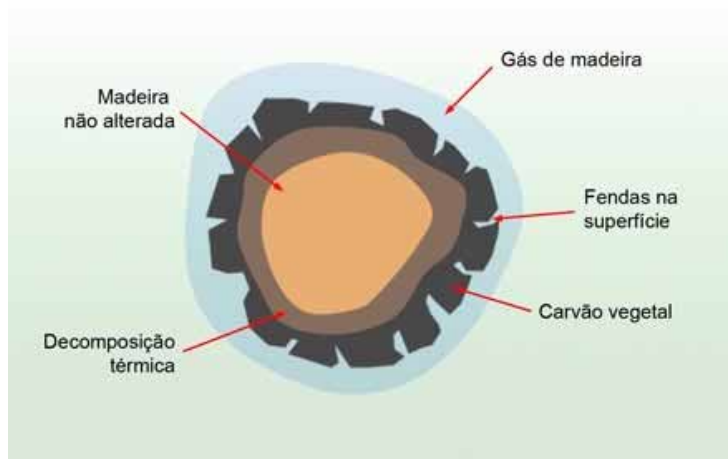


Figura 2.54 - Secção de um cepo a arder

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

Neste exemplo, visualizam-se claramente as várias etapas de processo de secagem, gaseificação e combustão através da madeira. A superfície de reacção disponível tem um papel importante na velocidade dos processos. Ao reduzir o tamanho dos combustíveis aumenta-se a superfície específica para que as reacções tenham lugar existindo a possibilidade de uma conversão mais rápida do combustível.

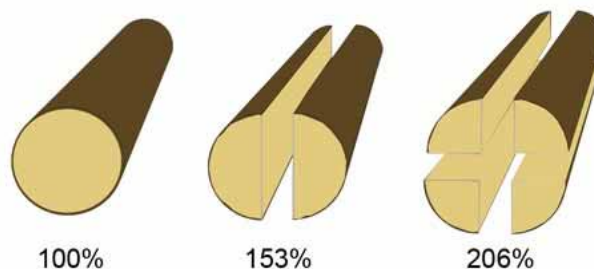


Figura 2.55 - Área de reacção da superfície/volume

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

A divisão e redução do tamanho da lenha cria as condições ideais para que decorra uma combustão de baixas emissões, na qual, as fases de arranque e queima do combustível são minimizadas. Isto torna mais fácil a saída de calor dos sistemas de combustão, e podem ser projectados sistemas de armazenamento de calor mais precisos.

À medida que a combustão prossegue, através das várias etapas do processo, são libertados poluentes dos biocombustíveis sólidos. Contudo, um bom controlo de processo pode eliminá-los, antes de escaparem para o ambiente. Os poluentes devidos à combustão de fontes de biomassa sólida podem ser divididos em duas classes:

- A. Poluentes resultantes de combustão incompleta
- B. Poluentes resultantes de combustão completa

As substâncias prejudiciais resultantes da combustão incompleta são: o monóxido de carbono (CO), carbono (C), bem como hidrocarbonetos e compostos de alcatrão (C_mH_n) e partículas não queimadas. A geração destes poluentes pode ser evitada, se a combustão seguir os seguintes critérios:

1. Temperatura mínima $> 800^{\circ}\text{C}$;
2. Oxigénio suficiente, ar em excesso $> 1,5$;
3. Tempo de repouso dos gases na zona de combustão $> 0,5$ segundos.

Os poluentes resultantes da combustão completa, compreendem principalmente: óxidos de azoto (NO_x) e monóxido de carbono residual (CO). Enquanto os óxidos de azoto são produzidos pelo ar de combustão e pelo azoto contido nos combustíveis, o monóxido de carbono é um indicador da qualidade da combustão. O teor de monóxido de carbono nos gases de exaustão do sistema de combustão é determinado, principalmente, pelo número de ar em excesso (λ) e o design do sistema de combustão.

Os sistemas de combustão modernos, com uma via separadora do ar primário e secundário, e uma zona de combustão suficientemente grande, criam as condições certas para a existência baixas emissões de combustão. Deste ponto de vista, as caldeiras alimentadas manual ou automaticamente são usadas em aplicações para produção de calor puro.

Para uma boa eficiência geral, os sistemas modernos de combustão têm que criar as condições de processo óptimas, para todas as fases de combustão. Isto aplica-se particularmente a fornecimentos primários e secundários de ar de combustão, que representa o factor limitante para uma combustão limpa e uma elevada eficiência.

Em caldeiras modernas, ambas as alimentações de ar são projectadas com ventiladores, geralmente controlados electronicamente, ou adaptados com palhetas de ar reguláveis. Isto permite que a saída da caldeira possa variar com a alimentação de ar primário. Com uma alimentação de ar secundário regulada da mesma maneira, é possível garantir a combustão óptima de ar, durante todo o processo. Como consequência, as emissões poluentes são minimizadas no decorrer da operação e na fase de aquecimento crítica.

Nos dias que correm, é necessário cada vez mais, ter sistemas de aquecimento regular nas habitações, quer para aquecimento do ar ambiente, ou para água do chuveiro. Essas necessidades causam grandes problemas para sistemas de aquecimento a madeira não regulados. Na prática, este problema é resolvido, quer com a instalação de tanques de armazenamento bem dimensionados, quer com uma alimentação automática constante de combustível novo.

Os tanques de armazenamento bem dimensionados podem absorver toda a produção de calor, de uma carga de combustível, e armazená-lo podendo posteriormente fazer a distribuição de calor pela rede de aquecimento da casa, quando necessário.



Figura 2.56 - Tanque moderno de armazenamento

Fotografia + gráfico: Viessmann Werke / www.viessmann.com

O funcionamento de um tanque de armazenamento, com uma caldeira a madeira pode ser explicado, com a ajuda do seguinte gráfico:

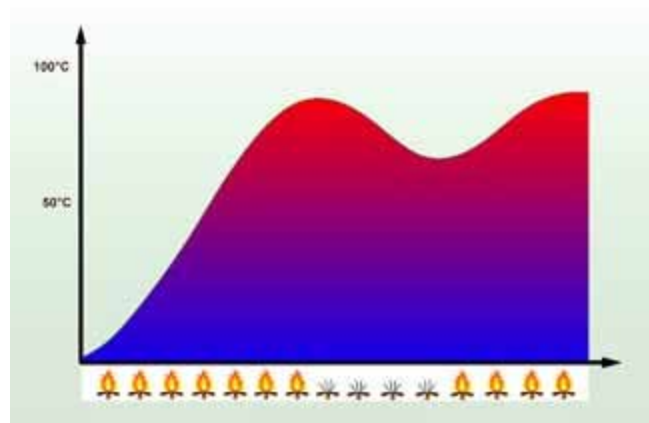


Figura 2.57 - Como funciona um sistema de armazenamento

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

Os sistemas de armazenamento modernos indicam à caldeira, através de um interruptor de valor limite, quando necessitam de calor. Isto permite que os intervalos de combustão da caldeira sejam coordenados e que o número de sequências de inflamações na caldeira seja reduzido.

O sistema de armazenamento permite que sistemas de aquecimento a madeira sejam, por um lado, flexíveis e reajam rapidamente a requisitos de calor e, por outro lado, prolonguem os intervalos de combustão. Isto ajuda a reduzir o desgaste da caldeira e a minimizar o número de combustões parciais.

Para além da utilização de tanques de armazenamento, outra possibilidade, para atingir uma saída de calor constante, é usar uma unidade de alimentação automática.

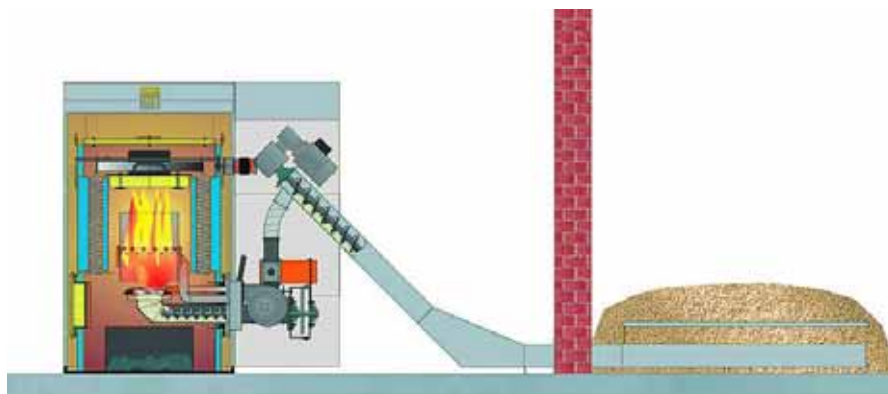


Figura 2.58 - Caldeira de alimentação automática

Gráfico: Oekofer / www.oekofer.at

As caldeiras alimentadas manualmente a madeira sólida ou pelletes estão disponíveis para uma gama de energia térmica de 1 kW até 100 kW. Na gama de 10 kW a 50 kW, usam-se principalmente pelletes de madeira enquanto que na gama de saída acima de 50 kW, é predominante o uso de estilhas de madeira.

2.19.1.2 Combustão de fontes biocombustíveis líquidas

As fontes biocombustíveis líquidas, óleo vegetal ou biodiesel, podem ser usadas para produção de calor puro.

Na sua viscosidade e comportamento de queima, o biodiesel é igual ao óleo de aquecimento convencional. Consequentemente, as caldeiras de queima de óleo, admitindo que todas as partes plásticas e metais em contacto com o combustível são resistentes ao biodiesel, também podem ser usadas sem qualquer conversão.

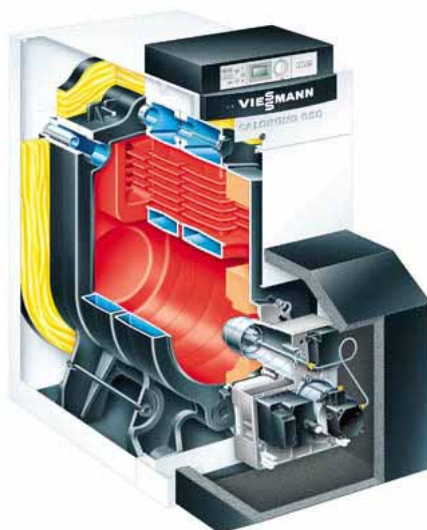


Figura 2.59 - Caldeira moderna a óleo

Gráfico: Viessmann Werke / www.viessmann.com

O óleo vegetal natural, em contraste, tem maior viscosidade que o óleo de aquecimento. Consequentemente, são necessárias diferentes geometrias de queimadores para a sua utilização o que leva a que não possa ser usado nos queimadores de óleo convencionais.

Alguns fabricantes têm queimadores especiais de óleo de sarmento de vinha que usam um método centrífugo para assegurar uma distribuição inflamável do óleo viscoso. Misturas de mais de 20% de óleo vegetal com óleo de aquecimento não afectam significativamente a viscosidade resultante. No entanto com uma proporção de mistura de 5%, observou-se a carbonização e a formação de depósitos nos bocais e placas dos orifícios.

2.19.1.3 Combustão de fontes biocombustíveis gasosas

Os gases biogénicos, quando de qualidade adequada, podem ser usados em caldeiras a gás convencionais, nomeadamente em caldeiras de baixa temperatura e caldeiras de condensação.



Figura 2.60 - Caldeira moderna de condensação de gás

Gráfico + fotografia: Ritter GmbH & Co. KG / www.paradigma.de

Comparado com o gás natural, o biogás apresenta uma velocidade de propagação da chama mais baixa. Por esta razão, ao usar o biogás os tubos do queimador necessitam de ser ajustados nas caldeiras a gás. Para pequenas saídas de aquecimento, até 30 kW, são geralmente usados queimadores atmosféricos. Quantidades maiores de gás, por outro lado, só podem ser utilizadas em queimadores com ventiladores.

O tempo de vida útil e a intensidade de manutenção dos aquecedores a biogás depende da composição do gás depois da sua preparação. Particularmente nas caldeiras de condensação, um alto teor residual de ácido sulfídrico (H_2S) pode provocar danos irreparáveis.

O biogás e outros gases biogénicos, são raramente usados puros na produção de calor. Muitas vezes, é economicamente mais vantajoso, transformar em electricidade. Geralmente, o biogás é utilizado para sistemas combinados de calor e energia.

2.19.2 Geração combinada de calor e energia

A electricidade produzida, a partir das fontes de biomassa, é normalmente produzida em cogeração. Em termos de tecnologia, são utilizados motores de combustão, turbinas stirling e máquinas a vapor. Numa pequena escala podem ser usadas pilhas de combustível.

Os argumentos principais de utilização da cogeração residem em interesses económicos e na eficiência energética. A produção de electricidade a partir de combustíveis realiza-se, em grande parte, por meio de geradores de cogeração, que extraem a energia mecânica da energia térmica. Esta pode ser convertida nos geradores em energia eléctrica. Na prática a eficiência de conversão máxima atingida para a electricidade ronda os 40%. O resto da energia continua a existir na forma de calor.

Num sistema de cogeração, a electricidade e o calor são produzidos ao mesmo tempo. Em contraste com uma central de condensação, na qual o calor produzido em cogeração é dissipado por meio de um permutador de calor, em centrais de cogeração a energia eléctrica e térmica são utilizadas imediatamente.

Se o objectivo for otimizar economicamente a utilização das fontes de energia, o calor libertado durante a produção de energia tem de ser utilizado. Um sistema descentralizado de cogeração pode atingir uma eficiência total de 90% da energia primária de entrada. Ou seja, existe um grande aumento na eficiência de utilização, comparada com os meros 36% de eficiência na produção de energia eléctrica, nas centrais de condensação.

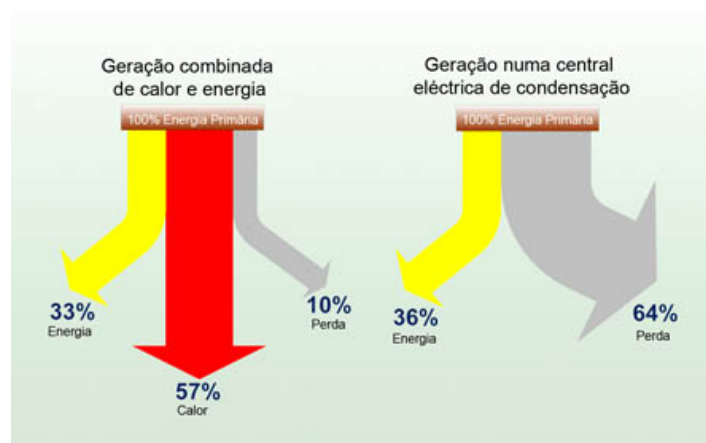


Figura 2.61 - Eficiência da geração de energia

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

A produção de energia em cogeração proporciona uma melhor utilização da energia primária de entrada.

Dimensionamento de um sistema de cogeração

O dimensionamento do output térmico e eléctrico das centrais de cogeração é um factor decisivo para a eficiência do projecto. Os geradores, que operam em paralelo com a rede, isto é, ligados directamente à rede de electricidade, podem ser projectados para serem controlados por calor. Neste caso, o sistema está regulado de tal modo que o calor produzido é utilizado e se, ao mesmo tempo, for produzida electricidade em excesso, é enviada para a rede de electricidade.

A base para o dimensionamento deste sistema de cogeração é uma curva de duração de carga anual. Os requisitos de energia para a rede de aquecimento de um local, são calculados ao longo do ano e representados na forma de um gráfico:



Figura 2.62 - Curva de duração de carga anual para necessidades térmicas

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

O output térmico usado num edifício é registado e assinalado, em ordem decrescente, num gráfico. Os sistemas de cogeração, têm um dimensionamento optimizado, quando têm um tempo de funcionamento máximo possível para fornecimento de calor.

Os sistemas CCE, dimensionados de acordo com considerações económicas, cobrem 10 a 35% da energia eléctrica ou térmica máxima de um edifício. Geralmente, isto atinge um tempo de funcionamento anual acima de 5000 horas. Em termos da energia total, o sistema CCE cobre, então, cerca de 50 a 80 por cento das necessidades anuais de calor e energia.

Se um sistema CCE for instalado em combinação com uma caldeira, garante-se um tempo anual de funcionamento para a unidade acima de 5000 horas e, portanto, uma operação económica.

Os valores da tabela seguinte servem de guia para o dimensionamento de um sistema CCE para edifícios de habitação, tais como lares de idosos, hotéis, hospitais ou blocos de apartamentos:

Tabela 2.7 - Dimensionamento de sistemas de cogeração

Dados: Glizie GmbH / www.glizie.de

| Necessidades anuais de calor kWh/a | Necessidades de calor em Agosto kWh/mês | Necessidades de electricidade anuais kWh/a | Saída óptima do sistema de cogeração kWe |
|---------------------------------------|---|--|--|
| 150.000 | 4.500 | 45.000 | 7 |
| 250.000 | 7.500 | 75.000 | 11 |
| 400.000 | 12.000 | 120.000 | 18 |
| 600.000 | 18.000 | 180.000 | 27 |
| 800.000 | 24.000 | 240.000 | 36 |
| 1.000.000 | 30.000 | 300.000 | 45 |
| 1.200.000 | 36.000 | 360.000 | 54 |
| 1.400.000 | 42.000 | 420.000 | 63 |
| 1.600.000 | 48.000 | 480.000 | 72 |
| 1.800.000 | 54.000 | 540.000 | 81 |
| 2.000.000 | 60.000 | 600.000 | 90 |
| 2.200.000 | 66.000 | 660.000 | 99 |
| 2.400.000 | 72.000 | 720.000 | 108 |
| 2.600.000 | 78.000 | 780.000 | 117 |
| 2.800.000 | 84.000 | 840.000 | 126 |
| 3.000.000 | 90.000 | 900.000 | 135 |
| 4.000.000 | 120.000 | 1.200.000 | 180 |
| 5.000.000 | 150.000 | 1.500.000 | 225 |
| 6.000.000 | 180.000 | 1.800.000 | 270 |
| 8.000.000 | 240.000 | 2.400.000 | 360 |
| 10.000.000 | 300.000 | 3.000.000 | 450 |

O dimensionamento de sistemas de cogeração, conforme a tabela anterior, funciona do seguinte modo:

Um sistema de cogeração tem uma saída óptima quando as necessidades anuais de calor, as necessidades no mês de Agosto e as necessidades de electricidade anuais são alcançadas ou excedidas pelo output eléctrico da CCE. Deve notar-se, que a respectiva linha de valores mais baixa (na tabela) determina a saída de energia do sistema. No exemplo mostrado a vermelho para um edifício de apartamentos, resulta numa saída eléctrica de CCE óptima de 18kW.

O dimensionamento preciso é importante no planeamento das centrais. Se a unidade seleccionada for muito grande, não é económica e os seus tempos de funcionamento anuais são muito baixos. Ao contrário, se a unidade seleccionada for demasiado pequena, então o benefício potencial, económico e ecológico não é atingido.

Para o planeamento de instalação de centrais de cogeração, deve existir sempre um estudo detalhado da integração hidráulica na rede de aquecimento, da tecnologia dos sistemas eléctricos, do isolamento do ruído, da saída do gás de exaustão e do fornecimento de combustível.

Para a integração hidráulica das unidades de cogeração em redes térmicas de edifícios, apresentam-se dois exemplos de ligação, com caldeiras de baixa temperatura e caldeiras de condensação.

Exemplo 1: Sistema de cogeração e caldeira de baixa temperatura

Quando se usa um sistema CCE, juntamente com caldeiras convencionais, ou caldeiras de baixa temperatura, ou caldeiras a lenha, a sua integração no circuito de aquecimento traz vantagens técnicas. Deste modo, um sistema CCE pode ser integrado em circuitos de aquecimento existentes, sem requerer uma tecnologia de controlo especial.

Esta solução é construída, ligando o tubo de alimentação à caldeira, e inserindo água de aquecimento (aquecida na unidade CCE). Com a unidade CCE em funcionamento, aumenta portanto a temperatura da caldeira, reduzindo assim os tempos de operação da mesma.

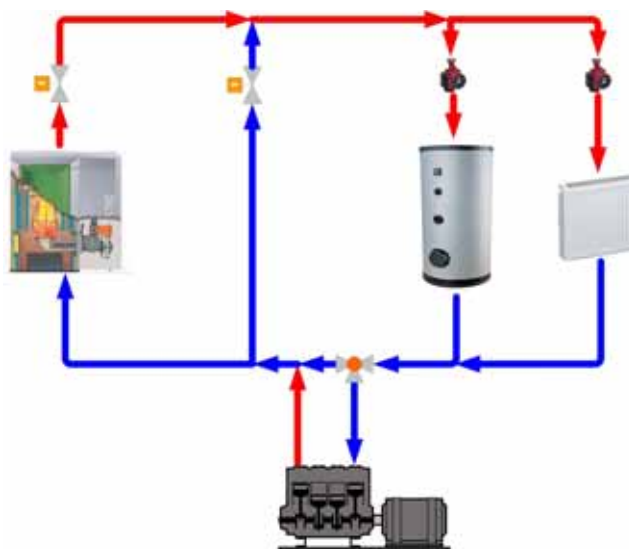


Figura 2.63 - Sistema de cogeração no circuito de aquecimento com caldeira a lenha

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

Exemplo 2: CCE com caldeira de condensação e tanque de armazenamento

Se uma unidade de CCE for usada em conjunto com uma caldeira de condensação, obtêm-se desvantagens em integrar a unidade de CCE na alimentação porque limita a utilização da energia de aquecimento da caldeira.

A unidade de CCE é portanto integrada no sistema de aquecimento paralelo à caldeira de condensação. É usado um tanque de armazenamento ou um interruptor hidráulico, para equalização hidráulica. Este método evita, tanto quanto possível, a interferência entre as bombas. Para além disso, a bomba da caldeira deve ter um controlo dependente da temperatura. Quando a caldeira está a trabalhar, evita-se qualquer fluxo excedente de água quente na caldeira via tanque de armazenamento.

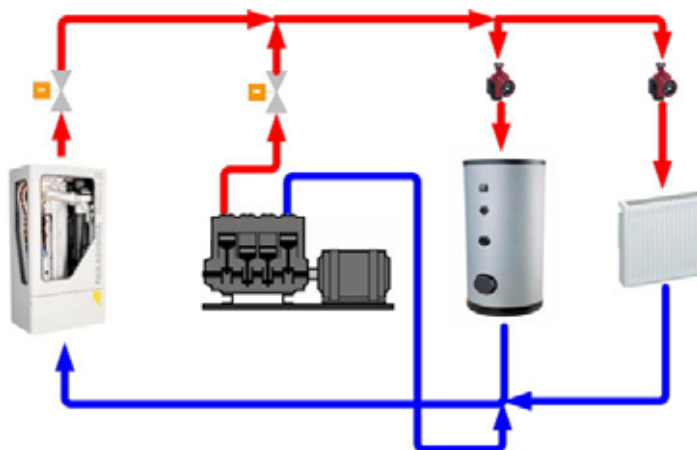


Figura 2.64 - Sistema de cogeração no circuito de aquecimento com caldeira de condensação

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

A ligação de retorno da unidade de CCE está localizada na zona de carga, de modo a não forçar a unidade de CCE a desligar enquanto a caldeira está a funcionar, mesmo se houver fluxo excedente, devido ao tanque de armazenamento.

Tal como o sistema de cogeração e a caldeira, os tanques de armazenamento são usados em muitas aplicações. Isto justifica-se pela sua utilidade, para cobrir picos de calor de curta duração. Com o seu

volume de armazenamento de calor, evita-se o funcionamento da caldeira em picos de carga e aumenta-se o tempo de funcionamento contínuo da unidade de CCE.

Na prática, o dimensionamento do permutador de calor, para aquecer a água do tanque de armazenamento, deve condizer com a saída térmica da unidade de CCE e não com a saída total do sistema de aquecimento.

2.19.2.1 Motores de combustão

Uma variação técnica no uso de fontes biocombustíveis líquidas e gasosas para a geração combinada de calor e energia são os motores de combustão. Estas unidades existem em dois grupos tecnológicos diferentes, de acordo com o tipo de combustão (combustão interna ou externa).

Os motores de combustão interna incluem motores de ignição, motores de gás-diesel e motores diesel de injeção piloto. Um exemplo de um motor de combustão externa é o motor Stirling. A tabela seguinte resume as características técnicas dos vários sistemas de motores:

Tabela 2.8 - Dados técnicos para máquinas de combustão

Tabela: Dobelmann / www.sesolutions.de

| | Motor de ignição a gás | Motor de gás-diesel | Motor de injeção diesel | Motor Stirling |
|----------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|
| Localização da combustão | Interna | Interna | Interna | Externa |
| Eficiência (%) | 22 - 27 | > 35 | 28 -35 | < 30 |
| Tempo de vida | Baixo | Alto | Médio | Experimental |
| Necessidades de manutenção | Alto | Baixo | Alto | Experimental |
| Custos de investimento | Baixo | Alto | Médio | Experimental |
| Classe de desempenho (kW) | >5 | > 150 | 30 -150 | Experimental |

A escolha do motor a usar depende principalmente do projecto. Os motores são escolhidos pela sua potência e especificações, em conjunto com o combustível disponível.

Os pequenos projectos com necessidades de aquecimento baixas e possivelmente esporádicas tendem a ser equipados com motores de ignição a gás ou motores de injeção diesel. Por outro lado, os motores diesel-gás de alta compressão, que têm custos de investimento elevados, tendem a ser usados em projectos de grandes dimensões.

Motor de ignição a gás

Na sua construção, os motores de ignição a gás são idênticos aos motores a gasolina, usados nos carros. O carburador usado nos motores a gasolina é substituído por um misturador a gás. Este misturador gera uma mistura inflamável de combustível e do ar de entrada do motor, que então entra em ignição através da faísca produzida pela vela de ignição.



Figura 2.65 - Sistema de cogeração de injeção a gás com saída de 300 kW

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Motor gás-diesel

Os motores a gás-diesel podem ser projectados como motores a diesel normais, que depois são ajustados à ignição a gás, ou a sua compressão é tão alta que a ignição não é necessária. A classe de energia destes motores excede geralmente os 150 kW de energia eléctrica. Como resultado da construção robusta, são normais tempos de vida em serviço acima de 80000 horas de funcionamento.



Figura 2.66 - Ajuste de um êmbolo num motor de grandes dimensões

Fotografia: MAN BW / manbw.de

Motor de injeção a diesel

Os motores diesel de injeção são motores a diesel convertidos, que são capazes de queimar biogás, misturado com ar.



Figura 2.67 - Sistema de cogeração de injeção a diesel com 100 kWe de energia

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Uma vez que esta mistura de ar/gás não se auto inflama com as pressões de compressão criadas nos motores diesel, a ignição externa tem de ser fornecida, tal como com os motores de ignição, por faísca. Assim, os motores diesel de injeção piloto usam bocais de injeção existentes e introduzem diesel e óleo de aquecimento no cilindro, junto com a mistura comprimida de gás/ar. Este jacto de combustível inflama, como resultado da compressão, e consequentemente inflama a mistura e o processo de combustão realiza-se. A quantidade de óleo inflamado, necessário para operar o motor, é deste modo cerca de 7-10% da saída total atingida do motor. O tempo de vida deste tipo de motor é cerca de 30.000 a 40.000 horas de funcionamento.

Motor Stirling

Os motores Stirling são um exemplo de motores que usam a combustão externa. Estes geradores de calor e energia utilizam a diferença de temperatura entre dois pontos e convertem esta diferença de energia em energia mecânica.



Figura 2.68 - Sistema de cogeração stirling com 10 kWe de saída

Fotografia: Dobelmann / www.sesolutions.de

Os motores Stirling ainda estão pouco difundidos em aplicações industriais. Infelizmente, a vantagem da combustão externa, também causa problemas, dado que não consegue assegurar uma transferência de calor constante para o cilindro.

Motor de êmbolo a vapor

Os motores de êmbolo a vapor são a versão moderna da máquina a vapor, inventada por James Watt em 1769.

As máquinas movidas a vapor são alimentadas com caldeiras a vapor. Requerem pressões de vapor entre 6 e 60 bars. Se a máquina for um elemento intermédio, num circuito de produção, então podem ser toleradas contrapressões até 25 bars. As máquinas a vapor podem lidar com velocidades de fluxo até 40t/h.

As classes de desempenho destas máquinas estão entre 25 kW e 1500kW. Tendo velocidades nominais entre 750 e 1500 rotações por minuto (rpm).

Se for necessário aumentar a potência das máquinas, estas podem ser preparadas num circuito em cascata e é possível trabalhar com modelos de expansão multi etapas. O rendimento energéticos das máquinas pode também ser optimizado, com um controlo do enchimento, para limites de carga completos ou parciais.



Figura 2.69 - Motor de êmbolo a vapor com 1.5 MWe de saída

Fotografia: Spilling Energie / www.spilling.de

As máquinas a vapor são unidades robustas e bem comprovadas para combustíveis sólidos. São fáceis de operar e, devido às velocidades lentas do êmbolo e baixo uso, oferecem alta eficácia. As máquinas a vapor têm baixos requisitos, relativamente à qualidade de água de alimentação e podem ser usadas com eficiência, sempre que se deseje a cogeração, com uma proporção de aproximadamente 10 a 15%.

2.19.2.2 Turbinas

As turbinas podem ser divididas em quatro tipos diferentes:

1. Turbinas a vapor;
2. Turbinas a gás;
3. Turbinas de ciclo orgânico Rankine (COR);
4. Turbinas de ar quente.

De seguida apresenta-se uma explicação técnica dos conceitos envolvidos nestas turbinas.

Turbinas a vapor

No processo de energia a vapor, a água é alimentada por via de uma bomba de alimentação, para uma caldeira de vapor, consistindo num vaporizador e num sobreaquecedor. Aqui, muda do estado líquido para o estado gasoso. O volume do vapor que resulta é então expandido, através de uma turbina que está acoplada a um gerador. O vapor expandido e arrefecido é recolhido num condensador ou torre de arrefecimento e retorna a um estado líquido.



Figura 2.70 - Montagem de uma turbina a vapor

Fotografia: Siemens AG / www.siemens.de

As despesas estruturais, envolvidas nas unidades necessárias para a produção de vapor, significam que, por razões económicas, o limite de energia mais baixo para este processo seja de 300 kW.

Turbinas a gás

Ao contrário das turbinas a vapor, descritas na secção anterior, que operam num circuito fechado aquecido externamente, as turbinas a gás são aquecidas directamente. Aqui, os combustíveis entram em combustão com o oxigénio, numa câmara de combustão onde se inclui a turbina, e expelidos através das lâminas da turbina. O movimento rotativo resultante é convertido em energia eléctrica, por um gerador.



Figura 2.71 - Montagem de uma turbina a gás

Fotografia: Siemens AG / www.siemens.de

As turbinas a gás são produzidas em tamanhos até vários megawatts. Contudo, micro turbinas a gás podem fornecer gamas de energia eléctrica mais baixas, começando em 30 kW.

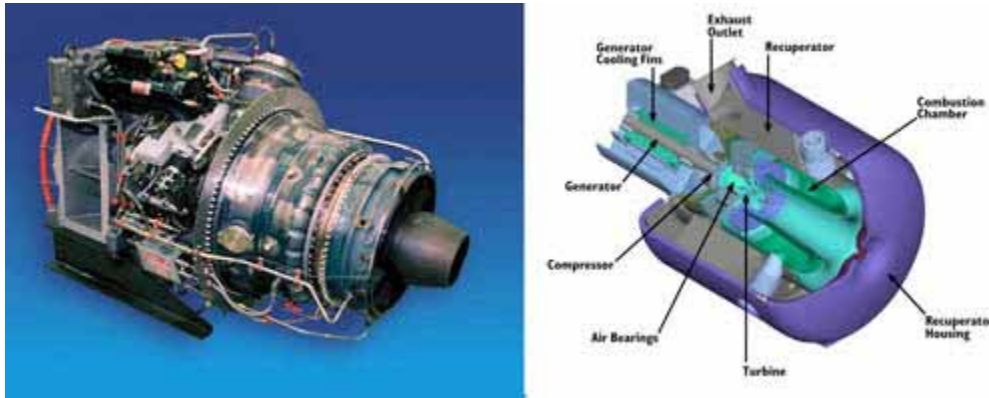


Figura 2.72 - Turbinas de micro gás

Fotografia: MTU AG / www.mtu.de

Gráfico: Capstone Inc. / www.capstone.com

Um dos aspectos típicos das máquinas geradoras de calor e energia é a perda de eficiência, em operação de carga parcial, sendo portanto necessário um fluxo de gás constante na turbina. Para além disso, a eficiência eléctrica de pequenas turbinas a gás (média de 25-29%), com um nível de energia eléctrica de 200kW, fica abaixo das máquinas de combustão convencional.

Turbinas de ciclo orgânico Rankine (COR)

Nos sistemas de ciclo orgânico Rankine (COR), são usadas turbinas que em vez de água têm, como meio de trabalho, solventes orgânicos de ponto de ebulição baixo. O seu limite energético está entre os 50kW e 2,5 MW.

Em contraste com outros sistemas de turbinas, as turbinas COR podem ser usadas com diferenças de temperatura mais baixas.

Como processo típico secundário, as áreas de aplicação são o uso de energia geotérmica e solar térmica e a utilização de calor residual das centrais de aquecimento a biomassa.

Turbinas de ar quente

Nalguns casos, a combustão directa de gases biogénicos em turbinas abertas de gás causa problemas técnicos. Nestes casos, podem ser usadas turbinas de ar quente com combustão externa.

Estas turbinas diferem das turbinas a gás de combustão interna, pelo facto de terem um aquecimento externo. Aqui o gás, que circula num circuito fechado, é aquecido a uma temperatura de entrada na turbina perto do aquecimento isobárico. Na turbina, o ar sofre então uma expansão irreversível até à pressão atmosférica.

Tal como para todas as turbinas, a potência da rede resulta da diferença entre a potência da turbina e a potência do compressor. As turbinas de ar quente são processos primários típicos, que requerem um nível elevado de temperatura.

2.19.2.3 Pilhas de combustível

As pilhas de combustível são um tipo de conversor de energia electroquímica. Elas convertem em água, gases ricos em hidrogénio com o oxigénio do ar ou em forma pura, e extraem directamente a energia eléctrica e o calor deste processo. Esta forma de conversão electroquímica foi recomendada em 1897, por Wilhelm Ostwald, no encontro da Bunsen Society, para a Criação da Conservação de Recursos Combustíveis de Energia Eléctrica.



Figura 2.73 - Pilha de combustível de uso industrial

Fotografia: MTU AG / www.mtu.de

Quatro tipos de pilhas de combustível têm tecnologia adequada para a utilização de gases biogénicos:

1. Pilha de combustível de membrana polimérica electrolítica;
2. Pilha de combustível de ácido fosfórico;
3. Pilha de combustível de carbonato fundido;
4. Pilha de combustível de óxido sólido.

Os dois tipos de pilhas adicionais existentes, pilhas de combustível alcalinas e de metanol directo, não podem ser operadas directamente, tendo como componente principal do biogás, o metano (CH_4). As pilhas de combustível alcalinas (PCA) apenas podem ser operadas com hidrogénio puro (H_2). As pilhas de combustível de metanol directo (PCMD) não servem para o uso de biogás, visto que apenas operam sem problemas se utilizarem metanol puro como combustível. O hidrogénio e o metanol podem ser extraídos da biomassa sólida.

2.19.3 Processamento de um produto

Para além da utilização energética directa das fontes biocombustíveis gasosas e líquidas, para a produção de calor ou cogeração, a preparação e venda de combustíveis processados é uma alternativa interessante. Os requisitos para a qualidade da preparação e do produto resultante são particularmente elevados.

2.19.3.1 Processamento de combustível para veículos

Os gases biogénicos precisam de ser processados e comprimidos para 200 bars, de modo a assegurar uma margem operacional suficiente, para veículos completamente movidos a combustível. Tal como as medidas para impedir a corrosão, remoção de ácido sulfídrico e amoníaco, é também essencial filtrar e secar o gás que é usado. Uma medida posterior passa pela separação do dióxido de carbono, para aumentar o poder calorífico do combustível produzido.

Vários processos podem ser usados para preparar o biogás:

- filtros moleculares para separar o dióxido de carbono, em combinação com filtros de carbono activo que eliminam o ácido sulfídrico;
- absorvedores de pressão, movidos a água, para eliminar simultaneamente ambos os componentes do gás.

Os requisitos mínimos de qualidade para o uso de biogás como combustível em veículos são os seguintes:

Tabela 2.9 - Requisitos mínimos de qualidade para o uso de biogás como combustível em veículos

| Nome | Unidade | Gás bruto de biogás | Combustível biogás |
|---------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| Metano (CH ₄) | Vol. % | 50-75 | >95 |
| Dióxido de carbono (CO ₂) | Vol. % | 25-50 | 3-4 |
| Vapor de água (H ₂ O) | g/m ³ | 10-50 | 0,032 |
| Azoto (N ₂) | Vol. % | 0-5 | - |
| Oxigénio (O ₂) | Vol. % | 0-2 | <1,0 |
| Hidrogénio (H ₂) | Vol. % | 0-1 | <0,5 |
| Amoníaco (NH ₃) | Vol. % | 0 - 1 | - |
| Ácido sulfídrico (H ₂ S) | Vppm | 0 - 6.000 | <15 |
| Partículas sólidas | µm | < 100 | < 5 |

2.19.3.2 Alimentação da rede de gás natural

Para fornecer biogás às redes de gás natural ou gás de cidade, é necessário usar mecanismos de preparação de combustíveis, como descrito no capítulo anterior. Porque a pressão existente nos serviços de biogás é insuficiente ou pode estar sujeita a grandes variações, devido ao processo de produção, antes de alimentar a rede pública de gás é necessário aumentar a pressão para limites de pressão relevantes.

Tabela 2.10 – Pressão necessária para fornecer biogás às redes de gás natural

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Linhas de baixa pressão | até 50 mbars |
| Linhas de média pressão | 50 mbars até 1 bar |
| Linhas de alta pressão | acima de 1 bar até 80 bars |

No entanto, as alimentações directas da rede são muito raras, dado que, o biogás tem de passar por todas as fases de tratamento no local e ser adaptado à qualidade predominante do gás natural na rede.

3 BIOGÁS A PARTIR DE SISTEMAS DE DIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia (DA) de efluentes agro-pecuários é uma técnica que tem sido aplicada há várias décadas. Apesar das primeiras instalações de DA apresentarem diversas dificuldades técnicas, hoje é consensual que são técnica e comercialmente atractivas para produção de energia renovável. São múltiplas as vantagens das centrais de biogás:

- Investimento económico atractivo;
- Facilidade de operação e segurança da instalação;
- Produção de electricidade e calor a partir de fontes renováveis, resultando numa redução da emissão de dióxido de carbono (CO_2);
- Redução das emissões de metano (CH_4) provenientes do armazenamento dos efluentes agro-pecuários;
- Melhoria da qualidade do resíduo orgânico enquanto fertilizante.

Nos últimos anos, foram construídas por todo o mundo centenas de instalações de biogás, desde digestores de dimensão doméstica (principalmente nos países desenvolvidos) a digestores centralizados de larga escala (integrados em centrais de tratamento de efluentes agro-pecuários).

3.1 *Descrição e componentes do sistema*

Regra geral, o princípio de operação de todos os digestores anaeróbios é o mesmo. Os efluentes agro-pecuários e outros tipos de biomassa (co-substratos) são introduzidos num grande recipiente selado e sem ar no seu interior. Neste ambiente desprovido de oxigénio, as bactérias produzem biogás. Na maior parte dos digestores, os efluentes são aquecidos para acelerar o processo.

O biogás produzido pode ser utilizado para gerar calor e/ou electricidade. Esta última opção, denominada combinação de calor e energia (CCE ou cogeração), é a mais comum. A electricidade gerada por um motor a gás pode ser destinada, não apenas para injeção na rede eléctrica, mas também para consumo próprio. O calor é parcialmente utilizado no digestor e podendo o restante ser usado, por exemplo, para aquecer estábulos ou residências, ou na produção de águas quentes sanitárias.

A digestão anaeróbia pode ser aplicada a várias escalas, dependendo da quantidade de biomassa disponível. Os sistemas podem ir desde pequenos digestores, à escala de uma exploração agro-pecuária, até grandes digestores anaeróbios centralizados, alimentados com efluentes de diversas fontes. Neste guia, o ênfase é dado aos digestores à escala de uma exploração agro-pecuária, usando sistemas de cogeração.

3.1.1 **Descrição do sistema**

3.1.1.1 *Visão geral do sistema*

Apresenta-se de seguida um esquema geral de um digestor anaeróbio tipo, sendo discutidos os vários componentes.

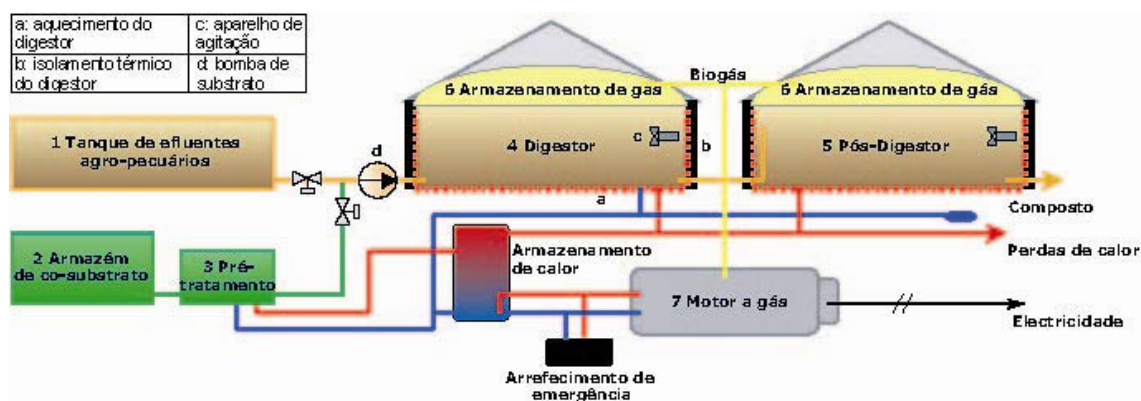


Figura 3.1 - Visão geral esquemática de um sistema de digestão anaeróbia típico

Gráfico: Ecofys bv / www.ecofys.com

1. Armazenamento de efluentes agro-pecuários

A maior parte dos sistemas de armazenamento de efluentes agro-pecuários são celeiros, silos e reservatórios. Os efluentes agro-pecuários contêm bactérias que produzem metano assim que estes são produzidos (por meio de digestão fria) e desta forma a produção de metano, que ocorre durante o armazenamento, diminui o rendimento do biogás no digestor. No caso de um armazenamento em celeiro aberto, as emissões de metano também representam problemas ambientais, que se repercutem no bem-estar dos animais. Deve-se portanto, efectuar o mais rapidamente possível, o transporte dos efluentes agro-pecuários do armazenamento para o digestor. Normalmente, este transporte é efectuado com recurso a uma bomba.

2. Armazenamento de co-substratos

Adicionando outro tipo de biomassa, com uma maior densidade energética do que o efluente agro-pecuário, pode aumentar-se substancialmente o rendimento do biogás. A biomassa adicional chama-se co-substrato. A diferença na fluidez dos co-substratos, comparada com a do efluente agro-pecuário, sugere um armazenamento separado.

3. Pré-tratamento

Com base no tipo de co-substrato e respectivo estado de agregação, existem três formas diferentes de pré-tratamento: tratamento mecânico, pré-aquecimento e tratamento térmico.

Alguns co-substratos requerem uma redução de tamanho, efectuada por corte ou moagem, para evitar a presença de partículas demasiado grandes nas bombas e misturadores da instalação. Por outro lado, a redução de tamanho aumenta a área de superfície para as bactérias, com a consequente aceleração da produção de biogás. Outros tipos de co-substrato, como as gorduras, podem requerer pré-aquecimento para melhorar as características do fluido. Alguns co-substratos necessitam de tratamento térmico para preencher requisitos sanitários.

4. Digestor

O digestor é o equipamento onde os substratos são aquecidos e onde se dá o processo de fermentação. Os dois produtos finais deste processo são o biogás e o substrato digerido. Durante o processo de digestão o conteúdo é agitado periodicamente:

- Para que o substrato introduzido se misture com o substrato existente, para melhorar a penetração das bactérias no substrato mais recente;
- Para atingir uma temperatura uniforme no digestor;
- Para evitar e interromper a formação de camadas sedimentares;
- Para melhorar o metabolismo das bactérias, removendo as bolhas de gás.

5. Armazenamento de pós digestão

Os substratos digeridos são normalmente guardados num tanque de armazenamento de pós digestão, dado que apenas uma pequena fracção é usada directamente no digestor. Além do mais, neste equipamento é produzido biogás adicional.

6. Armazenamento de biogás

O biogás que é produzido no digestor tem de ser armazenado até ser usado, podendo ser armazenado quer no digestor, quer num tanque específico de armazenamento exterior de gás.

7. O motor a gás

O motor a gás, funcionando como uma unidade CCE, utiliza o biogás como fonte de energia primária para produzir electricidade e calor. A electricidade produzida pode ser usada para consumo próprio e/ou ser fornecida à rede. O calor produzido será usado, em parte, para o aquecimento do digestor, sendo o restante usado para o aquecimento de edifícios e de águas sanitárias, estábulos ou para outros fins, como estufas ou processos industriais.

O biogás também pode ser processado para ser utilizado como combustível de transporte, para abastecer uma rede de gás natural, ou apenas para geração de calor. Nos países desenvolvidos, o biogás produzido por digestores não aquecidos, é usado como combustível para cozinhar.

3.1.1.2 Dimensão

Pode ser feita uma distinção entre os seguintes tamanhos de sistemas de DA:

Pequena Escala

Estes são digestores simples com uma capacidade de 5-100m³ para pequenas quantidades de substrato (100-1.000 ton por ano). Regra geral, um digestor deste tamanho não é rentável, devido aos elevados custos do investimento, em comparação com um rendimento relativamente baixo. Um digestor deste tamanho poderá ser encontrado principalmente na Ásia, sendo muito raro na Europa. Estes digestores não estão munidos de isolamento, aquecimento nem agitação.

Escala de uma exploração agro-pecuária

Este manual centra-se nos digestores à escala de uma exploração agro-pecuária. Estes têm uma capacidade de 100-800 m³ e podem processar 1.000-15.000 toneladas de substrato por ano. Geralmente, uma grande parte destes substratos têm origem numa única exploração agro-pecuária, e a electricidade produzida é fornecida à rede. O calor residual poderá ser usado como substituto doutras fontes de produção de calor.



Figura 3.2 - Vista geral de uma central à escala de uma exploração agro-pecuária

Fotografia: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com

Grande escala

Um digestor de grande escala tem uma capacidade superior a 15.000 toneladas de substrato, processadas anualmente. Devido à sua escala, este tipo de aplicação oferece, muitas vezes, oportunidades economicamente atractivas para o posterior tratamento do produto digerido, tais como, a produção de efluentes e adubos de alta qualidade. Instalações industriais de biogás a uma grande escala podem digerir desperdícios orgânicos húmidos, como por exemplo, efluentes industriais, resíduos orgânicos do processamento de alimentos ou então fracções orgânicas separadas, provenientes dos resíduos sólidos urbanos municipais.



Figura 3.3 - Vista geral de uma central de Digestão Anaeróbia à escala industrial

Fotografia: ARA GmbH / www.ara-goe.de

3.1.2 Biogás de efluentes agro-pecuários e co-substratos

3.1.2.1 O processo biológico

Durante o processo de digestão anaeróbia, as bactérias decompõem a matéria orgânica para produzir a energia necessária para o seu metabolismo. Como produto secundário deste metabolismo produz-se metano. A figura seguinte apresenta as principais fases teóricas e os produtos intermediários, no processo da digestão anaeróbia. Na prática, estas fases coexistem dentro do processo e cada uma delas é caracterizada pela função principal de cada grupo de bactérias existente no substrato.

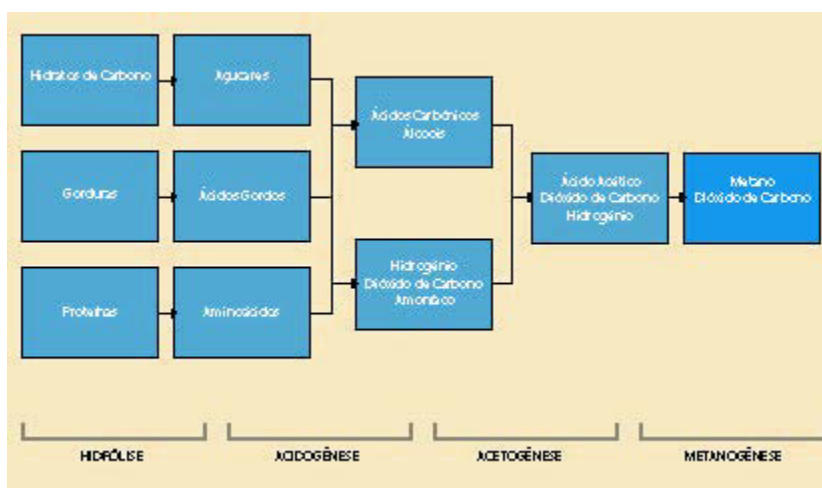


Figura 3.4 - Diagrama esquemático mostrando as principais fases teóricas do processo de digestão anaeróbia

Gráfico: Ecofys bv / www.ecofys.com

3.1.2.2 Condições do processo

Para produzir o metano, as bactérias têm de estar num ambiente específico. Esse ambiente tem de ter as seguintes condições:

- Condições anaeróbias: as bactérias só estão activas na ausência de oxigénio;
- Condições de humidade: é necessário existir uma humidade relativa de pelo menos 50% no substrato;
- Temperatura: a actividade bacteriana é condicionada pela temperatura, dividindo-se as bactérias em psicrófilas (< 30°C), mesófilas (30-40°C) e termófilas (40-55°C). O grupo das termófilas tem a maior actividade. No entanto a maioria dos digestores à escala de uma exploração agro-pecuária funciona com o grupo das mesófilas, uma vez que, este processo é menos sensível a mudanças e, portanto, é controlado mais facilmente do que o processo termofílico;
- Tempo de retenção: uma produção optimizada de biogás, depende da temperatura e do tempo de actuação das bactérias no substrato. Este tempo de retenção reflecte-se para cada grupo de bactérias. Assim, as psicrófilas requerem um tempo de retenção de 40-100 dias, enquanto que as mesófilas necessitam de 25-40 dias e as termófilas, 15-25 dias.;

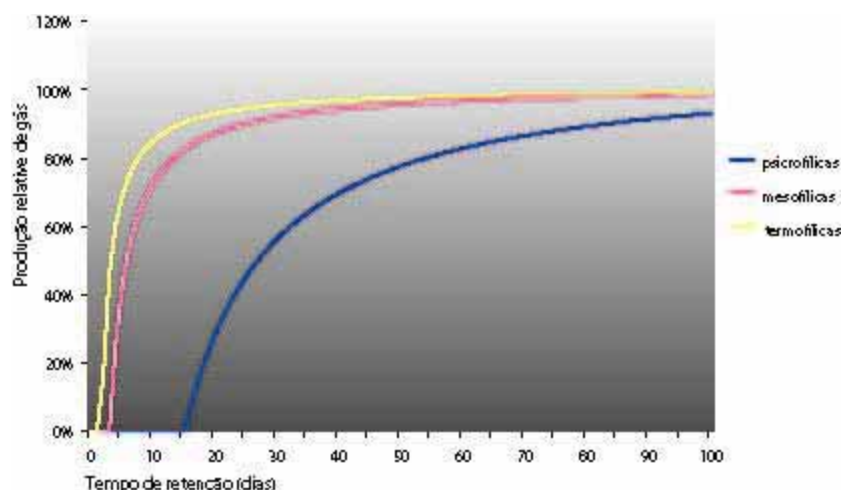


Figura 3.5 - Relação entre temperatura e tempo de retenção

Gráfico: Ecofys bv / www.ecofys.com

- pH: o valor do pH no digestor anaeróbio deverá rondar os 7,5. Em caso de co-digestão de substratos ácidos (como alguns desperdícios da indústria processadora de alimentos) poderá haver necessidade de ajuste do pH, devendo ser dada especial atenção a este aspecto;
- Carga orgânica: as bactérias necessitam de um mínimo de carga orgânica (matéria orgânica seca por m^3 do digestor, por dia) como “alimento” para sobreviverem. A carga orgânica deve situar-se entre 0,5 e 5 kg, de matéria orgânica, por m^3 do tanque digestor, por dia ($MO/m^3/dia$). A situação mais favorável será disponibilizar entre 1 e 3 kg $MO/m^3/dia$ evitando-se a ocorrência de sobre-alimentação das bactérias com uma carga orgânica muito alta. Para além disso, deve ser introduzido, diariamente, substrato fresco no digestor;
- Substâncias auxiliares: as bactérias necessitam, para o seu metabolismo, de compostos solúveis de azoto, minerais e elementos residuais. Quando o efluente agro-pecuário é usado, como o maior componente do substrato, estas substâncias estão presentes em número suficiente;
- Substâncias inibidoras: Algumas substâncias que poderão estar presentes no efluente, tais como desinfetantes, antibióticos e ácidos orgânicos (por exemplo, resultantes da limpeza dos estábulos com desinfetante ou do tratamento de todo o gado com antibióticos), inibem a actividade bacteriana ou podem inclusivamente eliminar as bactérias. Devem ser evitadas grandes concentrações destas substâncias inibidoras;

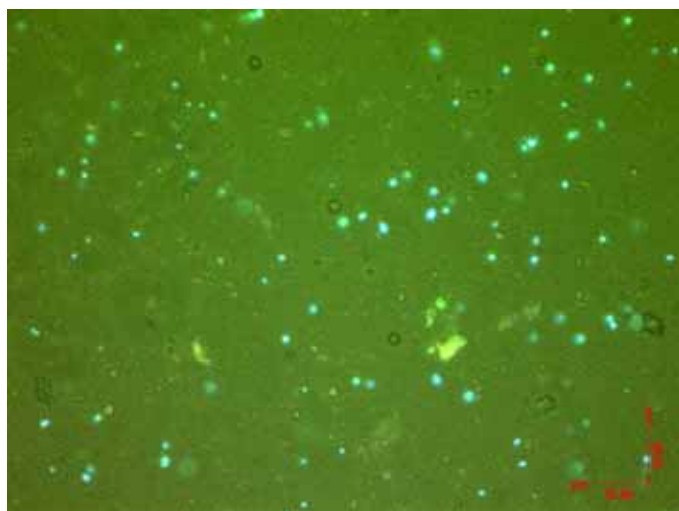


Figura 3.6 - Vista microscópica das bactérias da digestão

Fotografia: Smack AG / www.schmack-biogas.com

- Tamanho das partículas: As partículas no substrato não devem ser demasiado grandes. Caso contrário, as bactérias têm pouca superfície de contacto com o co-substrato;
- Mistura do substrato: O gás que é produzido pelas bactérias apenas virá à superfície automaticamente, se houver menos de 5% de matéria seca no substrato. Em todos os outros casos, é necessário fazer uma mistura para evitar o aumento de pressão;
- Condições consistentes/uniformes: Devem ser evitadas mudanças rápidas nas condições do processo. A alimentação do digestor com substrato fresco deve ser feita gradualmente. O mesmo se aplica à mudança na composição do substrato;
- Teor em Azoto: É necessária a presença de azoto no substrato, pois é um elemento essencial para o metabolismo das bactérias e ajuda a manter o pH (quando convertido para amoníaco neutraliza os ácidos). Contudo, demasiado azoto no substrato poderá conduzir à formação excessiva de amoníaco, resultando em efeitos tóxicos. Uma proporção equilibrada de carbono e azoto encontra-se entre os 20:1 e os 40:1, embora valores fora deste intervalo possam também resultar numa digestão eficiente.

3.1.2.3 Composição do biogás

O biogás produzido tem na sua composição metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), bem como quantidades menores de azoto, hidrogénio, amoníaco e ácido sulfídrico.

Tabela 3.1 - Composição do biogás

| Componente | Vol % |
|---------------------------------------|--------|
| Metano (CH ₄) | 50-80% |
| Dióxido de carbono (CO ₂) | 50-20% |
| Azoto (N ₂) | <1% |
| Hidrogénio (H ₂) | <1% |
| Amoníaco (NH ₃) | <1% |
| Ácido Sulfídrico (H ₂ S) | <1% |

O teor de metano no biogás varia entre 50 e 80%. Quanto maior é o teor de metano no biogás, mais energia contém.

3.1.2.4 Produção de biogás

Quando todos os parâmetros do processo se encontram dentro dos limites necessários, a produção de biogás estará perto do máximo teórico. A produção de biogás é determinada pelas características do substrato. De referir que as seguintes propriedades são importantes:

- Matéria seca (MS): % de matéria seca no substrato;
- Matéria Orgânica (MO): a fracção orgânica (%) da matéria seca;
- Matéria Orgânica Seca (MOS): a parte orgânica do substrato (= MS x MO);
- Produção máxima específica de biogás (em m³/tonelada MOS).

A produção total de biogás pode ser calculada com a seguinte fórmula:

Produção de biogás = quantidade de substrato (em toneladas) x MS (%) x MO (% de MS) x produção máxima de biogás (em m³ por tonelada MOS)

Exemplo:

1000 toneladas de estrume de porco têm um teor de matéria seca (MS) de 8%, do qual 80% é matéria orgânica (MO). A produção máxima de biogás é de 450 m³/tonelada MOS. A produção de biogás a partir da digestão deste estrume será:

1000 toneladas x 8% MS x 80% MO x 450 m³/tonelada MOS = 28.800 m³ de biogás

3.1.2.5 Substratos

Os substratos são os materiais que vão ser digeridos. Numa exploração agro-pecuária, o substrato básico é o efluente agro-pecuário. Podem ainda ser adicionados outros materiais orgânicos “húmidos”, como cereal ou erva.

Efluentes agro-pecuários

A composição do efluente, que tem um grande efeito no rendimento do biogás, varia quanto ao tipo de animal e quanto à exploração. A Tabela seguinte apresenta a variabilidade da composição e a produção do biogás do efluente para vários animais. Como resultado do uso de água a fracção de matéria seca pode variar, enquanto o rendimento de biogás pode variar para diferentes tipos de alimentação.

Tabela 3.2 - Características do efluente de diferentes animais

| Tipo de efluente | Matéria Seca MS (%) | Matéria Orgânica (% de MO) | Produção de Biogás (m ³ /tonelada MOS) | Produção de Biogás (m ³ /tonelada húmida) | Produção média de biogás (m ³ /tonelada húmida) |
|----------------------------|---------------------|----------------------------|---|--|--|
| Efluentes de bovinicultura | 7-15 | 65-85 | 200-400 | 9-51 | 25 |
| Efluentes de suinicultura | 3-13 | 65-85 | 350-550 | 7-61 | 27 |
| Efluentes de avicultura | 10-20 | 70-80 | 350-550 | 24-88 | 51 |

O efluente das vacas leiteiras tem um rendimento de biogás mais baixo por kg de matéria orgânica seca do que o efluente da suinicultura. Isto deve-se principalmente à flora intestinal da vaca, que estimula o início da digestão do estrume ainda antes da excreção. Ainda assim, o menor rendimento é compensado pelo teor relativamente alto de matéria seca do seu estrume.

As vacas leiteiras produzem cerca de 27 toneladas de efluente, por animal, por ano. No entanto, dependendo do sistema de pastoreio de uma (grande) exploração específica, parte desta quantidade é produzida enquanto as vacas pastam. Os porcos fêmeas produzem cerca de 5,5 toneladas de estrume por animal, por ano; os porcos machos cerca de 1,2. O estrume dos porcos fêmeas possui um menor teor de matéria seca do que o estrume dos porcos machos e, como tal, um menor rendimento de biogás por tonelada.

Co-substratos

A adição de co-substratos ao efluente (co-digestão) é uma forma economicamente atractiva, para aumentar a produção de biogás. Os co-substratos têm geralmente um rendimento de biogás por tonelada (húmida) substancialmente mais alto, comparado com o efluente agro-pecuário, e podem ser adquiridos de várias fontes. Na maioria das explorações agrícolas, existem vários tipos de desperdícios. Para além disso, é possível cultivar biomassa para utilizar na digestão anaeróbia (chamadas colheitas para fins energéticos). Na maioria dos casos, os co-substratos são originários de fontes externas, por exemplo, resíduos da indústria processadora de alimentos.



Figura 3.7 - Três co-substratos diferentes

Fotografias: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com

Quando os co-substratos são adicionados, deverão ser tidas em conta as condições necessárias para o seu processamento, tais como, a carga orgânica ou o pH. A maior parte dos sistemas de biogás, numa exploração agro-pecuária, não é capaz de lidar com teores de matéria seca superiores a 15%, resultantes da mistura de efluente e co-substrato. Uma vez que grande parte do efluente de bovinicultura e suinicultura possui um teor significativamente menor de matéria seca, é possível adicionar co-substratos com maior teor de matéria seca. A tabela seguinte dá uma indicação da composição e rendimento de vários co-substratos. Esta tabela deverá ser usada apenas como uma indicação, pois na prática, a composição de co-substratos poderá oscilar.

Tabela 3.3 - Características de alguns co-substratos

| Tipos de co-substratos | Matéria Seca MS (%) | Matéria Orgânica (% de MO) | Produção de Biogás (m ³ /tonelada MOS) | Produção de Biogás (m ³ /tonelada húmida) | Produção média de biogás (m ³ /tonelada húmida) |
|--|---------------------|----------------------------|---|--|--|
| Desperdício vegetal | 10-20 | 65-85 | 400-700 | 25-120 | 75 |
| Beterraba sacarina | 10-20 | 80-95 | 800-1200 | 65-230 | 145 |
| Armazenamento de cereal | 15-40 | 75-95 | 500-900 | 55-340 | 200 |
| Armazenamento de erva | 30-50 | 80-90 | 500-700 | 120-315 | 220 |
| Desperdícios de gordura e sobrenadante | 8-50 | 70-90 | 600-1300 | 30-585 | 310 |

Aquando da utilização de co-substratos, devem ter-se em consideração os aspectos mencionados na secção seguinte e ainda requerimentos legais específicos, como licenças adicionais.

3.1.2.6 Propriedades e qualidade do efluente agro-pecuário (co)digerido

Efluente digerido

O efluente digerido tem diversas vantagens em relação ao efluente não tratado:

- A fracção de azoto (N) que é directamente absorvida pelas plantas aumentou. Este é o resultado da conversão de compostos orgânicos facilmente degradáveis. Com o uso apropriado do efluente digerido (por exemplo, estrumar no início da época de cultivo para evitar a lixiviação do azoto) é possível poupar adubo químico. Esta poupança na utilização de adubo químico, pode atingir valores na ordem dos 10-20%;
- Os compostos orgânicos que se degradam muito devagar (compostos do género de húmus, também chamados lenhose) não são degradados no processo de digestão anaeróbia, mantendo-se portanto a função de fertilizante do solo;
- O composto tem menos odores;

- É mais homogéneo;
- A quantidade de microorganismos patogénicos e germes é reduzida.



Figura 3.8 - Substrato no digestor

Fotografia: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com

Co-Substratos

Aquando da utilização de co-substratos deve-se prestar atenção a uma série de factores. Para além de se reunirem as condições do processo, devem ser tidos em conta os seguintes aspectos:

- **Aspectos Químicos:** Os co-substratos poderão conter metais pesados (como zinco e cobre) ou outros contaminantes inorgânicos e poluentes orgânicos persistentes (POPs). Quando o composto (a mistura digerida do efluente e dos co-substratos) for usada em solo agrícola, aconselha-se a verificação das concentrações destes contaminantes no composto, para verificar a conformidade com padrões nacionais e/ou regionais requeridos. Os co-substratos poderão também conter azoto, fósforo e potássio, em concentrações significativamente mais altas que nos adubos químicos.
- **Impurezas físicas:** É possível que estejam presentes impurezas físicas no co-substrato. Estas podem consistir em: plástico e borracha; metal; vidro e cerâmica; areia e pedras; materiais de celulose (madeira, papel, etc); e outros. Estas impurezas podem afectar a estabilidade operacional da instalação ou danificar os componentes da fábrica. Para além disso, a maioria destas impurezas é também indesejável, se o composto for utilizado em solo agrícola. Deve assegurar-se que o co-substrato tenha o menor número possível de impurezas físicas e que corresponda aos padrões nacionais e/ou regionais sobre esta matéria;
- **Microorganismos patogénicos e germes:** Os co-substratos podem conter vários microorganismos patogénicos e germes, dependendo da sua fonte de origem. Os co-substratos originários de fontes externas podem apresentar um risco adicional de aumento de doenças (como a BSE) ou propiciar o aparecimento de ervas daninhas, especialmente quando o composto é usado em solo agrícola. Este risco varia para os diferentes tipos de co-substratos.

Microorganismos patogénicos e germes

Como resultado do aquecimento do substrato no digestor, uma grande parte dos microorganismos patogénicos e germes são eliminados. Quanto mais alta é a temperatura do processo, maior é o grau de redução. A Tabela seguinte mostra este efeito para algumas bactérias patogénicas que estão presentes nos efluentes.

Tabela 3.4 - Comparação entre o tempo de eliminação (T-90) de algumas bactérias patogénicas no composto e no efluente não tratado (Bendixen, 1999). O tempo de eliminação é aquele em que 90% das bactérias são eliminadas

| Bactérias | Composto | | Efluente não tratado | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|
| | 53°C (em horas) | 35°C (em dias) | 18-21°C (em semanas) | 6-15°C (em semanas) |
| Salmonella typhi murium | 0,7 | 2,4 | 2,0 | 5,9 |
| Salmonella dublin | 0,6 | 2,1 | - | - |
| E.coli | 0,4 | 1,8 | 2,0 | 8,8 |
| Staphylococcus aureus | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 7,1 |
| Mycobacterium paratuberculosis | 0,7 | 6,0 | - | - |
| Coliform bacteria | - | 3,1 | 2,1 | 9,3 |
| Grupo de D-Streptococci | - | 7,1 | 5,7 | 21,4 |
| Streptococcus faecalis | 1,0 | 2,0 | - | - |

Como resultado, o composto contém menos microorganismos patogénicos e germes que o efluente não digerido. Contudo, os co-substratos originários de fontes externas poderão conter microorganismos patogénicos e germes adicionais.

Microorganismos Patogénicos

A classificação dos vários tipos de co-substratos, relativamente ao risco potencial de patogénicos é:

1. Lamas de produção vegetal;
2. Lamas de aquacultura;
3. Lamas da produção animal;
4. Resíduos separados na fonte (por exemplo das residências);
5. Águas residuais.

O produto digerido das lamas da produção vegetal ou da aquacultura não deverá constituir qualquer risco patogénico. As restantes categorias constituem de facto um risco adicional de patogénicos e, portanto, necessitam de saneamento. Na maioria dos casos, o saneamento é feito através do aquecimento do efluente a 70°C, durante uma hora (pasteurização). O processo de saneamento reduz os patogénicos para um nível satisfatório. O saneamento ocorre num pequeno tanque separado, que é aquecido. O saneamento do substrato fresco (antes do processo de digestão) é denominado pré-saneamento. O pós-saneamento é feito depois do processo de digestão.

Germes

Se existem incertezas acerca do tipo de germes no co-substrato, é aconselhável aplicar o saneamento deste. Por exemplo, a erva das margens apresenta um baixo risco na propagação de doenças causadas por patogénicos nos animais, mas por vezes poderá conter um elevado número de germes. O processo de saneamento reduz os germes para um nível satisfatório.

3.1.3 Vários sistemas de DA

O funcionamento geral de cada digestor anaeróbio é o mesmo. Os substratos são adicionados num recipiente selado, no qual o biogás é produzido, através de um processo de digestão. O biogás é armazenado num tanque, de forma a assegurar um fornecimento constante à unidade de CCE. Existe uma grande variedade de sistemas de digestão anaeróbia diferentes, cada qual, apresentando as suas vantagens e desvantagens. Os sistemas mais comuns serão discutidos seguidamente.

3.1.3.1 Processos de digestão anaeróbia

De acordo com a gestão do processo dos sistemas de DA, estes podem ser divididos nas três seguintes categorias:

- Processos contínuos;
- Processos descontínuos (sistema por fases);
- Processos semi-contínuos.



Figura 3.9 - Esquema de processos de digestão anaeróbia

Gráfico: Ecofys bv / www.ecofys.com

Processo Contínuo

Uma central de biogás, a funcionar em modo contínuo, consiste num digestor principal e num tanque de pós-digestão para o composto. Os tanques de armazenamento de efluentes existentes podem ser usados como tanques de pós-digestão. Quando os substratos são adicionados no digestor, uma quantidade equivalente de composto é bombada para o tanque de pós-digestão, através de um tubo de descarga, pelo que, o nível no digestor mantém-se constante. O composto, que é introduzido no tanque de pós-digestão, poderá conter alguns substratos, que continuarão a ser digeridos no armazenamento. Normalmente, o tanque de pós-digestão está selado, para que o biogás aí produzido possa ser usado, e portanto permita aumentar a produção global de gás. Outra opção, para aperfeiçoar a eficiência total do sistema é a utilização de ar rico em metano, proveniente do tanque de pós-digestão, como ar para a combustão.

Este processo contínuo adequa-se mais a agricultores que tenham de armazenar os seus efluentes, durante longos períodos. O digestor pode ser relativamente pequeno, porque irá conter apenas o efluente, enquanto durar o processo de digestão (tempo de retenção). A função de armazenamento do digestor não é tão importante, uma vez que o composto é armazenado no tanque de pós-digestão.

Processo por fases

Uma outra opção de funcionamento de um digestor anaeróbio é o processo por fases. Neste processo, o digestor é periodicamente preenchido, na sua totalidade, com efluente e co-substrato. O digestor é então selado e o processo de digestão inicia-se. A taxa de produção de biogás aumenta até atingir um patamar máximo, e quando a taxa de produção diminui abaixo de 90-95%, é transportado composto para o tanque de armazenamento. O restante permanece no digestor para dar início ao processo de digestão da nova porção de substrato fresco. Para que se possa ter um fornecimento constante de biogás, é necessário existirem diversos digestores a funcionar em paralelo, em fases diferentes do processo de DA. Usualmente, os sistemas de múltiplos tanques digestores são mais adequados para centrais industriais de grande escala; a digestão por fases em dois tanques pode ser utilizada nos digestores de explorações agro-pecuárias.

Processo semi-contínuo

Este tipo de processo combina as vantagens do processo por fases e do processo contínuo. Permite utilizar o digestor para armazenamento e digestão de substratos. O material orgânico é adicionado continuamente, até encher gradualmente o tanque digestor. O efluente digerido fica armazenado no tanque enquanto for necessário. Uma vez preenchido o digestor, em vez de funcionar como um processo por fases, passa a funcionar continuamente. Desta forma, qualquer substrato adicional que seja acrescentado, fará com que haja um fluxo de composto para o tanque de armazenamento. Geralmente, o tamanho destes tanques é suficientemente grande, pelo que não é necessário um tanque adicional de pós-digestão. A maior desvantagem deste processo resulta do facto de parte do composto não ser completamente digerido e, desta maneira, o rendimento de biogás é menor, quando comparado com outras opções de processos. Para além disso, devido ao curto tempo de retenção, o efeito de saneamento é ligeiramente mais baixo.

3.1.3.2 Princípios de digestão

Os digestores podem ser divididos em dois grandes grupos:

- Digestor horizontal;
- Digestor vertical.

Geralmente os sistemas semi-contínuos usam os digestores horizontais. Ambos os tipos podem ser aplicados para sistemas contínuos.

Digestor Horizontal

Normalmente, os digestores horizontais são relativamente pequenos rondando o volume padrão entre os 50 e os 150 m³. Estes digestores consistem num grande tanque de aço, com um sistema de agitação. Regra geral, estes tanques são transportados para o local numa só peça, estando portanto, limitado pelas dimensões máximas permitidas para transporte rodoviário.

Quando os substratos são introduzidos no digestor, são aquecidos pelo equipamento de aquecimento. Estes instrumentos de aquecimento são montados no eixo da misturadora, pelo que se encontram em rotação no substrato. De referir que este tipo de digestor requer sempre armazenamento exterior de gás.

O substrato entra no digestor lentamente por um lado e o composto sai pelo outro. A vantagem deste tipo de digestores é que os substratos não são misturados horizontalmente, mas verticalmente. Sendo assim, o efeito do saneamento e o rendimento médio de biogás é mais elevado. O tempo de retenção pode ser mais curto, aumentando a capacidade do digestor.

Um digestor horizontal tem capacidade para uma percentagem de material seco na ordem dos 15 a 20%.

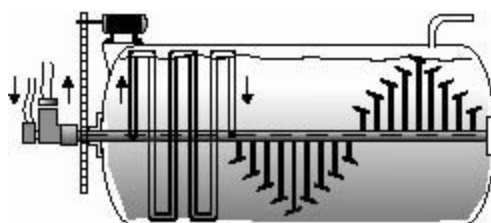


Figura 3.10 - Digestor horizontal

Gráfico: Ecofys bv / www.ecofys.com

Digestor vertical

Um digestor vertical tem uma forma cilíndrica e normalmente possui um volume que varia entre os 300 e os 1500 m³. O conteúdo pode ser aquecido, quer por um permutador externo, que aquece os substratos que estão a ser introduzidos, quer por água quente que circula em tubos ao longo das paredes do digestor. As paredes são isoladas para reduzir a perda de calor. Existem vários sistemas de agitação possíveis. Na maioria dos casos, o biogás fica armazenado com o composto, separado por uma membrana flexível.

O digestor vertical pode ser igualmente montado com uma cobertura sólida, utilizando um armazenamento externo de biogás.

Na maioria dos casos, este tipo de digestor, é menos dispendioso que um digestor horizontal, devido ao uso de materiais mais baratos, como betão e ao facto da construção ser menos complexa. A agitação dos substratos pode ser feita utilizando vários tipos de aparelhos agitadores.

Um digestor vertical tem capacidade para uma percentagem de material seco que vai dos 10 aos 15%.



Figura 3.11 - Digestor vertical

Fotografia: Smack AG / www.schmack-biogas.com

Critérios de selecção de digestor:

- Tamanho e tipo do actual sistema de armazenamento de efluentes: possivelmente, o armazenamento existente pode ser usado como um tanque digestor ou como armazenamento de pós-digestão;
- Percentagem de matéria seca do substrato: um digestor horizontal tem capacidade para uma percentagem máxima de matéria seca entre os 15 e os 20%, enquanto que um digestor vertical suporta um máximo de 10 a 15%. É comum utilizar o digestor vertical quando a percentagem de matéria seca se encontra abaixo dos 10%;
- Tempo de retenção desejável: se o digestor tiver de servir como armazenamento temporário de efluente, é aconselhável a utilização de um digestor semi-contínuo;
- Custos de investimento: um digestor horizontal é relativamente dispendioso. Os sistemas de armazenamento existentes poderão ser usados como armazenamento de pós-digestão. No caso de se utilizar um digestor vertical é possível que este seja uma adaptação do tanque de armazenamento dos efluentes.

3.1.3.3 Esquemas mais comuns de sistemas de DA

Existe uma grande variedade de esquemas de sistemas de DA, sendo que cada um tem as suas vantagens e desvantagens. As principais razões por que se deve escolher um certo esquema são:

- disponibilidade de substratos;
- recursos de investimento disponíveis;
- infraestrutura disponível (por exemplo, transformação de um silo num digestor);
- espaço disponível;
- saneamento necessário;
- clima (um clima frio requer melhor isolamento térmico);
- tempo necessário (ou preferido) de armazenamento do composto;
- preferência por um fornecedor.

Na Figura 3-12 apresentam-se vários esquemas de sistemas possíveis. De referir que existe uma distinção entre digestores, com armazenamento de biogás interno ou externo.

As variantes a e b do sistema, na Figura 3-12, são digestores que funcionam semi-continuamente, na mais simples e mais económica construção. Devido ao rácio satisfatório entre custos/desempenho, são construídos em muitos casos novos digestores, como se pode ver na variante c. O tamanho de um digestor deve ser o menor possível, dado o aumento de custos de investimento, com o aumento das dimensões.

Por vezes, tanto o tanque digestor como o armazenamento de pós-digestão são usados para armazenamento de biogás (variante e). Os digestores horizontais são frequentemente desenhados como na variante d e na f. Quanto à opção de desenho c e d, pode ser usada uma variedade de sistemas de armazenamento de pós-digestão. As variantes g e h do sistema mostram sistemas de digestão por fases.

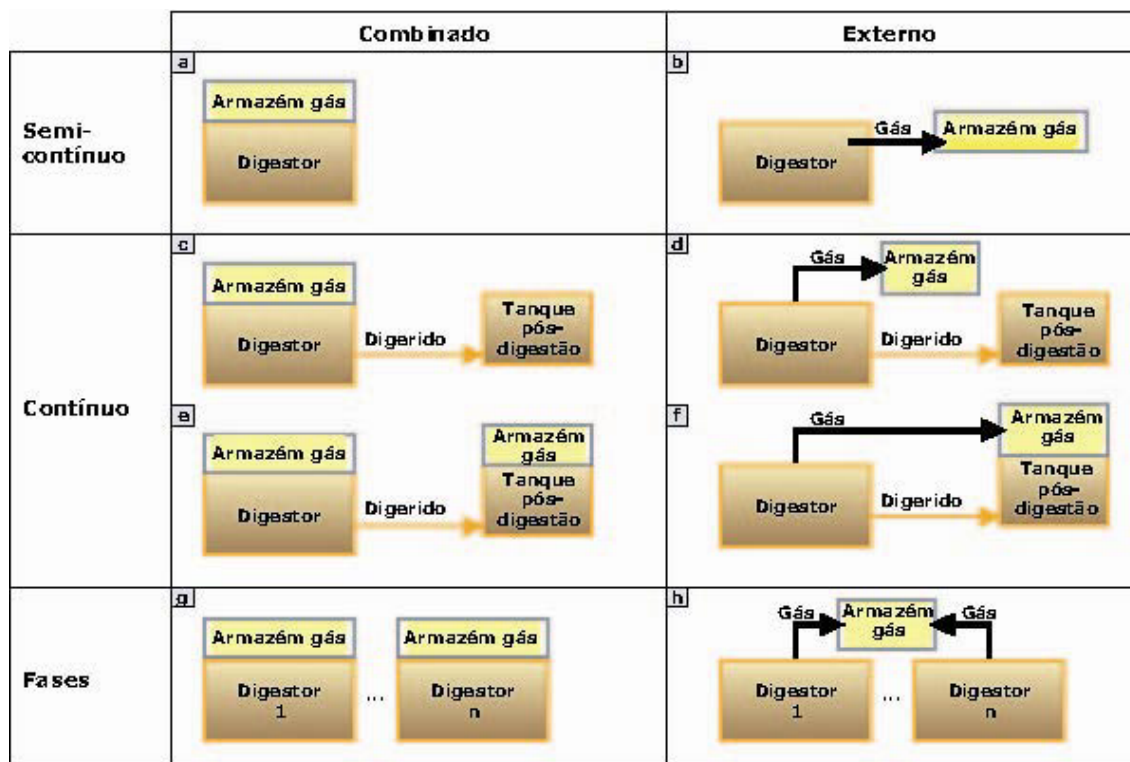


Figura 3.12 - Esquemas típicos de sistemas de DA

Gráfico: Ecofys bv / www.ecofys.com

3.1.4 Componentes do sistema

3.1.4.1 Tanques digestores

Neste manual é dado mais ênfase aos digestores verticais. O pavimento e as paredes destes digestores são, na sua maior parte, feitos de betão reforçado a aço. Contudo, pode também ser usado apenas aço. As paredes dos digestores necessitam de cobertura com material de isolamento para evitar a perda de calor.

O digestor deve ser selado ao ar. A cobertura superior do contentor depende do tipo de armazenamento aplicado. Para armazenamentos de gás integrado, a cobertura deve consistir numa chapa flexível. A desvantagem desta construção deve-se ao facto de ter um baixo efeito de isolamento e assim existir perdas de calor significativas. Usando um tecto sólido com isolamento, estas perdas podem ser evitadas. Na maior parte dos casos, o sistema requer um armazenamento externo de gás.

3.1.4.2 Aquecimento e isolamento térmico do digestor

O processo de digestão anaeróbia requer temperaturas geralmente superiores à temperatura ambiente. A digestão anaeróbia mesofílica dá-se entre 25 e 35°C, e os processos termofílicos acima dos 40°C. Portanto, é necessário aquecer o substrato até à temperatura requerida. Geralmente, o calor gerado por cogeração é usado para este aquecimento. É transferido para o digestor através de linhas de aquecimento normalizadas.

Existem três tipos de aquecimento de substrato, dependendo do tipo de digestor. Em digestores horizontais o aquecimento está integrado no dispositivo de agitação. O aquecimento dos digestores verticais de betão é geralmente instalado como aquecimento de parede, com a tubagem de aquecimento instalada no interior da parede. Neste caso, há muitas vantagens na utilização da tubagem em aço inóx comparativamente à de PVC, devido à excelente condutividade térmica e baixa tendência para formação de incrustações. Os digestores de metal, em contraste com os de betão, podem ser equipados com revestimento exterior de aquecimento. Pode ser usado também, aquecimento do pavimento, contudo o seu uso levanta alguns problemas, uma vez que a camada de sedimentos no fundo do digestor funciona quase como isolamento, reduzindo as características de condutividade térmica.



Figura 3.13 – Sistema de aquecimento do digestor

Fotografia: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com

As centrais de biogás, com tanques de saneamento, nos quais parte do substrato é aquecido até 70°C, podem quase sempre dispensar o aquecimento do digestor, usando um permutador de calor com contador de caudal, para aquecer o vapor principal do substrato, trocando calor com o substrato higienizado. Neste caso o isolamento do digestor deve ser um pouco mais espesso do que o usual.

De modo a reduzir as perdas de calor do substrato, através das paredes do digestor é necessário isolá-lo. Os materiais de isolamento comuns são: lã mineral, mistura de fibras minerais, poliestireno expandido ou extrudido ou espuma de poliuretano. Para isolar o digestor podem também ser usados alguns materiais orgânicos feitos de algodão, lã, cortiça ou materiais similares. Geralmente é usado poliuretano nas paredes laterais do digestor, com uma espessura de cerca de 6 cm, enquanto o poliestireno é geralmente aplicado no fundo do digestor, com uma espessura de cerca de 8 cm. A lã mineral pode ser usada para o fundo e paredes laterais de um digestor, com uma espessura de cerca de 10 cm.



Figura 3.14 - Isolamento térmico do digestor

Fotografia: Krieg + Fischer Ingenieure GmbH / www.kriegfischer.de

A selecção do material de isolamento térmico apropriado, depende do tamanho do digestor e do preço específico de cada material de isolamento. Os tipos de isolamento tem certas características de condutividade térmica que influenciam a sua espessura.

A definição de um equilíbrio económico óptimo entre os custos do material de isolamento e as poupanças devidas às perdas de calor reduzidas deve ser o objectivo, quando se desenha o isolamento do digestor. Para proteger o isolamento contra a sujidade e as condições atmosféricas é também necessária uma camada no topo.

Tabela 3.5 - Características dos vários materiais de isolamento

| Material de isolamento | Densidade [kg/m ³] | Conductividade térmica [W/mK] |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Poliuretano | | 0,030 |
| Poliestireno expandido | 20-45 | 0,040 |
| Poliestireno extrudido | 30-80 | 0,035 |
| Lã mineral | 30-50 | 0,043 |
| Cortiça | 100-120 | 0,050 |
| Malha de lã de carneiro | 10-20 | 0,035 |
| Mistura de algodão | 20 | 0,040 |

3.1.4.3 Tubagem para o transporte de substrato

Existem dois tipos de tubagem:

- sobre pressão (para transporte);
- superfície livre.

A tubagem sobre pressão, para transporte de substrato por meio de uma bomba, em curtas distâncias, deve ter um diâmetro de pelo menos 100 mm para evitar bloqueios. Para distâncias maiores requer-se um diâmetro de pelo menos 150 mm, e para evitar sedimentos no fundo da tubagem deve considerar-se uma velocidade de transporte mínima de cerca de 1 m/s.

A tubagem em superfície livre está sujeita à influência da gravidade, pelo que requer um diâmetro de pelo menos 200 mm.

Geralmente a tubagem usada nas centrais de DA é feita de aço. Contudo são também utilizados outros materiais, tais como plásticos.



Figura 3.15 - Tubagem para transporte do substrato

Fotografia: Smack AG / www.schmack-biogas.com

Qualquer tubagem que esteja exposta a congelamento deve ser protegida, por meios de isolamento, de modo a evitar a formação de gelo e assim o bloqueio da mesma.

Deve ser instalada uma válvula de retenção, para evitar o refluxo do digestor, para o armazenamento de efluente.

3.1.4.4 Bomba

Uma bomba no sistema DA pode ter duas funções, servindo para superar a diferença em altura, ou para ser usada no sistema hidráulico de agitação.

As bombas classificam-se da seguinte forma:

- centrífugas;
- deslocamento positivo;
- espiral excêntricas;
- palheta;
- fole.



Figura 3.16 - Diferentes bombas

Fotografias: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com

De modo a facilitar o funcionamento das bombas, deve instalar-se a tubagem com uma inclinação de 1 a 2%, para que a bomba fique automaticamente vazia durante a paragem. Este procedimento evita a formação de sedimentos na bomba. No entanto, este procedimento não é possível com bombas de válvula, uma vez que estas não aspiram automaticamente o substrato.

3.1.4.5 Dispositivos de Agitação

Os dispositivos de agitação servem para estabelecer as seguintes condições no digestor:

- equilíbrio de temperatura no substrato;
- mistura do substrato existente e do novo, por forma a que estejam presentes bactérias activas em todo o substrato;
- prevenção de formação de aglomerados e camadas.

Os dispositivos de agitação nas centrais de DA classificam-se em mecânicos e hidráulicos sendo os mais comuns de parafuso.



Figura 3.17 - Agitador de parafuso

Fotografia: Krieg + Fischer Ingenieure GmbH / www.kriegfischer.de

Agitador de parafuso

Um agitador de parafuso consiste num electromotor, com capacidade de carga de 2,5 até 25 kW. Este sistema é operado manualmente e é adequado para digestores com volume até um 1 m³. O agitador cria um fluxo em qualquer direcção desejada. Para evitar e contrariar a formação de camadas sedimentares, é necessário um ajustamento em altura. É normalmente desenhado como agitador ajustável em altura, ou com braço articulável.

Agitação hidráulica

O substrato pode ser agitado hidráulicamente, através da sua bombagem para o exterior do digestor, para um local definido e realimentação num ponto diferente. O substrato é normalmente retirado por um tubo na parte superior do digestor e injectado na parte inferior. O produto de entrada e de saída do tubo deve ser colocado, de tal modo, que o seu conteúdo seja misturado completamente. Na maior parte dos casos o substrato na bomba pode ser usado para este fim. Para tornar este processo possível, o tubo de transporte deve ter uma derivação por meio de uma válvula e de um tubo adicional.



Figura 3.18 - Agitação hidráulica

Fotografia: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com

Este sistema é apenas adequado quando são usados co-substratos fluidos. É menos adequado para co-substratos que tendem a formar camadas sedimentares.

A vantagem de um sistema hidráulico é que não tem partes que se movam dentro do digestor. A bomba está localizada fora do digestor e facilmente acessível para manutenção.

3.1.4.6 Armazenamento de Substrato

Os sistemas de armazenamento de efluentes mais utilizados são os celeiros, silos, bacias e reservatórios. Quando se usa um digestor é aconselhável armazenar o efluente durante o menor tempo possível, porque o processo de digestão começa durante o armazenamento, conduzindo a rendimentos menores do biogás, no digestor.

O armazenamento de co-substrato dependerá, em larga escala, das suas propriedades físicas e químicas. Por exemplo, o cereal pode ser armazenado em silos, mas as gorduras requerem um tanque de armazenamento (possivelmente com um aparelho de aquecimento para assegurar a manutenção do seu estado líquido).



Figura 3.19 - Sistema de armazenamento de substrato

Fotografia: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com

3.1.4.7 Sistema de alimentação de co-substrato

Muitos co-substratos sólidos requerem um tratamento, para redução de tamanho, antes de serem inseridos no digestor. O tamanho das partículas do co-substrato deve ser suficientemente pequeno para ser adicionado e misturado com o efluente. Este processo requer a existência de um sistema de alimentação que reduza ou moa os co-substratos.

Os substratos podem ser inseridos directamente num tanque digestor passando por um sistema de secagem, por exemplo, um tanque em forma de funil. Os substratos fluidos podem ser também inseridos directamente no tanque de digestão, através do sistema de armazenamento.

Como alternativa pode ser usado um tanque de pré-mistura, para misturar o efluente e os co-substratos, antes de serem bombeados para o digestor.

De modo a assegurar um bom controlo da quantidade de co-substratos fornecidos, é necessário um sistema de doseamento e pesagem.



Figura 3.20 - Sistema de alimentação de co-substrato

Fotografias: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com e Ecofys bv / www.ecofys.com

3.1.4.8 Armazenamento de biogás

O biogás fica armazenado, normalmente, em condições de pressão e temperatura normais, o que faz com que seja necessário um maior volume, em comparação com os convencionais cilindros de armazenamento de gás. O volume é determinado pelo rendimento de produção de biogás e pelo modelo de consumo. Quando o motor está a trabalhar constantemente é necessário um armazenamento menor de biogás, em comparação com um sistema que serve para providenciar energia em picos de necessidade.

Os tanques de armazenamento de gás podem ser distinguidos pela pressão a que operam. Existem diferenças entre o armazenamento a baixa pressão e tanques de média e de alta pressão. A baixa pressão, a operação efectua-se um pouco acima da pressão atmosférica e os tanques são geralmente de chapa flexível. A pressão de operação é estabelecida por uma válvula de regulação, situada ao longo da tubagem de gás que conduz ao motor CCE (combinação calor e energia), dependendo também do peso da chapa. O armazenamento de baixa pressão de biogás é utilizado usualmente em centrais DA, para explorações agropecuárias, e operam em subpressão entre 0,05-0,5 mbar. Os tanques de média (5-20 bar) e de alta pressão (200-300 bar) são projectados com válvulas de pressão de aço e garrafas de gás.



Figura 3.21 - Armazenamento de biogás –uma variante

Fotografia: Krieg + Fischer Ingenieure GmbH / www.kriegfischer.de

O armazenamento de biogás pode ser interno (no topo do substrato ou composto) ou externo. Se o biogás é armazenado internamente, deve-se instalar uma membrana flexível acima do efluente em digestão, não sendo, no entanto necessária, quando a quantidade de biogás a armazenar é pequena. Esta membrana deve ter uma espessura de cerca de 1-2 mm, e tem propriedades de expansão quando há formação de biogás.

Se o biogás é armazenado exteriormente, pode-se utilizar um reservatório de gás. Estes reservatórios armazenam biogás a baixas pressões sem esforçar o material do reservatório, pelo que asseguram um tempo de vida longo.

Armazenamentos efectuados com membrana possuem algumas vantagens quando comparadas com outros tipos. Podem ser manufacturadas a baixo custo, no próprio local, e para qualquer tamanho, até 2000 m³. Para além disso a membrana é resistente à corrosão. Por outro lado, os reservatórios de gás devem ser protegidos da deterioração e da influência das condições atmosféricas.

3.1.4.9 O motor de biogás

Usualmente a energia química armazenada no biogás é transformada em calor e potência, através dum motor de gás convencional. Este tipo de conversão de energia é também chamada Geração Combinada de Calor e Energia. Neste guia serão discutidos apenas os motores de gás mais utilizados, nomeadamente o motor de pistão que conduz à geração de

electricidade. Outros equipamentos de conversão de biogás para a geração de electricidade são: motor de agitação, pilha combustível e turbina de gás. Contudo, estas opções ainda não estão homologadas comercialmente (para digestão anaeróbia). Recentemente tem sido efectuada investigação no campo do uso de pilhas combustíveis, para digestores de explorações agro-pecuárias.



Figura 3.22 - Motor CCE

Fotografia: Smack AG / www.schmack-biogas.com

Normalmente, um motor de pistão pode libertar calor para a atmosfera através da água de arrefecimento do motor e do sistema de exaustão. Numa configuração CCE, este calor é recuperado por meio de permutadores de calor. Parte deste calor é utilizado para aquecer o digestor, enquanto que o calor remanescente pode ser usado para necessidades de calor externas. O motor CCE pode utilizar até 90% da energia do combustível convertendo-a em 30% de energia eléctrica e 60% em calor.

A electricidade gerada pode ser utilizada tanto para uso próprio como para fornecimento à rede. Existem duas opções diferentes para a produção de electricidade:

- Produção nominal constante: nesta configuração, de funcionamento constante, a unidade de CCE será a mais pequena possível. Contudo, não existe possibilidade para aumentar a capacidade de produção de electricidade, quando existem picos de necessidade;
- Necessidade urgente: o motor operará primeiramente quando a necessidade de electricidade é maior, sendo que nesses momentos, a electricidade terá o seu valor económico mais elevado, tanto para utilização própria como para fornecimento para a rede.

Os motores para biogás são baseados em tipos de motores a quatro tempos que são produzidos em largas séries. Motores a dois tempos não são adequados por causa do elevado nível de utilização. Na maioria dos casos um motor adequado pode ser adquirido a uma empresa especializada em adaptação de motores para biogás.

Um tipo específico de motor de pistão é o motor a dois combustíveis. Este trabalha preferencialmente com gasóleo, e quando o motor se encontra em funcionamento, adiciona-se biogás e a quantidade de gasóleo diminui em 10 a 20%. Esta é a quantidade mínima requerida para iniciar a ignição da mistura e para lubrificar o motor. O biogás é misturado e aspirado para o motor. A vantagem de um motor a gasóleo é a possibilidade de utilizar uma mistura com um teor relativamente baixo de CH₄. Além disso, pode funcionar como uma unidade de energia de emergência. A desvantagem é que emite monóxido de carbono (até 10 vezes mais que um motor de gás alimentado com biogás).

De modo a iniciar a digestão anaeróbia, é necessário aquecer o conteúdo do digestor. Um motor a dois combustíveis pode funcionar a gasóleo e produzir água quente, até que a produção de biogás se inicie. Nalguns países a electricidade produzida com um motor deste tipo não é considerada como energia renovável.

3.1.4.10 Remoção de Ácido sulfídrico

O biogás pode conter cerca de 1% de Ácido sulfídrico (H_2S). O H_2S possui um efeito corrosivo em metais e poderá danificar o motor e a tubagem, daí a importância de remoção deste elemento. A remoção pode ser feita simplesmente por adição de algum ar (2 a 6 vol.%) pela parte superior do digestor, junto ao local onde está localizada a saída de biogás para armazenamento. As bactérias oxidantes convertem o ácido sulfídrico em enxofre, e de seguida este precipitará no composto, como enxofre elementar. Quando a quantidade de ar é doseada correctamente, a quantidade de H_2S no biogás pode ser reduzida em 95%. Contudo, se for adicionado demasiado ar, o ácido sulfídrico pode converter-se em ácido sulfúrico. Além disso, a combinação de ar e biogás pode ser explosiva. A limitação da quantidade de ar é muito importante.



Figura 3.23 - Remoção de ácido sulfídrico

Fotografia: PlanET GmbH / www.planet-biogas.com

Um instrumento de medição de H_2S pode medir a quantidade do mesmo. Uma bomba de ar de aquário pode servir como a bomba mais simples para adicionar ar de uma forma fácil e controlada. Este método simples, fiável e de baixo custo é geralmente usado em digestores de explorações agro-pecuárias.

3.1.4.11 Tanque de pós digestão/ Tanque de armazenamento de composto

Depois do substrato ter sido fermentado é transferido para o tanque de pós digestão, para ser armazenado, até que o substrato digerido possa ser usado como fertilizante. Os tanques de armazenamento são cada vez mais cobertos, para evitar perdas de azoto e para recuperar biogás adicional, que se forma durante o período de armazenamento do composto. Geralmente, durante os meses mais frios do ano, não é permitido espalhar fertilizante nos campos. De acordo com o tamanho necessário para armazenamento, o tanque deve ser desenhado de modo a que armazene a quantidade de substrato digerido, produzido durante um período de cerca de 6 a 7 meses. Com o sobredimensionamento ligeiro da capacidade de um tanque de pós digestão podem retirar-se vantagens se se tiver em conta uma posterior extensão da central de biogás. Geralmente, os tanques de armazenamento de efluentes existentes são usados como tanques de pós digestão.



Figura 3.24 - Tanque de pós digestão

Fotografia: Krieg + Fischer Ingenieure GmbH / www.kriegfischer.de

3.1.4.12 Equipamento de medição e controlo

Vários aparelhos de medição permitem ao operador da central de biogás manter o sistema de modo eficiente e assim assegurar o sucesso económico desta. Além do mais, permitem o controlo diário do comportamento dos diferentes componentes e a detecção de problemas com o funcionamento e comportamento do sistema. Os aparelhos de medição mais importantes são os seguintes:

- Sensores de temperatura para medir a temperatura do digestor e a temperatura do fluxo de avanço e de retorno do ciclo de aquecimento: geralmente os sensores de temperatura estão acoplados à parede do digestor, para medir a temperatura do substrato. Para determinar o consumo de calor, as temperaturas precisam de ser medidas na rede de aquecimento nos fluxos de avanço e retorno; em combinação com um medidor de fluxo, o aquecimento gerado e o processo de consumo de calor podem ser calculados;
- Indicador do nível de substrato no digestor: um indicador de nível ajuda a analisar o comportamento do digestor, e dessa forma a quantidade de biogás produzida. Esta medição é importante para se saber as quantidades diárias de substrato adicional, e dessa forma, o fluxo de substrato;
- Medidores de electricidade, um para consumo próprio do sistema e outro para a electricidade distribuída na rede;
- Medidor de gás: devem ser instalados pelo menos dois medidores de gás medindo a produção e o consumo de gás. Os fluxos de gás medidos são indicadores do comportamento da central de biogás. Além disso, servem para operar o sistema de modo seguro.



Figura 3.25 - Equipamentos de medição

Fotografia: Smack AG / www.schmack-biogas.com

Os aparelhos de medição acima mencionados podem ser ligados a um computador, para automatizar a aquisição de dados e respectivo tratamento.

Complementarmente a estes instrumentos é importante determinar regularmente outros parâmetros, tais como:

- O valor de pH do substrato e do composto, para assegurar as condições apropriadas a uma boa actuação das bactérias;
- A composição do biogás: a determinação do conteúdo de metano e de ácido sulfídrico (H_2S) são indicadores do comportamento do digestor e dos parâmetros de controlo necessários, para assegurar a remoção do H_2S do biogás, evitando assim a corrosão;
- O teor da matéria seca do substrato, para estimar o rendimento do biogás e a taxa de processamento;
- A concentração de amoníaco, que influencia a taxa de produção de biogás, sendo que, para taxas mais elevadas a produção diminui. No composto a concentração de amoníaco dá indicação do potencial como fertilizante;
- A concentração de ácidos gordos de pequena cadeia, dá indicações do comportamento do processo de digestão e permite ao operador reagir a alterações no ambiente de digestão, uma vez que, quanto mais baixa é a concentração de ácidos gordos de pequena cadeia, mais compostos tóxicos, para as bactérias, podem estar presentes no substrato.

Em geral, em centrais de biogás de explorações agro-pecuárias, estes parâmetros não são medidos continuamente. Contudo, a determinação do valor de pH do substrato e do composto deve ser levado a cabo diariamente de modo a detectar alterações na actividade bacteriana. Esta medição pode ser levada a cabo usando simplesmente papel indicador ou medidores simples de pH electrónicos. Idealmente deve medir-se a composição do biogás através de um cromatógrafo gasoso, uma vez que a detecção de H_2S é importante para assegurar um maior tempo de vida da máquina de cogeração. Na prática, a determinação da composição do biogás é reduzida à medição do teor de CO_2 , através de indicadores Brigon- CO_2 -e H_2S , através de tubos especiais, cujo conteúdo reage ao H_2S .

Os conteúdos de matéria seca, o amoníaco e as concentrações de ácido gordo são geralmente determinados num laboratório com uma base regular, idealmente mensal.

Em particular, se os co-substratos entram como suplemento no efluente é mais importante analisar e controlar os parâmetros característicos do substrato, o biogás e o material digerido, para assegurar um melhor comportamento da central de biogás.

A unidade de controlo de uma central de biogás mede um conjunto de parâmetros, para apoiar o funcionamento automático desta e determinar o desempenho do sistema. Entre os parâmetros que são controlados pela unidade de controlo estão: a temperatura do processo e a unidade de agitação.

3.1.4.13 Ligação à rede

Em geral as máquinas de cogeração fornecem a electricidade produzida à rede eléctrica. Operando estas máquinas em paralelo com a rede eléctrica, por razões de segurança, têm de ser observadas diversas regras técnicas. É preciso instalar aparelhos de medição, unidades de controlo, ligações e elementos de vigilância, para estar de acordo com a segurança eléctrica. Complementarmente, deve ter-se cuidado com a compensação da energia reactiva. Deve também assegurar-se que as flutuações de voltagem estão de acordo com os padrões locais para a rede. Geralmente, devem estar dentro de um limite de $\pm 3\%$, para evitar perturbações no equipamento electrónico. Nos casos em que a rede local é muito fraca para receber a electricidade produzida da máquina de geração, é necessário instalar uma subestação transformadora, que permite alimentar a rede de alta voltagem.

3.1.4.14 Equipamento de segurança

Manuseando combustíveis como o biogás, requer sempre o cumprimento de um número de regras de segurança, para minimizar o risco de um acidente e para assegurar um funcionamento seguro do sistema de biogás. Devem ser instalados um mínimo de componentes de segurança e devem ser seguidas um conjunto de regras, para prevenção de acidentes. Na figura seguinte apresentam-se os principais equipamentos de segurança aconselháveis. Nalguns países existem regulamentações especiais, para sistemas de biogás.

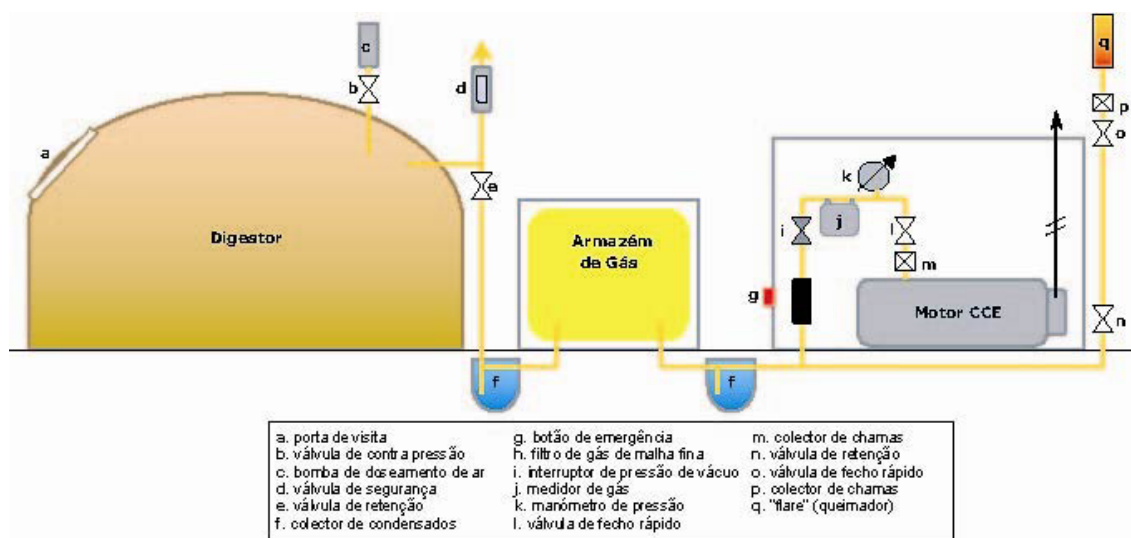


Figura 3.26 - Esquema dos componentes de segurança de um sistema de biogás

Gráfico: Ecofys bv / www.ecofys.com

Independentemente do equipamento de segurança mostrado, existem regras adicionais que devem ser seguidas, como por exemplo, a distância entre o digestor, o motor de CCE e os estábulos ou outros edifícios que sofram acções de manutenção. Além disso, na fase de projecto da central de biogás, devem ser tomadas diversas medidas de segurança, como por exemplo:

- aberturas no tanque, suficientemente largas para assegurar uma ventilação suficiente;
- válvulas de retenção e outros interruptores de segurança facilmente alcançáveis;

- toda a tubagem de gás deve ser resistente à corrosão, sendo que, a tubagem de cobre não cumpre este requisito.
- o alojamento do motor de CCE necessita de estar ventilado adequadamente, para receber uma taxa de renovação de ar suficiente.



Figura 3.27 - Equipamentos de segurança (flare, válvula de segurança, etc.)

Fotografias: Ecofys bv / www.ecofys.com, ARA GmbH / www.ara-goe.de, PlanET GmbH / www.planet-biogas.com e Smack AG / www.schmack-biogas.com

3.2 Planeamento dum projecto de digestão anaeróbia

3.2.1 Passos a seguir no desenvolvimento do projecto

O processo de desenvolvimento do projecto começa com uma ideia, delineada a um nível básico, para se obter uma visão geral da exequibilidade (criação de projecto). Esta ideia é trabalhada em maior detalhe, para se ter uma panorâmica precisa da exequibilidade legal, técnica e económica do projecto (estudo da exequibilidade). Se a mesma parecer promissora, são tomadas todas as acções necessárias, para iniciar a realização actual da instalação (preparação do projecto). Nesta altura o digestor anaeróbio pode ser construído (realização do projecto). Depois desta fase o digestor anaeróbio está pronto para o comissionamento e arranque.

3.2.2 Criação do projecto

O sucesso económico de um projecto de biogás depende, devido à sua complexidade, de vários aspectos, que influenciam a exequibilidade técnica e económica. Como resultado disto, é importante considerar relevantes as soluções técnicas, organizacionais, económicas e financeiras, nos primeiros passos de desenvolvimento dos projectos de biogás. Nesta primeira fase, a fase da criação, um número de questões relevantes têm de ser respondidas positivamente:

- Que tipo de tecnologia será utilizada? A infraestrutura existente na localização desejada (por exemplo, a própria exploração) é utilizada de uma forma optimizada?
- Que tipo de infraestruturas são necessárias? Por exemplo, é tecnicamente possível utilizar a electricidade da rede existente? Pode-se utilizar o calor produzido?
- É possível utilizar co-substratos provenientes de locais próximos?
- Como é que o efluente (co)digerido pode ser utilizado?
- O projecto é economicamente exequível?
- É provável que as licenças necessárias sejam obtidas?

A exequibilidade económica é a base de qualquer projecto comercial. Na fase de criação, é suficiente uma análise de custos básica. Se esta e as outras questões apresentarem um resultado positivo, o desenvolvimento do projecto pode continuar para a fase seguinte: o estudo da exequibilidade, incluindo uma análise económica detalhada, baseada em orçamentos dos fornecedores.



Figura 3.28 - Digestor anaeróbio à escala de uma exploração agro-pecuária

Fotografia: Ecofys bv / www.ecofys.com

3.2.2.1 Exequibilidade económica da digestão anaeróbia

A exequibilidade económica da digestão anaeróbia depende de vários factores. A tarifa de venda de electricidade proveniente do biogás e possíveis subsídios são factores essencialmente determinados pelo Governo. Para além destes, os seguintes factores dependem da exploração, empresa ou projecto:

- Quantidade de efluente utilizável: maiores quantidades de efluente conduzirão a economias de escala, por exemplo, duplicando a quantidade de efluente a ser digerido aumenta-se o custo de investimento mas não duplicará;
- Composição do efluente: o tipo de efluente (por exemplo, bovinicultura ou suinicultura) determina o rendimento de biogás. A matéria seca do efluente também é um factor importante, e se o efluente for relativamente húmido, é necessário um digestor de maiores dimensões, para um menor rendimento de biogás. Na prática, uma maneira de influenciar este conteúdo da matéria seca é reduzindo a quantidade de água utilizada na limpeza dos estábulos;
- Disponibilidade de outro material orgânico, que sirva de co-substrato: a co-digestão de outra matéria orgânica aumentará a exequibilidade económica. Materiais orgânicos, tais como resíduos agrícolas (possivelmente da própria exploração), ou resíduos de indústria de processamento de alimentos possuem rendimentos de biogás específicos elevados, quando comparados com o efluente. Na maioria dos casos, estes resíduos podem ser obtidos a baixos custos ou eventualmente com ganhos;
- Consumo e custo do uso de electricidade da empresa/exploração: a electricidade que é produzida, pode ser utilizada tanto na própria exploração ou empresa, ou alimentar a rede de electricidade. Esta consideração dependerá das tarifas de ambas, mas também dos objectivos de abastecimento do proprietário;
- Necessidade de calor da empresa e/ou vizinhos próximos: o calor produzido com o biogás pode satisfazer as necessidades de calor de áreas vizinhas. Contudo, o transporte de calor é relativamente caro. Desta forma a necessidade final de calor deverá estar dentro de um pequeno raio (como regra geral, um máximo de 200 metros mas preferencialmente a curtas distâncias);
- Utilização final do efluente (co)digerido: o número de nutrientes disponíveis directamente é superior no efluente (co)digerido do que no efluente não digerido. Podem-se poupar mais de 10% dos custos, em fertilizantes azotados. Na prática, esta vantagem só é possível quando o substrato é utilizado nas próprias terras. Não é provável que os compradores de fertilizante paguem mais quando este é digerido;

- Situação financeira: aconselha-se a reflexão sobre o financiamento do projecto logo no estágio inicial. Se o valor do crédito do investidor é elevado, a taxa de interesse do empréstimo, requerida para o financiamento do investimento, pode ser mais baixa. A quantidade de investimento, que pode ser obtida por meio de empréstimo também será maior. Uma opção possível para financiar um projecto é através de um investidor externo, tal como uma empresa de leasing ou uma empresa de electricidade.

3.2.2.2 Inventário das licenças requeridas

Em geral, para instalações de DA, são necessárias as seguintes licenças:

- licença de construção;
- licença ambiental;
- é aconselhável verificar se é precisa uma licença para utilizar o composto como fertilizante.

Para a localização desejada, deve ser verificada a existência de zona industrial. Para cada licença é importante verificar com a respectiva autoridade legal quanto tempo levará o processo de licenciamento. De notar que, a regulamentação das licenças varia de país para país.

3.2.2.3 Ligação à rede

De modo a colocar a electricidade produzida na rede, são necessárias geralmente adaptações à ligação existente. Na fase de criação é necessário inventariar o tipo de infraestruturas adicionais necessárias no caso de instalação de uma pequena unidade de CCE (20-150 kW). O proprietário da rede pode informar acerca das condições que a instalação deve preencher e os custos com as adaptações necessárias. É aconselhável contactar o operador local da rede, na primeira fase do projecto. Na fase inicial, o equipamento eléctrico e a ligação à rede têm de ser executados, por um técnico credenciado.

3.2.2.4 Fase seguinte

No final da fase de criação, alguém deve ser capaz de dar uma resposta positiva às questões mencionadas no início desta fase. Uma primeira impressão da instalação desejada, incluindo a capacidade, e o esboço da exequibilidade deve estar delineada.

3.2.3 Análise da exequibilidade

3.2.3.1 Orçamento

O pedido de orçamento aos vários fornecedores de instalações de biogás é uma boa maneira de ter uma ideia da diferença de custos técnicos e de investimento. O orçamento pode ser a chave, para estabelecer uma instalação operacional. As actividades necessárias para operar legalmente um digestor anaeróbio podem também estar incluídas nestes orçamentos. Por outro lado, parte das actividades orçamentadas podem ser feitas por conta própria, enquanto que frequentemente, partes da construção, licenças e possíveis ajustes com o operador de rede são feitas pela empresa que instala o digestor anaeróbio.

Quando se requer um orçamento, deve estar bem definido o tipo de instalação pretendida e o que deve ser ou não incluído. Esse programa de especificações deve incluir pelo menos o seguinte:

- quantidade anual de efluente;

- composição do efluente (pelo menos a fracção de matéria seca);
- quantidade anual de co-substratos, descrição física e composição;
- infraestruturas existentes que possam ser integradas na instalação de DA: sistema de armazenamento para o efluente, que possa ser utilizado para armazenar o composto, edifícios existentes que possam ser utilizados, ou equipamento existente, tais como, misturadores de efluente ou bombas;
- características do terreno, onde o digestor será instalado;
- necessidades de calor que serão satisfeitas pelo calor da CCE, por exemplo, estábulos ou outros.

A instalação necessita de obedecer às normas aplicáveis de segurança, emissões e ruído. O fornecedor deve estar familiarizado com estas normas.

Na base dos principais componentes de um digestor e respectivo tamanho é possível estimar os custos de investimento, para a instalação.

3.2.3.2 Licenças

Na fase de criação foi suficiente conhecer a atitude geral das autoridades legais acerca da DA. Nesta fase, será necessário dar mais um passo e em princípio, tem de se efectuar um pedido de aprovação. É provável que uma pequena descrição do projecto, com um esboço do resultado pretendido seja suficiente.

3.2.3.3 Fornecimento de electricidade

Na maioria dos casos, a maior parte da electricidade é fornecida à rede, desde que seja economicamente atractivo. Contudo, em determinadas alturas, por exemplo, horas de pico, pode ser mais favorável utilizar a própria energia produzida. Em alguns casos, também é vantajoso possuir uma unidade de CCE de maiores dimensões, de modo a produzir electricidade somente nas horas de pico. Esta decisão deve ser tomada com base nos picos, tarifa de pico máximo, tarifas de fornecimento e custos adicionais da unidade de CCE. A empresa de electricidade envolvida poderá providenciar informação, de modo a ser tomada a decisão.

3.2.3.4 Utilização de calor

Na fase de criação foi realizado um inventário dos possíveis usos do calor produzido. Nesta fase, o calor exigido deve ser detalhado. Um aspecto importante, além da quantidade de calor necessário, é a sua variação no tempo, por exemplo, para uma habitação, o calor exigido no verão é quase nulo. Os benefícios do aquecimento utilizado devem ser tidos em conta, quanto aos custos das tubagens de aquecimento.

3.2.3.5 Aquisição de co-substratos

Se a própria exploração não puder fornecer a quantidade desejada de co-substratos (ou efluente), são necessários fornecimentos externos. Nalguns casos, este fornecimento será feito com base em resíduos disponíveis pontualmente. Para um fornecimento contínuo de co-substratos é contudo aconselhável realizar contratos com fornecedores. Os aspectos importantes a planear nestes contratos são:

- tipo e quantidade de co-substrato (ou efluente);
- planeamento temporal de fornecimento;
- especificação da qualidade (possivelmente em gamas), tais como, conteúdo da mistura, contaminação (por exemplo, plásticos, pedras), nutrientes, etc.;

- medição do fornecimento (tanto em quantidade como em qualidade), nomeadamente os métodos (normalizados) que serão utilizados para tal;
- duração do contrato, uma vez que, quanto mais extenso temporalmente for o contrato, mais segura será a continuidade de fornecimento. Registrar também um período de notificação;
- preço do co-substrato, que podem flutuar anualmente, sendo portanto necessário negociar um preço todos os anos;
- condições de pagamento;
- responsabilidade.

3.2.3.6 Disponibilidade de nutrientes adicionais

Os nutrientes adicionais, resultantes do fornecimento de co-substrato a partir de fontes externas, têm de ser utilizados após a digestão. Se isto puder ser feito na própria terra pode não causar custos adicionais (à parte dos custos extra de transporte e de aplicação na terra). Contudo, se não houver espaço, poderá ser levado para solos de terceiros. Serão necessários contratos adicionais.

3.2.3.7 Dimensão

No orçamento do fornecedor, o tamanho dos vários componentes deve ser especificado. Com base nos componentes principais de um digestor e da sua dimensão, deve ser efectuada uma estimativa dos custos de investimento. Os componentes de maior custo são o tanque digestor e o seu isolamento, a unidade de CCE, os misturadores, bombas e a tubagem. Regra geral, podem ser usadas as fórmulas seguintes, para calcular a dimensão necessária, ou o volume dos vários componentes. De referir que se utiliza para todos os exemplos de cálculo, um projecto tipo, com uma digestão de 5000 m³ de efluente de bovinicultura e 1000 m³ (800 toneladas) de desperdício agrícola por ano.

Volume do digestor

Volume do digestor (m³) = [efluente (m³/ano) + co-substrato (m³/ano)] x [Tempo de retenção (dias)/365]

Para uma digestão mesofílica, o tempo de retenção ronda os 30 dias.

Exemplo:

5000 m³ de efluente de bovinicultura e 1000 m³ de desperdício agrícola são geralmente digeridos, com um tempo de retenção de 28 dias. O volume do digestor precisa de ser pelo menos $(5000+1000) \times (28/365) = 461 \text{ m}^3$.

Armazenamento de pós digestão

Em muitos casos é prático ou necessário armazenar o composto. Na maior parte dos celeiros (semi)abertos com pavimento, não é prático separar o efluente do composto. Nesse caso é necessário um armazenamento externo. Pode tratar-se de um armazenamento já existente (como um silo ou um reservatório) ou um novo armazenamento. O tamanho deste armazenamento pode ser calculado como se segue:

Tamanho do armazenamento (m³) = Entrada anual de substrato (m³/ano) x tempo de armazenamento requerido (em meses)/12 – tamanho do digestor (em m³)

Exemplo:

5000 m³ de efluente de bovinicultura e 1000 m³ de desperdício agrícola são anualmente digeridos com um tempo de retenção de 28 dias. É necessário um tempo de armazenamento de 2 meses. O tamanho do armazenamento pós digestão é $(5000+1000) \times 2/12 = 461 = 539$ m³.

Produção de biogás

A produção de biogás é determinada pelo conteúdo de matéria seca (MS), pela fracção orgânica da matéria seca (FO/MS) e pela produção de biogás por kg de fracção orgânica. Pode ser usada a seguinte fórmula para o cálculo da produção de biogás:

Produção de biogás (m³/ano) = Efluente_m (ton/ano) x MS_m x FO_m/MS_m x m³ de biogás por kg FO_m x 1000 + Co-substrato_{cs} x MS_{cs} x FO_{cs}/MS_{cs} x m³ de biogás por kg de FO_{cs} x 1000

Exemplo:

5000 m³ de efluente de bovinicultura e 1000 m³ de desperdício agrícola são digeridos anualmente. O efluente (com densidade de 1 ton/m³) tem um MS de 10%, um FO/MS de 80% e uma produção de biogás de 0,25m³/kg de OS. O desperdício orgânico (com uma densidade de 0,8ton/ m³) possui um MS de 30%, um FO/MS de 70% e uma produção de biogás de 0,55m³/kg de OS. A produção de biogás (m³/ano) = $(5000 \times 1) \text{ (ton de efluente/ano)} \times 10\% \times 80\% \times 0,25 \times 1000 + (1000 \times 0,8) \text{ (ton de desperdício/ano)} \times 30\% \times 70\% \times 0,55 \times 100.000 = 192.400$ m³ de biogás/ano.

Armazenamento de biogás

O armazenamento de biogás é feito, tanto em reservatórios de gás externo, como por meio de uma membrana que cobre o silo. Na prática, uma capacidade de armazenamento de 20-50% de produção de biogás diária é suficiente para utilizar uma unidade de CCE. Este valor pode ser menor, se a unidade de CCE operar em contínuo.

Reservatórios de gás externos

Tamanho do armazenamento de biogás (m³) = produção diária de biogás (m³/dia) x 20%

Exemplo:

Uma produção de biogás de 192.400 m³/ano corresponde a 527 m³/dia. Esta produção requer um armazenamento de biogás de $527 \times 20\% = 106$ m³.

Membrana de biogás

A dimensão da membrana necessária para cobrir o silo é determinada pelo diâmetro do tanque digestor. A quantidade de gás armazenado sob a membrana é relativamente pequena. Esta pode aumentar se o digestor não estiver completamente cheio, uma vez que todo o volume em excesso pode ser usado para armazenamento de gás. Na prática pode ser necessário usar um digestor ligeiramente mais largo, para compensar esta perda de capacidade de armazenamento.

$$\text{Diâmetro do digestor}(m) = 2 \times \sqrt{\frac{\text{volume do digestor}(m^3)}{\text{altura do digestor}(m) \times 3,14}}$$

Exemplo:

Um digestor de 461 m³ tem 5 metros de altura. O diâmetro do digestor é igual a $2 \times \sqrt{\frac{461}{5 \times 3,14}} = 10,8 \text{ metros}$.

Capacidade de CCE

Capacidade de CCE (kWe) = eficiência eléctrica x [produção de biogás (m³/ano) x poder calorífico do biogás (MJ/Nm³)/3,6]/[Horas de laboração completa/ano]

O poder calorífico do biogás (em MJ) pode ser calculado pelo seguinte: quantidade de metano no biogás x 34, podendo utilizar-se um valor médio de 20MJ/Nm³. Regra geral, é usada uma eficiência eléctrica de 30%. Para CCE maiores do que 50 kW este valor pode aumentar, enquanto que para CCE menores do que 30 kW pode diminuir. Se a unidade CCE é usada a tempo inteiro, o número de horas operacionais rondará as 7500 por ano.

Exemplo:

5000 m³ de efluente de bovinicultura e 1000 m³ de desperdício agrícola são digeridos anualmente e produzem 192.400 m³ de biogás/ano. A unidade de CCE necessária é $30\% \times 192.400 \times 20 / (3,6 \times 7500) = 42,8 \text{ kWe}$.

As seguintes fórmulas são usadas para o dimensionamento da flare e dos componentes de aquecimento.

Entrada térmica CCE (kWt) = capacidade de CCE (kWe)/eficiência eléctrica

Saída térmica CCE (kWt) = entrada térmica CCE (kWt) x eficiência térmica de CCE

Uma unidade média de CCE, para digestores à escala de explorações agro-pecuárias, tem uma eficiência térmica de cerca de 50%.

Exemplo:

A unidade de 42,8 kWe tem uma entrada térmica de $42,8 / 30\% = 142,7 \text{ kWt}$. A saída térmica é igual a $142,7 \times 50\% = 71,4 \text{ kWt}$.

Material de isolamento

Isolamento da área intermédia do digestor

Área intermédia = altura do digestor x diâmetro x 3,14

Exemplo:

Um digestor de 461m^3 tem 5 metros de altura. O diâmetro é de 10,8 metros. A área de isolamento é: $5 \times 10,8 \times 3,14 = 170\text{m}^2$. Se o isolamento tiver 6 cm de espessura, o volume é dado por Área x espessura = $170 \times 0,06 = 10,2\text{m}^3$.

Nalguns casos, a parte inferior do digestor pode necessitar também de isolamento, aplicando-se a seguinte fórmula:

Isolamento do fundo do digestor:

$$\text{Área do fundo} = \text{diâmetro}^2 \times 0,785$$

Exemplo:

Um digestor de 461 m^3 tem 5 metros de altura. O diâmetro é de 10,8 metros. A área de isolamento do fundo é: $10,8^2 \times 0,785 = 91,6\text{ m}^2$. Se o isolamento possui 8 cm de espessura, o volume é: Área x espessura = $91,6 \times 0,08 = 7,3\text{ m}^3$.

Tubagem de aquecimento para calor residual**Calor necessário para o digestor**

Uma grande parte do calor produzido é utilizado, para manter a temperatura no digestor. Portanto, é necessário calor para aquecer o substrato fresco e compensar as perdas de energia, através da transmissão. Esta depende do isolamento do digestor e da sua temperatura externa. Regra geral, este valor é de cerca de 30% da energia necessária para o aquecimento do substrato. A quantidade de calor necessária para manter a temperatura no digestor pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Calor necessário (em MJ/ano)} = \text{massa de substrato (ton/ano)} \times \text{calor específico (em KJ/kg/K)} \times (T \text{ digestor} - T \text{ substrato fresco}) \times 130\%$$

Regra geral, o calor específico do substrato é igual ao da água (4,2 MJ/ton/K). Para substratos com um conteúdo relativamente baixo em água, o calor específico será mais baixo.

Exemplo:

5000 toneladas de efluente de bovinicultura e 800 toneladas de desperdício agrícola são anualmente digeridas a uma temperatura (mesofílica) de 35°C. A temperatura média do substrato fresco é de 15°C. O calor necessário para o digestor é igual a $(5000+800) \times 4,2 \times (35-15) \times 130\% = 633.360\text{ MJ/ano}$. Ou seja igual a 633 GJ/ano.

Quando são aplicadas medidas sanitárias, o (co-)substrato é pré ou pós aquecido a uma temperatura mais alta. O calor específico necessário adicional para este processo depende largamente da configuração (isto é, usando a recuperação de calor, apenas aquecendo o co-substrato, pré ou pós aquecimento). O calor necessário adicional estará na gama dos 10-140% do calor que é usado no digestor.

Calor Residual

O calor residual é o calor que ainda resta, quando o calor necessário para o digestor é desviado da produção total de calor da unidade CCE. Este calor pode ser usado efectivamente, isto é, para aquecer estábulos ou habitações.

Produção de calor CCE (GJ) = Saída térmica CCE (kWt) x horas operacionais CCE

Calor residual (GJ) = produção de calor CCE (GJ) – calor necessário ao digestor (GJ)

Exemplo:

5000 toneladas de efluente de bovinicultura e 800 toneladas de desperdício agrícola são digeridos anualmente. A capacidade térmica (de saída) da unidade de CCE é: $71,4 \times 7500 \times 3,6/1000 = 1,928 \text{ GJ/ano}$. O calor residual é igual a: $1,928 - 633 = 1295 \text{ GJ/ano}$.

Dimensionamento da tubagem de aquecimento

Se a produção de calor residual e o calor necessário para os edifícios for conhecido, pode ser equacionado o seu aproveitamento, se for economicamente atractivo. Na maior parte dos casos, o dimensionamento da tubagem de aquecimento é efectuado com base na capacidade de produção completa da CCE. Desta forma há alguma flexibilidade na divisão do calor, entre o digestor e os edifícios. Em certas alturas, todo o calor produzido pode ir para os edifícios. Para digestores de explorações agro-pecuárias, um tubo de aquecimento com um diâmetro de 33,7 mm e uma espessura de 2,6 mm será suficiente.

Capacidade necessária dos tubos de aquecimento (em kWt) = Saída térmica CCE

O seguinte quadro apresenta as dimensões necessárias dos tubos de aquecimento, para várias capacidades.

Tabela 3.6 - Dimensão necessária dos tubos de aquecimento para várias capacidades

| Capacidade máxima | Diâmetro (mm) |
|-------------------|---------------|
| 18 | 13,5 |
| 30 | 17,2 |
| 45 | 21,3 |
| 70 | 26,9 |
| 110 | 33,7 |
| 175 | 42,4 |

Exemplo:

5000 toneladas de efluente de bovinicultura e 800 tonelada de desperdício agrícola são digeridas anualmente. A capacidade térmica (saída) da unidade CCE é 71,4 kWt. O tubo de aquecimento necessário tem um diâmetro mínimo de 26,9 mm.

Bomba para efluente

O tipo e tamanho da bomba, para o efluente, depende do conteúdo de matéria seca do efluente e da altura à qual tem de ser bombado (o ponto de entrada do digestor).

Exemplo:

Um tanque digestor de 460 m³ recebe três vezes ao dia 5 m³ de efluente numa hora. O efluente tem um conteúdo de matéria seca de 7-10%. Uma bomba de palheta de 3 kW será suficiente.

Misturador

O tipo e tamanho do misturador depende, em grande escala, do conteúdo de matéria seca no digestor e do tamanho do tanque digestor. A sua capacidade estará na gama de 2-25 kW.

Exemplo:

Um tanque digestor de 460m³ contém um efluente com um conteúdo de matéria seca de 7%. É necessário um misturador imerso de 7,5 kW. Se o conteúdo de matéria seca aumentar 10%, é necessário um misturador imerso de 11 kW.

3.2.3.8 Fase seguinte

Com a informação adquirida na análise de exequibilidade, a exequibilidade económica pode ser estimada. Se a exequibilidade económica for positiva e se a autoridade legal emitir uma decisão positiva, com base no digestor anaeróbio proposto, o projecto pode ser trabalhado, em mais detalhes.

3.2.4 Preparação do projecto

3.2.4.1 Selecção do fornecedor

Com base nos vários orçamentos (da análise de exequibilidade) pode ser seleccionado o fornecedor preferido. Com este fornecedor (ou com múltiplos fornecedores de partes do digestor) deve ser realizado um acordo sobre os termos de entrega, tendo em consideração os seguintes aspectos:

- Características dos produtos entregues, tais como, o tamanho do digestor, a inclusão de licença e custos;
- Tipo de trabalhos adicionais necessários durante a construção (quantidade de tempo, requisitos necessários): Os custos podem ser reduzidos se o cliente fornecer mão de obra própria, para ajudar durante a construção da instalação.
- Prazo de entrega;
- Especificações do produto e do processo;
- Garantias do produto ou do processo, nomeadamente, a duração da garantia, a quantidade mínima de horas de trabalho e o rendimento mínimo;
- Preço e período da oferta e a tabela que pode ser usada para ajustar o preço;
- Condições de rescisão: Devem pelo menos incluir a recusa de licenças (ou requisitos adicionais pela autoridade legal, que em termos de custo são inaceitáveis) e falha no financiamento do projecto;
- Eventual contrato de manutenção: averiguar se está incluído um contrato de manutenção. É aconselhável ter pelo menos um contrato de manutenção para a unidade de CCE.

Nesta fase o fornecedor terá de detalhar toda a instalação (engenharia). Especificações, desenho à escala, mapas ,etc., que serão necessários para o licenciamento.

3.2.4.2 Licenciamento

Nesta fase, pode iniciar-se o processo de licenciamento. A autoridade legal informará quais os documentos necessários. Na maioria dos casos serão pelo menos:

- Desenhos à escala;
- Cálculos de engenharia (por exemplo, fluxos de massa, biogás e produção de kW, nível sonoro);
- Plano de emergência.

É possível que sejam pedidos requisitos adicionais. Se os mesmos tiverem custos elevados a exequibilidade económica do projecto pode estar em perigo. Por esta razão o comissionamento final não deverá ter lugar antes que sejam obtidas as licenças.

3.2.4.3 Financiamento do projecto

Durante o processo de licenciamento, o financiamento do projecto poderá ser elaborado detalhadamente. Deverá ser verificada a existência de possíveis subsídios, uma vez que na maior parte dos casos, será necessário um empréstimo é aconselhável pedir orçamentos a várias instituições financeiras (bancos ou companhias leasing). Um contabilista ou conselheiro financeiro/legal poderá aconselhar, sobre a estrutura legal óptima (por exemplo, uma sociedade).

3.2.4.4 Fase seguinte

Com base no desenho detalhado da instalação, e reunindo todos os requisitos estabelecidos nas licenças concedidas, pode ser feita uma análise económica final. Esta análise deverá mostrar o cash flow anual, durante a vida do projecto. Os financiadores do projecto querem verificar o cash flow, sendo aconselhável entregar o controlo dos cálculos a um contabilista. Se esta análise económica final for positiva, o projecto está pronto para a sua realização. Contudo, deverão ser tidas em conta as seguintes condições:

- Não existem desentendimentos entre o fornecedor e o cliente, nomeadamente sobre os produtos que o fornecedor irá entregar e eventuais trabalhos adicionais;
- A acessibilidade ao local de construção, e as condições do solo são favoráveis, bem como a localização de fios e cabos existentes;
- Todas as licenças estão irrevogavelmente concedidas;
- Todas as tarefas estão comissionadas, através de documentos escritos;
- Existe um plano de trabalho para a instalação, incluindo a ligação de partes separadas;
- Existe acordo entre todas as partes interessadas, acerca das condições de pagamento;
- Existem planos de construção aprovados;
- Existe um plano de qualidade.

3.3 Realização, comissionamento e arranque do projecto

Quando a decisão final for tomada, a construção do digestor anaeróbio pode iniciar. Neste capítulo, é discutido o planeamento da construção, até ao arranque da instalação.

3.3.1 Planeamento e construção

3.3.1.1 Planeamento

As empresas responsáveis pela construção e instalação devem possuir um plano claro, contendo a seguinte informação:

- Início dos trabalhos e planeamento temporal por fases, com os correspondentes prazos/entregas;
- Fornecimento de peças e materiais;
- Pagamentos;
- Conclusão e teste.

A estrutura de comunicação deverá estar claramente definida de antemão. Quando e com quem terão lugar as reuniões, para discutir o progresso e possíveis dificuldades. Existência de um supervisor da obra para verificar se a instalação está a decorrer conforme as especificações dos requisitos legais. Finalmente deve ainda existir um procedimento, para monitorizar a necessidade de trabalhos adicionais, numa primeira fase da construção.

3.3.1.2 Execução

Durante a execução, os seguintes tópicos deverão estar bem documentados:

- Especificações da instalação construída (com eventuais diferenças para as especificações originais);
- Resultados dos testes;
- Instruções para procedimentos de funcionamento, manutenção e segurança (formação do pessoal);
- Resultados do teste de comissionamento;
- Cálculo dos custos de investimento realizados;
- Garantias e certificados de qualidade.

3.3.1.3 Contribuição própria durante a construção e supervisão

É possível que o proprietário do projecto tenha acordado com o fornecedor prestar ajuda durante a construção. Existe a possibilidade de dar assistência em várias actividades, como isolar o tanque digestor, misturar cimento e despejar betão, descarregar equipamento, soldar ou colar peças do tanque digestor, unir canos, fios, etc. Também é aconselhável que o proprietário do projecto verifique regularmente o progresso da construção.

3.3.2 Arranque

O arranque do digestor anaeróbio é um passo crucial na realização do projecto. Durante o arranque, será iniciado o processo biológico da produção de biogás. As bactérias responsáveis por este processo já estão presentes no efluente de bovinicultura, mas necessitam de ser adicionadas, quando se utiliza efluente da suinicultura. Depois de um período de 3-6 meses, a produção de biogás irá aumentar gradualmente até atingir o seu máximo. A composição do biogás produzido poderá oscilar durante este período de arranque. O teor de metano aumentará para 55-60%. A concentração de enxofre no biogás será alta no início, mas decrescerá quando a dessulfurização (biológica) se encontrar operacional.

Quando a construção do digestor estiver completa, é aconselhável que o fornecedor supervise o arranque. Após o período de arranque, o comprador poderá verificar se a instalação reúne as especificações, quanto ao rendimento de biogás e produção de electricidade. As actividades quotidianas que o operário da central terá de desempenhar consistem em:

- introdução do efluente ou, se efectuado automaticamente, monitorização dessa tarefa;
- adição dos co-substratos;
- monitorização do funcionamento dos misturadores;
- manutenção de um caderno de notas com as entradas diárias de efluente e co-substratos, a temperatura no digestor, rendimento de biogás, etc.

É importante que as tarefas do operador estejam bem documentadas. Durante o arranque, o fornecedor deverá continuar a assumir responsabilidades.

Quando o teor de metano no biogás estiver abaixo dos 45% poderá haver risco de explosão. Se o teor de metano estiver acima dos 45%, o gás irá queimar sem necessidade de uma chama piloto. Durante o período de arranque, deverão ser tidas em conta as seguintes precauções de segurança:

- Prevenção de faísca/chama;
- Separação do equipamento de conversão de gás do digestor.

Durante o arranque, o substrato tem de ser aquecido. Uma vez que ainda não existe biogás para servir de combustível à unidade de CCE, será necessário um combustível ou uma fonte de calor alternativos:

- Se a unidade CCE estiver ligada ao sistema de aquecimento, por exemplo, de uma exploração ou empresa, poderão ser utilizadas caldeiras já existentes;
- Se a unidade CCE tiver a possibilidade de funcionar num modo duplo de combustível (por exemplo, pode funcionar tanto a biogás como a gasóleo), o outro combustível pode ser usado para aquecer esta unidade;
- Pode ser utilizado temporariamente um bico de gás alimentado por gasóleo, gás natural, propano ou outro combustível fóssil.

Quando os combustíveis fósseis estão a ser usados para aquecer a unidade CCE, a electricidade produzida não pode ser vista como sustentável. Se esta electricidade é introduzida na rede, aconselha-se a discutir a questão com a empresa de electricidade que irá comprar a electricidade produzida.

Nalguns casos, em que a matéria orgânica é co-digerida, é possível que a licença ambiental requiera amostras do composto. Aconselha-se a fazer análise de amostras no arranque do digestor. Durante o período de arranque, deverá ser da responsabilidade do fornecedor do digestor o cumprimento dos regulamentos, quanto à composição dos produtos de entrada e saída do digestor anaeróbio.

Na maioria dos casos, no final do período de arranque, a responsabilidade pelo funcionamento do digestor anaeróbio irá passar do fornecedor para o comprador. Como tal, o comprador do digestor anaeróbio terá de assegurar, durante o arranque, o correcto funcionamento da instalação, conforme as especificações garantidas, tais como o rendimento e a composição do biogás.

O fornecedor terá de informar adequadamente o utilizador, sobre aspectos operacionais. Aspectos importantes tais como:

- Instrução acerca das rotinas diárias (introdução do efluente e/ou mistura do composto)
- Inspeção dos principais parâmetros do processo e indicadores (equipamento de leitura e medição);
- Monitorização do rendimento e da composição do biogás (teor de enxofre, teor de metano);
- Operação e manutenção do equipamento de conversão do biogás (CCE, queimadores, chama);
- Instruções de segurança: indicação do alarme de explosão, medidas caso se verifiquem valores superiores ao limite e emergências;
- Monitorização e administração (possivelmente como requisito legal);
- Liquidação de contas com a empresa de electricidade, tendo em conta a electricidade que é introduzida na rede.

Como resultado desta instrução, o utilizador ficará apto para a operação e manutenção do digestor anaeróbio.

3.4 Operação e manutenção

Após o arranque do digestor, este tem de ser operado e ser alvo de manutenção. Este capítulo trata dos aspectos operacionais de um digestor anaeróbio, em circunstâncias normais e em caso de mau funcionamento, bem como dos aspectos de manutenção.

3.4.1 Operação de um digestor em circunstâncias normais

A tarefa do operador é controlar as condições do processo e assegurar-se de que a unidade de CCE funciona bem. Para tal, terão de ser levadas a cabo as seguintes actividades.

Actividades diárias:

- Introdução do efluente e dos co-substratos, no tanque digestor;
- Inspecção do óleo do motor;
- Verificação de falhas no monitor/luzes, no quadro de distribuição;
- Inspecção da pressão da água, no equipamento de aquecimento;
- Inspecção da bomba doseadora da unidade de dessulfurização;
- Observação e manutenção de uma temperatura óptima, no tanque digestor;
- Ajuste dos intervalos de mistura, para evitar uma superfície flutuante ou deposição no fundo. Assegurar que o intervalo permite que o biogás se solte gradualmente do efluente;
- Inspecção de todos os tubos de fornecimento e drenagem para a passagem do efluente e dos co-substratos;
- Inspecção dos níveis, no tanque digestor e no tanque de armazenamento final
- Inspecção do armazenamento de biogás;
- Registo do rendimento do biogás e horas de funcionamento da unidade de CCE. Outros aspectos relevantes que deverão ficar registados são o consumo de biogás pela unidade de CCE, produção de electricidade, temperatura da digestão, entrada de co-substrato, actividades de manutenção desempenhadas e incidentes especiais.

Estas actividades terão a duração de cerca de 30 minutos por dia. Se os co-substratos forem introduzidos manualmente no digestor, será necessário mais algum tempo.

Actividades semanais:

- Verificação dos níveis nos reservatórios, que contêm a água da condensação. Esvaziar se necessário;
- Testar os misturadores;
- Verificação visual da unidade CCE e toda a sua tubagem;
- Verificação do funcionamento da válvula de pressão.

Actividades semestrais:

- Inspecção de todos os parafusos e tampas;
- Purga da central de aquecimento;
- Inspecção de todo o equipamento eléctrico;
- Inspecção da protecção de pressão;
- Inspecção de todo o equipamento de segurança;

Actividades anuais:

- Inspecção do subsistema da instalação que contém biogás, para evitar estragos, fugas e corrosão;
- Teste ao extintor de fogo;
- Verificação de todos os líquidos quanto à resistência à congelação.

Outras actividades:

- Aceitação dos co-substratos do fornecedor externo (e análise de amostras se necessário);
- Administração financeira.

3.4.2 Operação de um digestor em caso de mau funcionamento

A digestão anaeróbia é uma tecnologia comprovada, porém, é possível ocorrer um mau funcionamento. Na maioria dos casos, uma manutenção mecânica resolve o problema. Em baixo estão descritas as acções que deverão ser tomadas, ou os riscos existentes, em caso de mau funcionamento de partes de instalação.

Acções necessárias em caso de mau funcionamento do armazenamento do biogás:

- Corte do fornecimento de biogás para o armazenamento;
- Esvaziamento do armazenamento de biogás;
- Entrada no armazenamento, somente após ventilação suficiente e na presença de uma segunda pessoa, que segure uma corda de segurança.

Mau funcionamento do sistema de aquecimento:

- Uma fuga no sistema de aquecimento e na sua tubagem induz ao risco de queimaduras.

Acções necessárias em caso de mau funcionamento da unidade de CCE:

- Cortar o fornecimento de gás no exterior da unidade/edifício de CCE;
- Carregar no botão de emergência, fora da unidade /edifício de CCE;
- No caso de cheirar a gás, ventilar e evitar faíscas/chamas que provoquem fogo.

Aparelhos electrónicos com defeito:

- Deverá ser resolvido por um técnico especialista.

Acções necessárias em caso de defeito de tubagens, bombas e misturadores:

- Devem ser removidas de imediato todas as obstruções;
- Em caso de mau funcionamento de uma bomba ou de um misturador, todas as válvulas devem ser fechadas e as bombas devem ser desligadas.

Mau funcionamento do tanque digestor:

- Deve haver ventilação suficiente para se entrar no tanque. Senão, existe o risco de asfixia, envenenamento, fogo e explosão.

3.4.3 Manutenção

Os vários componentes do digestor anaeróbio podem estar sujeitos a maus funcionamentos, como descrito no capítulo anterior, e em todos os casos estarão sujeitos ao desgaste. Desta forma, é necessária uma manutenção periódica. A unidade de CCE tem de ser alvo de manutenção a cada 20.000 horas de operação, e necessita de uma revisão a cada 60.000 horas de operação. As bombas, principalmente as de palheta, precisam de um inspecção periódica, com um intervalo de 3-5 anos. Os outros componentes da instalação, sob circunstâncias normais, não deverão sofrer desgaste até ao final da sua vida técnica (10-20 anos), mas poderão ser necessárias algumas reparações. O operador da central de biogás poderá fazer reparações simples, como desbloquear um tubo ou substituir um parafuso. Porém, para uma manutenção mais complexa, como a manutenção de equipamento eléctrico,

a substituição de um tubo de biogás ou a reparação de uma bomba, é aconselhável a ajuda de um técnico de manutenção.

4 BIOCOMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS A PARTIR DE MATÉRIAS PRIMAS RENOVÁVEIS

“O uso de óleos vegetais para combustíveis de motores pode parecer insignificante hoje em dia. Mas, com o decorrer do tempo, tais óleos podem tornar-se tão importantes como o petróleo e os produtos derivados do carvão-alcatrão dos tempos presentes.” Estas foram palavras escritas por Rudolf Diesel, no prefácio da sua patente de 1912.

Enquanto os motores diesel e os combustíveis fósseis conseguiram alcançar um sucesso triunfante no mundo, o uso de biocombustíveis líquidos está hoje no início da sua fase de desenvolvimento, apesar das vantagens para o meio ambiente.

O uso destes biocombustíveis penetrou com maior eficácia no mercado dos transportes, em resultado dos incentivos fiscais, que desta forma conseguiram dar incutir nestes combustíveis uma maior competitividade económica.

Os biocombustíveis são especialmente adequados para o uso em sectores nicho, como seja nos equipamentos existentes em sistemas de transporte e de armazenamento de água potável, devido ao baixo risco de poluição das massas de água.

O presente capítulo sobre biocombustíveis líquidos, documenta o estado de arte da tecnologia para a produção destes combustíveis. Contudo, as possibilidades para uso posterior dos combustíveis líquidos não serão esquecidas, sendo objecto de discussão nos capítulos sobre ambiente e desenvolvimento de mercado. De momento, têm sido realizadas poucas experiências operacionais na área dos biocombustíveis líquidos em aplicações estacionárias. Portanto, o capítulo sobre os biocombustíveis líquidos não entrará em detalhes técnicos e operacionais de implementação do projecto mas, em vez disso, focará os factores de fundo e os mecanismos gerais do projecto.

Para além disso, apresenta-se uma visão geral sobre o tema e as diferentes vantagens sócio-políticas e ambientais dos biocombustíveis líquidos, bem como uma visão detalhada dos mercados na Europa, Estados Unidos e América do Sul.

São também examinados os procedimentos técnicos para a produção de biocombustíveis, complementarmente à discussão das propriedades de emissão. Serão também descritas as perspectivas do desenvolvimento do mercado e, finalmente, serão delineadas as possíveis aplicações técnicas para estes combustíveis, no sector dos transportes e áreas estacionárias.

4.1 Questões gerais

Cerca de 30% das emissões de dióxido de carbono nas nações industrializadas, são causadas pelo sector dos transportes. O movimento de pessoas e o transporte de mercadorias na Comunidade Europeia, levam a emissões de aproximadamente 902 milhões de toneladas anuais de dióxido de carbono para a atmosfera. Estas emissões são causadas, principalmente, pelos combustíveis fósseis importados de outras partes do mundo.

Actualmente, o sector dos transportes ainda depende de forma significativa do combustível fóssil, nomeadamente do petróleo. Esta observação, que num primeiro relance pode parecer um pouco trivial, torna-se significativa, quando se considera que a logística para pessoas e mercadorias está no centro dos sistemas económicos. Falhas de fornecimento nesta área, como por exemplo em resultado de desenvolvimentos políticos, afectam directamente os ciclos económicos. Mesmo pequenas mudanças nos preços dos combustíveis têm consequências no desenvolvimento da economia global.

A dependência da economia em relação aos combustíveis fósseis, é a questão mais fácil de compreender no mercado do combustível. Os combustíveis alternativos são mais escassos neste sector do que noutras áreas de utilização de energia. O aumento da globalização do mundo do negócio, anda de mão dada com o aumento no transporte de mercadorias e pessoas, sendo por outro lado, um facto aceite de que os recursos energéticos fósseis são finitos. Portanto, não se poderá continuar a usar estas fontes de energia para sempre. Para além disso, a mecanização contínua dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, têm levado a um aumento muito significativo na procura de combustíveis fósseis. Como o seu fornecimento não pode ser sustentado, colocam-se problemas económicos a longo prazo.

Estes factores e as situações muitas vezes instáveis, resultantes das condições políticas e económicas precárias nos países produtores de petróleo, estão a forçar muitas nações industrializadas a procurar alternativas e ser menos dependentes das importações de petróleo.

Para mudar esta tendência, o uso de veículos deve ser reduzido e “amigo do ambiente”, e devem ser desenvolvidos combustíveis renováveis. Isto consegue-se de duas maneiras: i) com auto-imposições para minimizar o consumo, por exemplo, os fabricantes europeus de automóveis desejam uma média de nível de emissão de dióxido de carbono em todos os carros de 140g/km, e ii) usar combustíveis alternativos de fontes renováveis, o que quebrará a dependência dos países produtores de petróleo e colocará mais ênfase nos recursos domésticos.

4.2 O mercado para biocombustíveis líquidos

A União Europeia é líder mundial na produção de biocombustíveis, produzindo e usando um total de 2.100.000 toneladas de biocombustíveis, para o sector dos transportes. Os principais produtores são a Alemanha, a Itália, a Áustria e a França, seguidos da Espanha e da Bélgica.

Para além disso, a Comissão Europeia quer que em 2020 um quinto do transporte de pessoas e mercadorias na União Europeia, seja efectuado com base em veículos biocombustíveis. Assim, 20% da mobilidade na Comunidade teria um impacto nulo nas alterações climáticas.

Tendo em conta a penetração dos biocombustíveis no mercado, existem diferenças significativas e evidentes nos estados membros da União Europeia. Esta diferença deve-se essencialmente às várias estratégias para a realização técnica e aos incentivos fiscais. Tendo em conta a realização técnica, existem duas opções: um uso combinado de biocombustíveis ou um uso puro. Contudo, a chave para o desenvolvimento do mercado dos biocombustíveis Europeus passa pelo seu custo.

Hoje em dia, uma das principais características que distingue os biocombustíveis, dos combustíveis fósseis, são os custos de matéria prima mais elevados. Muitas destas matérias primas têm os seus mercados de venda primários nos bens alimentares e sectores da cosmética. Os produtores de óleos vegetais, por exemplo, começam a ser confrontados com a decisão de colocar o seu produto nos bens alimentares ou no mercado de combustível.

Os custos de produção destes combustíveis varia de € 0,02 a € 0,05 por mega joule e são, portanto, significativamente mais elevados do que os custos de produção e distribuição para o petróleo fóssil e diesel. A diferença de custos entre fontes renováveis e fósseis é significativamente maior no mercado combustível, do que nos mercados da electricidade e de calor. Consequentemente, os biocombustíveis precisam de ter apoios financeiros, de modo a serem capazes de competir no mercado.

Uma alternativa lógica, enquadrada numa política ambiental, seria dar isenção a estes combustíveis, da taxa dos óleos minerais que é cobrada sobre o petróleo. Esta decisão destacaria a desvantagem de custo que existe na produção e que deve ser afectada aos consumidores. Nivelando os custos ou até favorecendo os biocombustíveis, pode-se estimular uma procura sustentável no mercado e os benefícios ambientais poderão começar a ser visíveis.

4.3 As vantagens dos biocombustíveis

O cultivo e o processamento dos biocombustíveis líquidos, emite menos dióxido de carbono relevante para o ambiente do que o processamento dos combustíveis de fontes fósseis. Quando se olha para as fontes de energia em geral, bem como para os perigos individuais para a água, para o clima e para a saúde, os biocombustíveis líquidos comparam-se muito favoravelmente aos combustíveis fósseis.

Os biocombustíveis são inerentemente mais biodegradáveis do que os combustíveis fósseis, representando portanto uma ameaça mais baixa para as águas interiores e costeiras. Isto e o facto dos biocombustíveis serem, na sua maior parte, produzidos na mesma região em que são consumidos, significa que o risco de perigo resultante do transporte é altamente minimizado.



Figura 4.1 - Protecção da água

Fotografia: UfOP / www.ufop.de

Contudo, as vantagens dos biocombustíveis não estão só limitadas ao ambiente. A presença de biocombustíveis no mercado de combustíveis traz também substanciais vantagens sócio-económicas. Os biocombustíveis são um factor importante nos planos para o desenvolvimento rural na Europa.

Nesta perspectiva, a intensidade de trabalho a longo prazo, permitida por estes combustíveis, é um factor importante. Produzir biocombustíveis e matérias primas, pode abrir caminho para a agricultura multifuncional, o que cria novas fontes de salários e empregos nas áreas rurais. Assumindo que a União Europeia tem uma procura sustentável para 7 milhões de toneladas de biocombustíveis, 2.000 empregos seriam criados no cultivo de plantas e outros 7.000 no processamento. Em geral, os biocombustíveis podem ser a fonte para 120.000 novos empregos (a longo prazo).

4.4 Áreas de aplicação

Embora usados ocasionalmente na cogeração ou na produção de calor, os biocombustíveis líquidos são principalmente usados no sector automóvel. Isto deve-se parcialmente às propriedades físicas dos biocombustíveis líquidos, como seja a capacidade de serem bombeados. Para além disso, a elevada densidade energética contribuiu para provar o valor destes combustíveis no sector dos transportes..

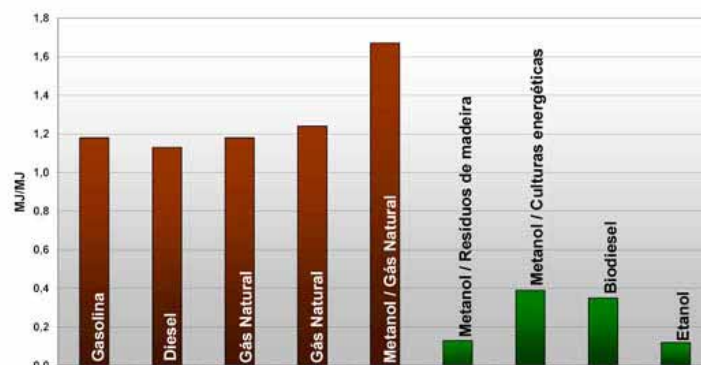


Figura 4.2 – Consumo de energia específica na produção de combustível

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

Dados: Ludwig Boelkow Systemtechnik

Os biocombustíveis são hoje em dia, uma das principais soluções para a eliminação do problema das alterações climáticas. Para além do hidrogénio, pode considerar-se uma gama de líquidos baseados no carbono como combustíveis renováveis, tais como os óleos vegetais de uso secundário e os seus ésteres (biodieséis), o grupo de álcoois, como o metanol e o etanol; bem como outros hidrocarbonetos, como os combustíveis sintéticos petróleo/diesel. Os combustíveis de fontes renováveis, que são já produzidos a partir da biomassa em maiores quantidades para o sector de transporte, são o óleo vegetal, o metil éster e o etanol.

A produção de biocombustíveis líquidos está no seu começo, tendo contudo possibilidades de desenvolvimento substanciais. Os cenários técnicos prevêem que 25% do mercado combustível da União Europeia possa ser moldado, para serem utilizados combustíveis renováveis. É possível alcançar este objectivo, com as tecnologias existentes, se houvesse uma redução moderada no consumo médio da frota e se 50% da biomassa disponível fosse usada para a produção de combustível.

Se a discussão fosse estendida aos combustíveis de biomassa sintéticos, que ainda se encontram na fase de pesquisa, a quota de mercado das renováveis podia ser de 45%. A União Europeia atingiria então reduções significativas nas suas emissões de dióxido de carbono. Além disso, podia ser atingido um grau de independência considerável do petróleo.

No sector do transporte têm prevalecido dois tipos de motor para equipar os automóveis. O motor de ignição, alimentado a gasolina, e o motor diesel de auto-ignição, alimentado a gasóleo. Os biocombustíveis podem ser produzidos para ambos os tipos de motor.

Ambos os óleos naturais e ésteres metílicos (EM) podem ser usados para alimentar os motores diesel. Hoje em dia, os combustíveis mais comuns no mercado são os ésteres metílicos, porque podem ser usados nos motores diesel tradicionais sem haver necessidade de efectuar modificações técnicas complicadas.

Os ésteres metílicos são produzidos com base em óleos vegetais. Estes óleos vegetais e animais, e as gorduras, são sujeitos a um processo de esterificação, usando metanol.

Contudo, para alcançar a penetração máxima de mercado, os biocombustíveis devem estar disponíveis também para carros a gasolina. Os álcoois como o metanol e o etanol, são adequados para estes motores a gasolina.

Uma outra forma de alimentar os carros sem motor de combustão, é através do uso de energia a partir da electricidade. Esta pode ser fornecida através do armazenamento de energia (em baterias) ou conversores de energia (pilhas de combustível). A vantagem dos carros movidos a electricidade é que não emitem poluentes para a atmosfera quando estão a funcionar. Contudo, contrariamente aos argumentos da indústria, não estão completamente livres de emissões. A energia necessária para o armazenamento da carga ou combustível, resulta geralmente em emissões de dióxido de carbono. Contudo, há excepções. Por exemplo, quando a electricidade necessária é produzida directamente a partir de fontes de energia renovável como o Sol, o vento ou hidráulica.

Os requisitos para os combustíveis modernos são numerosos e diversos. Os mais importantes são:

- Custos de produção aceitáveis;
- Capacidade de produção em quantidades suficientes;
- Infraestruturas para transporte e distribuição financeiramente viáveis;
- Adequação aos motores de combustão, pilhas de combustível e outros conversores de energia se necessário;
- Significativo potencial de redução de CO₂.

Os processos para produção de biocombustíveis são tecnicamente avançados, estando a ser amplamente utilizados na indústria química e na produção de bens alimentares. Os processos técnicos usados são geralmente tão comuns, que um aumento na procura de biocombustíveis não fará diminuir grandemente os custos, em resultado do efeito de escala.

Assim, os custos estruturais dos biocombustíveis são menos determinados pelos processos de produção. Entre outros factores determinantes neste custo, temos o preço das matérias primas principais e secundárias.

4.5 Processo para a produção de biocombustíveis líquidos a partir da biomassa

O quadro seguinte lista as matérias primas usadas para sintetizar os biocombustíveis líquidos mais importantes:

Tabela 4.1 – Matérias primas, processos e aplicações dos biocombustíveis líquidos

| Biocombustível líquido | Fonte | Técnica | Aplicação |
|------------------------|---|---|--|
| Biodiesel | Plantas oleosas: Óleo de nabo (Europa do Norte) Óleo de girassol (Europa do Sul) Óleo de colza Óleo usado (óleo de cozinha) | Extracção em pressão Esterificação com metanol | Na forma pura ou combinado com diesel convencional |
| Bioetanol | Açúcar de beterraba Cereais Outras colheitas Produtos do desperdício de plantas Madeira, palha | Fermentação alcoólica | Componente na gasolina ou puro como combustível |
| ETBE | Bioetanol (derivado) | Reacção com isobuteno na presença de um catalisador | Componente combinado na gasolina até 15% |
| Biometanol | Materiais celulósicos de lenhina Fracção biodegradável do lixo | Processo termoquímico | Equivalente ao metanol fóssil |
| MTBE | Biometanol (derivado) | Reacção com isobuteno na presença de um catalisador | Combinado como componente |

Os primeiros quatro biodieséis listados nesta tabela estão disponíveis no mercado. O metanol, o MTBE e outros combustíveis sintéticos descritos nestas linhas de acção, estão ainda na fase de experimentação e desenvolvimento. Outros óleos naturais ou vegetais também são usados em muitos estudos científicos. Estes serão abordados de forma breve, uma vez que ainda não são relevantes no mercado.

No futuro, espera-se que a indústria do biocombustível se centre muito mais nos mercados dos materiais reciclados secundários, como fonte mais barata de matérias primas. A utilização de resíduos como fonte secundária de matérias primas, podem surgir como alternativa à sua eliminação. Contudo, a possibilidade de compensar os custos de eliminação dos resíduos, usando-o para produzir combustível, depende sempre dos custos individuais dessa eliminação. Além disso, não existe, a médio prazo, desenvolvimento potencial neste sector.

4.5.1 Óleos Vegetais Naturais

Alguns tipos de colheitas como girassóis, colza e oliveira, têm um elevado conteúdo de gordura vegetal, que pode ser usado em processos técnicos. Os girassóis são colhidos com as sementes separadas do resto da planta.



Figura 4.3 – Colheita de óleo de girassol

Fotografia: UfOP / www.ufop.de

Estão disponíveis dois processos técnicos para produzir óleos vegetais das colheitas mencionadas. Aquele que é usado depende do tamanho da fábrica de produção.

Nas fábricas de óleo pequenas e descentralizadas, o óleo é extraído, por dia, de 0,5 a 25 toneladas de sementes de girassol, com uma taxa de extracção até 80%.

Na produção industrializada, um procedimento de extracção adicional é efectuado ao resíduo da planta, depois da extracção mecânica. Utilizam-se solventes para separar o óleo do resíduo esmagado, e de seguida, os solventes e o óleo são separados. Este procedimento aumenta ainda mais o rendimento do óleo utilizável, embora o óleo tenha de passar através de uma purificação intensa depois deste tratamento. As fábricas de óleo industriais com esta gestão de processo têm um rendimento até 99%, processando até 4000 toneladas de sementes de óleo por dia.

A seguir à extracção, há um processo intensivo de purificação do óleo vegetal natural, em ambos os tipos de produção. Os sólidos remanescentes no óleo, depois de comprimidos até 6%, são retirados. Em fábricas pequenas, isto pode ser conseguido através de uma sedimentação contínua. Para fábricas industriais de maior dimensão usam-se geralmente centrifugadoras.

Na Europa do Norte, a colza domina a produção de óleos vegetais, para os mercados de combustível e bens alimentares. O rendimento deste óleo ronda os 1150 litros por hectare de terra. A colza apenas pode ser semeada de quatro em quatro anos no mesmo solo. Na Europa do Sul, o girassol é o maior fornecedor de óleo vegetal. Ambos os tipos podem ser processados em combustíveis, sem restrições.

Os restos da farinha da colza são usados como alimentação animal natural, na criação de gado. A venda deste resíduo como alimento animal é essencial para melhorar a economia da produção do óleo de colza. São produzidos cerca de 1900 kg de farinha por hectare de campo.

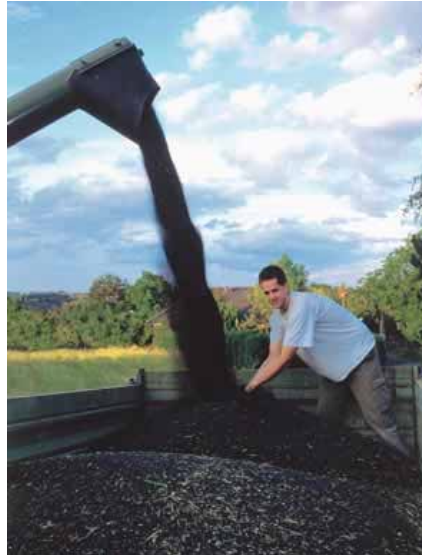


Figura 4.4 – Colheita de colza

Foto: UfOP / www.ufop.de

Propriedades técnicas como combustível

O óleo vegetal natural tem um teor de carbono muito elevado (de 77 até 78% do seu peso). O hidrogénio (12%) e o oxigénio (10%), perfazem a parte restante. Os óleos vegetais como produtos naturais que são, comportam-se como produtos biodegradáveis. Por vezes, esta propriedade pode ser um obstáculo ao uso como combustível, porque os processos de oxidação e polimerização podem iniciar-se nos tanques de armazenamento. Estes processos alteram as propriedades dos óleos combustíveis, mesmo sob condições de armazenamento favoráveis, pelo que a vida máxima de armazenamento dos óleos vegetais naturais permanece limitada de 6 a 12 meses.

Em condições de frio, os óleos vegetais reagem de modo diferente dos combustíveis refinados. Com descidas de temperatura, tornam-se cada vez mais viscosos, ao ponto de solidificarem.

Em países com invernos frios, devem ser considerados os efeitos da congelação. Esta questão significa que os óleos vegetais só podem ser usados nos transportes quando combinados com combustíveis tradicionais. Alternativamente, deve ser garantida uma temperatura do combustível acima de 5-10°C. Isto significa manter o tanque de óleo a uma temperatura que garanta a viscosidade exacta para o sistema de injeção do combustível. Estes factores tornam a propulsão com óleos vegetais naturais tecnicamente mais complicada do que a propulsão com combustíveis convencionais.

4.5.2 Biodiesel

Os óleos vegetais naturais não podem ser usados em motores diesel convencionais, sem serem efectuadas modificações. Portanto, para que o óleo vegetal produzido seja integrado no mercado de combustível tradicional, sem a necessidade de modificações do motor, deve sofrer um processo de esterificação.



Figura 4.5 - Biodiesel numa bomba de gasolina

Foto: UfOP / www.ufop.de

O óleo vegetal, uma vez tratado pelo processo de esterificação, passa a ter a designação corrente de biodiesel. Neste processo, as moléculas gordas são separadas em três cadeias ésteres de ácidos gordos. As propriedades físicas dos óleos vegetais são de tal modo alteradas, que passam a ter uma correspondência com as propriedades físicas dos combustíveis convencionais. Depois da esterificação, as moléculas têm uma viscosidade que é similar às do gasóleo normal.

O biodiesel pode ser produzido através de óleos gordos usados (óleos de cozinha), bem como óleos vegetais naturais. Estas gorduras devem ser recolhidas e sofrer um tratamento de purificação especial, antes que a esterificação possa gerar a qualidade desejada.

O processo de esterificação requer álcoois, recorrendo-se na maior parte dos casos ao metanol. Um subproduto da esterificação é a glicerina, a qual, depois de ser purificada, poderá ser usada na indústria química como material base. Os processos usados para a produção destes combustíveis são processos existentes na indústria de bens alimentares e têm sido, nos últimos anos, optimizados para o mercado de combustível. Isto torna possível a uniformidade e a conformidade com requisitos de qualidade exigentes dos combustíveis modernos.

Propriedades técnicas como combustível

Na maioria dos casos, o uso de biodiesel não obriga a qualquer ajustamento no motor. Na maior parte dos casos, usa-se uma mistura de biodiesel combinada com combustível convencional. No entanto, podem tornar-se necessárias alterações técnicas, quando os vedantes de borracha não são feitos de borracha de fluorcarbonetos. Embora na sua viscosidade o biodiesel produzido tenha quase sempre propriedades idênticas ao combustível diesel fóssil, os ésteres metílicos comportam-se de maneira diferente dos polímeros químicos.

Os biodiesel atacam e dissolvem alguns sintéticos usados nos carros, incluindo os tubos de combustível e os vedantes. Alguns componentes feitos de borracha nitrilo são afectados. Em casos de contacto prolongado com biodiesel, podem inchar e amolecer. Se os produtores usarem componentes de borracha fluorcarbonetos, ou se forem instalados durante uma reparação, não existem tais problemas. A borracha de fluorcarboneto é resistente ao ataque do biodiesel e é resistente ao combustível diesel fóssil. Deste modo, o produtor dá ao consumidor a possibilidade de propulsão a diesel ou a biodiesel, sem se ter de fazer qualquer modificação.

4.5.3 Etanol

O etanol pode ser produzido fermentando colheitas de açúcar, como a cana de açúcar, milho painço e beterraba, bem como vegetais com goma, como o milho, o trigo e a batata. Por vezes, a biomassa de celulose de lenhina, contendo celulose, lenhina e hemicelulose, é também usada para produzir etanol. São exemplos o desperdício de madeira, de palha ou de plantas.

As plantas de açúcar podem ser trituradas e fermentadas para produzir o etanol, através da fermentação alcoólica. As plantas com goma, como o trigo, devem primeiro ser hidrolisadas, por ácidos ou enzimas, a açúcares, antes de se efectuar a fermentação alcoólica. Enquanto nos anos 80 a produção de etanol concentrava-se no uso de plantas de açúcar e com goma, as práticas de pesquisa e desenvolvimento centram-se na biomassa da lenhina celulósica. Esta tem frequentemente associado benefícios económicos, porque o desperdício de lenhina celulósica está disponível no mercado e não é usada no sector dos bens alimentares.

A produção a partir da biomassa da lenhina celulósica poderá significar um avanço para a produção de etanol a partir da biomassa.

A biomassa da lenhina celulósica pode apenas ser usada para a produção de etanol se for decomposta em glucose. Durante a transformação da biomassa de lenhina celulósica, a decomposição usando vapor aumenta a área de superfície, criando as condições ideais para produzir o composto de açúcar por meio de microorganismos.

O passo seguinte é fazer a hidrólise. A lenho-celulose é transformada num composto de glucose e de outros açúcares. Os materiais de glucose são fermentados em álcool através de leveduras e em condições aeróbias muito controladas. Deve ser dada importância às condições ambiente em que os organismos bacterianos e fungos se encontram. A temperatura e os valores de pH são cruciais para o sucesso da fermentação.

Com o composto produzido pela fermentação, isola-se o etanol através de várias fases de destilação (rectificação). Com a destilação em várias fases, pode ser conseguido um nível de pureza de 96% do etanol. A mistura remanescente consiste de água e materiais orgânicos.

Propriedades técnicas como combustível

O etanol comum é muito adequado como combustível para motores a gasolina de injeção directa. Devido ao seu elevado número de octanas, de 110 até 130, é um combustível pouco explosivo. Daí resulta que os motores operados com etanol e optimizados para este tipo de combustível podem usar um nível elevado de compressão.

O etanol destilado pode também ser usado como um componente combinado para alimentar motores standard a gasolina. As propriedades do etanol aumentam a eficiência do motor e reduzem o consumo de combustível. Para além disso, como o número de octanas resultante é mais elevado, é produzido um combustível compatível com o motor. Até um volume de 10%, pode ser adicionado sem ter de se efectuar modificações técnicas em toda a frota de carros. Consequentemente, a mistura mais disponível no mercado é a de 10% de volume de etanol e 90% de volume de gasolina. Concentrações mais elevadas de etanol (até ao etanol puro), são também uma fonte de combustível adequada para os motores a gasolina de injeção directa, embora esta situação obrigue à realização de modificações nos motores comuns.

4.5.4 Combustíveis a partir do gás de síntese

Para além dos procedimentos de extracção e fermentação, uma transformação termoquímica, tem potencial para produzir combustível através da produção de gás de síntese. Contudo, os processos estão em fase de pesquisa, e portanto os combustíveis sintéticos não serão lançados no mercado brevemente.

A vantagem deste tipo de combustível é que pode ser produzido a partir de um espectro relativamente amplo de matérias primas. Esta diversidade permite que uma central de produção seja economicamente efectiva, apesar da flutuação de preços das matérias primas.

Uma outra possibilidade para estes combustíveis sintéticos, é a produção de um gás de síntese sem alcatrão, que pode abrir caminho para a economia de combustível baseada no hidrogénio. Os gases de síntese, com ou sem elementos de monóxido de carbono, oferecem a maior flexibilidade possível, não só em termos de matérias primas usadas, mas também em termos de produtos produzidos.

Muitos dos combustíveis já usados e muitos dos combustíveis planeados para o futuro, podem ser produzidos a partir de uma combinação de matérias primas baseadas neste combustível.

O metanol, o metano, o hidrogénio e a gasolina sintética, e os combustíveis diesel, podem ser todos produzidos por meio da fase intermédia do gás de síntese. Os combustíveis sintéticos, em particular, têm o potencial para desenvolver um comportamento de emissões “amigo do ambiente”, contanto que as propriedades sejam idênticas ou melhores. Estão a ser efectuadas pesquisas na indústria automóvel, tendo em conta procedimentos de desenvolvimento para a produção de combustíveis sintéticos em simultâneo com o hidrogénio.

Ainda é necessária muita pesquisa na produção do gás de síntese a partir da oxidação substoiquiométrica da biomassa. Os procedimentos usados hoje em dia para a produção de gás da biomassa, não foram projectados para produzir gases de síntese, mas para converter os gases produzidos em electricidade. Infelizmente, a sua transferência directa para a gaseificação da biomassa em centrais descentralizadas mais pequenas (<50MW), não obteve sucesso imediato.

Ainda não foram solucionadas muitas questões que se prendem com a produção de combustíveis sintéticos. Estas questões incluem a qualidade e estabilidade dos combustíveis produzidos, os custos de produção, o possível rendimento das matérias primas e a eficiência energética de todo o projecto.

Produção de gás de síntese

O passo inicial na produção de gás a partir da biomassa, é a conversão termoquímica dos combustíveis base. O ar, o oxigénio, o vapor e o hidrogénio, bem como as misturas destes gases, podem ser usados como meios de gaseificação para este processo. A produção do combustível que se segue é um processo catalítico. Portanto, o gás de síntese deve satisfazer requisitos particulares e deveria apresentar um elevado nível de pureza.

Economicamente e por razões logísticas, as centrais de pequenas dimensões são cruciais para o uso da tecnologia da gaseificação para a biomassa. Estas devem ser projectadas de tal modo que o uso de oxigénio puro não seja necessário. Fornecer os aparelhos de gaseificação com oxigénio puro ou construir um aparelho de fraccionamento do ar, não é adequado à gaseificação descentralizada da biomassa, por razões de custo.

Um outro requisito essencial dos gases de síntese usados para produzir combustível, é o teor de hidrogénio. Por vezes, este está bem abaixo de 50%, especialmente com procedimentos de gaseificação autotérmicos, onde a energia é produzida a partir do combustível processado. Os procedimentos de gaseificação alotérmicos, que usam calor fornecido externamente, têm de longe um melhor potencial de serem usados para produzir os gases de síntese, visto que prometem uma qualidade do gás mais elevada.

No processo alotérmico, o calor externo é transferido para o reactor. Isto significa que não é necessário fornecer oxigénio como gás de síntese e o gás produzido tem um teor de hidrogénio utilizável. Contudo, este procedimento requer quantidades consideráveis de energia externa, visto que, em contraste com os procedimentos autotérmicos, não preenchem os seus próprios requisitos.

Estado actual da pesquisa

A Alemanha tem uma central teste para a gaseificação da biomassa. O processo é efectuado tendo em conta que num primeiro passo a biomassa seca, como a madeira, palha ou lamas orgânicas, é transformada em gás de síntese rico em monóxido de carbono, por meio de gaseificação substoiquiométrica. Num segundo passo, os combustíveis sintéticos podem ser produzidos a partir do gás síntese, uma vez que foi purificado para remover as partículas contaminantes.

Os hidrocarbonetos podem também ser produzidos a partir do gás de síntese, usando a síntese Fischer-Tropsch. Em condições de reacção entre 220 – 240°C e com pressão de cerca de 25 bar, podem ser convertidos hidrocarbonetos de cadeia longa em hidrocarbonetos de cadeia curta, usando catalisadores baseados em ferro e cobalto. Deve disponibilizar-se hidrogénio para este processo. Contudo, na produção descentralizada de combustível, este processo é tecnicamente muito complicado, porque uma vasta gama de produtos é produzida durante a síntese Fischer-Tropsch.

4.5.5 Metanol

O metanol é usado numa vasta gama de áreas, desde a combinação com os combustíveis convencionais (sem alterar a tecnologia usada), até ao uso puro como combustível. Pode ser usado em motores de combustão tradicional e em pilhas de combustível de metanol directo. Mas o metanol pode também ser usado como produto base para sintetizar biodiesel a partir de óleos vegetais.



Figura 4.6 – Metanol numa estação de serviço

Fotografia: DaimlerChrysler / www.daimlerchrysler.de

O metanol pode ser feito a partir da biomassa, mas encontra-se ainda na fase experimental. Importante para a produção é a conversão da biomassa sólida numa forma gasosa. Isto pode ser feito por meio da produção de gás de síntese, ou usando o biogás dos aterros ou centrais de biogás.

A produção de metanol é um processo químico de custo intensivo. Portanto, nas condições actuais apenas é usada a biomassa de resíduos como madeira velha ou resíduos orgânicos, para produzir metanol.

Propriedades

A estrutura química do metanol é CH_3OH . O metanol tem um poder calorífico mais baixo do que os combustíveis convencionais, como a gasolina e o diesel.

Há uma desvantagem decisiva do metanol puro, em relação aos combustíveis convencionais. Embora o metanol seja líquido, tem propriedades corrosivas. Portanto, não pode ser distribuído por meio da rede de distribuição existente nas estações de abastecimento de gasolina.

Nas condições ambientais e pressão atmosférica normais, o metanol é líquido na sua estrutura química. Esta estrutura compacta dá aos carros a metanol, com o mesmo tamanho de tanque, autonomias mais elevadas do que carros movidos a gás natural ou a hidrogénio. Uma vez libertado para o ecossistema, o metanol é imediatamente dissolvido e não pode ser facilmente recuperado. Contudo, em termos de degradação biológica, é muito mais favorável do que a gasolina.

A eficiência energética para a produção de metanol da biomassa, alcança valores até 55%. Alternativamente, se usado em graus mais baixos de eficiência, o gás de síntese remanescente pode ser usado para produzir electricidade.

4.5.6 Hidrogénio a partir da biomassa

Em muitos cenários futuros, o hidrogénio é considerado uma fonte importante de energia. Contudo, o hidrogénio não existe no seu estado natural. Está combinado com outros elementos, nomeadamente com o oxigénio na água ou com o carbono no gás metano. Desta forma, deve ser, em primeiro lugar, separado destes elementos, o que é conseguid com consumo de energia. Isto significa que o hidrogénio é tão ecológico como as fontes de energia usadas para o produzir.

O hidrogénio é um gás inodoro. Tem uma densidade de cerca de $0,09\text{Kg/m}_3$, sendo significativamente mais leve do que o ar. O ponto de ebulição verifica-se à temperatura de -253°C . Isto torna-o tecnicamente complicado para armazenar, transportar e distribuir. Além disso, o hidrogénio tem uma densidade energética volumétrica baixa, o que significa que os carros com um alcance acima de 500 km, necessitam de reservas líquidas. O armazenamento em contentores de gases pressurizados é possível para baixas autonomias.

Quando o hidrogénio é usado em pilhas de combustível, as únicas substâncias prejudiciais que podem emergir são óxidos de azoto, se ocorrer a oxidação com o ar. Desta forma, o hidrogénio é uma boa alternativa para a redução de impactes ambientais, tendo em conta que o sector dos transportes gera muitos impactes ambientais, devido aos combustíveis usados.

Produção de hidrogénio a partir da biomassa

Embora obtido essencialmente através da electrólise, é também possível produzir hidrogénio usando a biomassa. Por meio de oxidação parcial, pode ser produzido um gás combustível, que consiste largamente em monóxido de carbono e hidrogénio. O gás de síntese produzido é também chamado gás “fraco”, devido ao seu baixo poder calorífico. Se houver intenção de produzir hidrogénio puro, adequado às pilhas de combustível a partir deste gás, será necessário um processo de purificação complicado. As partículas e o alcatrão, bem como algum monóxido de carbono, deve ser removido.

Estado actual de investigação

A gaseificação da biomassa, como uma fonte de hidrogénio, tem sido um tópico de pesquisa durante muito tempo. Os problemas técnicos relacionados com os procedimentos usados, estão principalmente relacionados com a gaseificação completa dos diferentes tipos de biomassa e a subsequente purificação do gás. A produção de hidrogénio a partir da biomassa ainda não está preparada para ser disponibilizada no mercado.

4.6 Custos dos biocombustíveis líquidos

Os combustíveis renováveis podem substituir os combustíveis fósseis, assegurando uma contribuição sustentável para a protecção do clima e do ambiente. Contudo, para penetrar no mercado, estes combustíveis deveriam ajustar-se e ser sujeitos às mesmas condições e realidades.

A nível nacional e europeu, existem algumas políticas fiscais e programas de apoio para compensar alguns dos custos adicionais destes combustíveis, nomeadamente ao nível da redução do imposto sobre os produtos petrolíferos. Contudo, estes instrumentos apenas compensam uma parte do custo adicional. O principal critério para competir com sucesso no mercado será a obtenção de baixos custos de produção.

Os custos actuais dos biocombustíveis líquidos, cerca de $0,8 \text{ € / l}$, são significativamente mais elevados do que os custos de produção e distribuição da gasolina e do diesel. Enquanto que o custo de produção de energia eléctrica a partir de fontes regenerativas já é aceitável para utilizadores finais, a diferença dos custos entre os biocombustíveis líquidos e combustíveis fósseis é significativamente maior.

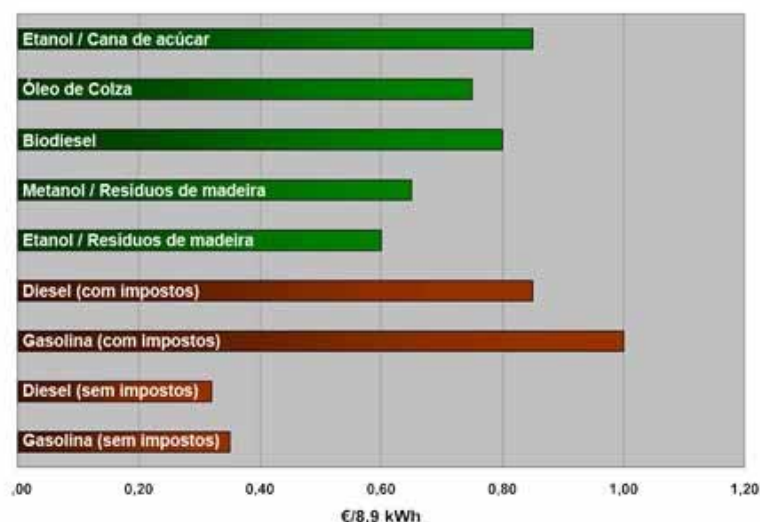


Figura 4.7 - Custos de biocombustível – custos de combustível fóssil

Gráfico: Dobelmann / www.sesolutions.de

Dados: Ludwig Boelkow Systemtechnik

A eficiência económica dos combustíveis renováveis é apenas um dos muitos aspectos a ter em consideração. Os benefícios destes combustíveis, como a melhor compatibilidade ambiental e a minimização dos perigos para a saúde, significam uma penetração no mercado mais rápida nalguns nichos.

4.7 Desenvolvimento do mercado de biocombustíveis líquidos

Cada aumento que se verifica no preço dos combustíveis fósseis, abre caminho ao lançamento do mercado dos biocombustíveis líquidos. É mais fácil, para muitos biocombustíveis, tornarem-se competitivos no mercado, se os combustíveis fósseis forem mais penalizados fiscalmente, como pode ser visto na Figura anterior.

Os parágrafos seguintes descrevem as tendências do desenvolvimento do mercado actual para os biocombustíveis mais importantes.

4.7.1 Óleos Vegetais Naturais

Conforme se verifiquem mais sucessos nas experiências técnicas, assim aumentará o uso de óleo vegetal natural. De momento, a maior parte dos motores estão ainda em testes ou estão na primeira fase de produção em série. O desenvolvimento do mercado posterior deste tipo de combustível dependerá grandemente dos sucessos destes projectos.

Em contraste com os combustíveis fósseis e o biodiesel já desenvolvido para o mercado global, os óleos vegetais naturais destacar-se-ão nos mercados regionais. Isto deve-se às suas propriedades técnicas, ou seja o tempo de armazenamento limitado, e também à eficiência económica, obrigando a que sejam assegurados contratos de fornecimento a longo prazo.

4.7.2 Biodiesel

Existem duas abordagens diferentes que podem ser feitas para assegurar o amplo uso de biodiesel no mercado nacional de combustíveis líquidos: i) na sua forma pura, à semelhança do que se verifica na Alemanha, ii) , combinado com combustíveis fósseis, de acordo com a opção que se verifica em França. A esta mistura associam-se importantes benefícios fiscais concedidos por parte do Governo Francês.

Por um lado, o uso de biodiesel puro, em conjunto com catalisadores de oxidação, pode conduzir à redução das emissões de gases de escape e pode criar condições óptimas para aplicações adequadas, como no transporte citadino ou em áreas protegidas.

Por outro lado, a adição de biodiesel ao combustível fóssil, constitui um processo mais simples e raramente incorre em custos adicionais na produção e distribuição do combustível. Contudo, os benefícios em termos de emissões são mais reduzidos.

O uso do biodiesel para a produção combinada de calor e energia eléctrica em aplicações estacionárias, está a ser travada, devido a obstáculos económicos. As matérias primas e os custos de produção do biodiesel são consideravelmente mais caros do que os combustíveis convencionais utilizados, apoiados fiscalmente, nalguns casos. Os programas de apoio aos combustíveis fósseis podem constituir importantes barreiras sobre a eficiência económica dos biocombustíveis.

4.7.3 Etanol

Na maioria dos países, a produção de álcool combustível ainda representa um papel secundário. Em França, no Brasil e nos Estados Unidos da América, existem programas estatais que patrocinam o uso de Etanol. Contudo só agora, no contexto do aumento dos preços de óleo e no interesse recente no fornecimento de energia amiga do ambiente, é que o assunto tem recebido uma maior atenção.

O papel do etanol no mercado dos combustíveis líquidos, pode ser encontrado na área dos aditivos combustíveis. Isto tem a ver com a eficiência económica. Normalmente podem ser atingidos preços de mercado mais elevados quando é vendido como um aditivo combustível, do que quando é vendido como um combustível puro. Além disso, para as quantidades usadas como aditivo, não são necessárias modificações técnicas nos carros.

Mesmo se actualmente a Europa ainda não registou grande sucesso no uso do etanol, ao nível internacional existem já sinais consideráveis de sucesso. O Brasil, por exemplo, tem levado a cabo um programa de sucesso desde 1975. Graças ao “Programa Pró-álcool”, 1,3 biliões de litros por ano estão a ser actualmente lançados no mercado de combustível. Isto torna o Brasil líder dos países produtores de combustível álcool. Produz 43% do seu mercado combustível com fontes renováveis.

No Brasil, a produção de álcool para o mercado de combustíveis líquidos baseia-se unicamente na cana do açúcar, o que cria 40% dos rendimentos agrícolas. A produção de etanol da cana de açúcar foi promovida como parte do Programa Pró-álcool. Também ao abrigo deste programa foi promovido o desenvolvimento dos motores de etanol puro, os quais necessitam apenas de 4% de aditivos. A redução significativa dos preços no mercado mundial para o crude, nos anos 80, teve um impacto negativo no programa, resultando na obrigatoriedade de adição de 24% de etanol à gasolina fornecida nas bombas de gasolina, por forma a manter o mercado do etanol.

Os Estados Unidos da América têm um programa de etanol para o tráfego rodoviário. Em 2001, 6 biliões de litros de álcool foram lançados para o mercado de combustível, tendo substituído 1,5% das vendas de gasolina nos Estados Unidos da América. A estratégia nos Estados Unidos é pressionar para que seja adicionado um máximo de 10% de etanol, e que seja obtido predominantemente do milho. O programa actual tem vindo a ter uma tendência ascendente, devido ao aumento das preocupações ambientais. A estratégia destas actividades é reduzir impactes no ambiente, causados pelo monóxido de carbono (CO) e ozono (O₃), através da adição de componentes combustíveis ricos em oxigénio, como o etanol ou os seus derivados.

O uso do etanol nas centrais de energia estacionárias é tecnicamente possível (especialmente em centrais combinadas de produção de calor e de energia eléctrica). Devido ao facto de ser principalmente usado como um aditivo combustível, não permitiu até agora impor-se neste mercado como produto puro.

4.8 Utilização de biocombustíveis líquidos em fontes móveis

4.8.1 Óleos vegetais naturais

Até agora, o conhecimento sobre o comportamento de óleos vegetais naturais nos motores modernos é limitado. Não se encontram disponíveis registos de dados importantes sobre o comportamento destes combustíveis, bem como provas de tempo de vida nos bancos de ensaio e no uso de veículos em diferentes condições.

Para os óleos vegetais naturais serem usados em motores diesel, devem ser feitas modificações técnicas. Para pré-aquecer o combustível, o requisito mais importante é adaptar o sistema de injeção de combustível à viscosidade dos óleos vegetais naturais. Adicionalmente, o facto do comportamento da distribuição do combustível ser diferente, torna geralmente necessária uma instalação diferente dos êmbolos.

Em termos dos componentes mais essenciais do motor, os motores diesel usados com óleo vegetal são idênticos aos usados com combustíveis fósseis. Usam sistemas de injeção directa, para distribuir o combustível na câmara de combustão.

Devido à sua elevada viscosidade, é difícil processar o óleo vegetal num composto que possa ser inflamado, nos motores diesel, a baixas temperaturas. Para evitar problemas de ignição em motores frios, o combustível diesel convencional é usado para o processo de ignição e o óleo vegetal natural é apenas injectado após o período de aquecimento do motor. Isto significa que deve ser instalado um sistema de dois tanques.

Um outro problema com esta viscosidade natural do óleo vegetal é que, num sistema de injeção de combustível, estes óleos não podem ser facilmente pulverizados num composto inflamável. Mesmo que esta questão não seja muito importante para utilizações curtas, pelo contrário, se for utilizado óleo vegetal sistematicamente, a longo prazo pode conduzir a uma injeção desigual e, portanto, maior acumulação de partículas nos revestimentos do cilindro, êmbolos, válvulas e bocais de injeção, os quais estão no seu funcionamento normal sujeitos a pressão.

4.8.2 Biodiesel

O uso de biodiesel em motores diesel é geralmente possível. Contudo, é importante que o biodiesel seja aprovado pelo fabricante do motor. Esta aprovação pode ser emitida se o veículo estiver já preparado ou quando tenham sido efectuadas algumas adaptações, nomeadamente a substituição de vedantes de borracha, entre outros componentes de borracha de nitrilo, que estejam em contacto com o combustível. Estes componentes deverão ser substituídos por componentes de borracha de fluorcarbono.

Na prática, ao usar biodiesel, para ajudar a garantir uma utilização sem problemas a longo prazo, deve ter-se em atenção ao seguinte:

- Se o carro passar a utilizar biodiesel após um longo período de tempo, durante o qual apenas foi usado diesel de petróleo, pode ser necessário alterar o filtro de combustível. Como o biodiesel se comporta como um solvente, os resíduos do combustível diesel podem ser dissolvidos, o que pode levar a bloqueios dos filtros;
- Pela mesma razão, as áreas envernizadas que estão em contacto com o biodiesel devem ser limpas imediatamente;
- Se o biodiesel for usado em carros não aprovados, alguns materiais sintéticos ou de borracha podem danificar-se em certas circunstâncias, depois de um período de uso mais longo. A título de exemplo, os tubos de combustível podem amolecer. Os tubos feitos de borracha de fluorcarbono, já utilizados em modelos aprovados, podem evitar esta situação. Podem efectuar-se verificações regulares do sistema de combustível e, se necessário, alterar os materiais afectados.

4.8.3 Etanol

O etanol é raramente usado na Europa e nos Estados Unidos da América como combustível puro. Apenas no Brasil é usado este método. A razão para esta situação é a elevada taxa de evaporação do combustível, visto que reduz a capacidade para arranques frios.

O problema dos arranques frios a baixas temperaturas, não é relevante em zonas climáticas quentes. Em zonas climáticas mais frias, como na Europa do norte, os carros têm de estar por vezes equipados com um tanque de gasolina extra, para assumir arranques frios.

O uso do etanol, quando combinado com a gasolina convencional, não requer quaisquer modificações técnicas nos motores. As suas qualidades técnicas aumentam duas vezes o número de octanas do combustível, em 10% da proporção do peso. Os combustíveis de mistura de etanol e gasolina são geralmente mais amigos dos motores do que os combustíveis de gasolina puros.

4.9 *Uso de biocombustíveis líquidos em aplicações estacionárias*

4.9.1 Fundamentos

O biocombustível líquido com o maior potencial para a cogeração é o óleo vegetal natural. Este pode ser produzido e preparado em cooperativas agrícolas (usando meios simples), para o uso em motores adaptados. Portanto, estas linhas orientadoras focarão principalmente os óleos vegetais naturais. Contudo, as afirmações gerais nestas linhas orientadoras podem também aplicar-se a outros projectos de biomassa, com outros combustíveis.

De forma genérica, pode-se dizer que todos os biocombustíveis líquidos podem ser usados em aplicações estacionárias, onde o peso, um factor sempre relevante numa aplicação móvel, pode ser desprezado. Isto abre caminho a algumas possibilidades técnicas. Muitas das vantagens ambientais oferecidas por estes combustíveis começam a ter o seu efeito. Constituem bons exemplos, a instalação de tanques de camada dupla, que evitam acidentes com libertação de combustíveis para os solos ou recursos hídricos, ou o ajustamento dos filtros e outros sistemas de tratamento de emissões gasosas.

A cogeração é considerada uma parte importante da protecção ambiental em todo o mundo, por causa do seu elevado nível de eficiência energética. Isto também se aplica quando são usados combustíveis fósseis. Este facto combinado com a eficiência económica da operação das centrais, essencial para projectos de cogeração, torna mais difícil o uso de biocombustíveis líquidos numa aplicação estacionária.

O design de motores estacionários de óleo vegetal é o mesmo que o usado para aplicações móveis. A vantagem da cogeração para motores estacionários é que muitos dos problemas técnicos associados ao óleo vegetal, como os arranques a frio, podem ser eliminados. Para além disso, na cogeração, geralmente está disponível calor suficiente para ter um controlo suficiente sobre a viscosidade observada a baixas temperaturas. As unidades do motor nas fábricas de cogeração estão na maioria num estado quente ou pré-aquecido quando arrancam.

Os motores de cogeração são projectados para trabalhar com uma performance óptima, o maior número de horas anuais possível, para além de 4000 horas de operação, para assegurar um elevado nível de eficiência. Isto torna possíveis intervalos de manutenção regulares.

A cogeração com o óleo vegetal é a mesma que para as unidades de cogeração tradicionais em operações de gás natural ou óleo combustível. Um motor de combustão é ligado a um gerador eléctrico que transforma a energia mecânica do motor em electricidade. A eficiência da produção de energia primária é cerca de 30%. O calor gerado para o sistema de exaustão ou para o sistema de arrefecimento do motor, pode ser aproveitado por meio de permutadores de calor e disponibilizado para edifícios ou processos.

4.9.2 Possíveis problemas técnicos de operação nas centrais de cogeração com óleo vegetal

As bombas e sistemas de injeção de combustível são as partes mais críticas das unidades de cogeração operadas com óleo vegetal. Elas são a fonte da maior parte dos problemas. A fraca qualidade do combustível ou a existência de contaminantes prejudiciais, podem levar a uma rápida formação de depósitos nos bocais de injeção e no sistema de combustão, o que pode levar a uma insuficiente atomização do combustível, e numa fase seguinte à contaminação do óleo do motor.

A maior ameaça para os motores de óleo vegetal deve-se à eventualidade de falha do sistema de lubrificação central, que geralmente conduz a danos irreversíveis do motor. A juntar aos contaminantes prejudiciais no combustível, muitas vezes uma gradual tixotropia do óleo da lubrificação é responsável por este tipo de dano. Por estas razões, são recomendadas mudanças de óleo e inspecções de manutenção aos motores de óleo vegetal, pelo menos em cada 250 horas. Contudo, não é só uma mudança do óleo do motor e do filtro que deve ser efectuada, mas também uma análise da qualidade do óleo encontrado.

O óleo vegetal comporta-se de maneira diferente dos combustíveis fósseis refinados em muitos aspectos. É portanto também aconselhável equiparar os motores a óleo vegetal com temporizadores de arrefecimento, para garantir o lento arrefecimento da unidade do motor. Isto não só evita o dano do motor por sobreaquecimento, mas evita também a carbonização dos bocais e êmbolos devida à queima descontrolada do óleo vegetal.

É difícil fazer uma estimativa dos intervalos de manutenção nas centrais de cogeração a óleo vegetal, porque se reuniu pouca experiência operacional até ao presente momento. Embora os projectos anteriores registem sucessos operacionais, sofreram-se pesados atrasos com danos maiores no motor. A operação destas centrais depende de muitos parâmetros e, muitas vezes, de parâmetros que não podem ser suficientemente monitorizados, daí resultando que as causas exactas das falhas não podem ser muitas vezes determinadas.

Estes factos significam que há necessidade de aumentar os fundos de manutenção acima de 2 cêntimos de € por kWh de energia eléctrica produzida. Isto deve ser tido em conta o mais cedo possível na fase do planeamento financeiro.

4.10 Gestão do Projecto

4.10.1 Planeamento geral do projecto

Para implementar um projecto de cogeração com biocombustíveis líquidos, devem ser seguidos os mesmos passos necessários para instalar uma central de cogeração com combustíveis fósseis.

O planeamento do projecto deve ser efectuado de acordo com os seguintes passos:

- Investigação preliminar e inspecção da situação actual;
- Análise dos requisitos de aquecimento na área;
- Análise de custos e investigações preliminares sobre os custos de combustível;
- Verificação da eficiência económica;
- Esboço dos conceitos de cogeração para vários cenários;
- Selecção de tecnologia adequada;
- Selecção de um método de operação adequado;
- Reunião de propostas de fornecedores de centrais de cogeração, incluindo custos de manutenção;
- Pré-planeamento da distribuição;
- Obtenção das autorizações necessárias, por parte das autoridades;
- Análise final da viabilidade económica;
- Arranque do projecto.

Devido há pouca experiência prática com centrais de cogeração operadas com óleo vegetal natural, têm de se obter antecipadamente garantias suficientes do fabricante, incluindo custos de manutenção. Os projectos de energia com óleo vegetal natural têm ainda carácter de pesquisa.

A secção seguinte descreve os elementos mais importantes para o sucesso de um projecto de aproveitamento energético.

4.10.2 Planeamento técnico

O mais importante para assegurar o sucesso do projecto, é obter um fornecimento a longo prazo de combustíveis em quantidades suficientes e qualidade adequada. São aconselháveis contratos de fornecimento a longo termo e, acima de tudo, a obrigação de qualidade com os produtores de óleo vegetal.

Como o óleo vegetal tem um tempo de vida armazenado de cerca de 6 meses, a logística de abastecimento deve ser projectada de tal modo que minimize os tempos de armazenamento dentro da central. Em unidades de cogeração de maiores dimensões, com elevado consumo de óleo e um elevado uso anual, é possível a distribuição em camião cisterna e armazenamento num tanque de combustível externo, embora se deva assegurar que os tanques não estão contaminados com outros resíduos. Se existirem outros resíduos, podem acontecer danos irreversíveis no motor e nos sistemas de gestão de combustível.

Em contraste com os combustíveis fósseis, como o diesel ou o óleo combustível, o óleo vegetal é um produto natural perecível, que pode ser danificado por muitas influências externas. O oxigénio, a luz, o calor e iões metálicos dos compostos do ferro ou do cobre, podem conduzir a uma degradação rápida do óleo. A viscosidade do óleo aumenta e a probabilidade de colmatção das linhas de combustível, das bombas de injeção e bocais, aumenta exponencialmente. A capacidade de lubrificação do óleo do motor pode também ser consideravelmente afectada por tais processos.

Para o armazenamento devem ter-se em conta as seguintes recomendações:

- Temperatura de armazenamento abaixo de 10°C;
- Aquecimento do combustível apenas imediatamente antes da utilização;
- Armazenamento em tanques opacos;
- Assegurar a estanquicidade do subsolo para evitar entrada de oxigénio;
- Drenagem da água de condensação resultante das flutuações de temperatura;
- Afastamento de potenciais contaminantes;
- Inexistência de compostos de metal que possam oxidar, tais como cobre, latão, ferro. Em vez disso, deve-se utilizar aço inóx ou materiais sintéticos permanentes;
- Zona de sedimentação;
- Armazenamento durante um máximo de 6 meses.

As dimensões da tubagem de transporte devem ser tidas em conta. Os tubos que é suposto transportarem 30 litros de óleo vegetal por hora, a longo prazo, devem ter um diâmetro mínimo de 14 milímetros. Devem ser projectados de tal modo que possam ser completamente esvaziados e devem ter locais para recolha de amostras. As bombas usadas devem ser adequadas para a operação com materiais viscosos. É aconselhável a instalação de um tanque de armazenamento em frente à bomba de combustível equipado com um tubo de retorno. Os sistemas devem ter filtros duplos de alta tecnologia, de modo a que possa sustentar o maior número possível de partículas de sujidade, o que evita a ocorrência de qualquer dano do motor.

5 SISTEMAS DE COMBUSTÃO DE PEQUENAS DIMENSÕES

O parâmetro mais importante para seleccionar e medir os sistemas de aquecimento é a necessidade de calor. Isto compreende dois elementos: a necessidade de aquecimento dos espaços e a necessidade de água quente para aplicações sanitárias. Enquanto a necessidade de água quente pode ser constante aos 12,5 kWh/m² de área habitável, a medição da necessidade do aquecimento dos espaços depende de vários parâmetros. Nas seguintes páginas encontram-se descritas várias estratégias para determinar a necessidade de aquecimento.

A tabela seguinte, com dados baseados em valores empíricos, pode ser utilizada, numa primeira aproximação, para inventariar as necessidades de aquecimento de espaços de um edifício.

Tabela 5.1 – Necessidades de aquecimento em diferentes tipos de edifícios

Dados: www.wamsler-hkt.de

| Edifício | Isolamento térmico externo | Janelas de vidro | Altura da sala | Necessidade de calor específica |
|-----------------|----------------------------|------------------|----------------|---------------------------------|
| Edifício antigo | Não | Simples | > 2,50 m | 190 W/m ² |
| Edifício antigo | Não | Simples | < 2,50 m | 160 W/m ² |
| Edifício antigo | Parcial | Vidro térmico | > 2,50 m | 130 W/m ² |
| Edifício antigo | Parcial | Vidro térmico | < 2,50 m | 110 W/m ² |
| Edifício novo | Sim | Vidro térmico | < 2,50 m | 90 W/m ² |
| Edifício novo | Sim | Vidro triplo | < 2,50 m | 70 W m ² |

Em muitos países, existem disposições técnicas nacionais ou regionais para o isolamento térmico. Estas incluem regulamentos de construção que têm em consideração o isolamento térmico e formas de construção para reduzir a necessidade de aquecimento dos novos edifícios. Com base nos respectivos regulamentos, em concordância com a idade dos edifícios, é possível fazer uma estimativa preliminar da necessidade média de aquecimento do conjunto de edifícios existente.

A realização de cálculos de isolamento térmico, de acordo com procedimentos de cálculo aplicáveis para edifícios individuais, pode fornecer muitas vezes um bom ponto de partida para estabelecer a necessidade de aquecimento de um edifício.

Apesar da suposta precisão no cálculo dos procedimentos prescritos, na prática existem muitas vezes diferenças consideráveis entre a necessidade de aquecimento calculada e a real. Isto porque tais procedimentos são simplificados e padronizados. Por exemplo, a maioria das disposições usam sequências padronizadas de temperatura e comportamentos de utilizador que, embora correctos, podem muitas vezes representar incorrectamente edifícios individuais, devido à falta de informações mais detalhadas.

Normalmente existe uma divergência alargada de necessidades de energia para edifícios antigos. Quanto mais moderno o edifício, menor a variação nas necessidades de aquecimento.

5.1 Medição detalhada do output máximo de calor

O *output* máximo de calor necessário de pequenos sistemas de combustão, para sistemas de aquecimento central e aplicações de lareira pode ser calculado usando diferentes abordagens.

5.1.1 Cálculo da necessidade de aquecimento para sistemas de aquecimento central

A fórmula seguinte permite uma medição suficientemente precisa da necessidade de aquecimento Q , para o dimensionamento dos sistemas de aquecimento a lenha para os edifícios.

$$Q = Q_{esp} \times A \times F_1 \times F_2$$

Onde, Q_{esp} , necessidade de calor específica (tabela 5-1); A, área habitável aquecida em m^2 ; F_1 , factor de correcção para outras temperaturas mínimas (Tabela 5-2); F_2 factor de correcção para tipos de edifícios (Tabela 5-3).

Tabela 5.2 – Factor de correcção F_1 para a temperatura mínima

Dados: www.wamsler-hkt.de

| t min. | F_1 |
|--------|-------|
| -6°C | 0,76 |
| -8°C | 0,82 |
| -10°C | 0,88 |
| -12°C | 0,94 |
| -14°C | 1,00 |
| -16°C | 1,06 |

Tabela 5.3 – Factor de correcção F_2 para tipo de edifício

Dados: www.wamsler-hkt.de

| Tipo de edifício | F_2 |
|----------------------------------|-------|
| Vivenda | 1,00 |
| Vivenda com jardim | 0,95 |
| Vivenda com terraço | 0,90 |
| Edifício com apartamentos | |
| < 8 apartamentos | 0,70 |
| > 8 apartamentos | 0,65 |

Exemplo:

Para um edifício residencial com seis apartamentos, uma área habitável global de 420 m^2 e situado numa área com uma temperatura ambiente mínima de -16°C, foi determinada uma necessidade de calor específica Q_{esp} de 130 W/ m^2 de área habitável.

A necessidade de aquecimento para este exemplo é:

$$Q = Q_{esp} \times A \times F_1 \times F_2 = 130 \text{ W / m}^2 \times 420 \text{ m}^2 \times 1,06 \times 0,70 = 40,5 \text{ kW}$$

A necessidade total de aquecimento Q para a qual deverá ser projectado o *output* de calor do gerador de calor, ascende aos 40,5 kW.

5.1.2 Cálculo da necessidade de aquecimento em aplicações de lareira

Muitos sistemas de combustão de pequenas dimensões não são projectados para fornecer todo o aquecimento para os edifícios. Contudo, são capazes de desempenhar diversas tarefas de aquecimento para divisões ou áreas dentro dos edifícios.

Se a intenção é dimensionar estas aplicações de aquecimento, é necessário um conhecimento detalhado das necessidades de aquecimento para os respectivos espaços. Neste caso não é possível implementar abordagens globais, relacionadas com os edifícios, uma vez que, na maioria dos casos, existem desvios consideráveis nas necessidades de aquecimento. Representativo de outros efeitos, a figura seguinte ilustra a diferenciação das necessidades de aquecimento, dependendo da posição de uma divisão num edifício.

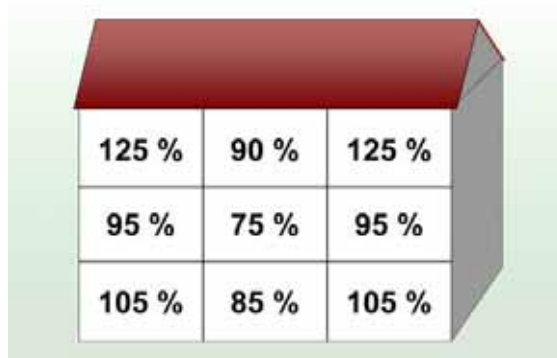


Figura 5.1 – Dispersão das necessidades de calor num edifício por zonas

Esquema: www.sesolutions.de

Dados: Wamsler

Se for conhecido o *output* máximo de calor necessário para um edifício e a posição da divisão a ser aquecida com uma aplicação de lareira, é possível fazer uma estimativa aproximada da necessidade de aquecimento, com base nos valores percentuais fornecidos acima.

Em muitos casos, este método é suficientemente preciso para seleccionar um *output* de calor apropriado de uma aplicação de lareira.

Se existir alguma dúvida quanto à existência ou não de calor suficiente, é melhor escolher um modelo maior. Ao mesmo tempo, contudo, deverá garantir-se que as aplicações de lareira instaladas não são desnecessariamente grandes. De outra forma, ao longo dos anos a eficiência reduz, resultando em maior consumo e maiores emissões de combustível.

5.1.3 Procedimentos alternativos para calcular o *output* máximo de calor necessário para aplicações de lareiras

Caso não exista um cálculo fiável do *output* de calor necessário, este pode ser determinado utilizando o método apresentado de seguida. Os pontos da tabela abaixo devem ser somados no caso de serem aplicáveis à divisão em estudo.

Tabela 5.4 –Atribuição de pontuação consoante a tipologia da habitação

Dados: www.wamsler-hkt.de

| Factores de avaliação | Pontos |
|---|--------|
| Vivenda | 1 |
| Sótão | 2 |
| Divisão com duas paredes internas não aquecidas | 1 |
| Divisão com três paredes internas não aquecidas | 2 |
| Divisão sem isolamento térmico nas paredes exteriores ou telhado | 2 |
| Divisão perto ou acima da estrada | 1 |
| Cada parede da divisão é uma parede externa | 2 |
| Janelas maiores do que 1/5 da área externa da divisão | 2 |
| Orientação da divisão NO – N – NE – E | 1 |
| Mais de 600 m acima do nível do mar ou área particularmente fria | 1 |
| Particularmente exposta ao vento | 2 |
| Temperatura da divisão tem de ser superior a +20°C, mesmo que esteja muito frio lá fora | 1 |
| Divisão utilizada frequentemente | 2 |

Com base na pontuação calculada e sabendo as características do edifício (sem isolamento térmico, com isolamento térmico convencional, ou edifício de baixo consumo energético), é possível determinar o *output* de calor necessário das aplicações de lareira, utilizando os seguintes gráficos (1 – sem isolamento, 2 – isolamento convencional, 3 – baixo consumo energético).

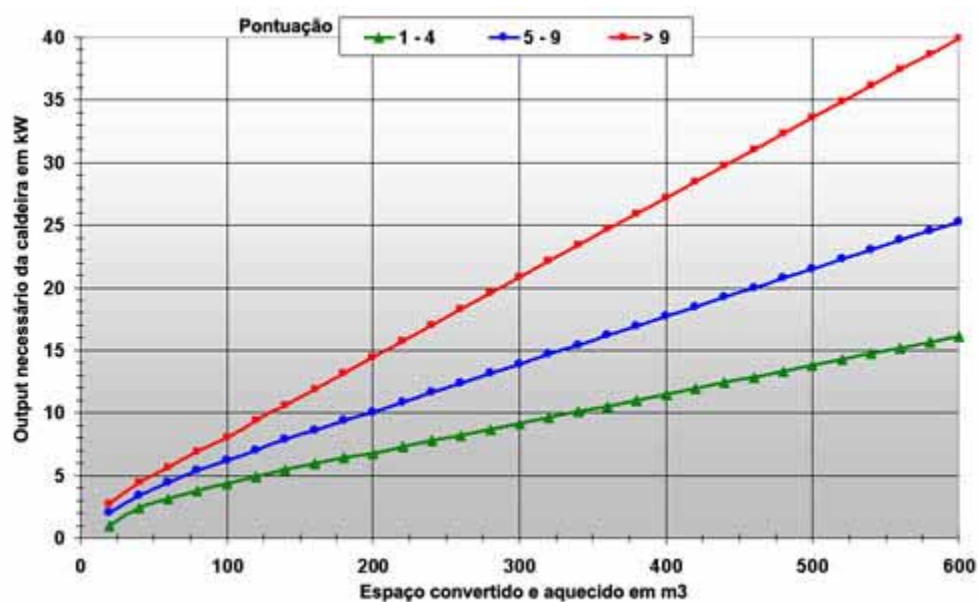


Figura 5.2 - Output máximo de calor necessário em espaços sem isolamento térmico

Gráfico: www.sesolutions.de

Dados: Wamsler

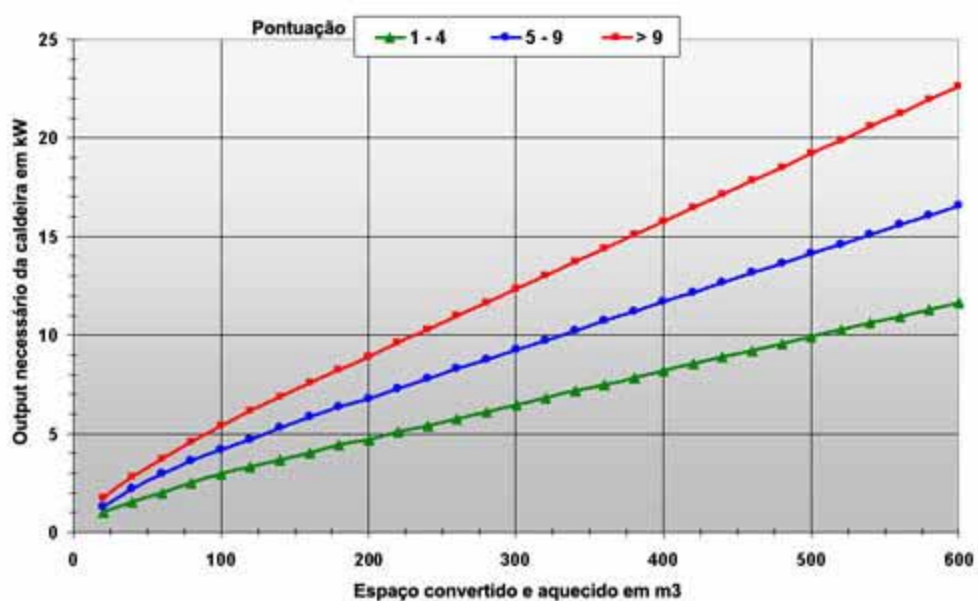


Figura 5.3 - Output máximo de calor necessário em espaços com isolamento convencional

Gráfico: www.sesolutions.de

Dados: Wamsler

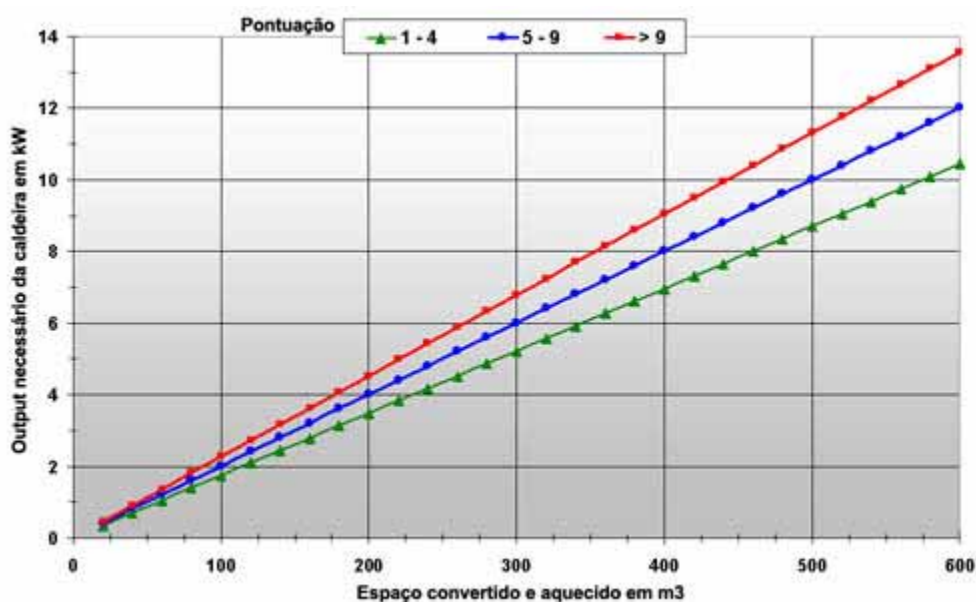


Figura 5.4 - Output máximo de calor necessário em espaços de habitações de baixo consumo energético

Gráfico: www.sesolutions.de

Dados: Wamsler

Estabelecido o *output* máximo necessário de uma aplicação de lareira, a necessidade de madeira pode ser determinada a partir dos dois gráficos abaixo. A diferença no teor de energia da madeira natural e pellets de madeira resulta das diferentes densidades de armazenamento (ver Capítulo 2).

O seguinte gráfico mostra as variações na necessidade diária de madeira, dependendo da temperatura ambiente.

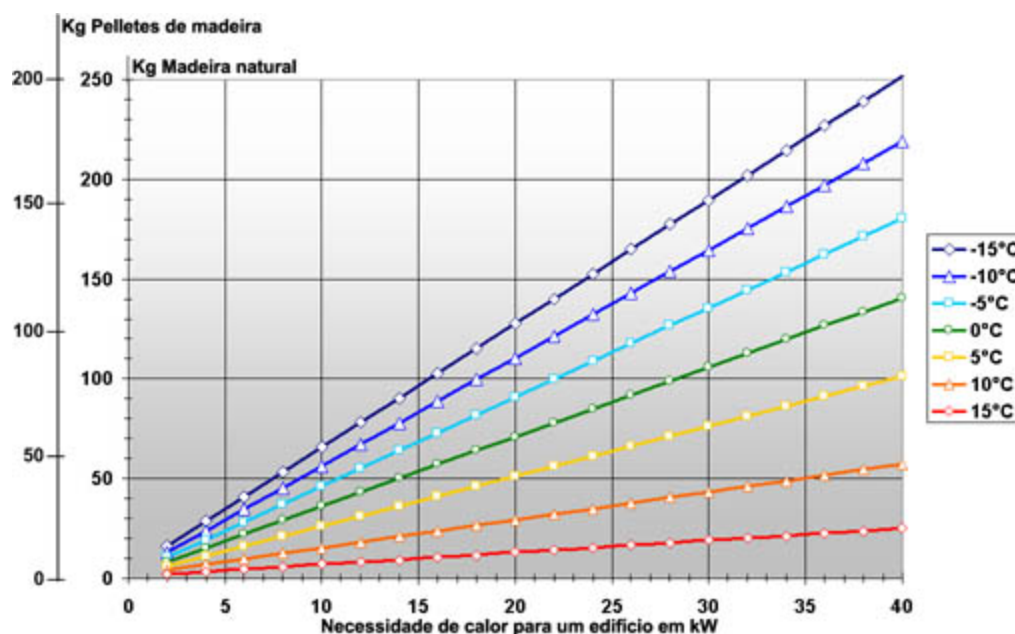


Figura 5.5 – Quantidade diária de madeira necessária para aquecimento

Gráfico: www.sesolutions.de

Dados: Wamsler

O gráfico seguinte possibilita uma aproximação à necessidade global anual de combustível.

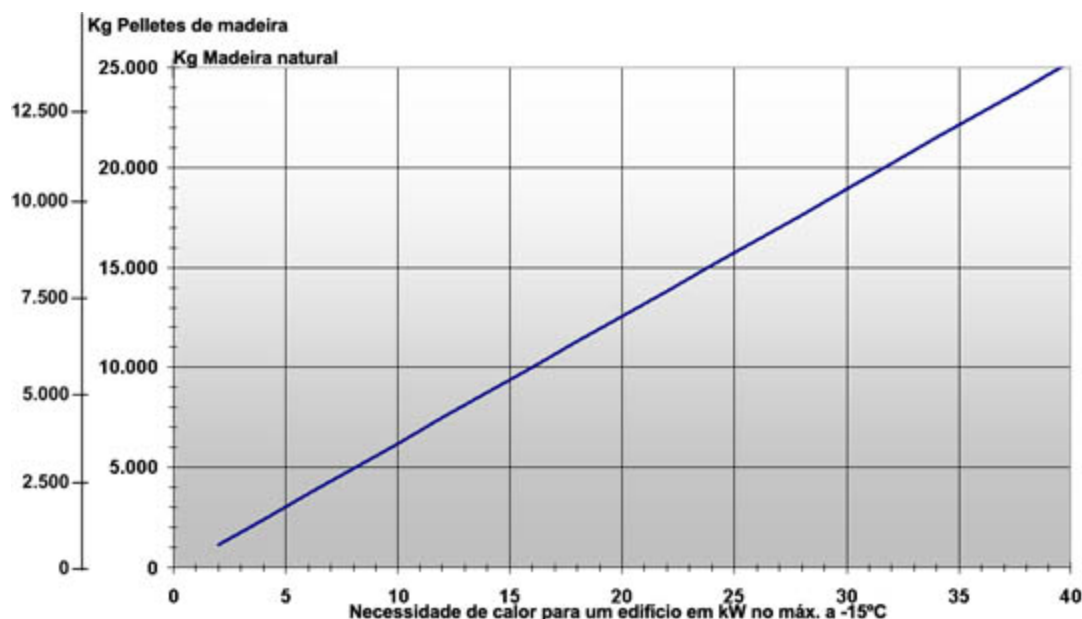


Figura 5.6 – Necessidade anual de madeira para aquecimento

Gráfico: www.sesolutions.de

Dados: Wamsler

As necessidades anuais e diárias de madeira são critérios importantes, aquando da escolha das aplicações de lareira. Se não se escolher uma caldeira automática, como uma central de pelletes ou caldeira de estilhas de madeira, ter-se-á de alimentar manualmente a caldeira.

No caso de ser escolhida uma fonte de aquecimento alimentada manualmente, como a única fonte para a casa, os aspectos de obtenção e armazenamento de madeira deverão ser analisados antes da instalação.

5.2 Tipos de sistemas

Geralmente, estão disponíveis duas variantes de aquecimento de pequenas dimensões:

- sistemas monovalentes, nos quais existe apenas um tipo de gerador de calor, que é necessário para cobrir a inteira necessidade de calor do edifício, mesmo nos Invernos mais severos. Por esta razão, tais geradores de calor devem ser projectados para suprir as necessidades máximas de calor, calculadas para o edifício;
- sistemas bivalentes, nos quais as necessidades de calor do edifício são cobertas por dois ou mais tipos diferentes de geradores de calor tais como geradores de pelletes com painéis solares.

Os sistemas de aquecimento bivalentes são diferenciados em dois tipos:

1. Sistemas alternativos bivalentes;
2. Sistemas bivalentes paralelos.

Os sistemas bivalentes alternativos geralmente são construídos por forma a que um dos geradores de calor seja projectado como um sistema monovalente, que pode fornecer a carga de calor completa, enquanto que o segundo sistema é geralmente projectado com um *output* mais baixo. Ambos os sistemas são operados alternativamente, de modo que o sistema com o *output* mais baixo fornece o edifício em períodos mais quentes e o sistema maior fornece o calor nos períodos mais frios.

Os sistemas bivalentes paralelos são operados numa base em que ambos os sistemas cobrem a necessidade de calor, de acordo com as suas possibilidades individuais. Se os sistemas paralelos bivalentes funcionarem eficientemente, é necessário que haja um tanque de armazenamento controlado electronicamente.

5.3 Escolha de sistemas de combustão de pequenas dimensões para aquecimento de edifícios

Existem numerosas alternativas para fornecer os edifícios com aquecimento a partir da madeira. É possível desenvolver não só sistemas de aquecimento central, mas aplicações descentralizadas de lareiras, em combinação com a energia solar e outras fontes de energia. As possibilidades oferecem um *output* adequado para cada tipo de aplicação desejado.

A escolha de pequenos sistemas de combustão é determinada por parâmetros técnicos, daí ser necessário ter um conhecimento preciso de todas as qualidades dos geradores de calor. Os seguintes geradores de calor serão descritos nas secções seguintes.

Tabela 5.5 – Tipos de sistemas de combustão de pequenas dimensões

| | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1 Lareiras abertas | 6 Fornos de cerâmica |
| 2 Lareiras fechadas | 7 Caldeiras com toros |
| 3 Salamandra | 8 Caldeiras com pellets |
| 4 Fornos a pellets | 9 Caldeiras com estilhas |
| 5 Fogões de aquecimento central | 10 Caldeiras combinadas |

A selecção inicial dos geradores de calor é baseada na necessidade de obter um *output* máximo, determinado pelo cálculo do calor necessário. Se se pretender usar um gerador num sistema bivalente paralelo, será possível usar qualquer combinação de geradores de calor centrais e descentralizados.

Quando se usa uma combinação de vários geradores de calor, devem ser escolhidos sistemas de combustão optimizados ao seu desempenho.

5.3.1 Classificação de sistemas de combustão de pequenas dimensões descritos de acordo com o *output* de calor

Para além do *output* térmico, a necessidade anual de calor é também um critério de selecção importante. Nem todas as instalações que tenham um *output* apropriado são adequadas para cobrir a necessidade de aquecimento anual.

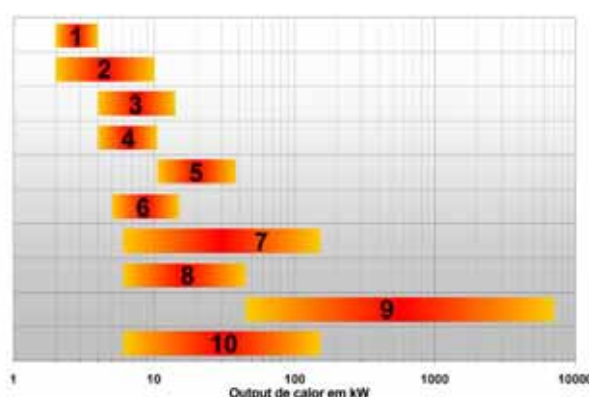


Figura 5.7 - Intervalos de desempenhos máximos de sistemas de combustão de pequenas dimensões

Gráfico: www.sesolutions.de

O diagrama seguinte lista os sistemas de combustão de pequenas dimensões, de acordo com a necessidade anual de calor que podem fornecer.

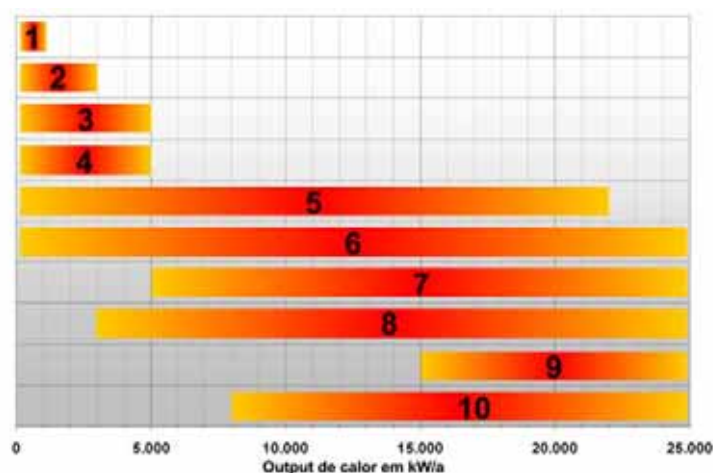


Figura 5.8 - Produção anual de sistemas de combustão de pequenas dimensões

Gráfico: www.sesolutions.de

Um terceiro critério de selecção é a possibilidade de ligação a um sistema de aquecimento central. Embora nem todos os edifícios tenham tal sistema central, nem todos os sistemas de combustão podem ser ligados a tal sistema quando existem, como se mostra no seguinte diagrama.

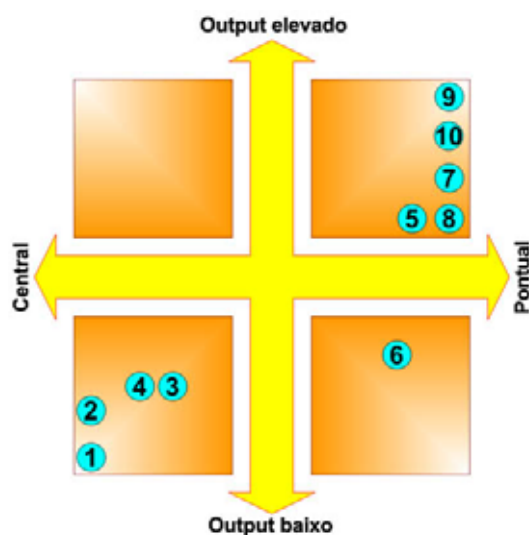


Figura 5.9 – Critério de selecção de tipo de sistema de aquecimento

Gráfico: www.sesolutions.de

Contudo, o gosto pessoal e o conforto individual têm um papel fundamental quando se seleccionam os tipos de sistemas ilustrados nas seguintes secções.

5.3.2 Lareiras abertas

Descrição

As lareiras abertas têm um efeito de aquecimento muito baixo. Se for queimada lenha numa lareira aberta, apenas cerca de 20% da sua energia é usada para aquecimento do espaço na forma de radiação. O restante escapa através da chaminé, sem ser usado.



Figura 5.10 – Lareira aberta

Fotografia: www.kaminkassette.de

As lareiras abertas são usadas principalmente por questões estéticas e não para fins de aquecimento. Por esta razão devem apenas ser usadas ocasionalmente, por exemplo, durante o período de transição para o período de aquecimento.

Especificações técnicas para lareiras abertas:

Tabela 5.6 - Especificações técnicas para lareiras abertas

Dados: www.sesolutions.de

| | |
|---|---|
| Aplicação primária | Efeito visual na sala, conforto |
| Local de instalação | Espaço habitável |
| Área de aquecimento | Espaço habitável (limitada) |
| Emissão de calor através de radiação | Sim |
| Emissão de calor através de propagação | Não |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Não |
| Tipo de combustão | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Aberta |
| Gama de saída (calor) | 1-3 kW |
| Eficiência | < 20°C |
| Combustível utilizável | Toros de madeira, briquetes de madeira |
| Processo de ignição | Manual |
| Temperatura de combustão | Aprox. 180°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Não |
| Diâmetro necessário para a chaminé | A ser calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Não |
| Necessidade de ar fresco | 0,036 m ³ /h por cm ² de abertura |
| Distância de segurança à frente | > 1,00 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,30 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

Requisitos estruturais:

As lareiras abertas requerem uma chaminé própria e entrada de ar fresco. Não devem ser operadas outras aplicações de lareiras em divisões com lareiras abertas. Estas divisões não devem estar equipadas com sistemas de extracção. Isto evita um possível refluxo de fumo nas áreas habitáveis, que podem levar ao envenenamento das pessoas.

Em contraste com todas as outras aplicações de lareiras, as lareiras abertas têm uma câmara de combustão aberta para a divisão. A parte de trás e as paredes do lado das lareiras abertas são fabricadas ou em alvenaria de barro refractário pré-fabricado ou são construídas, usando componentes pré-fabricados.

Se se pretende que a lareira seja usada, para aquecimento do espaço, durante o período de transição, a abertura do calor necessário pode ser pré-calculada:

Volume da divisão em m³ x 30 = abertura necessária da lareira em cm²

Exemplo:

Uma divisão com 100 m³ (40 m² de espaço com uma altura de 2,50 m) requer uma lareira de 3.000 cm². Isto corresponde a uma abertura de lareira de 50 x 60 cm.

Ao mesmo tempo, a abertura da lareira deve ter uma proporção equilibrada ao volume do espaço habitável. A abertura máxima de lareira permitida pode ser calculada usando a seguinte fórmula:

Volume da sala em m³ x 60 = abertura máxima da lareira em cm²

Para além do dimensionamento da abertura de combustão da lareira, o fornecimento de ar fresco à lareira também é importante. Uma lareira necessita de uma renovação de ar mínima de 0,036 m³/h por cm² da abertura da câmara de combustão.

Abertura da lareira em cm² x 0,036 = entrada permanente de ar fresco em m³/h

Exemplo:

O funcionamento de uma lareira com uma abertura de 3.000 cm² requer uma entrada de ar fresco permanente de mais de 108 m³/h.

Contudo, as janelas e as portas nas casas modernas estão hoje em dia calafetadas, pelo que é impossível que tal volume de ar possa fluir naturalmente. Por esta razão, o ar de combustão deve ser disponibilizado por meio de uma conduta de ar fresco do exterior de dimensões adequadas.

5.3.3 Lareiras Fechadas

Se uma lareira estiver fechada com uma porta de vidro, então é descrita como uma lareira fechada. São também conhecidas frequentemente no mercado como lareiras embutidas. Estas incluem uma câmara de combustão com colector de cinzas, colector dos gases de escape, entre outros.



Figura 5.11 – Lareira fechada

Fotografia: www.kaminkassette.de

Em contraste com as lareiras abertas, a câmara de combustão está fechada. Isto permite melhorar o controlo da entrada de ar de combustão e aumenta a temperatura na câmara de combustão o que conduz a um aumento perceptível na eficiência e qualidade de combustão.

Contudo, porque a geometria da chaminé e a combustão permanecem essencialmente idênticas, não aumenta a renovação do ar na divisão. Portanto, algumas lareiras fechadas são equipadas adicionalmente com condutas de convecção e tubos de ar quente.

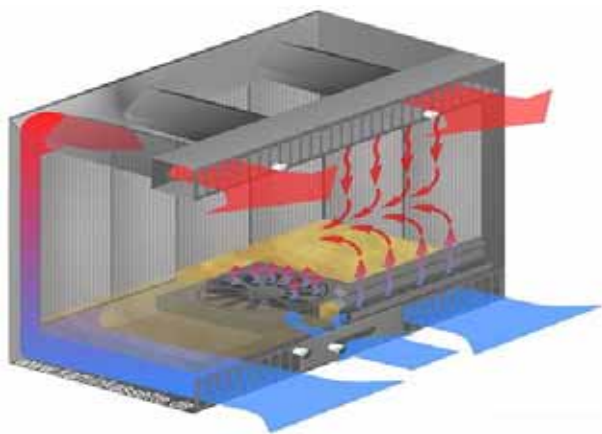


Figura 5.12 – Circulação de ar numa lareira fechada

Esquema: www.kaminkassette.de

Dependendo do tamanho e do fabricante, as lareiras fechadas têm uma saída térmica entre 5 e 10 kW. O calor é emitido por radiação para a divisão. Estas lareiras são adequadas para aquecer divisões durante períodos de transição.

Apesar da sua fraca eficiência global, quem desejar instalar um sistema destes deve consultar os respectivos fabricantes sobre a sua implementação e dimensionamento individual.

Especificações técnicas para lareiras fechadas:

Tabela 5.7 - Especificações técnicas para lareiras fechadas

Dados: www.sesolutions.de

| | |
|---|--|
| Aplicação primária | Conforto, aquecimento de espaços |
| Local de instalação | Espaço habitável |
| Área de aquecimento | Espaço habitável (limitado) |
| Emissão de calor através de radiação | Sim |
| Emissão de calor através de propagação | Sim |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Não |
| Tipo de combustível | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Fechada |
| Gama de saída (calor) | 5-10 kW |
| Eficiência | < 40°C |
| Combustível utilizável | Toros de madeira, briquetes de madeira |
| Processo de ignição | Manual |
| Temperatura de combustão | Aprox. 400°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Não |
| Diâmetro necessário para a chaminé | A ser calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Fornos inseridos sim, outras lareiras fechadas não |
| Necessidade de ar fresco | A calcular individualmente |
| Distância de segurança à frente | > 0,80 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,30 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

Requisitos estruturais:

Quase todas as lareiras abertas podem ser convertidas em lareiras fechadas inserindo uma câmara de combustão. Cada lareira tem normalmente a sua geometria individual. Por esta razão, é sempre essencial verificar a instalação caso a caso, e daí ser impossível fazer afirmações gerais quanto à sua conveniência. Devem ter-se em conta os seguintes critérios quando se considera a instalação de uma lareira embutida:

- Não deve haver material combustível na área de radiação;
- Deve haver isolamento suficiente à volta da lareira.

As lareiras embutidas são capazes de oferecer um aquecimento confortável, limpo e seguro. São alimentadas manualmente com lenha. As lareiras fechadas podem ser aquecidas com toros ou briquetes de madeira. Assim como com a alimentação do forno, as cinzas devem ser retiradas manualmente do colector de cinzas. Por estas razões e devido à sua baixa eficiência global, as lareiras inseridas são apenas adequadas para aquecimento de espaços habitáveis durante períodos de transição.

5.3.4 Salamandras

As salamandras disponíveis hoje em dia são versões tecnicamente melhoradas. São colocadas em qualquer local da divisão e ligadas à chaminé por meio de uma conduta. As salamandras têm portas frontais herméticas, com fecho, que normalmente têm uma vidraça de quartzo que permite observar a combustão.



Figura 5.13 - Salamandra

Fotografia: www.hase.de

As salamandras emitem a maior parte do seu calor por radiação a partir da superfície aquecida. Muitos tipos têm um revestimento de convecção que permite que o ar frio seja extraído da envolvente, antes de ser novamente libertado como ar quente através de aberturas na parte superior.



Figura 5.14 – Outra salamandra

Fotografia: www.hase.de

As salamandras pesam geralmente entre 13 e 26 kg por kW de saída térmica, de modo que pode esperar-se um peso global de 40 a 80 kg por metro quadrado da área de aquecimento. As salamandras modernas têm uma ventoinha que regula a saída de calor. Dependendo do modelo e do fabricante, é possível regular a saída entre 2 e 15 kW. Alguns fabricantes também fornecem salamandras com controlo remoto.

Especificações técnicas para salamandras:

Tabela 5.8 - Especificações técnicas para salamandras

Dados: www.sesolutions.de

| | |
|---|--|
| Aplicação primária | Aquecimento de espaços, conforto |
| Local de instalação | Espaço habitável |
| Área de aquecimento | Espaço habitável |
| Emissão de calor através de radiação | Sim |
| Emissão de calor através de propagação | Sim |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Depende do tipo de construção |
| Tipo de combustão | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Fechada |
| Gama de saída (calor) | 3-15 kW |
| Eficiência | < 90°C |
| Combustível utilizável | Toros de madeira, briquetes de madeira |
| Processo de ignição | Manual, automático |
| Temperatura de combustão | 180 - 200°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Sim |
| Diâmetro necessário para a chaminé | A ser calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Sim |
| Necessidade de ar fresco | 4 m ³ volume de espaço / kW |
| Distância de segurança à frente | > 0,80 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,20 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

Requisitos estruturais:

1. Instalação:

As salamandras desenvolvem calor quando em funcionamento. Este é emitido como radiação através do vidro ou através do aumento da temperatura da superfície externa. Por esta razão, tais fornos devem ser sempre mantidos a uma distância segura dos materiais de construção combustíveis, móveis, cortinas ou outros objectos decorativos.

Quando se projecta a instalação de salamandras em espaços habitáveis e de trabalho, deve definir-se um espaço livre mínimo. Por exemplo, deve haver um espaço livre de 80 cm à volta do vidro. Esta distância pode ser eventualmente menor. Não obstante, os requisitos do fabricante devem ser sempre cumpridos.

Existe menos risco de combustão dos materiais circundantes nas outras áreas da salamandra, tais como a parede do fundo, revestimentos laterais e chaminé. Portanto, a distância de objectos inflamáveis pode ser reduzida para 20 cm.

A salamandra não deve estar colocada directamente em soalhos combustíveis tais como carpetes, parquet ou cortiça. Requer sempre uma base de material de construção não combustível, tal como tijolos cerâmicos, pedra, vidro ou aço. Como regra, esta base deve estender-se 50 cm para além da frente e 30 cm no outro lado, para assegurar uma protecção óptima ao fogo. Os requisitos individuais do fabricante são também decisivos quando se projecta a base à prova de fogo.

Os elementos mais importantes de uma salamandra são a entrada de ar e as aberturas de circulação. O ar deve ser capaz de passar sempre através destas sem ser obstruído. Também deve assegurar-se que estas aberturas se mantêm abertas. De outro modo, uma combustão pobre pode levar ao envenenamento por monóxido de carbono e ao risco de explosão.

2. Fornecimento de ar fresco

As salamandras são aplicações de lareira que dependem do ar existente na divisão. Isto também se aplica se estiverem equipadas com uma entrada de ar externa separada. Deve haver uma proporção equilibrada entre o tamanho da divisão e a saída do câmara de combustão.

Geralmente um volume de espaço de pelo menos 4 m³ é necessário por kW de saída de calor. Este valor não deve ser reduzido, por questões de segurança. O fornecimento de ar é geralmente produzido usando um ventilador silencioso de velocidade variável. O ar é sugado por meio de um tubo de entrada central e, se for usada uma entrada de ar externa, permite operar, independentemente do ar da divisão.

O diagrama seguinte ilustra a circulação de ar dentro de uma salamandra.

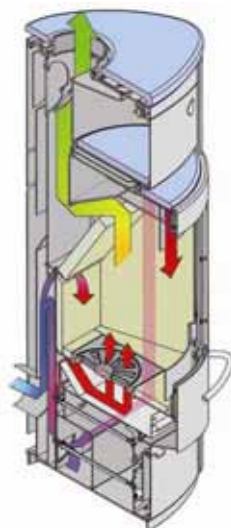


Figura 5.15 - Circulação de ar dentro de uma salamandra

Esquema: www.hase.de

O ar da sala entra por meio de uma conduta de ar fresco e é separado em componentes do ar primário e secundário. O ar primário passa através da grelha das cinzas na base da câmara e oxida o combustível enquanto este liberta calor.

O ar secundário separado é necessário para uma queima óptima dos gases produzidos. É alimentado por cima e, depois de ser utilizado na combustão, sai como gás de escape através da chaminé. Com

algumas salamandras, o gás quente da conduta passa através de um permutador de calor, que permite ao calor produzido ser transferido para outras divisões, através da circulação de água. O ar corrente que está indicado no vidro é dirigido verticalmente para baixo e fornece um sistema de renovação de ar para limpar o vidro automaticamente

O limite de segurança para operar salamandras numa divisão é uma pressão máxima negativa de 4 Pa. Por esta razão, não se devem operar aparelhos que sejam capazes de criar pressões negativas mais altas na divisão onde a salamandra está instalada. Em particular, estes aparelhos incluem sistemas de extracção e sistemas de ventilação. Devem ser usadas medidas técnicas para assegurar que não seja possível nenhuma operação paralela, tal como um fecho recíproco dos circuitos da salamandra e do sistema de extracção. Alternativamente, deve providenciar-se uma abertura larga de entrada de ar na respectiva divisão.

3. Gases de escape:

A saída máxima da salamandra é limitada pela capacidade da chaminé. Por esta razão, a quantidade de ar de combustão não deve conduzir a uma pressão positiva na câmara de combustão. Isto significa que o efeito de sucção da chaminé deve prolongar-se tanto quanto a câmara de combustão. Se não for o caso, ou deve ser reduzida a saída da caldeira ou deve ser redimensionada a chaminé.

Para extrair os gases de combustão das salamandras é necessário ter uma chaminé para aquecimento a combustíveis sólidos. Normalmente os gases na conduta têm uma temperatura entre 150 e 200°C. Contudo, deve notar-se que a temperatura do gás na chaminé pode decair abaixo dos 160°C, podendo causar condensação, o que pode danificar a chaminé.

A conduta da salamandra deve ser projectada de modo que não seja demasiado comprida. Deve prolongar-se verticalmente desde a salamandra e ter menos do que 2 m de comprimento. Por questões de projecto e para atingir uma extracção óptima dos gases, é aconselhável usar acessórios de origem fornecidos pelo fabricante.

Idealmente, a chaminé deve ser construída de material à prova de humidade e ter bom isolamento térmico. Isto aplica-se à passagem da chaminé através do sótão da casa. A maior parte dos fabricantes de salamandras exige um diâmetro mínimo da chaminé de cerca de 13cm.

5.3.5 Forno de pellets

Os fornos verticais de pellets são essencialmente idênticos às salamandras em termos de instalação, classe de desempenho e ligação à chaminé. São usados para o fornecimento de calor em espaços habitáveis, com a possibilidade de ligação do forno ao sistema de aquecimento central.



Figura 5.16 – Forno de pellets moderno

Fotografia: www.rika.at

Em termos técnicos, contudo, os fornos de pellets são substancialmente diferentes das salamandras porque, para além do ventilador, estão equipados com medição automática e alimentação de pellets a partir de uma tremonha. Isto permite que os fornos sejam alimentados com cargas de combustível para mais de 2 dias.



Figura 5.17 – Tremonha de forno de pellets

Fotografia: www.rika.at

Os fornos de pellets são principalmente usados para aquecer espaços habitáveis individuais. São similares às salamandras em termos do seu uso e comportamento de aquecimento. Tendo também uma saída térmica idêntica, os fornos a pellets fornecem calor através da radiação pelo vidro e permitem que o ar quente se propague através de aberturas ou grelhas no forno.

Os fornos de pellets são fabricados com um limite de saídas de calor à volta de 11KW. Os ventiladores incorporados e o combustível permitem que a saída da maioria dos fornos de pellets seja ajustada muito facilmente. Por exemplo, a saída dos fornos de pellets pode ser diminuída para cerca de 30% da sua saída máxima, sem apresentar qualquer aumento notável nas emissões de exaustão.

Uma característica técnica única dos fornos de pellets é a ignição automática do combustível. Alguns fabricantes até permitem que os fogões sejam ligados por controlo remoto usando um telemóvel.



Figura 5.18 – Forno de pellets activado por telemóvel

Esquema: www.rika.at

A aplicação mais prática dos fornos de pellets individuais é na recuperação e renovação de edifícios antigos, isto é, em aplicações para as quais seria muito caro fornecer um aquecimento central retroajustado. Na maioria dos casos, há ainda uma chaminé a funcionar no edifício, permitindo que se instalem fornos de pellets sem qualquer problema.

Uma outra aplicação destes fornos é em casas de arquitectura passiva, nas quais a necessidade de calor é tão baixa que tais fornos conseguem fornecer todo o aquecimento necessário. Nestes edifícios, os fornos de pellets podem funcionar como fornos de radiação de ar quente e, combinados com um permutador de calor, como caldeiras de aquecimento central.

Especificações técnicas para fornos de pellets:

Tabela 5.9 - Especificações técnicas para fornos de pellets

Dados: www.sesolutions.de

| | |
|---|--|
| Aplicação primária | Aquecimento de espaços, conforto |
| Local de instalação | Sala |
| Área de aquecimento | Sala |
| Emissão de calor através de radiação | Sim |
| Emissão de calor através de propagação | Sim |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Depende do tipo de construção |
| Tipo de combustão | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Fechada |
| Gama de saída (calor) | 3-11 kW |
| Eficiência | < 90°C |
| Combustível utilizável | Pelletes de madeira |
| Processo de ignição | Automático |
| Temperatura de combustão | 150 - 200°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Sim |
| Diâmetro necessário para a chaminé | A ser calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Sim |
| Necessidade de ar fresco | 4 m ³ volume de espaço / kW |
| Distância de segurança à frente | > 0,80 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,20 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

Requisitos estruturais:

Os requisitos técnicos para os fornos de pellets são equivalentes aos das salamandras. Isto aplica-se quer à descarga dos gases da conduta quer às distâncias de segurança dos fornos para as mobílias inflamáveis.

Graças às suas tremonhas integradas, os fornos de pellets não necessitam de áreas de armazenamento externo para o combustível. Isto não só liberta mais espaço habitável, mas também é muito prático.

Manutenção dos fornos de pellets:

Em contraste com as salamandras, em que a cinza deve ser removida manualmente depois de cada utilização, os fornos de pellets são projectados para uma operação semi-automática. Contudo, um forno de pellets correctamente utilizado requer uma manutenção e assistência regular.

O queimador deve ser verificado diariamente, quando a funcionar. Se houver escórias e clínquers estes devem ser removidos. As aberturas de ar do forno de pellets devem também ser limpas se necessário. É importante evitar que as cinzas voltem para o queimador, pois tal pode causar entupimento.

Depois de queimar 50Kg de combustível, um forno de pellets deve ser submetido ao seguinte programa de manutenção:

- Desligar o forno e deixá-lo arrefecer;
- Remover a zona de combustão, verificar a escória ou clínquers e limpar todas as entradas de ar para combustão;
- Limpar a zona de combustão;
- Esvaziar e limpar o tabuleiro de recolha de cinzas;
- Limpar o vidro, primeiro com jornal húmido e depois polir com jornal seco.

Assistência aos fornos de pellets:

Porque os fornos de pellets contêm um número considerável de partes mecânicas, deve ser feita a sua verificação uma vez por ano ou depois de um uso de cerca de 1500Kg de combustível. Esta assistência de fábrica inclui limpeza completa de todo o equipamento do forno. Muitas vezes, como parte desta assistência os elementos de ligação e ignição são substituídos ou verificados para ver se funcionam correctamente. Por esta razão, a assistência fornece uma parte importante da prevenção de acidentes e precaução de segurança.

5.3.6 Fogões de aquecimento central

Podem ser usados toros de madeira não só para aquecimento, mas também para cozinhar e assar. Os fogões tradicionais de cozinha a madeira ou carvão são hoje em dia fornecidos por alguns fabricantes com uma função de aquecimento adicional - como fornos de aquecimento central.



Figura 5.19 – Fogão de aquecimento central moderno

Fotografia: www.wamsler-hkt.de

Os fogões de aquecimento central modernos são usados não só para cozinhar, assar e aquecer cozinhas como podem também aquecer todo o edifício incluindo água quente doméstica. Tecnicamente isto é conseguido envolvendo parte do forno com uma camisa contendo água e incluindo outros permutadores de calor na tubagem de gás quente, que estão ligados com o sistema de aquecimento central.

O calor excedente que não é usado para cozinhar e assar é usado para o sistema de aquecimento central ou é armazenado como água quente num tanque de armazenamento (acumulador) integrado no sistema.

Os fogões de aquecimento central atingem uma eficiência global de aproximadamente 65% porque o calor irradiado na divisão onde está instalado o fogão é usado para aquecimento e não deverá ser perdido.

Especificações técnicas para fogões de aquecimento central:

Tabela 5.10 - Especificações técnicas para fogões de aquecimento centralDados: www.sesolutions.de

| | |
|---|--|
| Aplicação primária | Cozinhar, aquecimento de espaços |
| Local de instalação | Cozinha |
| Área de aquecimento | Cozinha, área habitável |
| Emissão de calor através de radiação | Sim |
| Emissão de calor através de propagação | Sim |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Sim |
| Tipo de combustão | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Fechada |
| Gama de saída (calor) | 11-27 kW |
| Eficiência | < 65°C |
| Combustível utilizável | Toros de madeira, briquetes de madeira |
| Processo de ignição | Manual, automático |
| Temperatura de combustão | 250 – 320°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Sim |
| Diâmetro necessário para a chaminé | A ser calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Sim |
| Necessidade de ar fresco | 4 m ³ volume de espaço / kW |
| Distância de segurança à frente | > 0,80 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,20 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

Requisitos estruturais:**1. Instalação:**

Os requisitos para instalação são semelhantes aos da instalação de salamandras. Para além disso, os armários de cozinha por cima dos fogões de aquecimento central devem ser colocados com uma separação mínima de 70 cm do forno para evitar danos no material do armário ou combustão do seu conteúdo.

Porque são utilizados para cozinhar e assar, os fogões de aquecimento central libertam quantidades variáveis de calor. Para se fazer um uso óptimo deste calor em edifícios, é portanto aconselhável integrar um tanque de armazenamento (acumulador) no sistema de aquecimento central do edifício.

Mesmo se alguns fabricantes considerarem que é suficiente um tanque de armazenamento de 25 litros por kW, na prática os volumes do tanque de armazenamento devem ter uma capacidade de caldeira térmica entre 50 e 74 litros por kW. Se se incorporar um sistema solar térmico, é geralmente melhor escolher um volume de armazenamento maior.

O tanque de armazenamento é instalado entre o fluxo e os tubos de retorno do fogão de aquecimento central. Os tanques de armazenamento modernos podem ser ligados a vários aquecedores ao mesmo tempo, tal como os aquecedores a lenha e instalações térmicas solares. O tanque de armazenamento pode também ser usado para fornecer quer aquecimento ao espaço quer água quente doméstica.

2. Fornecimento de ar fresco:

Os fogões de aquecimento central dependem do ar na divisão. Isto também se aplica se o fogão estiver equipado com uma entrada de ar externa separada. Deve haver uma proporção equilibrada entre o tamanho da divisão e o *output* do fogão. Geralmente, é necessário um volume de pelo menos 4m³ por kW de *output* de calor do fogão.

Complementarmente, o limite de segurança para o diferencial de pressão negativa máximo é 4 Pa. Por esta razão é expressamente proibido operar aparelhos que sejam capazes de criar pressões negativas mais elevadas na divisão onde o forno está instalado.

Em particular, estes aparelhos incluem sistemas de extracção e de ventilação. Devem ser usadas medidas técnicas para assegurar que não seja possível nenhuma operação em paralelo, tal como um encerramento recíproco dos circuitos do fogão e do sistema de extracção, ou assegurando-se que este último está ligado no modo de recirculação. Alternativamente, deve providenciar-se uma abertura para entrada de ar larga na respectiva divisão.

3. Gases de escape:

Para remover os gases de escape dos fogões de aquecimento central é necessário ter uma chaminé aprovada para aquecimento a combustíveis sólidos e deve resistir até 400° C.

O tubo de gás de escape para a chaminé deve ser curto e vedado. As secções horizontais são geralmente até 0,5 m mas devem ter uma inclinação superior a 15°.

Apenas os componentes produzidos pelo fabricante devem ser usados para ligar o fogão à chaminé, para assegurar um bom fluxo de ar e uma selagem hermética com a chaminé.

4. Manutenção:

A grelha do fogão de aquecimento central deve ser verificada diariamente para retirar escórias e clínkers.

As aberturas de ar devem ser limpas se necessário. É importante evitar que as cinzas voltem para a grelha pois pode provocar entupimentos. Por razões de segurança, a cinza deve ser sempre removida dos fogões de aquecimento central uma vez arrefecidos para evitar que os resíduos sejam novamente queimados.

5.3.7 Fornos cerâmicos

Os fornos cerâmicos são construções fixas de aquecimento. São equipados com tijolos de barro refractário cozido. Tais sistemas de fornos de armazenamento de calor têm grandes dimensões.

Os fornos cerâmicos, que na maioria estão situados num local central nos edifícios, aquecem áreas que normalmente se prolongam por várias divisões. São geralmente instalados como aquecimento adicional ao aquecimento central existente e, muitas vezes, acoplados ao circuito de aquecimento central. Geralmente distinguem-se dois tipos de fornos cerâmicos: fornos cerâmicos simples e de ar quente.

Fornos cerâmicos simples

O forno cerâmico simples tem material de barro refractário e tijolos a rodear directamente a câmara de combustão. O calor que é gerado é emitido para a parte cerâmica de armazenamento de calor, e gradualmente alcança a superfície cerâmica. Daqui é então irradiado para o espaço da sala para fornecer aquecimento.

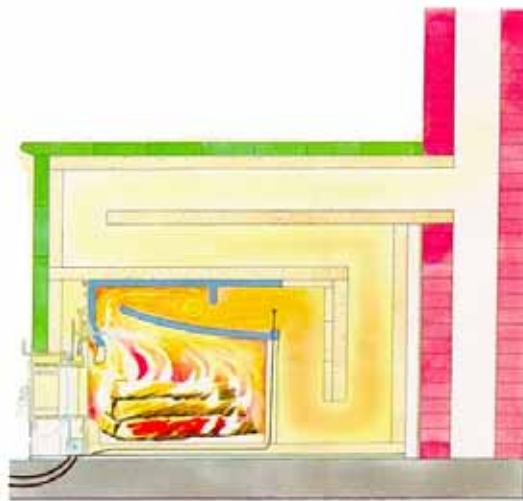


Figura 5.20 – Secção de forno cerâmico simples

Esquema: www.brunner.de

Devido ao processo lento na emissão de calor, um forno cerâmico simples requer pelo menos duas horas antes de alcançar o *output* total de calor. Para encurtar este tempo é possível instalar permutadores de calor ou condutas acima do forno. Estes são abertos num ou em dois lados ou podem ser fechados com pequenas portas. Abrindo as portas, estas actuam como superfícies de aquecimento rápido e irradiam o calor directamente. Os alimentos podem ser mantidos quentes nas condutas de permuta de calor e, dependendo da construção, é também possível a sua utilização para assar alimentos.

A vantagem dos fornos cerâmicos simples é a sua considerável capacidade de armazenar calor. Uma vez aquecidos podem irradiar calor quase constante na divisão até 24 horas. A desvantagem é a considerável lentidão do sistema.

Fornos cerâmicos de ar aquecido

Os fornos cerâmicos de ar aquecido têm um sistema de aquecimento de ferro forjado, que está situado no centro da câmara de aquecimento. Quando operado, o ar frio da sala é aspirado por baixo para dentro do forno. Este sobe e sai quente através da grelha e condutas de ar. O calor do forno é também irradiado através da cobertura cerâmica. Este tipo de forno emite calor mais dinamicamente do que os fornos cerâmicos simples.

Nos fornos cerâmicos de ar quente, a câmara de combustão e as paredes cerâmicas estão sempre separadas.

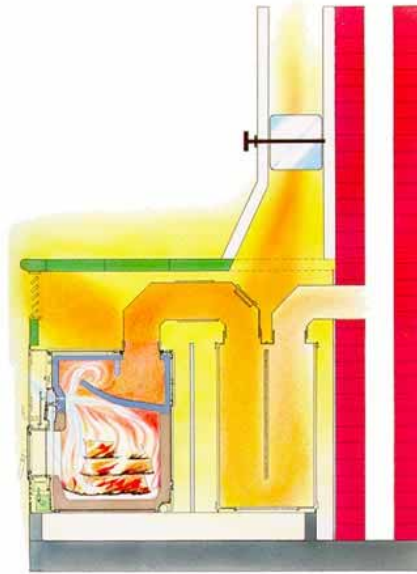


Figura 5.21 – Secção de forno cerâmico de ar quente

Esquema: www.brunner.de

O calor gerado na câmara de combustão do forno é absorvido pela cerâmica, dirigido para a superfície e então irradiado para o exterior, ou transferido para o ar ambiente da divisão. A superfície da cerâmica é aquecida a uma temperatura média entre 50°C e 90°C.

Neste limite de temperatura, as proporções de radiação e convecção correspondem substancialmente às condições que os utilizadores sentem como confortáveis. A baixa conductividade térmica da cerâmica significa que é possível tocar-lhe sem risco de queimadura, mesmo que exista uma temperatura de 140°C perto da câmara de combustão.

Cerca de 60% do calor criado é emitido a partir do sistema de aquecimento para o revestimento cerâmico circundante, que por sua vez armazena o calor e, ao atingir a temperatura de irradiação, o irradia para a sala (40% é emitido por convecção).

Os sistemas de aquecimento para os fornos cerâmicos têm um suporte de ferro forjado, com um revestimento cerâmico de material de barro refractário, no qual os troncos ou briquetes de madeira são queimados.

Os sistemas de aquecimento têm geralmente um permutador de calor para integrar o forno cerâmico com o sistema de aquecimento central. Além disso, alguns fabricantes têm sistemas de aquecimento com tanques de armazenamento para água quente.

Os fornos cerâmicos emitem calor por um período de 6 a 24 horas. Alimentando-os uma ou duas vezes por dia, é possível fornecer uma emissão contínua de calor. Os fornos cerâmicos modernos têm eficiências de aquecimento entre 75% e 89%.

A vantagem dos fornos cerâmicos de ar quente é que estes já emitem calor (por meio de convecção) antes da cerâmica aquecer à temperatura de irradiação. Uma possível desvantagem é a grande proporção de calor emitida por convecção, o que poderá ser desconfortável. Portanto, por razões de conforto, deve assegurar-se que haja uma área cerâmica bastante grande (área de irradiação).

Especificações técnicas para fornos cerâmicos:**Tabela 5.11 - Especificações técnicas para fornos cerâmicos**Dados: www.sesolutions.de

| | |
|---|--|
| Aplicação primária | Aquecimento de espaços |
| Local de instalação | Sala |
| Área de aquecimento | Salas adjacentes |
| Emissão de calor através de radiação | Sim |
| Emissão de calor através de propagação | Sim |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Sim |
| Tipo de combustão | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Fechada |
| Gama de saída (calor) | 4-15 kW |
| Eficiência | < 90°C |
| Combustível utilizável | Toros de madeira, briquetes de madeira |
| Processo de ignição | Manual |
| Temperatura de combustão | < 300°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Sim |
| Diâmetro necessário para a chaminé | A ser calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Não |
| Necessidade de ar fresco | 4 m ³ volume de espaço / kW |
| Distância de segurança à frente | > 0,20 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,20 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

Requisitos estruturais:

Em contraste com os fornos a madeira, os fornos cerâmicos podem ser ligados a chaminés que já sejam usadas por outras aplicações de lareiras.

É importante assegurar que o forno cerâmico, a tubagem de escape e a chaminé se combinem em termos de funcionamento. Esta tarefa deve ser efectuada por especialistas.

São usados vários tipos de material de parede para fornos cerâmicos. Além da cerâmica, também é possível usar gesso. Os fornos cerâmicos de hoje são considerados como objectos de decoração e devem ser projectados cuidadosamente em termos estéticos e técnicos em edifícios novos ou antigos.

Para atingir um “calor radiante suave” e agradável, deve assegurar-se que o calor radiante emitido pela cerâmica está em contacto com superfícies circundantes que aquecem facilmente, tais como paredes e tectos. Portanto, não é muito benéfico se o forno cerâmico for colocado em frente a uma janela. A melhor localização para o forno é no centro de um edifício, de modo a que o calor emitido possa afectar grandes partes da casa.

Os fornos cerâmicos podem ser colocados ao longo de uma parede (se possível viradas para o interior), ou num canto. Também é possível projectá-los de modo a que as superfícies externas do forno se prolonguem para várias divisões. Quando situado apenas numa divisão, existe maior eficiência de calor se a distância do forno cerâmico à superfície da parede for de pelo menos 15 cm.

Qualquer aplicação de lareira requer uma base de suporte à prova de fogo. Se os fornos cerâmicos forem tidos em conta quando se projectam novos edifícios, é possível fornecer o reforço necessário. Os tectos já existentes, contudo, devem ser cuidadosamente examinados para ver como as vigas ou suportes estão situados e se a construção do tecto preenche os requisitos de protecção contra fogo.

O material de barro refractário instalado no forno consiste principalmente em ácido de sílica e substâncias de barro. Os painéis ou blocos que são usados para o revestimento interior dos fornos cerâmicos devem ser à prova de fogo e capazes de suportar temperaturas de cerca de 1200 °C. Pode

ser usada marga como material de ligação, mas não como material de construção. Os tijolos são apenas usados para construir plintos, pisos e para assentar fundações.

Operação:

O tamanho e tipo de construção dos fornos cerâmicos dependem da necessidade de calor da sala a ser aquecida. Quando se determina a saída do forno cerâmico deve ser considerado o tipo de utilização: aquecimento completo ou auxiliar.

Dependendo do tipo de construção, a saída de calor dos fornos cerâmicos varia entre 600 e 1000 W por m² da área do forno cerâmico. Os fornos cerâmicos aquecem o ar da sala imediatamente ao serem aquecidos, mas têm menos capacidade de armazenamento. Os fornos simples são mais lentos, mas emitem um calor característico, muito agradável.

Além da correcta ignição do forno, o factor mais importante no aquecimento com fornos cerâmicos é a boa tiragem.

5.3.8 Caldeiras de aquecimento central alimentadas com madeira

As caldeiras de aquecimento central alimentadas com madeira são sistemas de aquecimento convencionais aquecidos com madeira cortada ou briquetes, que estão situados numa divisão separada e podem cobrir as necessidades de calor de um edifício inteiro. Estas caldeiras de gaseificação de madeira, como também são conhecidas, são portanto usadas para fornecer o calor completo para moradias simples e grandes edifícios.

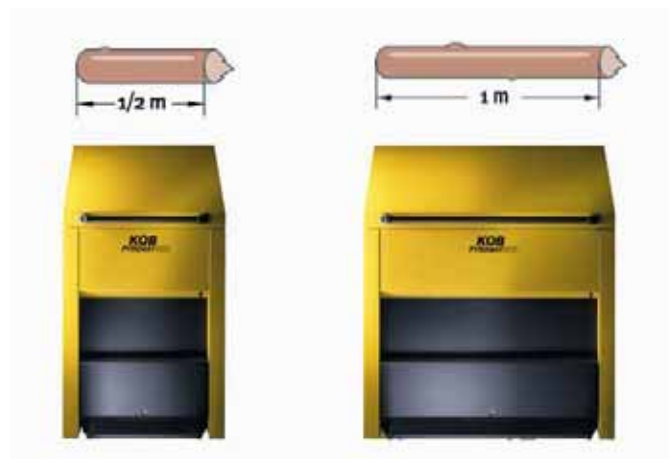


Figura 5.22 - Caldeiras de aquecimento central modernas alimentadas com madeira

Fotografia: www.koeb-schaefer.com

São usados como combustível troncos de madeira com 25 – 100 cm de comprimento. O fogo de baixa temperatura resultante, produz gases de madeira que são retirados para uma câmara de combustão secundária, onde são completamente queimados.



Figura 5.23 – Secção de Caldeira de aquecimento central alimentada com madeira

Esquema: www.koeb-schaefer.com

As caldeiras que utilizam troncos de madeira separam claramente os dois tipos diferentes de combustão. Na câmara de combustão primária, a madeira é aquecida e, como resultado da queima com oxigénio, são libertados gases inflamáveis.



Figura 5.24 - Secção e fotografia de Caldeira de aquecimento central alimentada com madeira

Esquema e Fotografia: www.guntamatic.at

Estes gases são aspirados através de um ventilador para uma câmara de combustão revestida com material cerâmico ou aço resistente a altas temperaturas. Esta utiliza os gases de madeira criados na primeira câmara de combustão da caldeira. O gás de madeira é misturado com o oxigénio secundário necessário numa câmara giratória e queimado, enquanto é retirado através de uma placa de combustão. A seguinte figura mostra a chama do gás de uma caldeira de gaseificação de madeira.

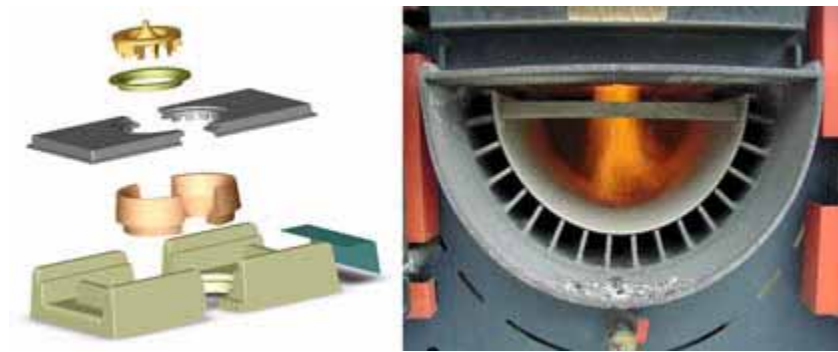


Figura 5.25 – Câmara de combustão secundária e gás da madeira

Esquema e Fotografia: www.froeling.at

Os gases de escape de ambas as fases de combustão são retirados através dos permutadores de calor integrados na caldeira, onde transferem o seu calor para a água circulante no sistema de aquecimento. Assim, estes gases são arrefecidos a temperaturas abaixo dos 200 °C, antes de serem retirados através da chaminé para o exterior.

O funcionamento de um ventilador permite que a combustão seja mantida substancialmente independente das condições circundantes. Isto significa que as condições de tiragem na chaminé têm um papel menos importante.

Os ventiladores permitem que as fases de combustão primária e secundária nas caldeiras modernas a troncos de madeira estejam coordenadas de uma forma precisa. Além disso, permitem que seja ultrapassada uma maior perda de pressão na fornalha, o que é necessário para atingir uma mistura óptima do ar secundário e gases inflamáveis criados na câmara secundária de combustão.



Figura 5.26 - Circulação de ar onde?

Esquema: www.guntamatic.at

Existem no mercado sistemas de aquecimento central funcionando com toros de madeira com dois tipos diferentes de estratégias de controlo. Os sistemas controlados termostaticamente ajustam o calor produzido na caldeira à temperatura da água da caldeira e à necessidade do sistema de aquecimento doméstico. Outras caldeiras monitorizam o teor de oxigénio no gás de combustão da caldeira com um sensor Lambda e podem, portanto, assegurar que há sempre uma óptima combustão. Tais avanços técnicos permitem também que estas caldeiras atinjam uma eficiência de mais do que 90%.

Ao reduzir o ventilador, é também possível às caldeiras centrais de gaseificação de madeira queimar cargas parciais até 50% da carga nominal. Apesar da alta tecnologia de controlo, isto baixa porém a

eficiência da caldeira sob tais circunstâncias. Como tal, deve ser integrado um tanque acumulador que equilibre as flutuações entre a necessidade de calor e o seu fornecimento. Esta componente permite também que as caldeiras centrais a toros de madeira sejam combinadas optimamente com instalações térmicas solares.

Em contraste com as lareiras simples ou aquecedores de espaços em divisões, as caldeiras a toros de madeira são instaladas numa divisão separada, com uma ligação ao sistema de aquecimento central. Os seus meios de construção são portanto fundamentalmente diferentes, uma vez que as caldeiras a toros são projectadas para evitar que o calor seja emitido através da superfície da caldeira para os espaços circundantes. Geralmente, estas caldeiras têm um bom isolamento térmico.

Especificações técnicas para caldeiras de gaseificação de madeira:

Tabela 5.12 - Especificações técnicas para caldeiras de gaseificação de madeira

Dados: www.sesolutions.de

| | |
|---|--|
| Aplicação primária | Aquecimento de espaços, água quente |
| Local de instalação | Sala de aquecimento |
| Área de aquecimento | Todo o edifício |
| Emissão de calor através de radiação | Não |
| Emissão de calor através de propagação | Não |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Sim |
| Tipo de combustão | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Fechada |
| Gama de saída (calor) | 5-150 kW |
| Eficiência | < 90°C |
| Combustível utilizável | Toros de madeira, briquetes de madeira |
| Processo de ignição | Manual, automático |
| Temperatura de combustão | 150 – 200°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Sim |
| Diâmetro necessário para a chaminé | Calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Sim |
| Necessidade de ar fresco | Calculado individualmente |
| Distância de segurança à frente | > 0,80 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,50 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

Requisitos estruturais:

1. Instalação

As caldeiras de madeira com uma saída total de calor de mais de 50 kW só são normalmente permitidas numa divisão própria. Estas divisões devem ter uma altura mínima de tecto de 2 m e um volume mínimo de 8 m³.

Também é importante que o ar de alimentação da caldeira seja substancialmente limpo, sem poeiras e sem hidrocarbonetos halogenados, tais como os produzidos por sprays, pigmentos, tintas e solventes. Estes podem prejudicar o funcionamento da caldeira.

A temperatura interna da divisão da caldeira não deve exceder os 40 °C, mesmo quando a caldeira está a funcionar. Também não é permitido armazenar materiais combustíveis, fluidos ou gases neste compartimento. Como consequência, não deve ser armazenado mais do que um dia de carga de madeira.

A distância mínima da caldeira à parede é geralmente de 50 cm, contudo a porta frontal da caldeira deve estar pelo menos a 80 cm da parede próxima. A caldeira deve ter um espaço de pelo menos 1 m até ao local de armazenamento do carga diária de madeira.

A cinza produzida aquando do funcionamento da caldeira deve ser armazenada em contentores não combustíveis com tampas. Uma divisão com 20 m² requer extintores contendo um mínimo de 6 kg de pó. Os extintores com 12 kg de pó são necessários para divisões com uma área entre 20 e 50 m².

É aconselhável instalar um tanque de armazenamento para caldeiras de gaseificação de madeira, de modo a cobrir as flutuações diárias na necessidade de calor. O tanque de armazenamento deve também ser capaz de absorver o calor resultante de uma caldeira carregada para assegurar o uso óptimo de combustível.

Mesmo que alguns fabricantes considerem suficiente um tanque de armazenamento de 25 litros por kW, na prática o volume do tanque de armazenamento deve ter entre 50 e 74 litros por kW da capacidade térmica da caldeira. Se for incorporado um sistema térmico solar, deve ser escolhido um volume de armazenamento maior.

As eficiências óptimas da caldeira são alcançadas quando a temperatura do sistema de aquecimento central está entre 70 e 85°C. A temperatura no sistema de aquecimento central deve ser de pelo menos 60°C, de outro modo, a maior parte dos sistemas de controlo não pode ser operada adequadamente.

2. Fornecimento de ar fresco:

Para que a caldeira funcione de modo seguro, deverá assegurar-se que tem um fornecimento óptimo de ar e de exaustão. Aqui, deve também assegurar-se que a pressão negativa na sala da caldeira não seja maior do que 4 Pa. Isto consegue-se fornecendo aberturas com uma secção livre de pelo menos 300 cm² para todos os tamanhos de caldeira até 50 kW. As caldeiras com maior saída requerem uma área de fornecimento de 2,5 cm², para além dos 300 cm² por cada kW adicional.

As condutas de admissão e exaustão devem, tanto quanto possível, ser colocadas de forma oposta para conseguir uma boa sucção térmica. As aberturas devem sempre estar cobertas com uma grelha, para evitar a entrada de corpos estranhos.

As grelhas com uma malha de 10mm provaram ser seguras. As chaminés modernas já têm ventilação traseira que pode substituir a abertura de exaustão.

3. Gases de escape:

Para remover os gases de escape da caldeira é necessário ter uma chaminé que seja aprovada para combustíveis sólidos de aquecimento. Esta deve ter uma resistência à fuligem de 1200°C. Deve notar-se também que as temperaturas da conduta na chaminé podem descer abaixo de 160°C e, às vezes, até abaixo de 90°C, tornando possível a formação de condensação.

Por esta razão, a chaminé deve ser construída com material à prova de humidade e ser muito bem isolada. Isto aplica-se particularmente à passagem da chaminé através do sótão da casa. Além disso, o ponto de orvalho deve também ser calculado. A maior parte dos fabricantes de caldeiras exigem que a chaminé tenha um diâmetro mínimo de 16 cm.

As condutas permitidas para combustíveis líquidos e gasosos não podem ser usados para caldeiras de gaseificação a madeira. Se a chaminé tiver uma tiragem maior do que 20 Pa, deve ser usado um controlador de tiragem.

A conduta para a chaminé deve ser curta (comprimento < 2,0m) e selada. A ligação à chaminé deve ser sempre colocada de modo a que esteja inclinada para cima (> 15°). Na prática, as inclinações de 30 a 45° na direcção do fluxo provaram ser seguras. Além disso, a ligação deve ter isolamento térmico e, se possível, executada sem quaisquer curvas. A entrada para a chaminé deve facilitar o fluxo e curvar para cima.

Quando as caldeiras gaseificadoras de madeira são acesas pela primeira vez, espera-se uma certa quantidade de pressão positiva. Por esta razão, deve assegurar-se que a conduta para a chaminé seja colocada de modo a que fique completamente hermética. É possível usar silicone resistente à temperatura como um componente vedante ou, alternativamente, a conduta deve ser bem soldada.

Além disso, deve ser colocada uma conduta flexível com isolamento sonoro para a chaminé, para diminuir o ruído emitido.

4. Manutenção da caldeira:

Antes de cada utilização

O excesso de cinza deve ser removido da câmara de carga da caldeira. Aqui, as placas de combustão da caldeira de gaseificação de madeira devem ser limpas. Deve também assegurar-se que as aberturas de ar secundárias na câmara giratória estão livres.

Mensal

O espaço entre a placa superior e inferior deve ser limpo. Além disso, todas as partes da câmara de combustão acessíveis na caldeira devem ser desmontadas e limpas.

Trimestral

É necessário limpar o ventilador para manter a saída e tiragem da caldeira. As partes de cobertura são desmontadas e os depósitos das lâminas do ventilador removidos.

5. Assistência:

As caldeiras de gaseificação de madeira devem ter assistência uma vez por ano. Os fabricantes oferecem normalmente um contrato de manutenção, que permite uma assistência completa dos componentes da caldeira e de todo o equipamento técnico. Muitas vezes, como parte desta assistência são substituídos ou verificados os interruptores e elementos de ignição para ver se funcionam correctamente.

Além de manter o funcionamento dos aparelhos, é também essencial que as caldeiras sejam inspeccionadas por razões de segurança. Apenas as caldeiras que são verificadas regularmente podem funcionar em segurança.

5.3.9 Caldeiras de aquecimento central com pellets

Tal como os fornos de pellets já descritos, existem também caldeiras alimentadas por pellets de madeira padronizadas, que são colocadas numa zona central dos edifícios. Como com as caldeiras de gaseificação de madeira, estas são também instaladas em divisões separadas. Oferecem uma alternativa completa ao aquecimento com combustíveis fósseis em todas as áreas de aquecimento, incluindo aquecimento de espaços e fornecimento de água quente.

Tecnicamente, há três maneiras diferentes de carregar as caldeiras de pellets de madeira: alimentação inferior, sistema de retorta e sistema de alimentação superior. O sistema usado depende do fabricante da caldeira. Os meios de funcionamento e as vantagens e desvantagens individuais são descritas na secção seguinte.

Sistema de alimentação inferior

Uma caldeira de pellets com carga de alimentação inferior consiste num sistema de accionamento com motores eléctricos e sistemas de controlo exteriores à caldeira e um componente de queima dentro da caldeira.



Figura 5.27 – Estrutura de funcionamento de uma caldeira com pellets com sistema de alimentação inferior

Fotografia: www.paradigma.de

Modo de funcionamento:

As pellets de madeira são carregadas por meio de um transportador em parafuso para a área de combustão. O ar primário é retirado através de uma grelha de aço em forma de anel, na forma de um disco de travão de carro.

Usando os orifícios do ar secundário ou, como no esquema em baixo, usando os tubos de ar secundário, o gás de pós-combustão da carbonização ocorre nas áreas de combustão à prova de aquecimento da caldeira, pelo que a mistura do gás da carbonização é combinada com o ar secundário. Os gases que são gerados durante todo o processo de queima são então retirados através de permutadores de calor, para permitir que a caldeira transfira o calor para o sistema de aquecimento central.

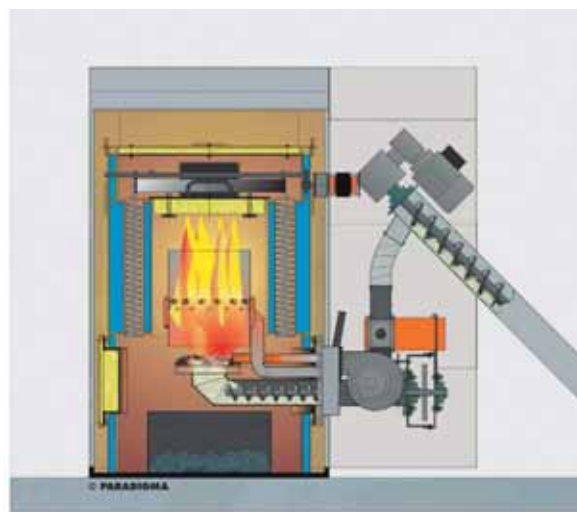


Figura 5.28 - Secção de uma caldeira com pellets com sistema de alimentação inferior

Esquema: www.paradigma.de

Vantagens técnicas:

É fácil determinar o nível de pellets no recipiente de queima e geralmente é auto-controlável.

Desvantagens técnicas:

As pellets de madeira entram directamente em contacto com a combustão. Isto significa que há um risco de voltarem acesas para a tremonha. Este tipo de combustão é tecnicamente moroso, porque é criado um calor considerável subsequente na placa de queima, que está sempre cheia. O movimento contínuo ou intermitente do transportador pode compactar o combustível ou destruir as pellets.

Também é possível formar uma base de combustão pouco homogénea, permitindo que as pelletes acabem na área de cinzas sem serem queimadas.



Figura 5.29 – Caldeira com sistema de alimentação inferior em operação

Fotografia: www.paradigma.de

Sistema de retorta

Um queimador de pelletes com combustão de retorta tem uma construção similar a um sistema de alimentação inferior. O mecanismo transportador e a electrónica de controlo estão situados fora da caldeira enquanto a zona de combustão está no seu interior.

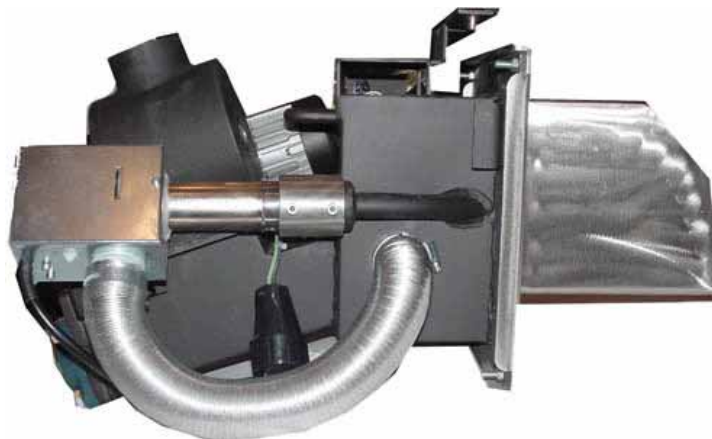


Figura 5.30 – Caldeira com sistema de retorta para pelletes

Fotografia: www.gilles.at

Modo de funcionamento:

As pelletes de madeira são carregadas por meio de um transportador de parafuso na parte lateral para o contentor de aço ou câmara de combustão de tijolo refractário.



Figura 5.31 – Secção de caldeira com sistema de retorta para pellets

Esquema: www.hargassner.at

O ar primário é fornecido por debaixo das pellets. O ar secundário é fornecido por meio de um anel ou tubo para a zona de combustão e assegura a pós-combustão e a combinação completa da mistura de gás proveniente da carbonização com o ar de pós-combustão. Com queimadores de retorta, a cinza cai através da grelha para um colector.

No percurso dos gases de escape para a chaminé, estes atravessam um permutador de calor, que transfere o calor para o sistema de aquecimento central da casa.

Vantagens técnicas:

O sistema de retorta usa um tipo de combustão que desenvolve pouco calor subsequente e, portanto, responde rapidamente quando são feitas alterações aos comandos de controlo.

Desvantagens técnicas:

Com a combustão de retorta, as pellets de madeira estão directamente em contacto com a zona de combustão havendo risco de voltarem a ser acesas. Tal como a combustão de alimentação inferior, o transportador compacta o combustível. Este efeito pode criar uma base de combustão pouco homogénea com combustão pobre. Com a combustão de retorta, cai frequentemente mais cinza do que com outros tipos de sistemas de combustão de pellets de madeira.

Sistema de alimentação superior

Este sistema usa uma filosofia de transportador para a carga das pellets de madeira no queimador completamente diferente. Neste sistema o transporte é feito por gravidade. Dentro da caldeira são carregadas as pellets de madeira por meio de um transportador de parafuso e então caem através de um tubo ou calha para a zona de queima.



Figura 5.32 - Caldeira com sistema de alimentação superior

Fotografia: www.viessmann.de

Com caldeiras de pellets, usando sistemas de alimentação superior, o fogo é alimentado com ar primário e secundário directamente na zona de queima, resultando na queima completa das pellets e nos gases inflamáveis por elas libertados. Os gases de combustão resultantes são então enviados para cima, através de permutadores de calor dentro da caldeira, que transferem o calor produzido para o sistema central de aquecimento do edifício.



Figura 5.33 – Secção de sistema de alimentação superior

Esquema: www.kuenzel.de

A cinza criada no recipiente de queima cai por meio da gravidade para uma caixa ou colector de cinzas, de onde pode ser removida como parte da manutenção regular da caldeira.

Vantagens técnicas:

Com sistemas de alimentação superior, o mecanismo transportador das pellets não está directamente ligado à zona de combustão, pelo que não existe risco das pellets voltarem acesas para a tremonha de armazenamento. Além disso, este método de carga de combustível atinge uma

base de combustão homogénea e não-compacta. Os fornos de pellets com sistemas de alimentação superior têm uma construção resistente ao uso, e podem ser equipados com um sistema de limpeza automático na grelha de combustão.

Desvantagens técnicas:

É difícil monitorizar o nível de pellets devendo este ser verificado com um indicador de nível.

Especificações técnicas para caldeiras a pellets de madeira:

Tabela 5.13 - Especificações técnicas para caldeiras a pellets de madeira

Dados: www.sesolutions.de

| | |
|---|-------------------------------------|
| Aplicação primária | Aquecimento de espaços, água quente |
| Local de instalação | Sala de aquecimento |
| Área de aquecimento | Todo o edifício |
| Emissão de calor através de radiação | Não |
| Emissão de calor através de propagação | Não |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Sim |
| Tipo de combustão | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Fechada |
| Gama de saída (calor) | 5-35 kW |
| Eficiência | < 90°C |
| Combustível utilizável | Pelletes de madeira |
| Processo de ignição | Automático |
| Temperatura de combustão | 150 - 200°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Sim |
| Diâmetro necessário para a chaminé | Calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Não |
| Necessidade de ar fresco | Calculado individualmente |
| Distância de segurança à frente | > 0,80 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,50 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

As pellets de madeira são predominantemente usadas para fornecer aquecimento em edifícios residenciais privados ou pequenos edifícios comerciais. São principalmente usados em classes de saída média e pequena até 50 kW. As caldeiras a pellets de madeira alimentadas automaticamente fornecem uma alternativa viável, económica e tecnicamente aos sistemas de óleo e de gás.

Requisitos estruturais:

1. Instalação:

Em contraste com os sistemas de aquecimento a gás ou óleo, os sistemas alimentados a pellets queimam constantemente uma pequena quantidade de pellets, antes do mecanismo de alimentação fornecer novo combustível para a zona de combustão. Como resultado, é impossível medir com precisão a necessidade de calor, pelo que existe sempre um pequeno atraso de cerca de 10 a 15 minutos antes da necessidade de calor ser suprida.

Uma necessidade súbita de calor pode levar a problemas se o sistema de aquecimento central não possuir água quente suficiente. Este problema pode ser resolvido, contudo, com tanques de armazenamento de água quente (acumuladores). Estes aumentam os intervalos de queima, visto que o sistema de aquecimento pode aceitar mais calor. Aumenta a eficiência e reduz as emissões de combustão.

Além disso, os tanques de armazenamento permitem incorporar no sistema de aquecimento central sistemas térmicos solares ou outros sistemas de produção de calor, baixando a necessidade anual de combustível. Assim, uma instalação térmica solar bem projectada, com um tanque de

armazenamento suficientemente dimensionado, pode cobrir toda a necessidade de água quente de uma habitação.

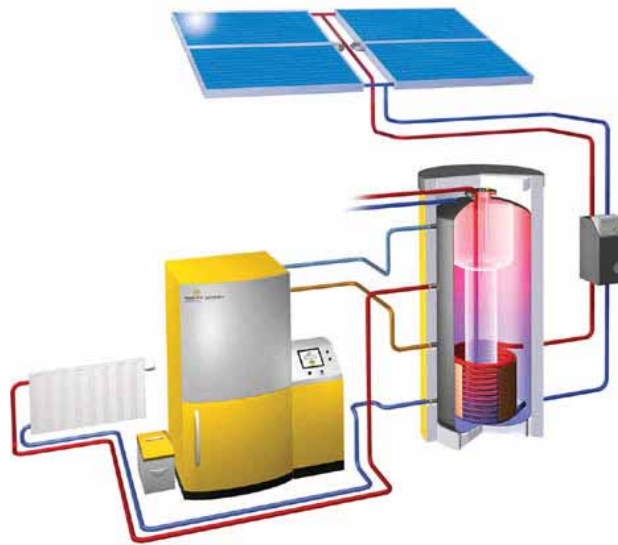


Figura 5.34 – Sistema combinado de aquecimento com pellets e solar térmico

Esquema: www.wagner-solartechnik.de

É particularmente recomendada a instalação de tanques de armazenamento de água quente em edifícios com baixas necessidades de calor. Geralmente, a instalação de um tanque de armazenamento aumenta a utilidade do sistema.

Dependendo do sistema central de aquecimento usado, recomenda-se um acumulador com capacidade para pelo menos 25 litros por kW de saída de calor da caldeira. Se se pretende incorporar uma instalação térmica solar, são recomendados acumuladores com capacidade entre 50 e 77 litros por kW de saída de calor de pellets.



Figura 5.35 - Tanque de armazenamento

Fotografia: www.paradigma.de

Actualmente, estão disponíveis sistemas de aquecimento central de pellets com uma saída de calor de cerca de 5 – 50 kW. As caldeiras de aquecimento de pellets fornecem uma solução ideal para proprietários de habitações com preocupações ambientais, em moradias simples e multi-familiares, que têm uma construção de baixa energia, uma saída de calor de 10 – 40 kW e uma necessidade

anual de energia de cerca de 2.000 – 20.000 kWh. Estas caldeiras a pellets requerem até 5.000 kg de pellets por ano.

2. Fornecimento de ar fresco:

De modo a operar a caldeira em segurança, deve assegurar-se que tenha um óptimo fornecimento de entrada e exaustão de ar. Deve assegurar-se que a pressão negativa na sala da caldeira não seja maior do que 4 Pa. Isto é conseguido fornecendo ar e aberturas de exaustão, com uma secção aberta de pelo menos 150 cm², para todos os tamanhos de caldeiras de pellets disponíveis.

As condutas de fornecimento e exaustão devem, tanto quanto possível, ser colocadas opostamente para alcançar uma boa sucção térmica. As aberturas devem sempre ser cobertas com uma grelha, para evitar que corpos estranhos entrem na caldeira.

As grelhas com uma malha de 10 mm provaram ser de confiança. As chaminés modernas já têm ventilação traseira, que pode substituir a abertura de exaustão.

3. Gases de escape:

Para remover os gases da caldeira é necessário ter uma chaminé que seja aprovada para combustíveis sólidos de aquecimento. Deve notar-se também que as temperaturas da conduta na chaminé podem descer abaixo de 160°C e, às vezes, até abaixo de 90°C.

Por esta razão, a chaminé deve ser construída com material à prova de humidade e ser muito bem isolada. Isto aplica-se particularmente à passagem da chaminé através do sótão da casa. A maior parte dos fabricantes de caldeiras exige que a chaminé tenha um diâmetro mínimo de 14 cm.

As condutas permitidas para combustíveis líquidos e gasosos podem não ser adequadas para caldeiras de pellets. Se a chaminé tiver uma tiragem maior do que 20 Pa, deve ser usado um controlador de tiragem. As caldeiras de pellets requerem um mínimo de tiragem de 5 Pa.

A conduta para a chaminé deve ser curta (comprimento < 2,0m) e hermética. A ligação à chaminé deve ser sempre colocada de modo a que esteja inclinada para cima (> 15°). Na prática, as inclinações de 30 a 45° na direcção do fluxo provaram ser seguras. Além disso, a ligação deve ter isolamento térmico não se percebe e, se possível, executada sem quaisquer curvas. A entrada para a chaminé deve facilitar o fluxo e curvar para cima.

Com as caldeiras de toros, os tubos do gás da conduta no permutador de calor da caldeira requerem muitas vezes uma limpeza considerável. As condutas das caldeiras modernas de pellets são fáceis de limpar, possuindo aparelhos de limpeza automáticos para os tubos do gás de escape.



Figura 5.36 – Permutador de calor com sistema de limpeza automática

Fotografia: www.paradigma.de

Quando as caldeiras de pellets são acesas com uma chaminé fria, espera-se que haja alguma pressão positiva no tubo da conduta. Por esta razão, deve assegurar-se que a ligação do tubo da

conduta para a chaminé seja colocada de modo a que fique completamente hermética. É possível usar silicone resistente à temperatura como um componente vedante ou, alternativamente, a conduta deve estar bem soldada. Além disso, é sensato colocar uma conduta flexível e isolada para a chaminé, para melhorar o isolamento sonoro.

A regra geral para medir chaminés estabelece que chaminés com diâmetros de 14 cm podem ser usadas com caldeiras de pellets com saídas até 15 kW. As chaminés com diâmetros de 16 cm podem ser usadas com caldeiras de pellets com saídas entre 20 e 25 kW. São recomendadas chaminés com diâmetros de 18 cm para caldeiras com saídas maiores.

4. Funcionamento:

As caldeiras de pellets são sistemas de aquecimento completamente automáticos. Se a instalação técnica do sistema estiver conforme com a qualidade do combustível, é apenas necessário remover o colector de cinzas cada 2-8 semanas. A maior parte das caldeiras de pellets está equipada com um sistema de compressão de cinzas para aumentar o volume útil.

É importante que o sistema esteja desligado antes de remover a cinza, de modo a que estas possam arrefecer no colector.

A cinza de pellets normal é castanha acinzentada e arenosa. Se a caldeira não estiver correctamente preparada, a cinza é preta, porque formou-se carvão e as pellets não foram correctamente queimadas. Com uma preparação incorrecta das caldeiras a pellets com queimadores de alimentação inferior ou retortas, também é possível que caiam pellets não queimadas no colector de cinzas. Se se observarem repetidamente estas falhas técnicas, deve ser notificado o serviço de apoio ao cliente do fabricante da caldeira. Isto deve-se a um problema com o controlo electrónico da caldeira ou com o nível de monitorização.

As caldeiras de pellets têm geralmente tecnologia de monitorização sofisticada que pode indicar a avaria.

Causas frequentes de avarias no queimador:

- Falta de pellets na câmara de armazenamento;
- Indicador de nível na tremonha intermédia avariado;
- Bloqueio do motor do transportador;
- Dispositivo de ignição eléctrico avariado.

5.3.10 Caldeiras de estilhas de madeira

Além das pellets, podem também ser usadas estilhas de madeira como combustível nas caldeiras automáticas. Tecnicamente, as caldeiras de estilhas alimentadas automaticamente são muito similares às caldeiras de pellets de madeira. As estilhas são geralmente introduzidas na caldeira com transportadores em espiral ou de parafuso.

Assim como as pellets de madeira, as estilhas são um material volumoso. Contudo, as estilhas são de longe menos homogêneas do que as pellets, devido ao seu modo de produção. Como resultado, aumenta o risco de bloqueios dos sistemas transportadores e tremonhas.

Por esta razão, as caldeiras de estilhas são mais robustas e maiores do que as caldeiras de pellets. Portanto, têm uma capacidade mínima de combustão de 35 kW. Dependendo do projecto, os sistemas de aquecimento de estilhas de madeira são também produzidos como centrais de larga escala, que podem produzir uma saída de calor de diversos megawatts. Esta secção, contudo, apenas considerará as caldeiras de estilhas com pequenos limites de saída.



Figura 5.37 - Caldeira de estilhas com sistema automático de extracção do depósito

Fotografia: www.hargassner.at

As lâminas salientes do rotor da espiral revolvante são usadas para destruir a estrutura das estilhas de madeira, evitando assim que o sistema de extracção fique bloqueado. A placa de pressão fixada à caixa do transportador liberta a pressão da estrutura do grão no depósito. Isto evita a criação de estrutura nas estilhas de madeira e portanto evita que o transportador de parafuso funcione no vazio.

Na figura pode ser visto um colectador de cinzas com uma tampa vermelha à frente da caldeira, na qual a cinza do processo de combustão é recolhida. Tal como as caldeiras de pellets, o combustível é incendiado usando um queimador.



Figura 5.38 – Transporte de estilhas para a zona de combustão

Esquema: www.hargassner.at

Embora a tecnologia destas caldeiras seja bem desenvolvida e eficiente, elas não são adequadas para habitações domésticas devido aos elevados custos da caldeira, depósito de armazenamento e equipamento de transporte. Porém, em termos económicos são ideais para aplicações em que as caldeiras de pellets já não são adequadas, isto é, para edifícios de apartamentos e públicos.

Especificações técnicas para caldeiras de estilhas de madeira:**Tabela 5.14 - Especificações técnicas para caldeiras de estilhas de madeira**Dados: www.sesolutions.de

| | |
|---|--|
| Aplicação primária | Aquecimento de espaços |
| Local de instalação | Sala da caldeira |
| Área de aquecimento | Todo o edifício, aquecimento da região |
| Emissão de calor através de radiação | Não |
| Emissão de calor através de propagação | Não |
| Emissão de calor através de permutador de calor | Sim |
| Tipo de combustão | Dependente do ar ambiente |
| Câmara de combustão | Fechada |
| Gama de saída (calor) | 35-7000 kW |
| Eficiência | < 90°C |
| Combustível utilizável | Aparas de madeira |
| Processo de ignição | Automático |
| Temperatura de combustão | 150 - 200°C |
| Uso conjunto da chaminé com outros sistemas | Não |
| Diâmetro necessário para a chaminé | Calculado individualmente |
| Chaminé resistente à humidade | Sim |
| Sistema de aquecimento pré-fabricado | Não |
| Necessidade de ar fresco | Calculado individualmente |
| Distância de segurança à frente | > 0,80 m |
| Distância de segurança nos lados | > 0,50 m |
| Distância de segurança em cima | > 0,70 m |
| Distância de segurança no chão | Base à prova de fogo |

Requisitos estruturais:

As caldeiras de estilhas requerem uma divisão própria, bem como áreas de armazenamento. Deve ser possível alimentar facilmente as áreas de armazenamento com madeira transportada por camião, estando suficientemente perto das caldeiras para permitir o uso de correias transportadoras de baixo custo com um comprimento mínimo.

Porque as caldeiras de estilhas de madeira têm uma amplitude larga de saídas, desde 35 kW até 7 MW, é impossível fazer afirmações gerais acerca do tipo de condutas de fornecimento de ar e de escape e outros elementos técnicos. Para um limite de saída baixo até 100 kW, as necessidades na conduta e no fornecimento de ar são idênticas aos das caldeiras de gaseificação de madeira. O mesmo se aplica na ligação hidráulica ao circuito de aquecimento.

Funcionamento:

Com a emissão de calor ajustada aos edifícios, as caldeiras de estilhas de madeira estão continuamente em funcionamento durante o período de aquecimento. Durante este período elas não são desligadas. Em vez disso, a sua saída é simplesmente ajustada de acordo com a necessidade pelo uso das suas ventoinhas de tiragem.

Controlos lógicos programáveis, chamados sistemas CLP, controlam a ignição e completam o funcionamento do sistema. Isto permite que tal sistema se adapte continuamente à necessidade de calor, variando entre uma carga fixa de 100% até uma carga parcial de 30%. O controlo de combustão electrónico assegura a queima quase completa com uma elevada eficiência de 87-90%.

As caldeiras modernas de estilhas de madeira são projectadas para um funcionamento completamente automático. Normalmente, não requerem limpeza regular da caldeira, grelha ou sistemas de condutas. Se, contudo, for dispensado um sistema de remoção automático de cinzas por razões de custo, a cinza acumulada deve ser removida uma vez por semana.



Figura 5.39 – Mecanismo de limpeza automático

Fotografia: www.hargassner.at

5.3.11 Sistemas combinados de caldeiras

Os sistemas combinados de caldeiras podem ser usados para aplicações onde está disponível uma larga gama de combustíveis, tal como estilhas de madeira, toros de madeira ou serradura. Estas são similares, em construção, às caldeiras de gaseificação de madeira.

Para além de um orifício de alimentação para troncos de madeira, estes sistemas também têm uma entrada lateral para estilhas de madeira. A sua construção permite-lhes aceitar várias geometrias de combustível. Pode ser queimada uma larga variedade de produtos, como serradura, pellets, estilhas de madeira, troncos e desperdício de madeira não tratada.



Figura 5.40 – Sistema combinado para troncos e estilhas

Esquema e Fotografia: www.koeb-schaefer.at

Estes sistemas são particularmente eficientes em zonas onde é produzida uma quantidade suficiente de resíduos de madeira e diferentes tamanhos de grão, como numa oficina de carpintaria. Em tais áreas de aplicação estes são a melhor escolha para um sistema de aquecimento. As caldeiras combinadas têm também interesse para os construtores que desejem uma elevada flexibilidade em termos de tipos de combustíveis.

Considerações iniciais de projecto:

Existe uma grande variedade de projectos disponíveis para pequenos sistemas de combustão, alimentados a madeira. Se estes sistemas de combustão são projectados como simples aplicações de lareira, não são necessários outros componentes de construção para além de uma chaminé.

Contudo, se o aquecimento a madeira for incorporado num sistema de aquecimento central, precisam de ser seleccionados outros componentes para além da caldeira de aquecimento e dimensionados durante a fase de projecto.

O seguinte diagrama ilustra um sistema de aquecimento completo, com uma caldeira de madeira. Este sistema mostra a versão mais elaborada possível com várias cargas e um fornecimento de calor suplementar fornecido por um sistema solar térmico.

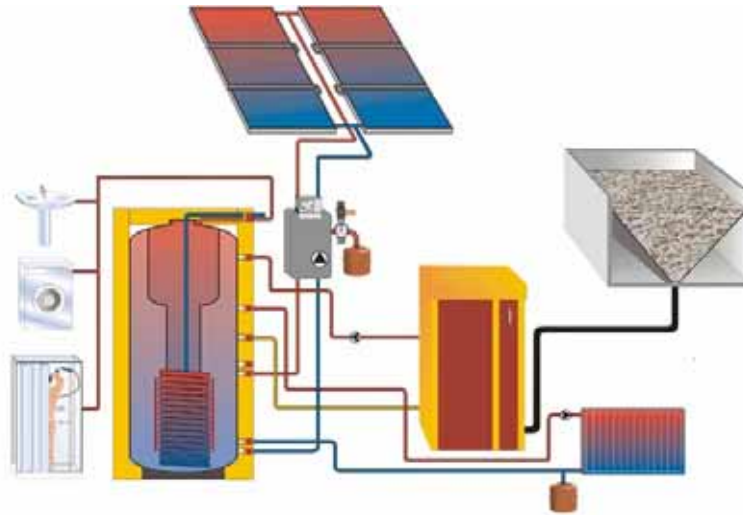


Figura 5.41 – Sistema combinado de caldeira a pellets e solar térmico

Esquema: www.wagner-solartechnik.de

As secções seguintes explicam as funções dos elementos deste sistema combinado de caldeira de pellets e solar térmico e apresenta algumas considerações sobre o seu dimensionamento e execução.

1. Caldeiras de madeira

A escolha e dimensionamento das caldeiras de madeira já foram discutidos em secções anteriores. As descrições e especificações técnicas nesta secção listam toda a informação sobre saídas, tipos de instalação e requisitos estruturais.

Um critério importante para um bom funcionamento da caldeira é, para além de uma manutenção cuidadosa e assistência apropriada, a protecção da caldeira contra a corrosão. O aparecimento da corrosão nas condutas da caldeira é, na maioria dos casos, devida à condensação dos produtos de combustão.

Cada vez que a caldeira é ligada produz, como parte do processo de oxidação, água na forma de vapor. Se esta entrar em contacto com superfícies frias, condensa. Para além disso, se estiver presente dióxido de enxofre no gás, pode ocorrer a formação de ácido sulfúrico (H_2SO_4) no condensado. Isto causa muitas vezes uma corrosão considerável das paredes da caldeira ou do sistema de condutas.

Este problema de corrosão pode ser evitado elaborando um projecto que mantenha uma temperatura de retorno suficientemente alta. O fluxo de retorno da água quente na caldeira controlado por termostato mantém a temperatura da parede da caldeira a um nível no qual a condensação não pode ocorrer.

A tendência para se formar condensação é determinada pelo teor de água do combustível e a composição das condutas. O gráfico abaixo mostra os pontos de condensação nas condutas de gás para várias proporções ar/combustível λ e teores de água do combustível.

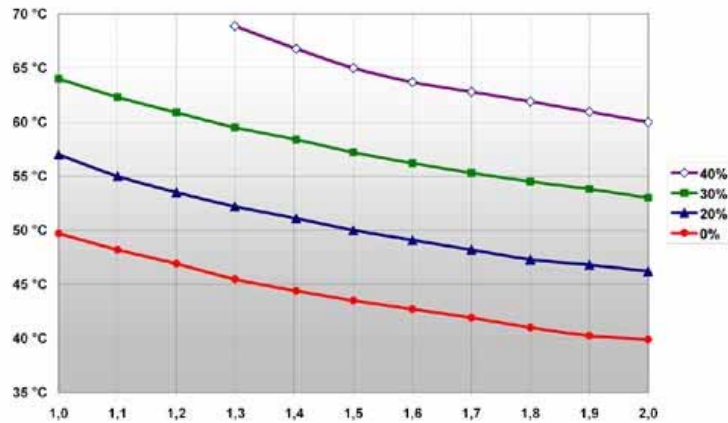


Figura 5.42 – Ponto de condensação para várias proporções ar/combustível λ

Gráfico: www.sesolutions.de

Os gases da combustão de madeira com uma proporção ar/combustível $\lambda=1,5$ e uma humidade de cerca de 20% condensam em superfícies mais frias ($< 50^{\circ}\text{C}$). Se o teor de água na madeira for cerca de 40%, o ponto de condensação com as mesmas condições básicas já ocorre a 65°C .

Em casas mais velhas, o sistema de aquecimento é muitas vezes projectado com uma temperatura de fluxo de 90°C e uma temperatura de retorno de 70°C . Na maior parte do tempo, não há risco de condensação quando se faz o aquecimento com madeira húmida.

Com os irradiadores modernos e sistemas de caldeira, contudo, são muitas vezes escolhidos níveis de temperatura baixos. Por exemplo, são escolhidos 75°C para a temperatura de fluxo e 55°C para a temperatura de retorno do sistema de aquecimento. No entanto, se houver uma elevação da temperatura de retorno sem controlo de termostato, a caldeira e o sistema de condutas podem entrar rapidamente em corrosão.

A abertura de um orifício do termostato assegura que a caldeira atinja rapidamente a temperatura correcta quando acesa e que, durante o funcionamento diário, não é alimentada com água de retorno que esteja fria. Deve sempre assegurar-se que a caldeira está equipada com um sistema de monitorização, para evitar o perigo de corrosão quando se acende ou apaga a caldeira.

2. Necessidade de aquecimento de espaços

A necessidade de aquecimento de espaços nos edifícios fornece a base para o dimensionamento da saída da caldeira. Isto por sua vez é a base para seleccionar os tipos de caldeiras.



Figura 5.43 – Radiadores modernos

Fotografia: www.viessmann.de

Há muitos tipos diferentes de radiadores modernos. Têm diferentes comportamentos de irradiação por metro quadrado de superfície irradiada.

3. Necessidade de água quente sanitária

A necessidade de calor para aquecer a água doméstica em aplicações sanitárias, como chuveiros, banheiras e lavatórios pode ser escolhida para um valor médio de 12,5 kW/h por metro quadrado de área habitável e por ano. O quadro seguinte apresenta valores guia para a duração de uso, o consumo de água e a necessidade de calor para aplicações sanitárias.

Tabela 5.15 – Valores guia de necessidade de água quente sanitária

Dados: Wamsler

| | Duração de uso | Extracção | Necessidade de aplicação |
|--------------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Aplicação sanitária | Min. | L | kWh |
| Banheira (1600 x 700 mm) | | 140 | 5,8 |
| Banheira (1700 x 750 mm) | | 160 | 6,5 |
| Banheira (1800 x 750 mm) | | 200 | 8,7 |
| Poliban | 6 | 40 | 1,6 |
| Bidé | 10 | 20 | 0,8 |
| Lavatório | 4 | 9 | 0,35 |
| Lava-loiças | 10 | 30 | 1,15 |

Esta informação fornece a base para projectar os sistemas de aquecimento em edifícios cujo consumo de água quente não está conforme com a norma, tal como pensões e hotéis.

4. Tanques de armazenamento de água quente

Cálculo do tanque de armazenamento sem o uso de um sistema solar térmico:

O conteúdo necessário do tanque de armazenamento para caldeiras de madeira é calculado de acordo com a norma Europeia NA 303-5, usando a seguinte fórmula:

$$V_{TA} = 15 \times T_C \times Q_N \times \left(1 - 0,3 \times \frac{Q_{Edif}}{Q_{min}} \right)$$

Onde, V_{TA} = conteúdo em litros do tanque de armazenamento, T_C = Tempo de combustão com uma saída de calor estimada em horas, Q_N = Saída de calor nominal em kW, Q_{Edif} = Saída de calor determinada para o edifício em kW e Q_{min} = Saída de calor mais baixa da caldeira em kW.

De modo a obter um resultado correcto, devem estar deduzidas da saída de calor do edifício as divisões que necessitam apenas de aquecimento pontual, tais como os quartos para hóspedes.

Exemplo:

Uma habitação familiar com uma carga de calor Q_{Edif} de 22 kW deve ser equipada com um tanque de armazenamento adequado.

A saída de calor estimada Q_N da caldeira a ser instalada é de 26 kW e a sua saída de calor mais baixa Q_{min} de 13 KW. Quando a caldeira está cheia de combustível, o fabricante da caldeira especifica um tempo de combustão T_C de 4 horas para a saída de calor determinada.

$$V_{TA} = 15 \times 4 \times 26 \times \left(1 - 0,3 \times \frac{22}{13} \right) = 768 \text{ litros}$$

O tamanho mínimo de um tanque de armazenamento é de 768 litros. De modo nenhum deve o tamanho ser abaixo deste valor. Neste exemplo, uma boa escolha passaria por um tanque de armazenamento com um volume de 1000 litros.

5. Sistemas solares térmicos

Na maior parte dos casos, é possível instalar um sistema de aquecimento central com um sistema solar térmico. Isto permite que o edifício seja completamente aquecido com calor solar, de uma forma amiga do ambiente. Por um lado, através da radiação solar recolhida e, por outro, através da energia solar armazenada na madeira. Um sistema solar térmico dá ao proprietário do edifício uma utilidade suplementar e vantagens económicas, visto que a radiação solar substitui o combustível.

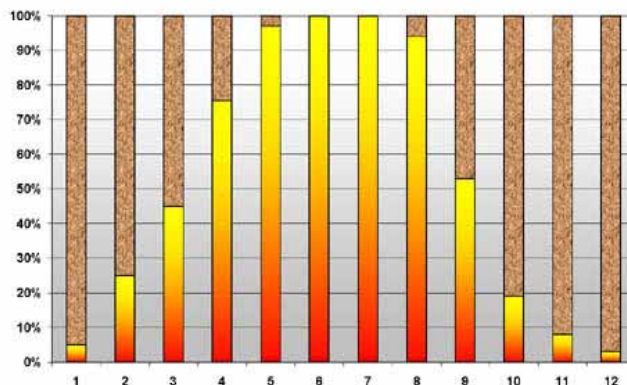


Figura 5.44 – Distribuição do tipo de fornecimento de calor para um ano tipo

Gráfico: www.sesolutions.de

Um sistema solar bem planeado pode poupar 50% da necessidade anual de madeira. Isto não é só financeiramente interessante, mas fornece ao operador muitas vantagens, porque não tem de conseguir e preparar o combustível de madeira nem tratar das cinzas. Pode encontrar-se informação específica sobre projectos de sistemas no Manual sobre sistemas solares térmicos do IST.

Os volumes do tanque de armazenamento para sistemas solares térmicos podem ser calculados, usando a necessidade dos tanques de armazenamento para as caldeiras de madeira. Isto permite poupar custos de investimento e conseguir uma melhor eficiência de todo o equipamento do sistema.

6. Bombas de circulação

As bombas de circulação são usadas para manter o fluxo de água no sistema de aquecimento.



Figura 5.45 – Bomba de circulação

Fotografia: www.viessmann.de

Dependendo da diferença do tamanho e altura do sistema de aquecimento, as bombas devem ser capazes de lidar com diferentes débitos e pressões de água. Para dimensionar as bombas é necessário ter uma curva característica da rede de aquecimento.

5.4 Equipamento de segurança para sistemas de aquecimento

O sistema de aquecimento deverá estar equipado com os seguintes elementos:

- Tanque de expansão fechado;
- Ventilador de segurança na parte mais alta da caldeira;
- Tomada de segurança;
- Termómetro;
- Manómetro;
- Aparelho automático para remoção do calor, o qual é activado se a temperatura de funcionamento for excedida.



Figura 5.46 – Equipamento de distribuição e segurança

Fotografia: www.viessmann.de

5.4.1 Tanques de expansão

A água expande quando é aquecida. Este fenómeno natural causaria consideráveis flutuações de pressão num sistema de aquecimento fechado se a temperatura do sistema mudasse.



Figura 5.47 – Tanque de expansão

Fotografia: www.viessmann.de

Portanto, para evitar estragar a rede de tubagem, a caldeira e radiadores, é instalado um tanque de expansão em qualquer sistema fechado com água. Este consiste numa bolha de borracha numa caixa de aço, que é preenchida com um gás neutro, como azoto, que consegue absorver flutuações de temperatura na rede.

O tamanho do tanque de expansão é decisivo para a segurança e resistência à pressão de toda a rede de tubagem. Os tanques de expansão são projectados de acordo com a seguinte fórmula:

$$V_T = f \times [(V_S + V_{Cal}) \times E_f + 2,4]$$

Onde, V_T = volume total do tanque de expansão, f = factor de expansão (2 para tanques de expansão), V_S = volume do sistema (incluindo tanque de armazenamento de água quente), V_{Cal} = volume da água da caldeira e E_f = factor de expansão para água quente.

Quando se determina o volume do sistema V_S , deverá ser tido em consideração o volume do tanque de armazenamento existente no sistema de aquecimento.

O factor de expansão f para o aquecimento de água fria usado aquando do enchimento do sistema pode ser determinado a partir do seguinte gráfico.

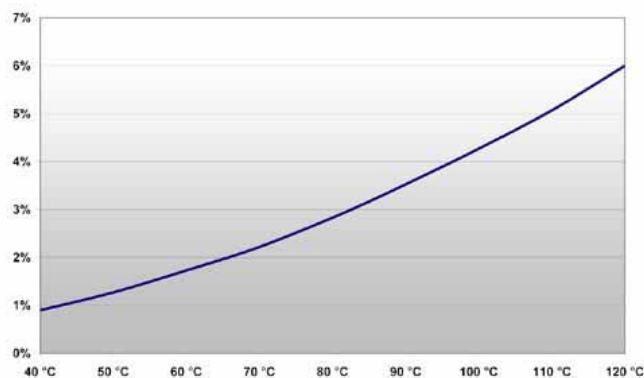


Figura 5.48 – Curva de expansão da água

Gráfico: www.sesolutions.de

Uma temperatura máxima da água no circuito de aquecimento de 82° C produz um factor de expansão f de 2,9 %.

Outro parâmetro importante para dimensionar o tanque de expansão é o volume de água no sistema de aquecimento V_S .

Exemplo:

Um edifício tem um volume do sistema de aquecimento V_S de 725 litros e um volume de caldeira V_{Cal} de 25 litros. A temperatura máxima do sistema de aquecimento foi medida aos 82 °C. A partir disto foi determinado um factor E_f de 2,9% (diagrama do factor de expansão).

$$V_T = 2 \times [(725 + 25) \times 0,029 + 2,4] = 48,3 \text{ litros}$$

O volume calculado para o tanque de expansão é de 48,30 litros. Deverá portanto ser escolhido um tanque de expansão que tenha um volume total de 50 litros.

5.4.2 Chaminés

É essencial que as chaminés sejam correctamente dimensionadas e projectadas, uma vez que isso determina o *output* dos sistemas de combustão pequenos. A razão desta relação é porque a tiragem natural da chaminé retira os gases da caldeira, ao mesmo tempo que aspira o ar fresco - processo essencial para a combustão. O efeito da chaminé baseia-se puramente na capacidade física de elevação do ar quente.

Os sistemas com combustão de pressão positiva, que têm queimadores de ar forçado, como caldeiras de óleo e gás, são capazes de ultrapassar a perda de pressão do interior da caldeira através dos seus ventiladores.

As caldeiras com combustão sob pressão, como a maioria das caldeiras a madeira, dependem completamente da tiragem natural da chaminé para descarregar os gases da conduta e para fornecer a caldeira com ar fresco. Em muitos casos, isto é suportado por uma ventoinha de tiragem induzida, que pode melhorar a saída de tiragem da chaminé criando uma tiragem artificial. Isto também permite a variação na saída de combustão de uma caldeira de pressão negativa.

Uma altura de conduta da chaminé correctamente dimensionada é fundamental para aumentar a saída das caldeiras, pelo que a conduta da chaminé deverá adequar-se o mais possível à caldeira. Quando a tiragem da conduta é muito forte conduz a maiores perdas, reduzindo assim a eficiência das caldeiras a madeira.

Para melhorar o equilíbrio entre a caldeira e a chaminé existente, deve ser utilizado um limitador de tiragem (regulador de tiragem).

Os limitadores de tiragem modernos estão geralmente equipados com uma aba de libertação de pressão que se abre se ocorrer um escape repentino na chaminé. Isto permite que a pressão resultante seja libertada, protegendo a habitação e a chaminé de quaisquer danos.

Os sistemas de chaminé para pequenos sistemas de combustão com madeira devem cumprir critérios rígidos:

- Resistência a temperaturas até 400 °C;
- Resistência à humidade, porque as temperaturas da combustão podem ocorrer abaixo dos 160 °C;
- Acabamento da superfície interior suave e sem fendas;
- Isolamento térmico para evitar que os gases de combustão se condensem nas superfícies frias da chaminé;
- Secção dimensionada para ser constante e que não se altere o seu diâmetro.

São usados principalmente dois sistemas diferentes de chaminés para combustão de madeira, que preenchem estes critérios: chaminés de cerâmica e aço inoxidável.



Figura 5.49 – Chaminés de cerâmica e de aço inoxidável

Fotografias: www.pro-schornstein.de e www.viessmann.de

Os projectos de chaminé baseiam-se nos seguintes critérios principais:

- Altura acima do nível do mar;
- Tipo de aplicação de lareira planeado;
- Usos múltiplos da chaminé;
- Forma da secção;
- Diâmetro;
- Altura útil da chaminé;
- Extensão em área fria;
- Extensão exterior.

O diagrama seguinte mostra as diferentes medidas.

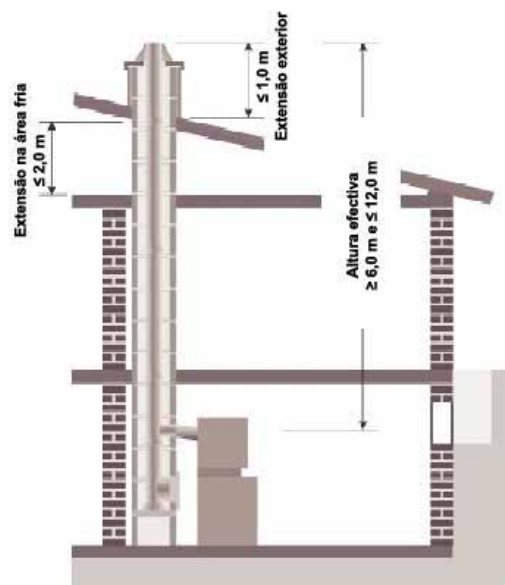


Figura 5.50 – Alturas para chaminés

Esquema: www.schiedel.de

Todos os fabricantes de caldeiras especificam os requisitos de tiragem para a chaminé nas suas instruções de instalação técnica. Estas variam dependendo da projecto técnico da caldeira.

5.4.3 Conduta da chaminé

A conduta para a chaminé deve ser curta (comprimento < 2,0m) e hermética. A ligação à chaminé deve ser sempre colocada de modo a que esteja inclinada para cima (> 15°). Na prática, as inclinações de 30 a 45° na direcção do fluxo provaram ser seguras. Além disso, a ligação deve ter isolamento térmico não se percebe e, se possível, executada sem quaisquer curvas. A entrada para a chaminé deve facilitar o fluxo e curvar para cima.

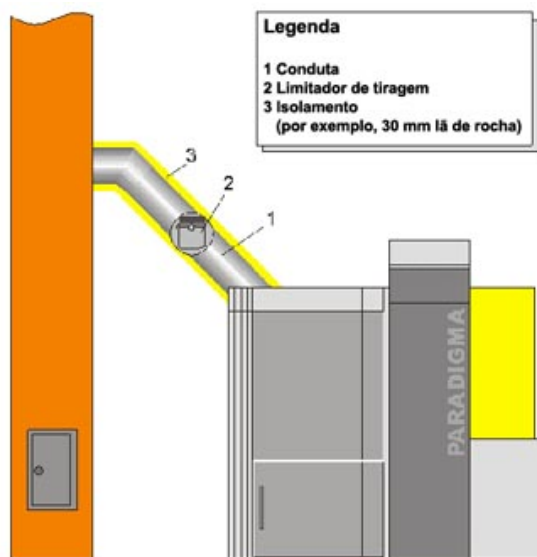


Figura 5.51 – Ligação da chaminé a caldeira de pellets

Esquema: www.paradigma.de

Espera-se uma certa quantidade de pressão positiva quando as caldeiras de madeira são acesas. Por esta razão, deve assegurar-se que o tubo da conduta para a chaminé é colocado de modo a que fique completamente hermético. É possível usar silicone resistente à temperatura como um componente vedante ou, alternativamente, a conduta pode ser bem soldada.

Além disso, é sensato colocar um tubo de conduta flexível e isolado para a chaminé, para melhorar o isolamento sonoro. O tubo da conduta para a chaminé não deve ser revestido a tijolos, visto que isto pode causar problemas de isolamento do ruído. Deve ter sempre uma abertura de inspecção hermética para permitir que se controlem os depósitos de fuligem e se necessário removê-los.

5.5 Armazenamento

5.5.1 Armazéns para toros de madeira

O critério mais importante para os toros de madeira é o grau de secagem. Cada litro de água removido da madeira como vapor usa 0,7 kW, que é descarregado através da chaminé e não está disponível para aquecimento de espaços.

Outros problemas com madeira húmida resultam no abaixamento de temperatura durante a combustão, de modo que a zona de combustão não produz o calor necessário. Isto conduz ao risco de formação de gás de madeira não queimado, como creosoto, ou fuligem nas válvulas da conduta e da chaminé.

Todos estes problemas podem ser evitados se a madeira for devidamente seca, daí ser ideal um período de seca de dois anos no exterior. Depois desta secagem, quase todos os toros de madeira cortados têm um teor de água que é adequado para a combustão.

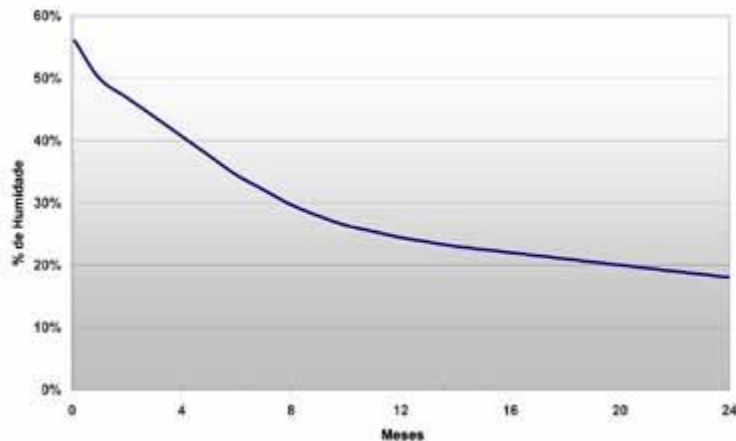


Figura 5.52 – Secagem da madeira

Gráfico: www.sesolutions.de

De modo a conseguir esta condição, a madeira necessita ser armazenada correctamente. Devem observar-se as seguintes condições básicas:

- A madeira deve ser serrada e separada, de modo a que esteja pronta para uso;
- A madeira deve ficar numa base com 20 cm de altura permeável ao ar;
- Deve haver uma conduta de ar na vertical com 5-10 cm de largura atrás da pilha de madeira.;
- A pilha de madeira deve ser protegida contra a chuva com uma cobertura no topo;
- Não cobrir completamente a madeira com plástico;
- Armazenar apenas madeira em espaços com bastante ar ou, de outro modo, há o risco de formação de bolor.

Os toros de madeira têm uma densidade de energia relativamente baixa. São necessários cinco metros cúbicos de toros de madeira para substituir um metro cúbico de óleo combustível. Se se pretende calor com toros de madeira durante todo o ano, é importante que se armazenem pelo menos 1,5 vezes a necessidade anual de combustível, de modo a permitir que a madeira seque devidamente e se cubram os períodos frios. Tal quantidade de madeira corresponde a um volume de armazenamento de pelo menos 7,5 m³.

5.5.2 Armazenamento de pellets

Essencialmente há três possibilidades diferentes para armazenar pellets, que são feitas à medida para diferentes espaços. Em termos técnicos, consistem em quatro unidades de armazenagem diferentes:

- silos de sacos;
- depósitos de pellets;
- tanques de armazenagem subterrâneos;
- tremonhas de armazenamento.

E três sistemas de extracção diferentes:

- extracção por transportador;
- extracção por vácuo;
- extracção estática (tremonha).

Todos os sistemas descritos são capazes de assegurar extracção de pellets do respectivo sistema de armazenamento sem problemas. As várias combinações destes processos são, contudo, desenvolvidas para diferentes áreas de aplicação.

5.5.2.1 Considerações básicas para salas de armazenamento de pellets

Localização da divisão da caldeira

Se possível, a sala de armazenamento das pellets deve confinar com uma parede externa, uma vez que a tubagem de ligação deve ser acessível do exterior, para o fornecimento de pellets. Com salas de armazenamento situadas internamente, a alimentação e os tubos da conduta devem correr na parede externa. A caldeira de pellets deve ser sempre desligada antes de encher o armazém de pellets.

Se possível, a divisão da caldeira deve sempre confinar com uma parede externa, para assegurar um fornecimento directo de ar de combustão para a caldeira de pellets. Com divisões de caldeira situadas internamente, uma conduta de abastecimento deve ligar a sala da caldeira com a parede externa.

Dimensionamento da divisão de armazenamento de pellets

O armazém de pellets deve ser sempre rectangular, e se possível o comprimento da sala não deve ter mais que 2,0 m. Na prática, dimensões como 2 metros por 3 metros ou 1,8 metros por 3,2 metros provaram ser seguras. A mecânica do fluxo das pellets de madeira significa que quanto mais estreita é a sala, mais pequeno é o tamanho dos espaços não utilizáveis.

O tamanho do armazenamento depende da necessidade de calor do edifício. Deve ser suficientemente grande, contudo, para armazenar um ano de fornecimento de combustível. As seguintes regras gerais aplicam-se quando se dimensionam as divisões de armazenamento de pellets:

Regras gerais:

- 1 kW de carga de calor = 0,9 m³ de armazenamento (incl. vazio);
- Espaço de armazenagem utilizável = 2/3 de armazenamento (incl. vazio);
- 1m³ pellets = 650 kg;
- Teor de energia = 5kWh/kg.

Exemplo

Moradia unifamiliar com carga de calor de 15 kW tem uma necessidade anual de pellets de 5800 kg.

- 15 kW carga de calor x 0,9 m³/kW = 13,5 m³ volume de armazenamento;
- Volume utilizável para armazenamento = 13,5 m³ x 2/3 = 9 m³;
- Quantidade armazenável de pellets = 9 m³ x 650 kg = 5850 kg;
- Área de armazenamento necessário = 13,5 m³ / 2,4 m (altura da sala) = 5,6 m². Uma boa área para armazenamento seria 2m x 3m = 6m²;
- Quantidade de energia armazenada = 5850 kg x 5 kWh/kg = 29.250 kWh.

Protecção da humidade

As pellets são altamente hidróscópicas, isto é, absorvem água. Se as pellets estiverem em contacto com o pavimento ou paredes húmidas, expandem-se e partem e são, portanto, inutilizadas.

Requisitos técnicos para armazenamento de pellets:

- O local de armazenagem de pellets deve manter-se seco todo o ano;
- A humidade normal do ar, tal como aquela que ocorre todo o ano em moradias normais como resultado das condições atmosféricas, não danifica as pellets de madeira;
- Se houver risco ocasional de paredes húmidas (por exemplo edifícios velhos), recomenda-se que as paredes sejam revestidas com painéis de madeira ventilados. Alternativamente, há a possibilidade de armazenar pellets em armazéns industriais de pellets, tais como silos de trigo;

- Em novos edifícios, nos quais a humidade está enranhada nas paredes estas devem ser secas antes de se instalar um armazém de pellets.

5.5.2.2 Armazenamento e transporte de pelletes

Armazéns de pelletes

O seguinte fluxograma permite escolher rapidamente o sistema de armazenamento de pellets mais adequado.

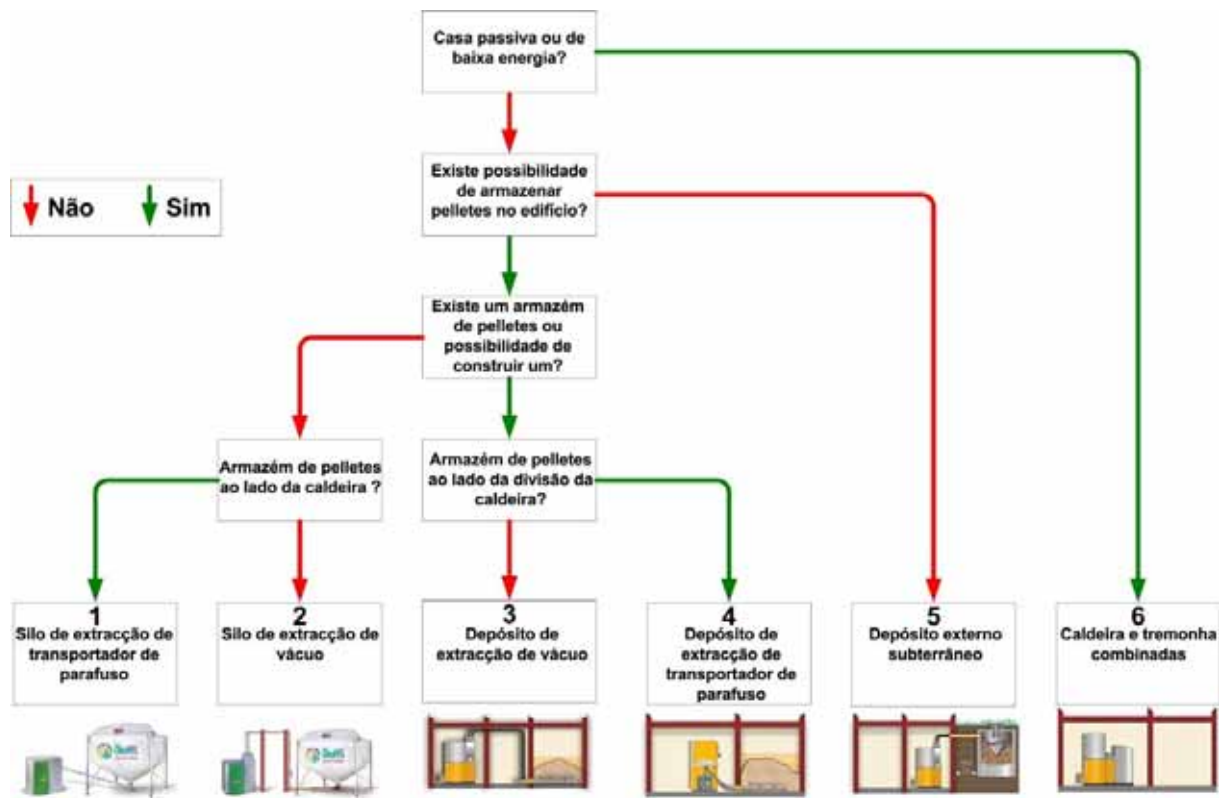


Figura 5.53 – Selecção de tipo de armazenamento de pellets

Esquema: www.sesolutions.de

De seguida descrevem-se os métodos de funcionamento e as características técnicas destes tipos de armazenamento.

Sistema 1: Silo de extracção com transportador de parafuso



Figura 5.54 - Silo de extracção com transportador de parafuso

Fotografia: www.oekofen.at

O sistema 1 é adequado quando é possível instalar a caldeira de pellets e o armazenamento directamente a seguir um ao outro numa divisão do edifício.

A parte principal do sistema é o silo de pellets. Este consiste num tecido artificial resistente, que é pendurado como uma tenda dentro de uma estrutura estável em aço.

Na parte da frente do silo completamente fechado está acoplado um tubo que está ligado à estrutura de suporte. O orifício das pellets da cisterna está ligado a esta estrutura. Isto permite que o silo seja preenchido através de um camião de pellets convencional.

O material de tecido do silo de pellets tem a característica de ser permeável ao ar, mas à prova de pó. Isto significa que estes silos não requerem um tubo de exaustão separado. Durante o processo de enchimento descrito nas páginas seguintes, o silo enche de ar, o ar injectado escapa através do material de tecido e as pellets são libertadas no silo.



Figura 5.55 – Transferência de pellets para o silo de armazenamento

Fotografia: www.paradigma.de

Logo que o silo de pellets esteja cheio, tem de se esperar que o ar acumulado se escape. A caldeira de pellets pode então entrar novamente em funcionamento normal. As pellets são removidas do fundo do silo através de uma abertura redonda e transportadas com o transportador de parafuso montado para a caldeira.

Estes silos de pellets são fiáveis e necessitam de pouca manutenção para um armazenamento pouco complicado de pellets na divisão da caldeira.

Sistema 2: Silo de extracção por vácuo

O sistema 2 é adequado quando não é possível instalar um armazém permanente dentro do edifício e a caldeira de pellets e a tremonha de armazenamento devem estar em espaços separados.



Figura 5.56 - Silo de extracção por vácuo

Fotografia: www.oekofen.at

Os silos de pellets usando extracção de vácuo são tecnicamente idênticos aos silos que usam extracção por transportador de parafuso. Para instalar o sistema de extracção de vácuo, é fixada uma peça de sucção ao orifício de saída, na parte inferior do silo, no lugar da flange do transportador.

Duas mangueiras em espiral são fixadas a esta peça especial de encaixe. As pellets são retiradas, usando um motor de aspiração através de uma das mangueiras em espiral para a caldeira de pellets. O ar de aspiração volta então ao silo, por meio da outra mangueira onde pode ser novamente usado para transferir as pellets.

Os sistemas de vácuo podem cobrir distâncias até 20 metros entre o armazém de pellets e a caldeira. Aqui deve ter-se em consideração que, quando se funciona com as mangueiras de transporte através de tectos, devem ser colocadas duas mangueiras em espiral, de diâmetro aproximado de 60 mm (mangueiras de fluxo e de retorno). Mesmo se for possível colocar as mangueiras separadamente, deve assegurar-se que os comprimentos não diferem em mais de 10%.

Ao colocar as mangueiras deve também assegurar-se que o raio de curvatura das mangueiras não é mais pequeno do que cinco vezes o diâmetro externo das mangueiras. Isto significa que as mangueiras em espiral de 60 mm requerem um raio de curvatura de $5 \times 60 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$.

Se tiverem de se superar declives, deve assegurar-se que são colocados comprimentos inferiores a 3 metros no declive. Se forem instaladas secções de mangueira horizontais que tenham pelo menos 1 metro de comprimento, é também possível combinar secções inclinadas.

Ao instalar e operar um sistema, é importante assegurar-se que as mangueiras e as ligações são absolutamente herméticas. Devem ser usados grampos para mangueiras, especificados pelo fabricante, que fornecem uma equalização potencial por um fio de cobre embutido nas mangueiras elásticas.

Sistema 3: Depósito de extracção por vácuo

O sistema 3 é idêntico em termos de tecnologia de vácuo ao do sistema 2 acima descrito. Em vez de usar um silo de pellets pré-fabricado, as pellets de madeira estão armazenadas no seu próprio armazém especialmente equipado.



Figura 5.57 - Depósito de extracção por vácuo

Esquema: www.wagner-solartechnik.de

O sistema é particularmente adequado para proprietários de habitações que desejam equipar os seus edifícios com uma sala de armazenamento de pellets, mas não podem fazê-lo na proximidade imediata da sala da caldeira de pellets. Ao instalar tubos de aspiração na casa, deve ter-se em consideração que os tubos podem deixar escapar ruídos durante a transferência das pellets, que tem lugar duas vezes por dia.

Há várias maneiras de ligar o sistema de vácuo à sala de armazenamento de pellets. Pode ser ou acoplado a um transportador de parafuso instalado centralmente, ou ligado a 3 ou 4 mangueiras de aspiração cujos bocais são colocados no pavimento do armazém de pellets.



Figura 5.58 – Extracção por sucção através de mangueiras

Esquema: www.hargassner.at

Fotografia: www.paradigma.de

O transportador das pellets retira e transporta as pellets de madeira na corrente de ar criada pelo motor de aspiração.

A outra possibilidade é instalar mangueiras de sucção no pavimento do armazém de pellets.



Figura 5.59 – Sistema de extracção com mangueiras no pavimento do armazém

Fotografia: www.windhager-ag.at

O ar circulante suga as pellets para os bocais das mangueiras de aspiração, onde são aspiradas com o fluxo de corrente para a caldeira. Estas mangueiras de aspiração são aparafusadas ao pavimento das divisões para armazenamento a intervalos de 50 a 75 cm.

Sistema 4: Depósito de extracção com transportador de parafuso

O sistema 4 é idêntico, em termos de estrutura do armazém de pellets usado no sistema 3 acima descrito.

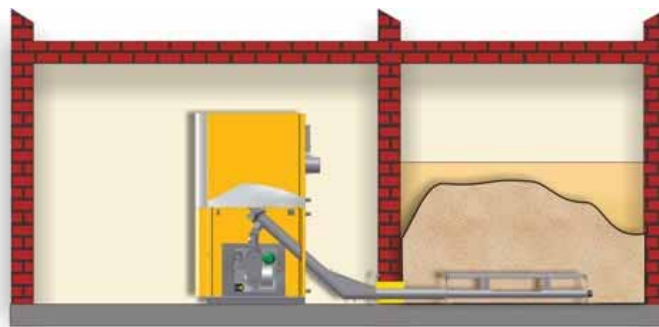


Figura 5.60 - Depósito de extracção com transportador

Esquema: www.wagner-solartechnik.de

Contudo, em vez de transportar as pellets de madeira com um sistema de vácuo, as pellets são extraídas da sala de armazenamento com um transportador de parafuso, antes de serem transportadas o resto da distância para a caldeira de pellets, com um outro transportador de parafuso. Assim o mecanismo usado por este sistema para transportar as pellets para a caldeira é idêntico, em termos técnicos, ao sistema 1.

Se a divisão de armazenamento de pellets for construída com uma estrutura sólida, esta deverá estar equipada com uma estrutura de apoio, que converta esta divisão num armazém de pellets. Devem ser instalados pavimentos inclinados em estruturas de suporte, de acordo com a secção que se mostra abaixo.

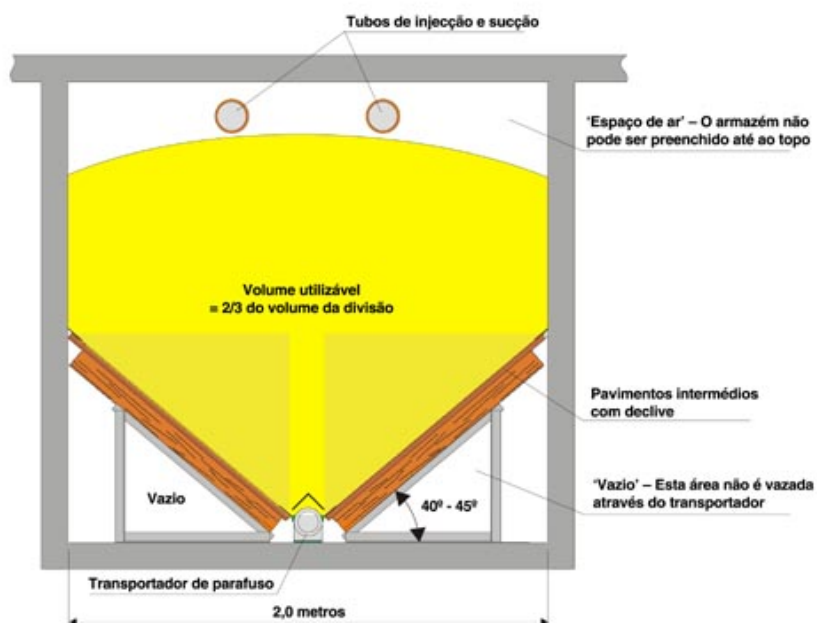


Figura 5.61 – Secção de depósito de pellets com transportador de parafuso

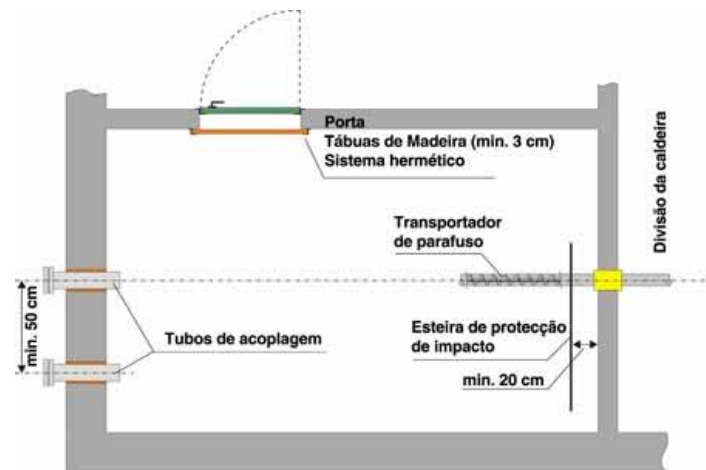


Figura 5.62 - Planta da sala de armazenamento de pellets

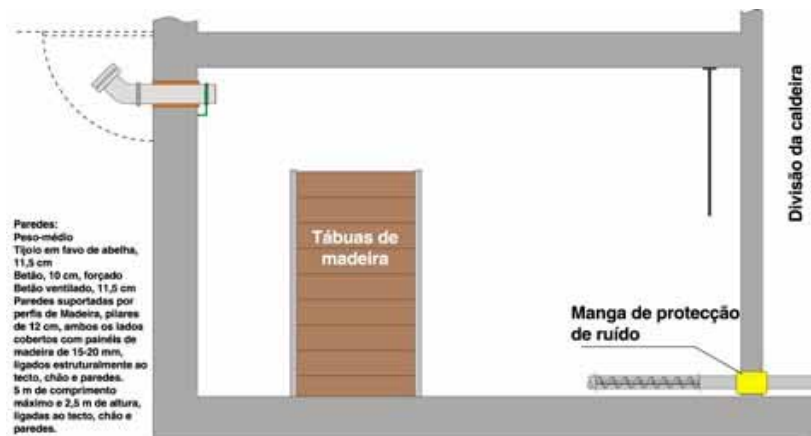


Figura 5.63 - Secção longitudinal de uma sala de armazenamento de pellets

Requisitos estruturais para o armazenamento de pellets:

As paredes circundantes devem ser capazes de suportar as cargas impostas pelas pellets (densidade volumétrica 650 kg/m³). As seguintes espessuras podem ser utilizadas:

- Tijolo favo de mel com peso médio, 11,5cm estucado em ambos os lados;
- Betão, 10cm reforçado;
- Betão ventilado, 11,5cm estucado em ambos os lados;
- Tijolo, 12cm estucado em ambos os lados;
- Paredes de madeira com estrutura de suporte incluindo pilares de 12 cm, ambos os lados revestidos com painéis de madeira de 15-20 mm, ligados estruturalmente aos tectos, pavimento e paredes.

Estes requisitos aplicam-se a paredes com comprimento máximo de 5 metros e uma altura de 2,5 metros, que estão ligadas ao tecto em todos os lados, pavimento e paredes.

Detalhe: Portas

Geralmente não há requisitos de protecção contra fogo para as portas ou aberturas dos armazéns de pellets para quantidades armazenadas até 15.000 kg. As portas ou aberturas devem abrir para fora e ter uma selagem contínua (à prova de pó).

O interior de portas e aberturas para os armazéns de pellets deve estar protegido com tábuas de madeira, para evitar que as pellets pressionem as portas ou aberturas. A maçaneta das portas deve

ser retirada do interior. A fechadura da porta deve ser vedada no interior, de modo que seja à prova de pó. Isto pode ser feito com fita isoladora forte.

Detalhe: Tapete de protecção de impacto

O tapete de protecção de impacto (por exemplo com 1.250x1.500 mm) é desenhado para proteger a destruição das pelletes, quando colidem com as paredes circundantes. Protege também as próprias paredes de serem danificadas. O tapete de protecção de impacto consiste num material de borracha resistente à abrasão e ao envelhecimento, com braços de suporte para o prender ao tecto. É pendurado do lado oposto aos tubos de enchimento com um espaço de 20 cm entre este e a parede.

Sistema de enchimento:

Para encher o armazém de pelletes, são necessários dois “tubos de enchimento” com acopladores, onde é ligado um ventilador de aspiração a um dos tubos de enchimento, quando é descarregado o combustível.

Para instalar os tubos de enchimento, é necessário criar aberturas nas paredes com diâmetros de 125-1500mm. Os tubos de PE ou PVC construídos na parede mostraram ser seguros. Os tubos e acopladores de enchimento devem ser fixados firmemente, de modo que os tubos de enchimento não se enrolem quando o fornecedor de pelletes liga a mangueira ao acoplador. Ao montar o sistema de aquecimento, é injectada espuma PU à prova de água nos espaços entre os tubos de enchimento e as aberturas preparadas das paredes.

Os tubos de enchimento devem ser ligados à terra (uma ligação de arame de 1,5 mm² ao terminal de ligação equipotencial). A ligação à terra é necessária para evitar a ocorrência de cargas electrostáticas durante o processo de enchimento.

Os tubos direitos e curvos devem ser revirados em ambas as extremidades para permitir que sejam ligados juntos com anéis de expansão, de modo a ficarem firmes e estanques ao pó.

Não se devem usar:

- Tubos feitos de plástico (perigo de cargas electrostáticas);
- Tubos cuja estrutura possa destruir as pelletes durante o processo de enchimento (por exemplo, tubos em espiral, usados nos sistemas de ventilação).

Pavimentos inclinados:

A sala de armazenamento deve ter pavimentos inclinados, para permitir que seja completamente esvaziada pelo sistema de extracção usado. Os pavimentos inclinados devem ser instalados com base nas seguintes instruções:

- Devem estar com um ângulo de 40 – 45° para que as pelletes possam deslizar;
- Devem ser instalados preferencialmente com painéis de madeira com uma superfície o mais lisa possível;
- Devem ser capazes de resistir a cargas impostas pelas pelletes (densidade volumétrica 650 kg/m³);
- Devem prolongar-se até às paredes circundantes, para evitar que as pelletes escoem para os espaços vazios por baixo (donde normalmente não é possível recuperá-las);
- Não devem reduzir as aberturas laterais entre a conduta do transportador e a cobertura.

Instalações eléctricas no armazém de pelletes:

As instalações eléctricas não podem estar situadas no armazém de pelletes incluindo interruptores, luzes, etc. (são excepção os esquemas protegidos contra explosão).

Sistema 5: Depósito subterrâneo exterior

O sistema 5 com depósitos subterrâneo é usado quando os proprietários não têm espaço suficiente para um armazém de pelletes.



Figura 5.64 - Depósito subterrâneo exterior

Esquema: www.wagner-solartechnik.de

Assim, um tanque de armazenamento feito de betão ou plástico é enterrado a uma distância de cerca de um metro da parede da casa.

Tal como todos os sistemas de armazenamento de pellets, a caldeira deve ser desligada antes do enchimento. De outro modo, o gás da conduta e o calor de combustão podem ser aspirados para o depósito.

Para encher o tanque subterrâneo, as mangueiras de fornecimento e exaustão são ligadas aos dois tubos existentes. O resto do processo de enchimento é idêntico aos outros armazéns de pellets.

Os tanques de armazenamento de pellets feitos de betão são enterrados permanentemente em solo húmido. Portanto, apenas podem ser usados os contentores feitos de betão resistente à água. Os produtos de betão normal, tais como os tanques convencionais ou cisternas, não preenchem muitas vezes este requisito. Portanto, apenas se devem usar tanques de armazenamento que tenham sido projectados como armazéns de pellets. De outro modo, se as pellets ficarem muito húmidas, podem danificar o sistema de transporte, a caldeira de pellets, as condutas e a chaminé.

Sistema 6: Caldeira e tremonha combinadas

O sistema 6 com uma caldeira combinada e tremonha é usado quando os edifícios têm necessidades de calor baixas. Isto pode ser o caso, por exemplo, de casas passivas ou de baixa energia, que usam menos do que 30 kW por ano, por m² de espaço habitável.

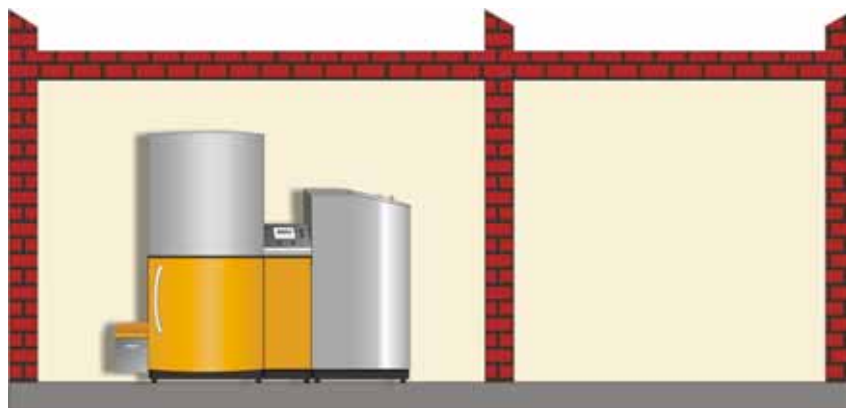


Figura 5.65 - Caldeira e tremonha combinadas

Esquema: www.wagner-solartechnik.de

A tremonha de armazenamento contígua à caldeira de pellets é preenchida com sacos de pellets de madeira. A construção técnica da tremonha de armazenamento é similar à de um depósito de pellets, com transportador de parafuso e sistema de redução de pressão.

Porque está combinada com uma tremonha de armazenamento, a caldeira de pellets tem dimensões externas mais largas, o que deve ser tomado em consideração ao serem projectados os espaços interiores.

5.5.3 Possibilidades de armazenamento para estilhas de madeira

As estilhas de madeira são muito menos homogêneas do que as pellets de madeira. Por esta razão, são geralmente movidas com um carregador frontal, tractores com pás frontais ou outras máquinas escavadoras. Neste caso os requisitos estruturais são bastante diferentes dos requisitos para um depósito de armazenamento de pellets de madeira.

Variedades de depósitos:

1. Depósitos de estilhas de madeira com acesso veicular directo;
2. Depósitos de estilhas de madeira convencionais sem acesso veicular;
3. Depósito de estilhas de madeira com secagem preliminar;
4. Depósitos de estilhas de madeira com transportadores de parafuso de alimentação;
5. Depósitos de estilhas de madeira subterrâneos exteriores;
6. Depósitos de estilhas de madeira ao nível do solo e no exterior.

Como todas as variantes de depósitos podem funcionar para estilhas de madeira com processos de transportador já descritos, dispensa-se uma explicação detalhada do mecanismo de transporte.

1. Depósitos de estilhas de madeira com acesso veicular directo

Os depósitos de estilhas de madeira com acesso veicular directo são espaços nos edifícios que abrem para o exterior. Assim, as estilhas de madeira podem ser trazidas com um transportador frontal. Para evitar que as estilhas de madeira escorreguem do depósito, a superfície de armazenamento é fechada com betão ou vigas horizontais de aço.



Figura 5.66 - Depósitos de estilhas de madeira com acesso veicular directo

Esquema: www.hargassner.at

2. Depósitos de estilhas de madeira convencionais sem acesso veicular

Os depósitos de estilhas de madeira convencionais sem acesso veicular estão situados dentro do edifício. Estão separados do resto do espaço através de uma divisão. As estilhas de madeira podem ser trazidas para este depósito por um transportador de correia ou um equipamento similar. As estilhas de madeira são removidas horizontalmente e caem através de um tubo inclinado para outro transportador. Este transporta então as estilhas de madeira para a caldeira para combustão.



Figura 5.67 - Depósitos de estilhas de madeira convencionais sem acesso veicular

Esquema: www.hargassner.at

3. Depósito de estilhas de madeira com secagem preliminar

Com um depósito de estilhas de madeira com secagem preliminar, as estilhas de madeira frescas são armazenadas no tecto quente da sala da caldeira, de modo a que possam ser completamente secas. Uma vez completo este processo, as estilhas de madeira são empurradas manualmente ou por uma máquina sobre uma balaustrada donde caem para o espaço do depósito. Daqui um transportador transfere-as para a caldeira.



Figura 5.68 - Depósito de estilhas de madeira com secagem preliminar

Esquema: www.hargassner.at

4. Depósitos de estilhas de madeira com transportadores de parafuso de alimentação

Em alguns casos as divisões da caldeira e depósitos estão localizados por baixo dos edifícios tornando impossível que os veículos descarreguem as estilhas de madeira para lá. Assim, transportadores de parafuso podem ser usados para transferir as estilhas de madeira de um depósito de armazenamento para o depósito principal. Estes transportadores são instalados e têm diâmetros de pelo menos 30 cm.



Figura 5.69 - Depósitos de estilha de madeira com transportadores de parafuso de alimentação

Esquema: www.hargassner.at

5. Depósitos de estilha de madeira subterrâneos exteriores

Uma outra variante possível, quando os edifícios têm pouco espaço para depósitos de estilha de madeira, é construir depósitos de armazenamento subterrâneos no exterior. São construídos ao longo da divisão da caldeira na cave e podem ser directamente carregados lançando as estilha de madeira de um camiã ou atrelado. Esta espécie de depósitos pode ser também facilmente preenchida manualmente ou com correias transportadoras e carregadores frontais.

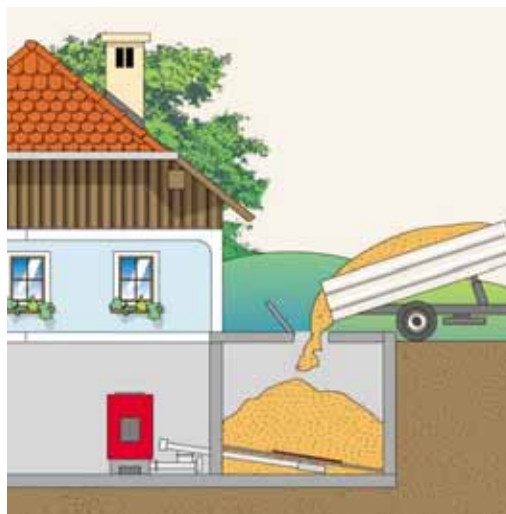


Figura 5.70 - Depósitos de estilha de madeira subterrâneos exteriores

Esquema: www.hargassner.at

6. Depósitos de estilha de madeira ao nível do solo e no exterior.

Se a caldeira de estilha de madeira estiver instalada ao nível do solo, é possível construir um armazém externo ao nível do solo. Este pode ser carregado através de um alçapão de alimentação com um carregador frontal ou uma correia transportadora.

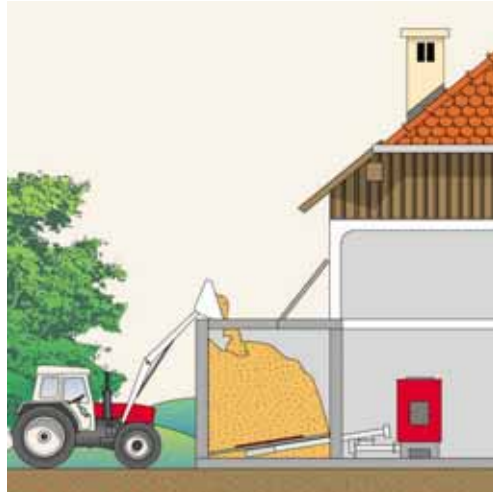


Figura 5.71 - Depósitos de estilha de madeira ao nível do solo e no exterior

Esquema: www.hargassner.at

É necessária uma experiência considerável ao manejar e transportar as estilha de madeira, como resultado das suas características de fluxo. Portanto, os depósitos de estilha de madeira devem ser sempre projectados com o envolvimento de designers especialistas e técnicos de transporte especialistas nesta área.

Os projectos feitos de acordo com critérios puramente arquitectónicos conduzirão geralmente a problemas de longo prazo. Os técnicos especialistas devem ser envolvidos no processo de projecto numa fase inicial para planificar a incorporação do depósito e os seus aparelhos de alimentação de uma forma harmónica dentro do edifício.

6 CALDEIRAS

O aquecimento, com recurso à utilização de madeira, em grandes edifícios de instituições públicas ou empresas privadas representa um grande passo para a sustentabilidade.

A energia de aquecimento representa um terço das necessidades de energia das sociedades modernas. Se estas necessidades de energia puderem ser cobertas usando recursos locais, isto resulta em impactos económicos interessantes na região:

- O uso de recursos naturais locais cria independência e reforça a rede local;
- O fornecimento de combustível da região gera rendimento económico;
- Os grandes projectos têm um papel de “farol”, ou seja, potenciam o aparecimento de outros projectos.

Os sistemas de aquecimento de alimentação automática são hoje em dia usados como forma de utilização da biomassa, para fornecer energia a grandes edifícios e propriedades. As estilhas de madeira e serradura são armazenadas e queimadas nestes sistemas, sendo o calor resultante dirigido para os consumidores ligados ao sistema.

6.1 Implementação de um projecto de aproveitamento energético da madeira

Os projectos de aproveitamento energético da madeira que envolvem uma grande central térmica incluem necessariamente um grande número de elementos económicos, legais e técnicos.

Estes estão resumidos no quadro abaixo:

Tabela 6.1 – Aspectos técnicos, económicos e legais a ter em conta para um projecto de energia a madeira

| Técnico | Económico | Legal |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Condições de projecto básicas | Necessidades de capital | Estrutura organizacional |
| Volumes de biomassa | Viabilidade económica | Aprovação |
| Conceito de abastecimento de biomassa | Opções financeiras | Aceitação pela vizinhança |
| Projecto do sistema | | Planeamento do projecto |

Devido à maior complexidade no que respeita à logística, funcionamento e manutenção, comparada com os projectos de aproveitamento energético de combustíveis fósseis, tais como óleo e gás, a estrutura organizacional nos projectos de aproveitamento energético da madeira é da maior importância. Os requisitos para a organização do projecto aumentam, com o aumento da complexidade do tipo de sistema a ser instalado e com o aumento do número de parceiros no projecto, fornecedores e pessoal operacional envolvido.

Os pontos mais importantes para a organização e implementação de um projecto deste tipo são considerados nas seguintes secções.

Implementação de projectos de aproveitamento energéticos da madeira – sete passos para um projecto com sucesso

1. Seleccionar a localização correcta

É importante que um primeiro projecto numa região tenha 100% de sucesso. Isto diz respeito à eficiência económica, sustentabilidade ambiental, benefícios para a região e impacte visual.

Para este fim, todos os edifícios existentes devem ser analisados e seleccionada uma combinação dos melhores edifícios, para planificação subsequente.

Edifícios com condições vantajosas para a instalação de um projecto deste tipo são:

- Edifícios planeados que vão ser construídos num futuro próximo;
- Edifícios que necessitam de reconstrução com sistema de aquecimento planeado;
- Um sistema de aquecimento antigo que vai ser substituído.

Os edifícios adequados devem ter espaço disponível na cave ou fora do edifício para o armazenamento de combustível e acesso aos veículos de distribuição.

2. Verificar a disponibilidade de combustível

Devem ser inventariados os combustíveis que estão disponíveis localmente, visto que as caldeiras de madeira não podem funcionar com qualquer tipo de combustíveis. Em particular, devem verificar-se os tipos de resíduos das indústrias transformadoras de madeira, estilhas de madeiras ou pellets, disponíveis nos fabricantes locais.

3. Procurar aconselhamento profissional

Os grandes sistemas de aquecimento a madeira devem ser implementados por projectistas com experiência e técnicos credenciados. Uma análise de um sistema de referência, sobre o qual o novo sistema será baseado, deve fazer parte do programa preparatório.

4. Informar e envolver as autoridades

Deve ser fornecida às autoridades locais, representantes políticos e população, informação clara sobre o projecto desde o seu início. É também importante mostrar abertamente que as pessoas têm o direito a uma opinião no processo de decisão/execução, de modo a que um sentimento geral positivo acompanhe o projecto. Também, onde for possível, devem ser integrados no projecto os trabalhadores locais e os seus representantes.

5. Seleccionar uma caldeira de elevada qualidade

Deve ser seleccionado um produto de qualidade, que pode ser identificado pelos seguintes critérios:

- Eficiência > 85%;
- Baixas emissões: CO < 200 mg/m³, partículas < 150 mg/m³ para a carga total e a 50% da utilização;
- Limpeza automática do permutador de calor e remoção automática de cinzas;
- Capacidade potencial de monitorização remota pelo fabricante, para os vários parâmetros da caldeira;
- Elevada fiabilidade, demonstrada em projectos de referência.

6. Assegurar a existência de suporte para o sistema em funcionamento

Um sistema de aquecimento de madeira requer uma monitorização completa permanentemente. Existem duas opções disponíveis para isto:

- Um técnico qualificado das autoridades locais é responsável pelo sistema de aquecimento, nomeadamente da compra do combustível, verificação da qualidade do combustível fornecido, funcionamento do sistema de monitorização e documentação, bem como da limpeza da caldeira e distribuição das cinzas;
- Uma empresa de energia assume completa responsabilidade pela operação e manutenção do sistema.

7. Publicitar o projecto

Um projecto de aproveitamento energético da madeira com sucesso é algo que deve ser enfatizado, no sentido de promover a região onde se insere.



Figura 6.1 – Central térmica a madeira
Fotografia: Polytechnik GmbH / www.polytechnik.at

6.2 Condições básicas para projectos de aproveitamento energético da madeira

6.2.1 Lista de verificação para projectos a nível local e público

Lista de Verificação:

Condições genéricas:

1. Não existe gás natural ou rede de aquecimento local no município?
Sim = 1 Não = 0
 2. Regionalmente, a atitude política perante o projecto é positiva?
Sim = 1 Não = 0
 3. Os silvicultores locais estão interessados no fornecimento de matéria prima?
Sim = 1 Não = 0
 4. As empresas locais estão interessadas no fornecimento de matéria prima?
Sim = 1 Não = 0
- Total parcial para condições genéricas =

Existência e disponibilidade de combustível em quantidades suficientes:

1. Há reservas de madeira das actividades florestais locais?
Sim = 1 Não = 0
2. Parte dessas reservas é usada para a produção de material transformado?
Sim = 1 Não = 0
3. Os silvicultores locais estão interessados em produzir madeira transformada?
Sim = 1 Não = 0
4. O material transformado pode ser obtido de cooperativas vizinhas?
Sim = 1 Não = 0
5. Existem disponíveis resíduos secos do processamento da madeira?
Sim = 1 Não = 0
6. O armazenamento de material transformado é possível nos edifícios existentes na comunidade local?
Sim = 1 Não = 0
7. Estão disponíveis pellets?
Sim = 1 Não = 0

Total para combustível suficiente =

Existência de edifícios com condições de consumo de calor a partir de madeira:

1. Existem edifícios que têm sistemas de aquecimento com mais de 15 anos?
Sim = 1 Não = 0
2. Existem edifícios que precisam de ser renovados num futuro próximo?
Sim = 1 Não = 0
3. Existem edifícios com necessidades de calor elevadas?
Sim = 1 Não = 0
4. Existem edifícios que podem ser abastecidos pelas redes locais de aquecimento?
Sim = 1 Não = 0
5. Existem edifícios com espaço suficiente para caldeira e armazenamento de combustível?
Sim = 1 Não = 0

Total para edifícios adequados para combustíveis de madeira =

Outras circunstâncias favoráveis:

1. Existem actividades em curso, tal como Agenda 21?
Sim = 1 Não = 0
2. Iniciativas existentes para produtos regionais?
Sim = 1 Não = 0
3. Existe apoio financeiro para aquecimento com madeira?
Sim = 1 Não = 0
4. Existem experiências positivas com combustíveis de madeira, em comunidades vizinhas?
Sim = 1 Não = 0
5. Existe um nível de interesse elevado no aquecimento com madeira, em habitações privadas?
Sim = 1 Não = 0
6. Existem fabricantes locais e comerciantes interessados nos sistemas de aquecimento com madeira?
Sim = 1 Não = 0
7. A comunidade tem recursos financeiros suficientes para efectuar um investimento?
Sim = 1 Não = 0
8. Existem empresas contratantes de confiança?
Sim = 1 Não = 0
9. Existe pessoal interessado e capaz para fornecer apoio técnico ao sistema?
Sim = 1 Não = 0

Total para outras circunstâncias favoráveis =

Avaliação:

Menos de 10 pontos:

Existe ainda um longo caminho a percorrer na comunidade. Contudo, a implementação de um pequeno projecto poderá fazer a diferença.

11 a 20 pontos:

A altura é propícia para instalar um primeiro sistema de caldeira alimentada a madeira – começar pelo melhoramento das condições básicas para usufruir da realização do projecto com sucesso.

Mais do que 20 pontos:

Estão estabelecidas as condições ideais para um sistema de aquecimento com madeira. Deverá ser instalado, idealmente, para 100% de calor renovável em edifícios públicos.

Nota adicional:

A diferença de resultados nas categorias mostra onde devem ser feitos melhoramentos.

6.2.2 Lista de verificação para projectos privados

Lista de Verificação:

1. A empresa está preparada?
 - A gestão empresarial apoia projectos inovadores?

- A empresa tem clientes que preferem a qualidade e o progresso técnico?
2. Existe disponível algum projecto adequado?
 - O planeamento está prestes a começar ou acabou de começar, de modo a ser fácil a sua adaptação?
 - O projecto insere-se numa região em que não há rede de abastecimento de calor?
 - O projecto insere-se numa comunidade que tem uma política de protecção ambiental activa?
 - Numa das propriedades da empresa, é necessário substituir o sistema de aquecimento e há espaço suficiente para armazenamento?
 3. Serão oferecidos serviços de energia?
 - Inventariar fornecedores de serviços locais e respectivos serviços oferecidos.
 - Verificar os fornecedores de serviços de energia regionais.
 4. Está definido o abastecimento de combustível?
 - Saber quem são os fornecedores de combustíveis de madeira.
 - Verificar as estruturas de fornecimento existentes.
 - Estarão os proprietários de áreas florestais na região interessados no fornecimento?

Factores de sucesso:

1. Boa caldeira
 - Baixas emissões: CO < 200 mg/m³, partículas < 150 mg/m³ para a carga total e a 50% da utilização;
 - Limpeza automática do permutador de calor e remoção automática de cinzas;
 - Capacidade potencial de monitorização remota pelo fabricante para parâmetros da caldeira;
 - Elevada fiabilidade demonstrada em projectos de referência.



Figura 6.2 - Caldeira rotativa com remoção de cinzas
Fotografia: Koeb&Schaefer KG / www.koeb-schaefer.com

2. Bom planeamento
 - Área de armazenamento de combustível ≥ 30 m³;
 - Acesso viário adequado para entregas de madeira em grandes quantidades;
 - Sala da caldeira com aproximadamente 20 m³ e 2,5 m de altura;
 - Área de acesso à caldeira, em toda a sua superfície, com 120 cm;
 - Conformidade com os requisitos de protecção de incêndio.



Figura 6.3 - Instalação de aquecimento central a madeira com caldeira dupla
 Fotografia: Koeb&Schaefer KG / www.koeb-schaefer.com

3. Informar residentes e vizinhos

- Fornecer informação aos residentes sobre a função e vantagem do sistema de aquecimento com madeira;
- Informar os vizinhos sobre o sistema de aquecimento planeado, caldeira seleccionada e suas características de emissões, com visita a uma instalação modelo;
- Informação preliminar à comunidade local e autoridades.

4. Preparação da fase operacional

- Definir quem supervisionará a caldeira e a deposição de cinzas (encarregado, técnico, residentes);
- Formação do pessoal responsável, pelo fabricante da caldeira;
- Definir o destino final das cinzas;
- Planear a entrega de combustível a intervalos que causem a menor perturbação possível aos residentes.

6.3 Planeamento

6.3.1 Avaliação dos dados iniciais do projecto

Os sistemas de aquecimento existentes têm outputs que variam de 100 kW a 5 MW. Estas classes de actuação requerem grandes quantidades de combustível, o que significa que o armazenamento de reservas e a alimentação automática das caldeiras são factores essenciais. É também possível usar madeira como combustível, em sistemas com outputs superiores a 5 MW. Contudo, estes sistemas são principalmente operados como centrais de cogeração. Em termos de tecnologia de processo, estes sistemas são geralmente comparados a centrais convencionais de condensação de energia.



Figura 6.4 – Central de aquecimento com madeira
Foto: Ingenieurbuero Gammel / www.gammel.de

As áreas de aplicação para estas grandes centrais de aquecimento são geralmente edifícios municipais ou edifícios de habitação, bem como novas áreas residenciais com pequenas ou médias redes de calor locais. Os sistemas de aquecimento alimentados a madeira podem ser projectados para serem completamente automatizados. Além disso são construídos para terem baixas necessidades de manutenção.

Output da caldeira

As caldeiras para madeira estão dimensionadas para uma certa carga base, o que significa que a caldeira está bem dimensionada se atingir pelo menos 2.000 horas de carga completa por ano. Isto assegura que 70% da energia necessária para um edifício é fornecida pela caldeira. A parte restante da energia tem de ser fornecida por uma segunda caldeira mais pequena ou outra fonte de energia.



Figura 6.5 – Secção em corte de caldeira rotativa
Gráfico: Koeb&Schaefer KG / www.koeb-schaefer.com

Armazenamento

Os armazéns para centrais de aquecimento com madeira necessitam muitas vezes de armazenar volumes consideráveis de madeira, de acordo com o output da caldeira. Na maior parte dos casos a madeira é armazenada em silos ou depósitos.



Figura 6.6 – Caldeira de grandes dimensões com depósito para combustível

Gráfico: Schmid AG / www.holzfeuerung.ch

O combustível é transportado para a caldeira através de um transportador em parafuso, sistema hidráulico de arrastamento ou sistema de arrastamento rotativo.



Figura 6.7 – Depósito de combustível com sistema hidráulico de arrastamento

Fotografia: Polytechnik GmbH / www.polytechnik.at

A madeira usada no processo de combustão deve ter uma secagem prévia, antes de entrar no depósito de combustível. Só se conseguem manter os intervalos de manutenção pré-determinados se for assegurado o uso de madeira seca, com um teor de água máximo de 35%.

6.3.2 Aplicações em edifícios municipais e edifícios habitacionais

Um volume de armazenamento de 14 dias de funcionamento em carga completa deve ser o objectivo a atingir, no caso dos sistemas de aquecimento de madeira, para edifícios residenciais ou municipais. Isto é calculado usando a seguinte fórmula:

$$V_{\text{armazenamento}} = \frac{\text{Output térmico nominal} \times 14 \text{ dias carga completa} \times 24 \text{ horas}}{\text{poder calorífico} \times \text{densidade volumétrica} \times \text{eficiência}}$$

Onde output térmico nominal da caldeira = 1 MW, 14 dias de carga completa para 24 horas/dia, poder calorífico médio de 4 kWh, densidade volumétrica de 250 kg/metro cúbico livre e eficiência do sistema de 85 %.

Daqui resulta:

$$V_{\text{armazenamento}} = \frac{1000 \times 14 \times 24}{4 \times 250 \times 0,85} = 395 \text{ m}^3$$

Seria portanto necessário manter uma reserva de aproximadamente 400 m³ de volume de armazenamento.

6.3.3 Aplicações para redes de aquecimento locais de pequenas e médias dimensões

As redes de aquecimento locais de tamanho pequeno e médio também podem ser alimentadas por centrais de aquecimento de madeira. Neste caso, o calor produzido no sistema da caldeira é armazenado na água que é bombada para os consumidores, por meio de um sistema de tubagem de cobre, aço ou plástico, com isolamento térmico. Em cada nó (ponto de ligação) nestas redes há um permutador de calor que transfere o calor do circuito de água de aquecimento, para o circuito de água de aquecimento interno do edifício.

Para os utilizadores deste tipo de instalação, a ligação a uma rede de aquecimento local alimentada a energia de madeira significa que podem beneficiar da oportunidade de um sistema de aquecimento completamente automático, sem perder as vantagens ambientais das energias renováveis. Além disso, o proprietário de qualquer habitação aquecida desta maneira pode libertar espaço para outros propósitos, que de outro modo estaria ocupado com aquecedores ou outras formas de aquecimento e armazenamento de combustível.

Nas redes de aquecimento locais o calor fornecido a cada consumidor individual é registado usando contadores de calor. São contadores de água que têm sensores de temperatura na alimentação e retorno. Estes aparelhos calculam a quantidade de calor fornecido por ano, a partir do volume de água que passa através do contador e a diferença de temperatura entre o fluxo de alimentação e de retorno.

O método seguinte pode ser usado para estimar o consumo anual deste tipo de central de aquecimento:

$$\text{Consumo anual} = \frac{\text{Output térmico nominal} \times \text{horas anuais carga completa}}{\text{poder calorífico} \times \text{densidade volumétrica} \times \text{eficiência}}$$

Onde output térmico nominal da caldeira = 1 MW, 1500 horas por ano com carga completa, poder calorífico médio de 4 kWh, densidade volumétrica de 250 kg/metro cúbico livre e eficiência do sistema de 85 %.

Daqui resulta:

$$\text{Consumo anual} = \frac{1000 \times 1500}{4 \times 250 \times 0,85} = 1765 \text{ m}^3 \Rightarrow 1765 \text{ m}^3 \times 0,25 \text{ t / m}^3 = 440 \text{ ton estilhas / ano}$$

O seguinte método pode ser usado para o dimensionamento de armazéns de combustível para este tipo de central de aquecimento:

$$V_{\text{armazenamento}} = \frac{\text{Output térmico nominal} \times 14 \text{ dias carga completa} \times 12 \text{ horas}}{\text{poder calorífico} \times \text{densidade volumétrica} \times \text{eficiência}}$$

Onde output térmico nominal da caldeira = 1 MW, 14 dias de carga completa para 12 horas/dia, poder calorífico médio de 4 kWh, densidade volumétrica de 250 kg/metro cúbico livre e eficiência do sistema de 85 %.

Daqui resulta:

$$V_{\text{armazenamento}} = \frac{1000 \times 14 \times 12}{4 \times 250 \times 0,85} = 197 \text{ m}^3$$

Seria portanto necessário manter uma reserva de aproximadamente 200 m³ de volume de armazenamento.

Em termos de logística, os grandes camiões são geralmente adequados para abastecimento de ambos os tipos de centrais de aquecimento. Podem conter 80 m³ no próprio veículo e 40 m³ num atrelado. Os impactos desta logística tornam-se claros, especialmente para grandes sistemas com 6-8 MW, visto que têm um consumo diário de estilhas de madeira de três cargas de camião mais atrelado. O volume de tráfego resultante, poluição sonora e emissões prejudiciais provocam impactes ambientais na área circundante.



Figura 6.8 – Armazém de combustível
Fotografia: Polytechnik GmbH / www.polytechnik.at

6.3.4 Tipos de sistemas de combustão

Existem variadas soluções técnicas no mercado, para grandes sistemas de aquecimento alimentados a madeira. Estes têm muitas vezes vantagens ou desvantagens no que diz respeito ao manuseamento, intensidade de manutenção e requisitos de qualidade de combustível (tipo de madeira, teor de água e pureza do material).

Devido a estes factores devem ser sempre implementados projectos de aquecimento a madeira planeados por especialistas que analisarão as condições básicas para um sistema de aquecimento, incluindo a situação de fornecimento de combustível. Para além disto, para seleccionar o equipamento é importante visitar sistemas de referência e avaliar as experiências anteriores.

O quadro seguinte apresenta os sistemas de aquecimento alimentados automaticamente existentes:

Tabela 6.2 – Sistemas de aquecimento com alimentação automática

| Tipo de combustão | Alimentação | Combustível | Energia |
|--|-------------|----------------------------|-------------------|
| Caldeira de câmara dupla | Mecânica | Estilhas de Madeira, casca | 35 kW – 3 MW |
| Caldeira com alimentação inferior | Mecânica | Estilhas de madeira | 20 kW – 2 MW |
| Caldeira com tapete transportador | Mecânica | Estilhas de madeira | 200 kW e superior |
| Caldeira com depurador multi-ciclónico | Pneumática | Estilhas de madeira | 200 kW e superior |
| Caldeira de leito fluidizado | Mecânica | Estilhas de madeira | 10 kW e superior |

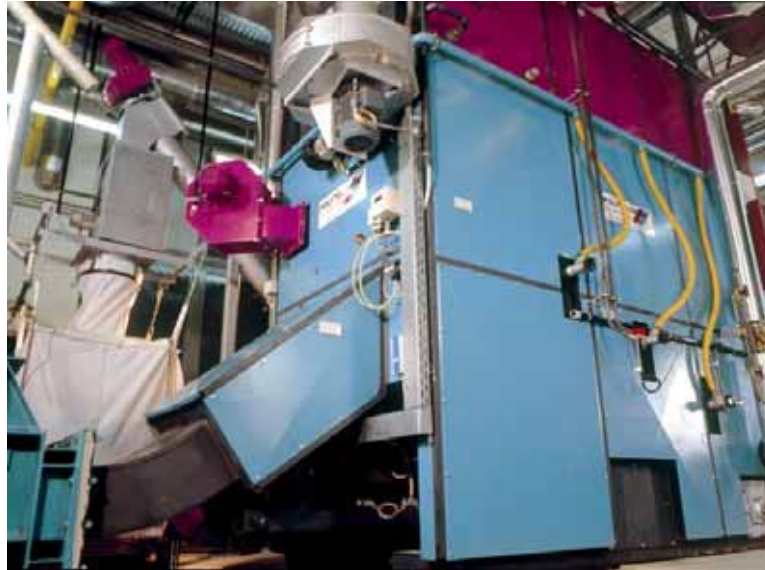


Figura 6.9 – Caldeira com sistema de alimentação automática
Foto: Polytechnik GmbH / www.polytechnik.at

6.4 Avaliação da eficiência económica

Os custos elevados de investimento são inerentes ao desenvolvimento de projectos de aproveitamento energético com madeira, para classes elevadas de output. Estes custos são o factor decisivo na avaliação da eficiência económica de um projecto. Qualquer método para avaliação da eficiência económica deve passar sempre pelos seguintes passos:

Tabela 6.3 - Etapas para definir custos de produção de energia

| Etapa de cálculo | Parâmetros a determinar |
|--|---|
| Determinar as condições base do projecto | Localização, dados de consumo energético, necessidades de aquecimento, e eventualmente também a energia eléctrica que pode ser necessária |
| Determinar as quantidades de combustível disponíveis | Potencial de biomassa regional, distância média para as fontes de biomassa, alterações sazonais, tipo de combustível e propriedades do material |
| Concepção da cadeia logística | Método de distribuição de combustíveis, tipo e duração do armazenamento, passos posteriores de processamento no local |
| Esboço esquemático do sistema | Número, tipo e saída dos geradores de calor, tipo de combustão da caldeira, método de tratamento dos gases de escape, dados do projecto para o sistema como um todo, informação sobre máquinas. |
| Concepção da engenharia no local | Necessidades de espaço, edifícios, localização das tubagens, estruturas de transferência. |

Os custos do projecto incluem os seguintes blocos:

1. Custos de investimento

- Investimento no sistema tecnológico;
- Custos auxiliares do planeamento;
- Custos para aprovação e inspecção;
- Impostos;
- Juros;
- Fundo de reserva.

2. Custos de operação

- Custos de combustível;
- Custos de pessoal;
- Manutenção;
- Reparações;

- Seguro;
- Deposição das cinzas;
- Equipamento.

3. Rendimentos

- Energia proveniente do calor;
- Energia proveniente da electricidade (apenas em sistemas de cogeração);
- Apoio financeiro;
- Redução da taxa de juro.

Tabela 6.4 - Custos típicos de investimento para vários projectos de aproveitamento energético com madeira

| | Máquinas | Construção | Electricidade | Outros | Custos totais |
|--|----------|------------|---------------|--------|---------------|
| Caldeira de 500KW | 70 % | 15 % | 3 % | 12 % | € 150.000 |
| Caldeira de 1 MW e com edifício | 55 % | 30 % | 5 % | 10 % | € 300.000 |
| Central de aquecimento 5MW | 55 % | 25 % | 10 % | 10 % | € 1.200.000 |
| Sistema de caldeira a vapor de 10MW com edifício | 50 % | 35 % | 5 % | 10 % | € 6.000.000 |
| Central de aquecimento 14MW | 50 % | 30 % | 10 % | 10 % | € 9.000.000 |



Figura 6.10 – Central de aquecimento com caldeira rotativa
Gráfico: Koeb&Schaefer KG / www.koeb-schaefer.com

Tabela 6.5 - Custos de investimento nas redes de aquecimento locais para novas habitações

| | Rede de aquecimento local |
|----------|---------------------------|
| 200 kW | 200 €/m |
| 500 kW | 225 €/m |
| 1.000 kW | 275 €/m |
| 2.000 kW | 300 €/m |
| 4.000 kW | 350 €/m |

6.5 Fornecimento de combustível

No contexto da organização de projectos de aproveitamento energético de madeira para potências elevadas, o fornecimento de combustível tem um papel importante. Neste caso é essencial a disponibilidade regional de combustíveis e que a disponibilidade de potenciais combustíveis seja determinada, como parte das investigações preliminares, durante o estudo de viabilidade. As questões logísticas, as distâncias e a disponibilidade sazonal dos combustíveis deve também ser determinada.



Figura 6.11 – Manipulação de combustível e carregamento

Fotografia: Polytechnik GmbH / www.polytechnik.at

Os seguintes aspectos são críticos quando se esboça a concepção da logística para o combustível:

- Itinerários de transporte;
- Disponibilidade sazonal dos combustíveis durante o período de aquecimento;
- Propriedades físicas (teor de água, poder calorífico, densidade volumétrica);
- Formas de distribuição dos combustíveis;
- Preparação dos combustíveis.

Para maximizar a criação de valor a nível local, deve colocar-se a prioridade numa configuração regional de contratos de aquisição de combustível. Os seguintes grupos de fornecedores devem ser abordados:

- Proprietários florestais e associações de produtores florestais;
- Serrações e empresas de processamento de madeira;
- Madeireiros;
- Operadores florestais e horticultores;
- Empresas de reciclagem;
- Gabinetes municipais, Direcção de parques naturais.

6.6 Estrutura organizacional

O tipo de instalação de aproveitamento energético a ser construída tem uma influência importante na estrutura do projecto. A complexidade organizacional do projecto é também uma questão decisiva. Um sistema de combustão de madeira para um só edifício municipal necessita de uma estrutura muito simples. Isto torna-se ainda mais simples se forem usadas estilhas de madeira de um fornecedor regional. Em contraste, um sistema para fornecer calor a nível local, para uma área em desenvolvimento, será caracterizado por um largo número de partes envolvidas no projecto (fornecedores de combustível, consumidores, empresas fornecedoras) e portanto por uma estrutura de projecto complexa.

É necessário envolver diferentes actores ao organizar um projecto de aproveitamento energético com madeira, de acordo com a complexidade do mesmo:

- O proprietário ou o operador do sistema é responsável pelo financiamento, construção e também por assegurar o fornecimento de combustível e se for apropriado, a venda da energia produzida. O operador tem de ter estatuto legal, individual ou colectivo;
- A central do sistema pode ser gerida por terceiros, nomeadamente uma instituição (operador, empresa de fornecimento de energia ou pelo proprietário). Este gestor é responsável pela manutenção, operação e também em parte pelo marketing da energia produzida;
- Existem grandes diferenças entre os vários combustíveis que podem ser usados. Há portanto uma larga gama de possíveis fornecedores de combustível (por exemplo silvicultores, autoridades locais, empresas de manutenção de auto estradas, serrações);

- Há necessidade de distinguir entre consumidores de energia eléctrica e térmica. A electricidade produzida pelos sistemas de bioenergia geralmente alimenta a rede local. Para a energia térmica pode haver uma larga variedade de consumidores;
- Outros actores envolvidos no projecto são geralmente os fornecedores do sistema. O seu envolvimento depende do tipo, do tamanho e da complexidade do projecto.

6.6.1 Estruturas opcionais de propriedade

Ao contrário dos pequenos sistemas de combustão que são predominantemente geridos por privados ou proprietários de empresas, os projectos de aproveitamento energético da madeira, em grandes centrais de aquecimento, caracterizam-se por uma grande variedade de estruturas de propriedade possíveis.

Operação do sistema por proprietário local

Esta é a forma mais simples de modelo de operação. Neste caso, o sistema está geralmente localizado no mesmo local em que a energia produzida é usada. O investidor e o operador são idênticos, visto que o sistema é operado pelo proprietário do local. Este geralmente organiza o fornecimento do combustível.

Este conceito pode ser alargado também ao fornecimento de propriedades terceiras nas vizinhanças a partir do local existente. Neste caso, o calor e possivelmente o fornecimento de energia aos clientes vizinhos tem de ser contratado.

Cooperação entre o operador do sistema e o fornecedor de combustível

Esta espécie de acordo cooperativo é hoje em dia, o modo mais comum de operar uma instalação de aproveitamento energético com sistemas de tamanho pequeno e médio. O operador é geralmente também idêntico ao investidor do projecto. A venda do calor e em alguns casos a energia têm lugar através de contratos de fornecimento de longo prazo.

Geralmente, com este acordo contratual com o fornecedor de combustível, os contratos de fornecimento dizem apenas respeito a certos tipos de madeira. Estas são muitas vezes fornecidas a preços fixos por um período definido de pelo menos um ano. Em sistemas de pequenas dimensões existe apenas um fornecedor, em contraste com sistemas de maiores dimensões, para os quais, o risco potencial de perda de fornecimento de combustível é minimizado, pelo acordo com vários fornecedores presentes na região.

Leasing

O leasing e condições de aquisição e definição dos proprietários dos projectos de aproveitamento energético de madeira são estabelecidos a longo prazo, entre os operadores e as empresas de leasing. As condições de leasing, estabelecimento de responsabilidade e os limites de fornecimento são sempre especificados por projecto.

No final do período contratual, com acordos de leasing é possível ao operador adquirir as instalações por um preço previamente especificado. Opções idênticas de leasing são oferecidas em muitos casos pelos fabricantes dos sistemas. Estas podem ter interesse quando o operador do projecto não tem a capacidade financeira que permita uma aquisição directa do sistema.

Financiamento do projecto

Com as expectativas financeiras adstritas ao sistema, investidores e empresas privados podem financiar o projecto. O capital dos accionistas é fornecido para a implementação e financiamento do projecto. Para além da perspectiva de lucro, muitos investidores são por vezes motivados pelo carácter ambiental do projecto. A identificação com projectos de biomassa e a grande aceitação são geralmente factores que aumentam a disposição dos investidores a apoiar os projectos.

Para propiciar o investimento, a exequibilidade técnica do projecto deve ser investigada. Para assegurar a credibilidade junto dos investidores, é aconselhável apoiar o projecto com relatórios

imparciais de técnicos reconhecidos. Além disso, a viabilidade económica do projecto deve ser demonstrada em detalhe.

Factores importantes de sucesso para o financiamento do projecto são: descrição precisa do projecto (da situação em particular) e das sinergias ecológicas e sociais; demonstração de um retorno económico seguro. Em muitos casos agências financeiras, bancos especializados ou gabinetes de projecto privados tomarão conta da administração do capital de investimento e marketing profissional, através dos seus gestores de recursos financeiros. A participação dos financiadores é geralmente representada por meio de holdings de accionistas na empresa do projecto, ou como quotas. Os investidores participam nos lucros da empresa do projecto, de acordo com o seu nível de participação. Se ocorrerem perdas, o investidor é responsável pelos activos depositados, até à perda total do dinheiro investido.

Modelos cooperativos

Nesta forma de organização, uma associação cooperativa de operadores é fundada por vários participantes no projecto com o objectivo de implementar o projecto conjuntamente. Uma cooperativa é similar na sua estrutura a uma sociedade ou associação, podendo portanto aplicar-se, se necessário, a condição de ser sem fins lucrativos.

A cooperativa não realiza ela própria benefícios, os lucros são distribuídos aos parceiros na associação. Para os participantes no projecto, o risco de investimento e operação é partilhado, o que permite um investimento em sistemas e máquinas mais eficientes.

6.6.2 Contratualização

A contractualização descreve os modelos nos quais as tarefas, na área do financiamento, planeamento, instalação, manutenção e reparações para os sistemas, que fazem parte dos serviços técnicos do edifício, são feitas em outsourcing a uma empresa externa, na sua totalidade ou pelo menos em parte.

Um cenário típico de contratualização envolve durações de contrato de 10 a 20 anos. Durante este tempo, a empresa contratualizada tem completa responsabilidade sobre o investimento e sobre os sistemas de operação.

O refinanciamento dos investimentos feitos pelo proprietário depende da forma de contractualização.

Parcerias regionais

As parcerias regionais provam, muitas vezes, ser um modelo particular de sucesso para o alargamento sistemático do uso de biomassa nas regiões. Estes modelos contam com as sinergias económicas, técnicas e logísticas entre muitos parceiros regionais individuais.

Os parceiros em parcerias regionais podem vir dos sectores dos resíduos, agricultura e silvicultura, e autoridades locais, por meio de empresas municipais. Os investidores ou associações de investidores estão muitas vezes integrados na parceria para assegurar o financiamento do projecto. Os potenciais operadores de centrais podem ser considerados, se tiverem as necessárias qualificações técnicas e experiência prática suficiente. A componente final nas parcerias regionais são os compradores adequados do calor e outras formas de energia que podem ser produzidas, tal como frio e electricidade.

7 GASEIFICAÇÃO

Há 200 anos, a biomassa – principalmente a madeira – ainda era a maior fonte de energia utilizada. Contudo, se não tivessem aparecido os combustíveis fósseis, os enormes aumentos de população, o início da industrialização e o crescente padrão de vida não teriam sido possíveis. A produção global anual de biomassa está, porém, estimada em cerca de cinco vezes o actual consumo primário de energia. Graças ao enorme progresso nas comunicações, transportes e logística, será possível, no futuro, explorar comercialmente algum deste potencial.

Com uma agricultura e florestação sustentáveis, e devido à contribuição nula para as emissões de CO₂, a biomassa poderá aumentar do seu nível actual de 10% para um total de 20% na utilização global de energia, sem prejudicar a produção de alimentos prioritários e a plantação industrial de colheitas. Contudo, tão alta percentagem só é possível quando, conjuntamente com madeira de alta qualidade, se derivam outras biomassas a partir de resíduos agrícolas mais difíceis de utilizar, como o desperdício de cana de açúcar, silagem de milho, palha de cereal, feno de animais domésticos e outras fontes de desperdício orgânico para a produção de energia.

Até aqui, a mais comum e mais conhecida forma de utilizar energia a partir da biomassa tem sido a conversão térmica directa, isto é, a combustão. Porém, existem outras formas de utilizar biomassa sólida para energia, para produzir calor e electricidade. Uma delas é a gaseificação, onde a biomassa sólida é convertida em gás combustível, num processo termoquímico. A produção deste combustível secundário tem vantagens decisivas, em termos de possibilidades de manuseamento e conversão em energia útil. Em princípio, os mesmos processos de conversão ocorrem como aqueles utilizados na combustão, mas as diferentes fases na conversão termoquímica são separadas física e cronologicamente. Isto quer dizer que o gás produzido pode ser usado numa unidade de cogeração, que aproveita o teor de energia do combustível para um efeito máximo, através da combinação de calor e energia.



Figura 7.1 – Modelo de central de gaseificação

A gaseificação da biomassa, em particular a gaseificação da madeira, é uma das possibilidades mais eficientes e “amigas do ambiente” para a utilização da biomassa, na geração de energia eléctrica em centrais de pequenas dimensões. Mesmo no período do pós-guerra, a tecnologia de gaseificação, com gaseificadores de madeira, estava disponível para operação comercial pela firma Imbert GmbH. Ficou esquecida nos anos seguintes, com os preços baixos do petróleo, mas agora estão a ser levadas a cabo investigações, em muitos lugares, sobre o uso da tecnologia de gaseificação, embora ainda não exista nenhum equipamento de gaseificação totalmente automático, pronto para ser vendido no mercado. O principal problema é a contaminação do gás produzido, por partículas de alcatrão, o que torna impossível o uso sustentado deste gás, em máquinas de combustão. Este

problema pode ser resolvido de duas maneiras: melhorando a qualidade do gás e desenvolvendo equipamento de purificação.

A gaseificação termoquímica da biomassa sólida é assim uma tecnologia importante para o futuro, que poderá contribuir para alcançar as crescentes necessidades de energia, através da combinação de calor e energia, nas décadas vindouras.

7.1 *Princípios fundamentais*

7.1.1 **Gaseificação**

Durante o processo de gaseificação, a biomassa é convertida, o mais completamente possível, a altas temperaturas (acima de 600 °C) num novo suporte de energia, na forma de um gás. Um meio de gaseificação contendo oxigénio (por exemplo, ar) é aplicado à biomassa aquecida. As substâncias orgânicas são desfeitas em compostos combustíveis e o carbono residual sofre uma combustão parcial para monóxido de carbono. A gaseificação ocorre com a combustão sub-estequiométrica ($0 < \lambda < 1$). A quantidade estequiométrica do agente oxidante é a quantidade mínima calculada a ser aplicada ao combustível para a combustão completa ($\lambda = 1$); a quantidade do agente oxidante é indicada por meio da proporção combustível/ar λ .

O calor necessário para o processo é geralmente fornecido por meio da combustão parcial da biomassa.

Uma característica fundamental da gaseificação é a separação física e cronológica da produção e utilização do produto do processo, o gás. Aqui reside a diferença entre combustão e inflamação.

Isto mostra que a gaseificação é um sub-processo da combustão e que o gás é produzido por uma combustão parcial.

O gás combustível de baixo poder calorífico, produzido com um valor médio de 5 MJ/m³, pode ser usado em queimadores, para fornecimento de calor, ou em motores de combustão ou turbinas a gás, para produzir electricidade, ou calor e electricidade combinados.

7.1.2 **Combustível**

As propriedades do combustível são da máxima importância na selecção de um gaseificador. Os diferentes modelos de gaseificação precisam de combustíveis com características específicas, tais como uma composição pré-definida da superfície e teor de mistura. Uma operação fiável, a longo termo, é apenas possível quando os parâmetros são observados. Não existem gaseificadores que consigam usar todos os tipos de combustíveis e produzir gás limpo.

Um reactor projectado para a gaseificação de briquetes de madeira do tamanho de um punho, quando usado com estilhas de madeira, produzirá menos gás bruto, um teor de alcatrão mais elevado no gás bruto e sofrerá outros efeitos negativos. Os combustíveis que se encontram em diferentes tamanhos não são, geralmente, muito adequados para a gaseificação. Esses combustíveis têm propriedades de fluxo insuficientes. Portanto, tendem a formar fragmentos, buracos e cavidades indesejadas. Pedacos de madeira do mesmo tamanho (especialmente cubos e formas esféricas) são, por outro lado, ideais.

Em contraste com os gaseificadores de fluxo directo, os gaseificadores contra-corrente podem também gaseificar combustíveis que não têm propriedades de superfície uniformes, contudo esta vantagem tem o seu preço, já que o gás possui um alto teor de alcatrão e tem de ser purificado com filtros caros, de modo a ser compatível com os motores.

Um gaseificador funciona perfeitamente e tem um bom grau de eficiência se for apenas usado o combustível para ele designado e se houver um óptimo teor de mistura e de fragmentação. Muitos construtores de gaseificadores operam o gaseificador, na fase de teste, com um dado combustível.

7.1.3 Estado da tecnologia

A tecnologia de gaseificação de madeira é correntemente usada apenas em grandes centrais. Isto é tanto mais surpreendente quando se considera que a tecnologia já estava completamente desenvolvida e era amplamente usada na Alemanha, depois da II Guerra Mundial.

Embora nesse tempo não tenham sido desenvolvidas centrais para a produção de energia e calor, a tecnologia do motor para o mercado automóvel estava a começar a aplicar-se.

Exemplo:

O gaseificador de 29 MW_e chamado “Amergas”, em Getruidenberg, baseia-se no gaseificador com base na circulação fluidizada, onde o gás de síntese é também usado no gerador de vapor da central de energia a carvão, ligada ao mesmo. A central tem capacidade para gaseificar até 150.000 toneladas de madeira por ano, que pode usar para produzir electricidade, com uma eficiência de 35%, substituindo assim o carvão como combustível primário. Embora o gaseificador Amergas tenha funcionado sem quaisquer problemas, problemas técnicos com a purificação do gás levaram a demoras, não se conseguindo alcançar a capacidade total de produção de combustível anual. Os custos de investimento para o gaseificador são cerca de 1600 €/kWe.



Figura 7.2 - Gaseificador Amergas na central energética de Gertruidenberg, Holanda

Fotografia: Ecofys b.V. / www.ecofys.com

Na figura acima, está representado um gaseificador de base fixa. A biomassa, alimentada normalmente pelo topo do reactor, em pedaços de combustível sólido, é exposta a um meio de gaseificação e passa através de vários estádios, antes de chegar à fossa das cinzas.

Antigamente, o princípio de gaseificação de corrente ascendente (o combustível e o gás movem-se em direcções opostas) era muitas vezes aplicado. Hoje em dia, o princípio mais utilizado é de gaseificador contra-corrente, que pode ser usado em centrais com uma capacidade de cogeração de biomassa entre 100 kW e 10 MW. Devido ao alto teor de alcatrão no gás e às grandes necessidades que se colocam para a sua purificação, não pode ser ainda contabilizada uma disponibilização comercial na cogeração.

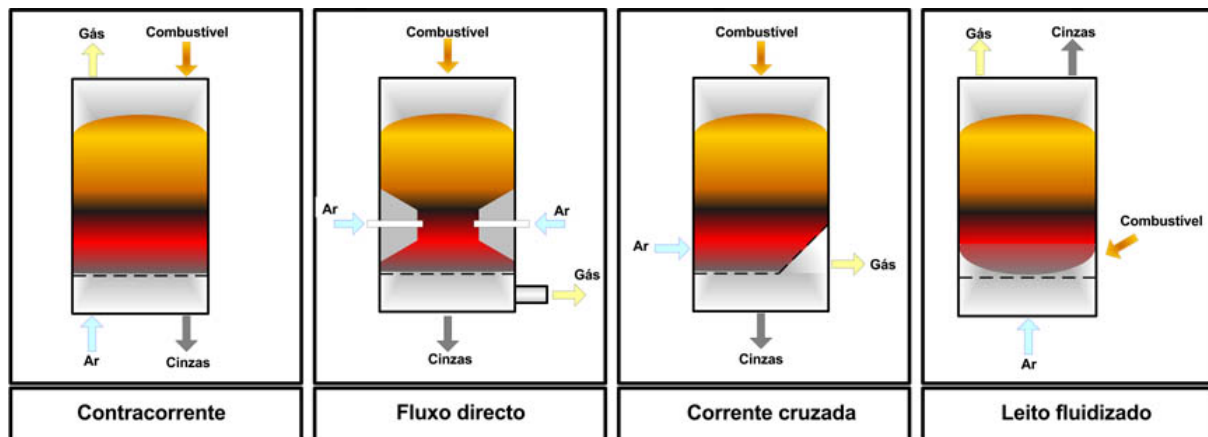


Figura 7.3 - Princípios básicos de vários tipos de gaseificadores

Fotografia: Ecofys b.V. / www.ecofys.com

Com um gaseificador de fluxo directo aplica-se uma gaseificação de corrente ascendente. Por outras palavras, as direcções do combustível e do gás produzido são as mesmas. Os gases decompostos na zona de pirólise são subsequentemente aquecidos numa zona de oxidação acima de 1000°C. Tem lugar um extenso processo de divisão dos compostos orgânicos de cadeia longa, resultantes em compostos de cadeia curta, convertendo assim a matéria rica em alcatrão, em matéria com baixo teor de alcatrão. Estes reagem na zona de redução subsequente com as cinzas, para formar mais gás (CO_2 em CO). Isto significa que o gás bruto de saída pode ser usado quando se necessita de um gás de elevada qualidade. Os gaseificadores de fluxo directo estão especialmente adaptados para a produção combinada de calor e energia para centrais de baixa capacidade (até 500 kW).

Nos gaseificadores com leito fluidizado, a taxa de fluxo do gás é tão alta que uma base de material (geralmente areia de pedreira) vinda de baixo, circula à volta do combustível. A conversão do combustível e a troca de substâncias tem lugar espontaneamente, em condições estáveis de combustão e temperatura, o que assegura uma combustão óptima.

Faz-se uma distinção entre um gaseificador com base em bolhas de ar fluidizadas, no qual é característica uma base fluidizada claramente definida (altura geralmente entre 1-2 metros), e um gaseificador com base na circulação fluidizada, onde a base fluidizada se expande bastante. Estes processos sofreram testes extensivos, mas apenas provaram ser economicamente viáveis para grandes centrais, devido à tecnologia complexa e dispendiosa.

Exemplo:

A fábrica de gaseificação em Bladel é uma fábrica de demonstração agrícola de cogeração, para gaseificar resíduos de frango, com uma capacidade entre 60 kW_e e 40 kW_e. Os principais incentivos deste tipo de fábrica são os custos consideráveis, que têm de ser pagos na Holanda, para obter os resíduos orgânicos de frango. A base fluidizada deste gaseificador tem uma capacidade de mais de 900 toneladas de resíduos orgânicos de frango por ano. A fábrica tornar-se-á operacional no final de 2003. Os custos de investimento desta fábrica de demonstração foram aproximadamente 8200 €/kW_e.



Figura 7.4 - Gaseificador de resíduos orgânicos de frango, Bladel na Holanda

Com reactores de fluxo por arrastamento, as reacções de gaseificação têm lugar durante o transporte pneumático do combustível, através do reactor. O combustível deve ser primeiro moído finamente para tornar possível o transporte e assegurar tempos de reacção curtos para a gaseificação das partículas individuais. Não é necessário material base adicional, como no caso dos gaseificadores de base fluidizada. Esta tecnologia não teve o mesmo alcance que os gaseificadores de base fixa e fluidizada para a utilização da biomassa, devido aos custos elevados.

Os gaseificadores de base fixa, usando a técnica de fluxo directo, são adequados à operação comercial, com soluções descentralizadas, especialmente na área da cogeração enquanto que os gaseificadores de base fluidizada são mais adequados para centrais de maiores dimensões.

As secções seguintes apenas examinarão mais detalhadamente a técnica da gaseificação de fluxo directo, visto que é a mais avançada em termos de eficiência económica e de competitividade no mercado.

7.1.3.1 Instalação técnica de um gaseificador de fluxo directo com utilização de madeira

Uma central de gaseificação a madeira consiste na combinação de vários procedimentos técnicos. A seguinte ilustração mostra a estrutura do gaseificador, baseado no princípio de Joos.



Figura 7.5 - Estrutura de um gaseificador a madeira baseado no princípio de Joos

No gaseificador de Joos, o combustível entra no reator de gás (3), através de uma tremonha de entrada (1), por meio de uma espiral transportadora (2). As partículas de pó no gás produzido no reator são removidas por meio de um ciclone (4) e o gás é transportado para a espiral de transporte, para secagem indirecta, por meio de um permutador de calor (5), antes de ser usado como energia.

7.1.3.2 Produção de gás a partir da madeira num gaseificador de fluxo directo de base fixa

Para centrais de capacidade mais baixa, até 500 kW, são usados na maioria gaseificadores de base fixa, usando o princípio de fluxo directo. As zonas de gaseificação destes sistemas estão indicados na figura em baixo.

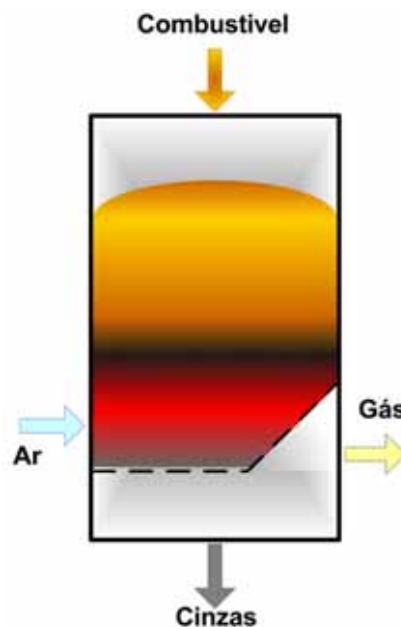


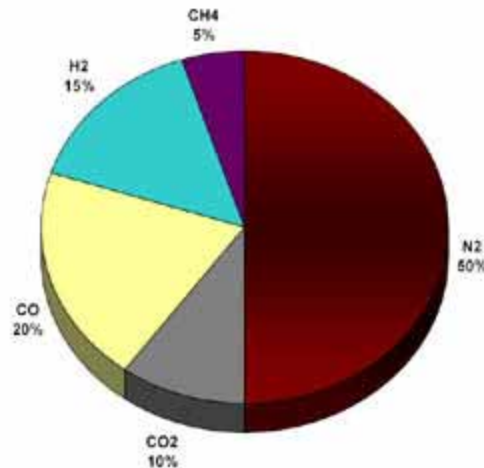
Figura 7.6 - Zonas de gaseificação num gaseificador de fluxo directo de base fixa

A água contida no combustível é primeiro vaporizada a uma temperatura entre os 100°C -200° C (secagem). O próximo passo é a degaseificação e destilação térmica dos conteúdos, principalmente em elementos de gás, a temperaturas entre 300°C e 600°C, na ausência de oxigénio (pirólise: $\lambda=0$). A oxidação do carbono e do hidrogénio realiza-se a temperaturas geralmente acima de 600°C, para cobrir as necessidades térmicas da reacção de redução endotérmica e para destruir os hidrocarbonetos, que se formaram na zona de pirólise. O gás de madeira é actualmente produzido a temperaturas de cerca de 500°C, por meio de uma redução dos produtos de oxidação, CO_2 e H_2O , do carbono. A base para este efeito é o equilíbrio Boudouard da reacção de carbono e outras reacções de equilíbrio, como os equilíbrios de gás de água e metano, que são fortemente influenciados pela temperatura e pressão.

Tabela 7.1 – Reacções de redução dos produtos de oxidação

| | | |
|-------------------------|--|---------------|
| Reacção Boudouard: | $C + CO_2 \rightleftharpoons CO$ | -162.2 KJ/mol |
| Reacção do Hidrogénio : | $C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2$ | -119.0 KJ/mol |
| Reacção do Metano: | $C + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4$ | |

Durante o processo de gaseificação, é produzido um gás, que consiste numa mistura de gases combustíveis (H_2 , CO , CH_4) e não combustíveis (CO_2 , N_2). A composição média é mostrada no gráfico seguinte.

**Figura 7.7 - Composição média de gás de madeira com ar como meio de gaseificação**

A composição do gás bruto depende das características combustíveis (tamanho dos pedaços, teor de mistura e composição química), do agente de gaseificação, da temperatura de gaseificação e da pressão no reactor.

7.2 Utilização como energia

7.2.1 Aplicações da gaseificação

A gaseificação da biomassa é uma tecnologia muito promissora, especialmente para a produção de energia. A electricidade fornecida tem um elevado grau de eficiência. Além disso, podem esperar-se emissões mais baixas, relacionadas com o processo, como é o caso da produção de electricidade, por meio de uma combustão directa da biomassa. Por esta razão, tem sido levada a cabo muita investigação, para tentar tornar esta tecnologia disponível em centrais de larga escala.

Contudo, existem muito poucas centrais de gaseificação em operação no mercado e apenas para produção de calor. Existem particulares dificuldades com a purificação do gás, visto que a biomassa gaseificada mostra um elevado teor de poeiras e, por vezes, quantidades consideráveis de materiais orgânicos condensáveis.

Os motores de combustão convertidos e as turbinas a gás requerem um gás combustível condensado e sem poeiras.

Não existe um gaseificador ideal para os diferentes tipos de biomassa. Os diferentes gaseificadores disponíveis têm vantagens e desvantagens, em termos da biomassa a ser gaseificada, a qualidade desejada do gás, bem como os custos de investimento e operação. Os diferentes sistemas de gaseificação diferem em:

- Tipo de reactor (de base fixa, base fluidizada, reactor de fluxo por arrastamento);

- O método de fornecimento de calor (calor aplicado do exterior ou através da oxidação parcial do combustível);
- A direcção do fluxo da biomassa e os meios de gaseificação (gaseificação contra-corrente ou fluxo directo);
- O meio de gaseificação usado (ar, oxigénio, vapor).

7.2.2 Possíveis utilizações da energia do gás produzido a partir da madeira

O gás da gaseificação da biomassa pode ser usado de diversas formas. Pode ser queimado directamente e os gases queimados produzidos podem, por exemplo, ser usados para produzir calor ou processar calor ou para alimentar um motor térmico. Contudo, o gás pode também ser usado directamente num motor a gás ou numa turbina a gás, para produzir metanol ou hidrogénio.

No futuro, o motor stirling e a pilha de combustível podem também ser um meio de produzir energia, com gerador a gás.

A queima do gás num motor a gás produz quase um kW de electricidade por Kg de madeira e em unidades de co-geração, geralmente, duas vezes mais energia térmica. O capítulo seguinte discute as vantagens da combinação de calor e energia.

7.2.3 Combinação de calor e energia numa unidade de cogeração

O método mais promissor do uso de gás produzido através da gaseificação a partir da biomassa é em centrais de cogeração.

Geralmente os motores industriais ou dos veículos são modificados e requerem uma conversão para poderem usar gás da madeira. Levantam-se alguns problemas na produção do gás. Em particular, a matéria condensada contida no gás de síntese purificado pode depositar-se nos bocais de injeção. Estes devem ser limpos, como parte do trabalho de manutenção. Os depósitos no compartimento do motor encurtam os intervalos entre as mudanças de óleo, que devem ter lugar aproximadamente em cada 250 horas de operação. Os limites de tolerância para os compostos de alcatrão são 100 mg/m³, para os quais vale a pena o uso do gás de síntese da gaseificação a partir da biomassa.

Isto significa que são muitas vezes usados motores a diesel convertidos e motores a gasolina, baseados na injeção diesel ou nas velas de ignição. Até agora, o método de operação mais simples e com mais sucesso tem sido com os motores de injeção. Embora estes necessitem de 5%-20% de óleo de ignição para iniciar o processo de combustão, não é necessário um gás de qualidade consistente. O gás de síntese absorvido é enriquecido no cilindro, por meio de injeção directa de combustível com a quantidade de diesel ou biodiesel necessário para uma combustão limpa.

A quantidade exacta de óleo de ignição que o motor necessita para manter a velocidade de rotação em vazio é injectada no motor. Na entrada de ar, é ligado um misturador de gás, no qual se mistura gás de síntese, no fluxo de massa de ar, até que o motor alcance a actuação pretendida. Regulando a quantidade de óleo de ignição, é possível reagir a flutuações na qualidade do gás. Quando terminar completamente a combustão do gás de síntese, é possível utilizar o motor com 100% de óleo de ignição.

O uso de motores a gás faz mais sentido, ecológica e economicamente, mas requer uma qualidade mais elevada de gás no que diz respeito à operação, e está ainda em fase de experimentação. Muitas instituições e empresas na Europa ainda estão a trabalhar no desenvolvimento e lançamento desta tecnologia.

Concepções com motores stirling ou pilhas de combustível estão na fase de desenvolvimento técnico e ainda não estão adequadas ao uso do gás de síntese.

7.3 Emissões e sub-produtos

Os sub-produtos dos gaseificadores são cinzas, condensados e por vezes carbono. Em boas condições de operação, as cinzas podem ter um teor de carbono de 25% (% em peso). O

condensado em madeira não contaminada consiste, principalmente, em água e baixas quantidades de alcatrão. Alguns fabricantes de gaseificadores purificam as cinzas e condensados até ao ponto de não serem considerados resíduos perigosos. Geralmente, os condensados podem subsequentemente ser colocados no sistema de esgotos e as cinzas podem ser enviadas para o seu destino final. Contudo, alguns gaseificadores produzem uma elevada concentração de substâncias tóxicas nos seus sub-produtos (cinzas, condensados), especialmente quando se usa desperdício de madeira. Estes sub-produtos prejudiciais têm um custo de deposição ou em alternativa a central deve ser convertida, de modo a que eles não se acumulem desta forma. O carbono é extraído por alguns fabricantes e apresenta propriedades similares ao carvão activado.

Outras emissões são os fumos das unidades de cogeração que trabalham a gás de madeira. As emissões ocorrem quando o gás é queimado e durante operações normais de cogeração. A queima é apenas necessária em operações iniciais, para ligar e desligar a unidade.

As maiores emissões no gás bruto são de NO_x , CO, SO_2 , e C_nH_m . Estas emissões diferem de acordo com os diferentes tipos de gaseificador. Ainda não foi possível determinar regulamentos definitivos de emissões para as unidades de cogeração operadas com gás de síntese provenientes da gaseificação da biomassa, mas os limites de tolerância a serem observados orientar-se-ão provavelmente para os de combustíveis de massa sólida.

O elevado teor de CO das emissões requer, em particular, uma purificação intensa. De modo a satisfazer os limites de tolerância das emissões, os fumos do motor devem também ser filtrados com um catalisador de oxidação.

As condições predominantes de redução no compartimento do combustível representam uma vantagem ambiental da tecnologia da gaseificação. Não é fornecida mais do que a quantidade necessária de oxigénio para manter a temperatura no processo de pirólise, no reactor de gaseificação. Este produz gás de síntese utilizável durante a conversão da madeira residual, mas não azoto. A combustão subsequente do gás no motor da central de cogeração é controlada, resultando numa combustão que emite substâncias tóxicas mínimas, para todas as fases de operação.

A formação de outras substâncias tóxicas, como as dioxinas e furanos, é evitada devido ao baixo nível de oxigénio. Especialmente devido à monitorização das reacções em cada fase do processo, as emissões são mínimas e a descarga de substâncias prejudiciais é regulada. Além disso, o risco das cinzas geradas terem substâncias prejudiciais, como metais pesados, apenas se coloca se os materiais a consumir contiverem também estes contaminantes.

8 ENQUADRAMENTO LEGAL PARA SISTEMAS DE BIOENERGIA

Este capítulo fornece uma introdução às questões legais relevantes, relacionadas com a construção e operação de um sistema de biomassa. Dá uma visão dos aspectos gerais válidos para qualquer sistema e detalhes específicos para as diferentes tecnologias, dado existirem digestores anaeróbios, aplicações com biocombustíveis, e unidades de combustão de biomassa sólida.

Devido às alterações dos regulamentos, evita-se fornecer detalhes dos decretos e procedimentos específicos, mas nomeiam-se aspectos relevantes que geralmente influenciam os projectos de biomassa. Para além disto, é fornecida uma lista com referências às fontes mais importantes, onde pode ser obtida informação detalhada.

8.1 Introdução

Analisando o quadro legal relevante para instalação e operação de centrais de biomassa, podem distinguir-se geralmente três secções:

- uma secção geral, associada à instalação e operação de sistemas de energias renováveis e a sua ligação à rede eléctrica;
- uma secção específica do sistema, ligada à construção e operação de um sistema de biomassa particular (central de biogás, unidade de combustão de biomassa fornecendo calor e/ou energia ou um motor de cogeração movido a biocombustível);
- uma secção específica relacionada com a entrada de biomassa na central.

8.1.1 Aspectos legais gerais

A primeira secção geral cobre basicamente o enquadramento geral para a alimentação de electricidade à rede eléctrica. Há alguns anos, a alimentação de electricidade de produtores de energia independentes, para a rede eléctrica, precisava de ser negociada com o respectivo operador de rede para cada nova central de energia. Hoje em dia, na maior parte dos países desenvolvidos, este aspecto é geralmente regulado por esquemas especiais para a electricidade de fontes de energia renováveis ou para máquinas ou centrais de cogeração. De seguida as questões específicas, tal como o acesso à rede preferida a custos razoáveis, começaram a surgir. Geralmente, um órgão governamental designado dá a necessária autorização.

8.1.2 Construção e operação de sistemas de bioenergia

A instalação e operação de sistemas de biomassa requer várias licenças e autorizações, antes da sua construção, operação ou fornecimento de calor ou energia. Em geral, o procedimento de licenciamento para sistemas de biomassa é duplo, dependendo das características da central. Por um lado, é necessário obter uma licença de construção para permitir a construção de um novo edifício e por outro, é necessário estabelecer a concordância com a regulamentação nacional existente. Para casos especiais, em particular grandes centrais, os estudos de impacte ambiental têm de demonstrar que o sistema em causa não põe em causa as condições ambientais locais, de acordo com a respectiva regulamentação ambiental.

Para sistemas de aquecimento de pequena escala, não são requeridas, muitas das vezes, quaisquer licenças, sendo necessárias apenas medições regulares de emissão.

Geralmente, o enquadramento legal relacionado com a construção e operação de um sistema de biomassa consiste nos Decretos e Regulamentos legais a que se deve obedecer. Para além disso, regulamentações detalhadas explicam os procedimentos a ser seguidos, para obter uma determinada licença para o respectivo sistema.

Complementarmente, durante a execução técnica da instalação, os fabricantes devem seguir certas técnicas e padrões (por exemplo, regulamentos técnicos sobre instalações eléctricas), que são geralmente estabelecidas pelas associações de profissionais, institutos de normalização ou entidades

similares. Contudo, as empresas de instaladores registadas são responsáveis pelo trabalho efectuado, relativamente às regulamentações técnicas aplicáveis.

8.1.3 Questões legais relacionadas com a biomassa

O espectro de utilizações da biomassa, as suas diversas características, as diferentes origens e os vários tipos de aplicações mostram a complexidade da instalação de projectos de biomassa. Por exemplo, analisando um segmento da biomassa sólida, a biomassa da madeira, a variação, tendo em conta a qualidade da madeira, estende-se desde os resíduos frescos da floresta até aos resíduos de madeira altamente contaminados. O material de entrada nas centrais de digestão anaeróbia demonstra uma maior variedade, para nomear apenas alguns: resíduos orgânicos, resíduos da indústria alimentar, incluindo a produção de carne, a fracção orgânica dos lixos domésticos, culturas de aproveitamento energético etc. Cada cadeia de biomassa tem de ser tratada de um modo específico, por forma a ser utilizada como combustível para produzir electricidade e/ou calor. Mas, juntamente com os aspectos técnicos, há também um número de questões legais a serem consideradas para cada cadeia específica. Em geral, as cadeias de biomassa são categorizadas devido a três questões principais:

- A aptidão de um certo material como portador de energia renovável, que é também importante para se fazer uso de medidas de apoio;
- A classificação de uma biomassa específica e os respectivos regulamentos de emissão;
- A identificação da necessidade de tratamento especial de um material de entrada ou de saída.

8.2 Questões gerais de licenciamento para sistemas de energia renováveis

8.2.1 Licença de acesso à rede

Quando se planeia instalar um projecto de biomassa, em que a electricidade é produzida e enviada para a rede, é essencial a candidatura ao acesso à rede junto da autoridade designada. Geralmente é um organismo governamental ou a empresa de operação da rede. Na maior parte dos países, esta questão é apenas um acto formal, se o sistema instalado estiver em conformidade com os padrões técnicos. Contudo, certas circunstâncias podem afectar os custos relacionados com a licença de acesso à rede, independentemente das taxas normais de licenciamento. Por exemplo, a capacidade das linhas locais de electricidade ou as subestações de conversão podem ser mais pequenas do que o necessário, de modo que tem de ser acrescentada capacidade adicional na rede ou o sistema tem de ser ligado a uma linha mais distante, com maior capacidade.

8.2.2 Licença de construção

Normalmente, têm de ser concedidas licenças de construção aos sistemas de biomassa para a instalação do sistema e respectivos edifícios. Em alguns países, onde já foi construído um número significativo de sistemas de energia renovável, existem códigos especiais de construção para estes sistemas. Contudo, em muitos países, tais sistemas são vistos como sistemas de conversão de energia, idênticos a qualquer outra central de energia, e respectivos edifícios. Algumas vezes, esta classificação pode criar um número de requisitos que vão para além dos que são necessários para um projecto de biomassa. Portanto, é aconselhável verificar com a respectiva autoridade, numa fase inicial do projecto, quais os regulamentos particulares que devem ser cumpridos. Geralmente, a entidade que autoriza o licenciamento, local, regional ou até nacional, depende da capacidade térmica do sistema de biomassa. Nos casos em que as autoridades locais estão envolvidas, pode acontecer que a autoridade seja confrontada com tal sistema pela primeira vez e que, portanto, o processo de licenciamento leve mais tempo do que geralmente é necessário.

8.2.3 Requisitos Técnicos

No processo de construção de sistemas técnicos é necessário, em geral, um certo número de habilitações técnicas que apenas pessoal habilitado pode fornecer. Por exemplo, existem regras

comuns para a instalação de equipamento eléctrico. No entanto, especificamente em sistemas de ligação à rede, apenas electricistas que estão registados na respectiva empresa operadora de rede estão autorizados a efectuar este trabalho.

Para além disso é necessário haver uma inspecção, para verificar se a instalação foi efectuada de acordo com os regulamentos e os padrões técnicos válidos. Esta inspecção é conduzida pelas entidades de inspecção específicas. Em particular, os sistemas de segurança estão sujeitos a tais autorizações.

8.3 Processos de licenciamento para sistemas de biomassa

Deve seguir-se um número de regulamentos, de modo a obter uma licença para construir e operar uma central de biomassa. Para sistemas mais pequenos, tal como aquecimentos a biomassa de pequena escala (por exemplo fogões a pellets), as licenças necessárias estão na maioria limitadas conforme os presentes regulamentos de emissão e certas regras de segurança, devido ao manuseamento de combustível. As autoridades locais municipais geralmente tratam desta questão.

Para sistemas maiores de biomassa, o processo de licenciamento torna-se mais complexo e várias autoridades, não só municipais, estão envolvidas na concessão das licenças necessárias.

Durante toda a fase de desenvolvimento do projecto e respectivo processo de licenciamento, é importante contactar, numa fase inicial, as respectivas autoridades. Por um lado, fornece ao proponente do projecto os detalhes necessários sobre a informação que é necessária para a candidatura à respectiva licença e, por outro lado, o contacto com antecedência pode poupar muito tempo e dinheiro durante o processo de licenciamento.

Geralmente, os procedimentos de licenciamento diferem para as centrais de digestão anaeróbia e para os sistemas de combustão alimentados a biomassa, que fornecem calor e/ou energia a centrais estacionárias de calor e energia abastecidas com biocombustíveis líquidos. Em geral, a licença está relacionada com as seguintes áreas:

- Combustível (tipo e características da biomassa utilizada);
- Emissões;
- Resíduos.

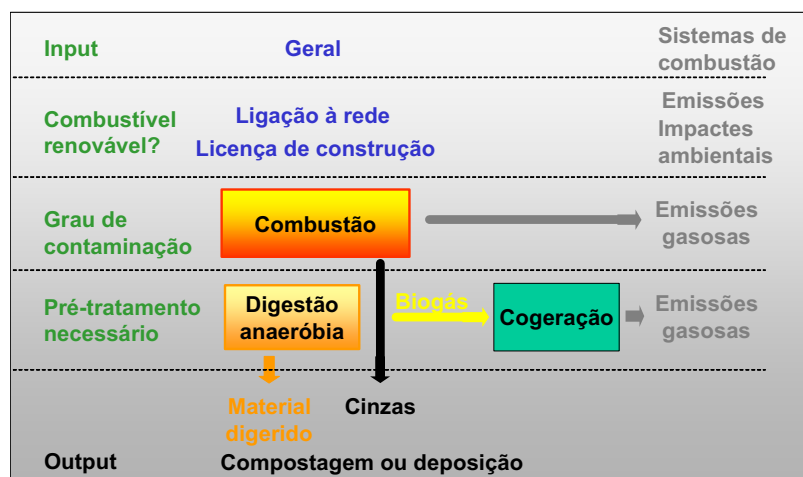


Figura 8.1 - Quadro legal para um projecto de biomassa

Na figura acima, é apresentada uma visão do quadro legal e respectivos pontos de licenciamento para sistemas de combustão e centrais de digestão anaeróbia. Apresentam-se as quatro categorias principais do licenciamento, que estão relacionadas com o input (biomassa), o output (resíduos), questões gerais (edifícios e ligação à rede) e aspectos de licenciamento para sistemas de combustão. Estes últimos também se aplicam a qualquer outro sistema usando qualquer tipo de combustível.

8.3.1 Input de biomassa

Geralmente, a legislação de um país fornece regras a partir das quais as fontes de energia são consideradas como portadoras de energia renovável e, portanto, elegíveis para as medidas de apoio nacional. Tendo em vista a biomassa, existem geralmente distinções posteriores, definindo o tipo de biomassa, incluindo a fonte de cada cadeia de biomassa e as tecnologias que permitem converter a biomassa em calor e electricidade. Por vezes, são dados certos requisitos tendo em conta os pré-tratamentos. As razões principais para tais definições detalhadas residem nos diversos e múltiplos tipos de cadeias de biomassa e na necessidade de estar em conformidade com a respectiva legislação.

Alguns exemplos:

- Em alguns países, os resíduos são vistos como um combustível, noutros não;
- A turfa é considerada como biomassa na Finlândia, mas na maioria dos outros países é classificada como um combustível fóssil;
- O grau de contaminação dos resíduos de madeira define a sua categorização como combustível renovável ou não, num certo número de países; por exemplo, na Alemanha, não pode ser excedido um certo limite de PCB/PCT ou dioxinas/furanos, de outra forma é considerado como resíduo especial, que necessita de seguir regras especiais para ser removido;
- Os resíduos da produção de carne ou a fracção orgânica dos resíduos domésticos necessitam geralmente de ser higienizados, antes de serem autorizados como material para uma central de biogás;
- Na Holanda, a electricidade que é produzida por biomassa co-combustível, em grandes centrais de energia a carvão, é qualificada para apoiar medidas para fontes de energia renovável;
- Na maior parte dos países, o tipo de material de entrada numa central de digestão anaeróbia define se o produto digerido pode ser usado como fertilizante ou se deve ser removido.

Devido à grande variedade de cadeias de biomassa e a diferença nas aplicações técnicas para utilização da biomassa como portadora de energia distinguem-se as duas maiores categorias de aplicação: digestão anaeróbia e sistemas de combustão. Uma vez que as aplicações estacionárias de biocombustível consistem numa máquina de cogeração ou numa caldeira, os aspectos legais relevantes são tratados na parte de digestão anaeróbia (máquina de cogeração) ou na parte do sistema de combustão (caldeira).

8.3.2 Emissões

Em geral, quando se fala em emissões referem-se a emissões de partículas ou gases que são prejudiciais ao ambiente e aos seres humanos. Para além destas emissões, o ruído tem também de ser considerado, quando se opera uma instalação técnica. Contudo, os regulamentos da emissão de ruído são geralmente menos importantes (dada a relativa facilidade em obter conformidade legal) do que a emissão de gases ou partículas para o processo de licenciamento.

Onde quer que o combustível seja incinerado, num processo de combustão (uma caldeira, um fogão ou uma câmara de combustão de uma máquina de cogeração) são emitidos gases de combustão. Geralmente, estes consistem numa mistura de diferentes gases e partículas. Os elementos principais são componentes oxidados do combustível, tais como dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de azoto, óxidos de enxofre, metais pesados e partículas de combustível não oxidadas. Outros componentes podem ser substâncias formadas pela influência de altas temperaturas e pressões, durante o processo de combustão, tal como o ácido hidroclorídrico ou até dioxinas quando se incineram certas fracções de resíduos de madeira contaminada.

A conformidade com os regulamentos de emissões é um dos elementos centrais que tem de ser provado durante o processo de licenciamento. A concessão de uma licença permite apenas a combustão dos combustíveis que fazem parte dos documentos de licenciamento. Devido às diferentes emissões originadas por combustíveis distintos, qualquer mudança de combustível requer uma nova licença. Daí que, uma vez construída e posta a laborar uma central de biomassa, é

necessário ter muito cuidado em verificar o combustível utilizado e se corresponde ao permitido na licença.

Existem diferenças nos regulamentos de emissões da maioria dos países, dependendo do tipo de combustível usado, da capacidade de produção de energia do processo de combustão e do tipo de tecnologia utilizada. Por exemplo, diferentes limites de emissão podem obter-se se for incinerada madeira ou palha, ou se a capacidade de produção for 100k W ou 20MW.

Os limites fixados de emissões, nos respectivos regulamentos, requerem geralmente tecnologias de limpeza do gás de combustão, equipamentos de medida e aparelhos de controlo. Naturalmente, isto influencia os custos de investimento e, desta forma, a viabilidade do projecto.

8.3.3 Aspectos específicos da tecnologia

Neste capítulo são apresentadas as questões específicas da tecnologia relacionados com o quadro legal e o licenciamento, distinguindo entre digestão anaeróbia, sistemas de aquecimento de pequena escala e sistemas de combustão de larga escala.

8.3.3.1 Digestão anaeróbia

Um aspecto que destaca as centrais de biogás é a grande variedade de potenciais co-substratos que podem ser usados como material de entrada num digestor anaeróbio. Esta variedade pode levar a um conjunto de diferentes requisitos, tendo em conta o pré-tratamento e o impedimento do uso do material digerido como fertilizante.

Geralmente, existem regulamentos que determinam regras particulares de tratamento para cadeias específicas de biomassa e, aqui em particular, quando se têm muitos resíduos da produção de carne ou a fracção orgânica de resíduos domésticos. Isto implica, muitas vezes, a necessidade de se pedirem licenças para cada co-substrato.

Especificamente para centrais de biogás agrícola, é importante que o produto digerido possa ser utilizado como fertilizante nos solos agrícolas e que não seja tratado como resíduo. Caso contrário é necessário proceder à sua remoção, com custos elevados. Portanto, é preciso ter muito cuidado quando se decide a adição de certos co-substratos. Alguns têm elevados níveis de metais pesados ou outros componentes que podem contaminar o produto digerido e assim impedir que seja utilizado nos solos agrícolas.

Para além dos aspectos legais relacionados com a biomassa, o motor de cogeração, como motor de combustão, requer também uma licença. Neste caso a minimização das emissões tem um papel relevante.

Complementarmente, existem regras de segurança para o manuseamento do gás que tem de estar em conformidade com as respectivas regras.

8.3.3.2 Sistemas de aquecimento de pequena escala

Os sistemas de aquecimento comuns de biomassa são fabricados em grandes séries e vêm com um certificado de conformidade, com os padrões e normas válidos, entre eles, os regulamentos de emissão para a respectiva capacidade de aquecimento. Portanto, na maioria dos casos não são necessárias licenças específicas. É apenas necessário fazer medições de controlo das emissões.

Certas precauções de segurança devem ser seguidas quando se armazena biomassa para aquecimento, de modo a evitar acidentes e minimizar os riscos de incêndio.

8.3.3.3 Sistemas de combustão de média e grande dimensão

Um dos passos mais importantes durante o desenvolvimento de um projecto de biomassa de maior dimensão é o contacto antecipado com as autoridades de licenciamento. Estas fornecem ao proponente do projecto a informação actualizada necessária, sobre os documentos necessários e

relatórios de especialidade, bem como a prática corrente de licenciamento para o tipo de sistema específico.

Idêntica às fábricas de biogás, a conformidade com os regulamentos de emissões representa a parte central, durante o processo de licenciamento dos sistemas de combustão de maiores dimensões. Os limites de emissão dependem da capacidade de energia da respectiva central e do tipo de biomassa usado.

Em contraste com os sistemas de aquecimento de pequena escala e geralmente com as centrais de biogás de menores dimensões, o licenciamento de centrais de combustão de maiores dimensões pode também incluir um estudo de impacto ambiental e um envolvimento do público. Geralmente, tais requisitos são definidos nos respectivos procedimentos e decretos. Em geral, quanto mais contaminado está um combustível e quanto maior é a central, mais elevados são os requisitos durante o processo de licenciamento.

8.3.4 Documentos que acompanham o processo de licenciamento

Um certo número de documentos tem de ser fornecido às diferentes autoridades de licenciamento, acompanhando os formulários formais de licenciamento. A lista seguinte apresenta uma indicação do tipo de documentos necessários:

- Descrição do projecto;
- Desenhos gerais;
- Descrição da biomassa;
- Diagramas de fluxo do processo;
- Tempos de operação;
- Dados técnicos do sistema e componentes;
- Medidas de redução de emissões;
- Medidas de segurança;
- Destino final dos resíduos.

Alguma da informação a ser fornecida às autoridades de licenciamento necessita de ser preparada em relatórios de especialidade, elaborados por organizações acreditadas independentes.

8.3.5 Informação Adicional

De modo a obter informações adicionais no quadro legal actualizado, devem-se contactar as respectivas autoridades do país onde o projecto de biomassa está a ser desenvolvido.

9 MEDIDAS DE APOIO PARA PROJECTOS DE BIOENERGIA

Os novos desenvolvimentos tecnológicos requerem, geralmente, um conjunto de condições para poderem passar da fase de investigação e de projecto piloto, para a fase de mercado, onde a comercialização em grandes quantidades lhes possa permitir conseguir a desejada competitividade. Na maioria dos casos, estas condições são estabelecidas pelos governos, nomeadamente o contexto em que as tecnologias se podem enquadrar.

Os sistemas de energia renovável (SER) são uma das opções para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. Desta forma, constituem um importante contributo nos esforços da maioria dos governos dos países Europeus, no que respeita ao necessário contributo para se reduzir as emissões, que se encontram na origem das alterações climáticas. Este capítulo apresenta as diferentes medidas de apoio para projectos de biomassa, bem como contactos detalhados e “links”, onde pode encontrar-se informação sobre as medidas de apoio nacionais e europeias.

9.1 Introdução

Estão a ser aplicadas, nos diferentes estados membros da União Europeia, uma grande variedade de medidas para promover sistemas de energia renováveis. Em geral, pode afirmar-se que uma política de energia renovável com sucesso, em cada país, não depende de um simples mecanismo de apoio, mas antes de uma combinação de um número de efeitos equilibrados. Estes efeitos podem categorizar-se nas seguintes classes:

- política;
- legislativa;
- fiscal;
- financeira;
- administrativa.

Para além destes efeitos, os programas específicos de desenvolvimento tecnológico e os efeitos educacionais, têm também um papel complementar.

9.2 Visão geral dos mecanismos de apoio para os sistemas de energia renovável

9.2.1 Políticas de incentivo

A base para um mercado nacional de energia renovável bem desenvolvido é a incorporação de objectivos, a longo prazo, da energia renovável na política energética global de um país. Em países onde a autonomia das regiões ou dos estados federados como a Alemanha, a Áustria ou a Espanha, as políticas de energia regional contribuem em larga escala para a definição de uma política nacional.

Exemplo 1:

A política energética finlandesa tem apoiado, nos últimos dez anos, a promoção dos sistemas de energia renovável e, em particular, a utilização em larga escala da biomassa, como uma fonte de energia renovável. Em 1994, foi lançada uma estratégia nacional para a biomassa, definido como objectivo, um aumento de 25% (~61PJ/a) em 2005 de uso da biomassa, comparativamente a 1992. Cinco anos mais tarde, em 1999, foi estabelecido um plano de acção para as energias renováveis, reforçando estes objectivos. No caso da biomassa a meta passou para 114,5PJ/a.

Exemplo 2:

Em 2003, os Estados Unidos estabeleceram um programa para a biomassa, para reduzir a dependência do petróleo estrangeiro, com dois grandes objectivos a longo prazo: i) desenvolver combustíveis líquidos; ii) e criar uma indústria de biomassa doméstica. Isto conseguir-se-á removendo as barreiras da eficiência económica e da viabilidade ambiental.

9.2.2 Medidas legislativas

Analisando as medidas legislativas que apoiam a produção de energia renovável, a primeira medida para a electricidade verde, é dar-lhe preferência no acesso à rede de electricidade, a preços razoáveis. Uma Directiva Europeia criou uma fundação, tendo em vista assegurar este importante factor, exigindo encargos transparentes e razoáveis para o acesso à rede. Contudo, diversos estados membros da UE já contemplavam na sua legislação esta solução.

Comparando os instrumentos de apoio legal para a electricidade verde, podem distinguir-se, basicamente, três: i) legislação sobre venda à rede eléctrica; ii) vantagens competitivas; iii) e sistemas por quotas.

A legislação sobre venda à rede, oferece receitas fixas para cada kilowatt-hora de electricidade verde. Um grande número de países membros da UE tem legislação deste tipo em curso, como são os casos da Alemanha, da Dinamarca e de Espanha, os quais têm apresentado um sucesso particularmente elevado com este tipo de medida legislativa.

Exemplo:

Na Alemanha, a Lei sobre as Fontes de Energia Renovável (EEG), surgiu no dia 1 de Abril de 2000 e substituiu a antiga lei de venda de electricidade à rede (que iniciou o sucesso da electricidade verde, em 1990). Esta lei regulamenta dois grandes aspectos:

1. dá acesso preferencial à rede de electricidade para as fontes de energia renovável;
2. estabelece benefícios de venda para a electricidade que alimenta a rede nacional de electricidade durante 20 anos.

Para além disso, define quais as fontes de energia renovável e as que não são. As receitas fixas de venda de electricidade variam, dependendo da fonte de energia renovável e da capacidade do sistema de energia renovável. A electricidade da biomassa recebe benefícios de 84 a 99 €/MWh (2004) e quanto menor for a capacidade do sistema, maior é o benefício.



Figura 9.1 - Visão genérica dos principais mecanismos de apoio na UE

Um sistema de obrigações por quotas requer que o fornecedor de electricidade, o produtor, o operador de rede ou o consumidor, criem ou comprem uma certa quota de electricidade verde. Os certificados verdes comerciais e as sanções complementam estas obrigações de quota. Hoje em dia, na Bélgica e no Reino Unido, as quotas são aplicadas aos fornecedores e em Itália aos produtores. Na Suécia planeia-se introduzir um sistema de quotas baseado no consumidor.

Exemplo:

Desde o dia 1 de Abril de 2002, que a chamada “Renewable Obligation” (RO) está em vigor no Reino Unido. De acordo com a RO, os fornecedores de energia são obrigados a comprar uma certa proporção de electricidade proveniente das fontes de energia renovável. Durante o primeiro período desta lei, de Abril de 2002 até Março de 2003, 3% da electricidade fornecida tem que ter origem em fontes de energia renovável. A proporção aumentará até Março de 2011, para 10,4%. Se o fornecedor decidir não cumprir este requisito, deve então pagar uma compensação de 30€/MWh à entidade reguladora. A prova da compra é feita através de Certificados de “Renewable Obligation” (ROC’s), que podem ser comercializados entre os fornecedores de electricidade.

O sistema de oferta competitiva envolve geralmente um pedido para uma certa capacidade de electricidade verde, que oferece preços fixos para um certo período de tempo ao licitante ganhador. A Irlanda (e anteriormente no Reino Unido) tem um sistema de oferta apropriado para a capacidade eléctrica eólica e da biomassa. A França tinha o mesmo sistema para a energia eólica, mas mudou para um sistema de venda à rede de electricidade.

Quer a obrigação por quotas quer a oferta competitiva, são instrumentos de mercado, em contraste com o sistema de venda à renda.

9.2.3 Incentivos fiscais

As medidas fiscais incluem impostos ambientais, tais como impostos adicionais sobre combustíveis fósseis, emissões de CO₂ ou isenção de imposto para a electricidade verde, mas também incentivos fiscais para investimentos em SER. Supõe-se que tais instrumentos criem um estímulo necessário à procura directa. Os incentivos ao investimento são oferecidos num número de estados membros da EU, complementando as medidas legislativas. Por exemplo, na Alemanha e na Suécia, as isenções fiscais para investidores privados são oferecidas para o investimento em projectos de energia eólica. Nos Países Baixos, um esquema de diminuição acelerada é oferecido a investidores nos sistemas de energia renovável, para atrair capital para a nova capacidade SER. Apenas os Países Baixos e o Reino Unido oferecem uma isenção de imposto sobre o consumo ou produção de electricidade verde. A França e a Alemanha oferecem isenção de impostos para o uso de biocombustíveis, tais como o biodiesel na Alemanha e o biodiesel e o bioetanol em França.

Exemplo:

Nos Países Baixos, cada consumidor de electricidade tem de pagar uma certa quantia referente a uma taxa “ecológica” chamada REB, por cada kilowat-hora que consome. A quantia varia com o consumo total anual: grandes consumidores (>10000MWh/a) não têm de pagar REB, enquanto que pequenos consumidores (<10MWh/a) são obrigados a pagar 63,9€/MWh. Se o consumidor decide comprar electricidade de fontes de energia renovável, o REB é reduzido para 29€/MWh.

9.2.4 Subsídios, concessões ou programas de empréstimo

É dado apoio financeiro, quer através de subsídios de investimento directo, quer através de empréstimos a baixo juro. Os certificados verdes também oferecem apoio financeiro adicional para a electricidade verde. Os subsídios de investimento estão a ser oferecidos na maior parte dos estados membros da UE, mas com uma dimensão e um realce diferentes. Devido à maturidade da tecnologia, na maioria dos países, a energia eólica já não é elegível para subsídios de investimento. Durante muito tempo, por exemplo, na Dinamarca a energia eólica foi fortemente apoiada, o que levou a um grande desenvolvimento desta tecnologia neste país. Hoje, a força da indústria eólica dinamarquesa mostra os resultados de um investimento inicial, tendo-se tornado um factor importante para a sua economia.

Os sistemas fotovoltaicos (PV) têm sido e são subsidiados, na maior parte dos países, visto que a tecnologia ainda é bastante cara. Contudo, em alguns países com prémios mais altos fixados para a electricidade de sistemas PV, os subsídios têm sido diminuídos ou estão disponíveis apenas para instalações específicas inovadoras ou programas que já terminaram. Em toda a UE, os sistemas de biomassa são apoiados financeiramente por programas de investimento directo, para apoiar uma implementação posterior. Juntamente com os subsídios de investimento directo relacionados com os sistemas SER, existem também subsídios de fundos estruturais da UE, que são oferecidos para melhorar as infraestruturas de certas regiões ou países dentro da UE. Tais concessões estiveram disponíveis em países como Portugal, Espanha e Irlanda, mas também em regiões como a Áustria.

Exemplo 1:

O programa remoto de produção de Energia Renovável na Austrália oferece concessões até 50% dos custos de capital das instalações de energia renovável, que operam fora da rede.

Exemplo 2:

São oferecidos empréstimos a baixo juro, na estrutura do programa Ambiental de um banco alemão (Die Mittelstandsbank), para sistemas de energia renovável, até uma proporção de capital em débito de 75% dos custos do capital total. Os juros destes empréstimos são geralmente 2% mais baixos do que os empréstimos dos bancos.

9.2.5 Apoio administrativo para o SER

Medidas legislativas, fiscais e financeiras são os factores mais importantes para instalar, com sucesso, um sistema de mecanismos de apoio à electricidade verde. Não obstante, uma vez chegado à implementação do SER, deve ser tomado em conta um número de barreiras administrativas, sendo as duas mais importantes os procedimentos de licenciamento e as normas de emissão (gases de efeito estufa, partículas, ruído, etc).

Exemplo 1:

Nos Países Baixos, é muito difícil obter autorização para a instalação de sistemas de biogás com motores de cogeração. Embora os países baixos tenham uma grande produção de resíduos orgânicos de pecuária, os regulamentos para distribuir os resíduos orgânicos digeridos como fertilizante são muito rígidos.

Exemplo 2:

Um exemplo positivo para uma regulamentação, que facilita a implementação do SER, é a necessidade que as autoridades locais na Alemanha têm em atribuir certas áreas nos Planos Directores Municipais, classificando-as como áreas em que possa ser usada energia eólica. Isto dá uma orientação de planeamento importante para localizar projectos de energia eólica.

9.2.6 Apoio de desenvolvimento tecnológico

Um outro aspecto que ajuda a promover o mercado da energia renovável e a criar uma implementação sustentável de energias renováveis na economia nacional, é o desenvolvimento tecnológico. Aqui, os subsídios para investigação e desenvolvimento (I&D) e os programas de investigação nacional, são os instrumentos comuns mais importantes. O apoio de todas as fases, desde a investigação, passando pela demonstração até à implementação, são indispensáveis. Só desta forma será possível assegurar o know-how necessário dentro de uma política de pessoal qualificado. Outro aspecto importante é o fortalecimento da indústria nacional envolvida em produtos e projectos de energia renovável, apoiando assim a própria economia, através da criação de empregos e potencial de exportação. São exemplos excelentes a indústria eólica dinamarquesa e alemã, mas também a indústria fotovoltaica na Alemanha e nos Países Baixos, ou a biomassa na Finlândia e Suécia.

Exemplo:

A estrutura do Programa de Desenvolvimento da Indústria da Energia Renovável (DIER), tem sido estabelecida pelo governo australiano, para apoiar a indústria de energia renovável australiana. Têm sido assegurados programas de concessões competitivas, a empresas que conseguem demonstrar que os seus projectos apoiarão o desenvolvimento da indústria de energia renovável. O DIER fornece A\$ 6 Mio e financiou duas fases anteriores avaliadas em mais de A\$ 2 Mio.

9.2.7 Educação e informação

Por último, mas não menos importante, a educação e a informação também contribuem hoje em dia para a organização de uma política SER com sucesso. Na maior parte dos estados membros da UE, têm sido criadas agências de energia nacional, que levam a cabo funções tais como a oferta de informação e o acompanhamento de projectos, implementando assim activamente a política de energia. Num determinado número de países, foram também formadas agências de energia locais, que focam interesses locais ou regionais específicos.

Exemplo:

A Iniciativa Europeia Soltherm, é uma rede de acção central, que foi criada para estimular o crescimento do mercado dos produtos térmicos solares. Isto deverá conduzir a uma maior contribuição da União Europeia para os objectivos da Campanha de arranque, ao propor 15 milhões de m² de área colectora térmica solar em 2004. Desta forma a União Europeia oferecerá um importante contributo aos objectivos de Kioto, no que respeita a redução da emissão de CO₂. A iniciativa foi feita para fomentar a troca de informação em estruturas de educação, e uma rede da União Europeia para a troca de experiência e conhecimentos, na área das aplicações térmicas solares.

9.3 Informação geral sobre apoio financeiro

Uma concepção financeira saudável é decisiva para o sucesso económico de um projecto de bioenergia. Neste contexto os subsídios desempenham um papel importante. Contudo, a aquisição de capital por parte de terceiros, por exemplo, instituições públicas ou empresas de electricidade, é uma parte fulcral, uma vez que cada projecto tem as suas próprias características e os programas de auxílio financeiro estão muitas vezes relacionados com algumas delas. O tamanho do sistema, o tipo de biomassa utilizada, a quantidade de calor produzido, a localização, entre outras questões, são alguns dos parâmetros que influenciam a selecção do programa apropriado. Em geral, aconselha-se a usar a ajuda de um consultor especialista, que conheça os programas de apoio e que tenha o conhecimento actualizado sobre o estado actual de tais programas.

Um primeiro passo é saber que espécie de instituição fornece apoio para projectos de bioenergia.

Geralmente, estas instituições podem ser classificadas em cinco grupos:

1. Ministérios e instituições afins:
 - Ministério da Economia;
 - Ministério da Agricultura e/ou Florestas;
 - Ministério do Ambiente;
 - Ministério de Investigação e Desenvolvimento (para projectos inovadores).
2. Instituições regionais:
 - Ministérios ou instituições de estados federais ou regiões.
3. Instituições municipais.
4. Organizações independentes:
 - Por exemplo, fundações com preocupações ambientais
5. Empresas de energia.

Apesar do grande número de programas de apoio, a maior parte deles consiste num conjunto de aspectos comuns. De seguida, explicam-se as questões mais importantes, que podem ser encontradas em cada linha de orientação de um programa de apoio.

9.3.1 Elegibilidade do Projecto

Aqui é definido qual o tipo de sistema que é suportado pelo respectivo programa e qual o objectivo que o sistema precisa de cumprir. Geralmente, é diferenciado entre sistemas de biogás, unidades de combustão movidas a biocombustíveis sólidos e sistemas usando biocombustíveis líquidos. Posteriormente, é feita muitas vezes uma diferenciação entre sistemas que produzem apenas electricidade ou apenas calor, ou que combinam a produção de calor com a electricidade (cogeração). Contudo, para o apoio financeiro podem ser especificadas restrições, tendo em conta o tamanho do sistema ou a elegibilidade de certos componentes do sistema. Por exemplo, os custos de propriedade estão muitas vezes excluídos. Os programas regionais definem claramente as localizações onde os sistemas de bioenergia podem ser construídos e operados.

9.3.2 Elegibilidade do Candidato

O grupo de instituições elegível para o apoio financeiro varia de acordo com o tipo de projecto de bioenergia e o programa de apoio. Geralmente, distingue-se entre privados, empresas de diferentes dimensões (PME, etc.), empresas agrícolas ou florestais, instituições públicas (por exemplo, universidades) e indústrias de fornecimento de energia. Em geral, os programas de apoio são desenhados para grupos particulares. Muitas vezes, os programas apresentam restrições, tendo em conta a elegibilidade de organismos públicos para capitais, uma vez que os meios financeiros provêm de fundos públicos e não é suposto refluírem, mas estimularem investimentos adicionais de entidades não públicas.

9.3.3 Critérios de qualificação essenciais (concordância)

De modo a obter apoio financeiro por parte de programas de capital, podem também existir restrições relativas à concordância com certas normas técnicas, ou com a aplicação de regras de gestão de projecto específicos.

Geralmente, para os sistemas de bioenergia, podem pedir-se os seguintes aspectos:

- Concordância com limites de emissão especificados;
- Patamar mínimo de eficiência ou uma taxa de utilização de calor mínimo;
- Tipo de biomassa licenciada.

É também muito importante saber que o projecto não se iniciará antes de se obter um certo certificado ou, em, alguns casos, antes do apoio ser garantido. Contudo, em geral, o planeamento pode começar antes.

9.3.4 Impressos de requerimento

Para além dos impressos de requerimento necessários, é também preciso um número de anexos para complementar a informação do projecto de bioenergia. Os documentos listados a seguir representam alguns documentos que apoiam as instituições de apoio financeiro, na avaliação da proposta de projecto:

- Estudo de impacte ambiental;
- Informação sobre as consequências socio-económicas;
- Contratos (fornecimento da biomassa, aluguer da propriedade...);
- Aprovação do banco sobre o projecto financeiro;
- Extracto do registo do terreno;
- Licenças;
- Propostas de fornecedores.

9.3.5 Tipo e nível de financiamento

O apoio financeiro dos sistemas de bioenergia, funciona por concessões ou empréstimos de baixo juro. Incentivos fiscais complementam muitas das vezes estes instrumentos.

O nível de uma concessão depende dos custos elegíveis e da taxa do auxílio financeiro. Uma taxa de 30% de custos de investimento elegível, significa que o investidor de um projecto de bioenergia necessita de financiar 30% menos. A taxa de subsídio varia de acordo com o tamanho do sistema, o tipo de biomassa, rendimentos etc. Geralmente as taxas são de 25 a 50%.

Exemplo:

Um sistema de biogás é apoiado por um empréstimo de juro baixo, incluindo a remessa parcial em débito até uma certa capacidade de energia da máquina de cogeração. Para máquinas de cogeração maiores, é omitida a remessa em débito para que o apoio seja concedido pelo empréstimo a juro baixo. Isto é uma forma típica de adaptar o nível de apoio à economia de escala.

São muitas vezes oferecidas medidas de apoio, quando um sistema de aquecimento a combustível fóssil é substituído por sistemas de aquecimento a biomassa (por exemplo, um fogão a pellets de madeira ou sistemas centralizados de aquecimento para um edifício) ou em combinação com um sistema térmico solar, ou se forem aplicadas medidas adicionais de conservação de calor (tais como o melhoramento do isolamento do edifício).

9.3.6 Acumulação

Geralmente, o apoio financeiro dos diferentes estados e os programas de apoio municipal ou regional podem ser combinados, de modo a aumentar o nível de apoio a um projecto. Contudo, a maior parte dos programas de apoio limitam a taxa total de apoio financeiro a um projecto. Uma taxa de apoio financeiro de 50% dos custos totais do sistema, é um limite comum que se pode encontrar na maior parte dos programas de apoio financeiro.

9.3.7 Condições actuais para programas de apoio

Devido às diferentes alterações das modalidades de programas de apoio, a publicação de novos programas ou a sua abolição, não são fornecidos quaisquer detalhes sobre programas de apoio neste manual, optando-se por fornecer uma listagem detalhada das fontes de informação onde podem ser obtidas informações actualizadas de programas de apoio e as suas condições actuais.

Os seguintes subcapítulos fornecem informação sobre esquemas de apoio, no campo da bioenergia, para países diferentes.

9.4 Informação complementar sobre as medidas de apoio em vários países

Devido à natureza das políticas e à sua implementação, o tipo e condições das medidas dos programas de apoio para sistemas de bioenergia mudam frequentemente. Esta secção centra-se, portanto, no fornecimento de fontes suplementares de informação para além dos detalhes das medidas de apoio.

Uma lista com “links” a organizações governamentais e não governamentais, que fornecem informações sobre a política da biomassa como portadora de energia renovável, e a sua implementação e medidas de apoio, está disponível em vários países que falam inglês – o Reino Unido, os EUA, Canadá, Austrália e países escandinavos – e na União Europeia. Estes “links” ajudam também a adquirir informação sobre programas regionais.

9.4.1 Fontes de informação em Portugal

| Governo | |
|---|--|
| Agência para a Energia (ADENE) www.adene.pt | A ADENE realiza, prioritariamente, actividades de interesse público no domínio da política energética e dos serviços públicos concessionados ou licenciados no sector da energia. Pode actuar em áreas relevantes para outras políticas sectoriais, quando interligadas com a política energética, em articulação com os organismos públicos competentes. Desenvolve a sua actividade junto dos diferentes sectores económicos e dos consumidores. |
| Direcção Geral de Geologia e Energia (DGGE) www.dge.pt | Responsável pela concepção, promoção e avaliação das políticas relativas à energia e aos recursos geológicos, numa óptica do desenvolvimento sustentável e de segurança do abastecimento energético. |
| Agências de energia municipais e inter-municipais planeta.clix.pt/ag-energia-ave www.cm-tondela.pt www.ageneal.pt www.cm-loures.pt www.amerlis.pt www.areal-energia.pt www.valima.pt/arealima www.aream.pt www.amria.pt www.arevdn.pt www.energaia.pt | As várias agências de energia municipais e inter-municipais desenvolvem os seus planos de desenvolvimento de energias renováveis, nomeadamente da Biomassa. |
| Instituto do Ambiente www.iambiente.pt | Disponibiliza informação sobre o Plano Nacional de Alterações Climáticas e Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável. É responsável pelo processo de Avaliação de Impacte Ambiental. Disponibiliza também informação sobre várias áreas ambientais. |

| Financiamento | |
|---|---|
| Programa de Incentivos à Modernização da Economia (PRIME) www.poe.min-economia.pt | A Medida de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização de Consumos (MAPE) tem por objectivo propiciar apoios dirigidos à produção de energia eléctrica por recurso a energias novas e renováveis, à utilização racional de energia e à conversão dos consumos para gás natural. |

| Associações e Organizações | |
|---|---|
| Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) www.erse.pt | Entidade que tem como uma das competências, contribuir para a progressiva melhoria das condições técnicas, económicas e ambientais nos sectores regulados, estimulando, nomeadamente, a adopção de práticas que promovam a utilização eficiente da electricidade e do gás natural e a existência de padrões adequados de qualidade do serviço e de defesa do meio ambiente. |
| Associação Portuguesa de Energia (APE) www.apenergia.pt | A missão da APE é reflectir sobre as matérias ligadas à evolução do sector energético num contexto de desenvolvimento sustentável em mercados concorrenciais e concretizar acções que visem a dinamização e consolidação do papel do sector energético na economia e na qualidade de vida em Portugal. |
| APREN - Energias Renováveis www.apren.pt | Tem por objecto a coordenação, representação e defesa dos interesses dos seus associados, dotando-os de um instrumento de participação na elaboração das políticas energética e ambiental relacionadas com o aproveitamento dos recursos naturais renováveis, entre os quais o domínio da Biomassa / Biogás. |
| Associação Portuguesa de Cogeração (COGEN Portugal) www.cogenportugal.com | Tem por objectivo promover a utilização eficiente através da energia da cogeração, sendo esta entendida como produção combinada do calor e da electricidade com utilização efectiva das duas formas de energia. |

| I&D e outras fontes de informação | |
|--|--|
| Departamento de Energias Renováveis do INETI www.ineti.pt | As actividades desenvolvem-se em variados campos, desde os biocombustíveis ao tratamento e valorização de resíduos e efluentes, e à utilização das potencialidades das microalgas. |

9.4.2 Fontes de informação no Reino Unido

| Governo | |
|---|--|
| Department of Trade and Industry (DTI) www.dti.gov.uk | A última informação sobre o programa de fundos do departamento do comércio e indústria para energia renovável (chamadas para proposta, etc); também fornece informação sobre a política de bioenergia. |
| Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) www.defra.gov.uk | Últimas informações sobre o apoio à plantação de colheitas para fins energéticos |
| Energy Savings Trust (EST) www.est.org.uk | Informação sobre a eficiência da energia e mudanças climáticas; programas para autoridades locais, consulta a pequenas empresas. |
| UK Government Non-Food Use of Crops Research Database cbaforms.maff.gov.uk/aims | Lista de todos os projectos governamentais I&D financiados sobre colheitas não alimentares. |
| The Office of Gas and Electricity Markets (OFGEM) www.ofgem.gov.uk | Organização reguladora para o mercado de gás e electricidade; administra Renewable Obligation (RO). Informação sobre assuntos práticos de RO. |
| The Carbon Trust www.thecarbontrust.co.uk | O Carbon Trust está a desenvolver e a implementar programas para apoio a tecnologias de baixa emissão de carbono |
| Enhanced Capital Allowance Scheme (ECA) www.eca.gov.uk | Pela Carbon Trust em colaboração com DEFRA e Inland Revenue, para fornecer informação acerca do Esquema ECA |
| PRASEG www.praseg.org.uk/ | Grupo Parlamentar de Energia Renovável e Sustentável. Novidades para a implementação prática de medidas de apoio, tais como a Renewable Obligation |
| Financiamento | |
| DTI Support Programme www.dti.gov.uk/renewable/geninfo.html | Informação sobre o programa de apoio do Governo do Reino Unido para SER |
| New Opportunities Fund www.nof.org.uk | O New Opportunities Fund distribui o dinheiro da lotaria nacional e disponibilizará brevemente 50 milhões de libras para projectos eólicos, projectos de colheitas para fins energéticos e de projectos de pequena escala de aquecimento a biomassa. |
| Capital Grants Scheme (DTI) www.dti.gov.uk/energy/renewables/support/capital_grants.shtml | Fundos para projectos de demonstração em projectos eólicos, projectos geradores de electricidade a partir de colheitas para fins energéticos e esquemas de aquecimento de biomassa de pequena escala. |
| Landfill Tax Credit Scheme www.entrust.org.uk | Objectivo: apoiar projectos comunitários ambientais e incentivar parcerias entre operadores de aterros e comunidades locais; o ENTRUST gere este esquema. |

| Financiamento (cont.) | |
|--|---|
| Landfill Tax Credit Scheme Bank Account - from The Co-operative Bank www.co-operativebank.co.uk | Criou uma conta especial para organizações registadas na Entrust |
| DEFRA England Rural Development Programme www.defra.gov.uk/erdp/erdpfrm.htm | Informação sobre o programa DEFRA, de desenvolvimento rural para a Inglaterra, que inclui garantias para colheitas para fins energéticos (Energy crop scheme - ECS) |
| Clear Skies Renewable Energy Grants www.clear-skies.org | Informação para o esquema de concessões do DTI para sistemas de energia renovável |
| Scottish Community and Householder Renewables Initiative (SCHRI) http://www.est.org.uk/schri/ | A SCHRI fornece concessões, conselhos e apoio a projecto para desenvolver e gerir esquemas renováveis novos |
| Community Renewables Initiative's (CRI) www.countryside.gov.uk/communityrenewables/ | Fornecer conselhos sobre como estabelecer projectos SER, financiamento e fundos, tecnologia, etc. |

| Associações e Organizações | |
|--|--|
| British Bio Gen www.britishbiogen.co.uk | Associação comercial para a indústria da bioenergia britânica; informação geral sobre bioenergia |
| Renewable Power Association www.r-p-a.org.uk | Associação comercial representante dos produtores de energia renovável no Reino Unido; vasta informação sobre energia renovável, política e medidas de apoio |
| Environmental Services Association www.esauk.org | Associação Comercial para empresas fornecedoras de serviços de gestão de resíduos e serviços ambientais associados |
| National Assembly Sustainable Energy Group www.naseg.org | Organização para promover o desenvolvimento sustentável e energia renovável no País de Gales; informação especial sobre programas de apoio no País de Gales |
| Western Regional Energy Agency & Network www.wrean.co.uk | Agência de Energia na Irlanda do Norte que promove o SER |
| British Association for Biofuels and Oils (BABFO) http://www.biodiesel.co.uk/ | Organização dedicada à promoção de combustíveis de transporte e óleos provenientes de fontes renováveis. |

| I&D e outras fontes de informação | |
|---|---|
| Biomass Pyrolysis Network (PyNe) www.pyne.co.uk | Rede global de pesquisas activas e fomentadores de pirólise rápida da biomassa; informação tecnológica |
| Biomass Gasification Network (GasNet) www.gasnet.uk.net | Rede global de pesquisas activas e implementadoras de pirólise rápida da biomassa; informação tecnológica |

9.4.3 Fontes de informação nos Estados Unidos da América

| Governo | |
|--|--|
| Department of Energy (DoE) www.doe.gov | Política de energia, programas de apoio, links para outras fontes de informação |
| EERE – Bioenergy www.eere.energy.gov/RE/biopower | Secção de bioenergia do site DoE dos EUA sobre eficiência de energia e energia renovável |
| Biofuels Information Network Bioenergy.ornl.gov | Informação extensa sobre bioenergia pelo Oakridge National Lab |
| Financiamento | |
| www.science.doe.gov/grants/ | Concessões Disponíveis nos EUA. Departamento de Energia |
| Regional Biomass Energy Program (RBEP) www.ott.doe.gov/rbep/ | Informação sobre cinco programas de bioenergia regionais, administrados pelo Fuels Development Office dentro do DOE's Office of Transportation Technology. O programa tem ligações estreitas com o DOE's Office of Power Technologies. |
| Southeastern Regional Biomass Energy Program (SERBEP) www.serbep.org | Secção leste do RBEP |
| Great Lakes Regional Biomass Energy Program (GLRBEP) www.cglg.org/1projects/biomass/index_frame.html | Secção dos Grandes Lagos do RBEP |
| Northeast Regional Biomass Program (NRBP) www.nrbp.org | Secção nordeste do RBEP |
| Pacific Regional Biomass Program (PRBP) www.pacificbiomass.org | Secção do Pacífico do RBEP |
| Western Regional Biomass Energy Program (WRBEP) www.westbioenergy.org | Secção oeste do RBEP |
| U.S. Department of Energy National Biofuels Program www.biofuels.doe.gov | Programa dedicado ao apoio do desenvolvimento e aplicação de biocombustíveis |
| The Energy Foundation www.energyfoundation.org | Fundação independente apoiada por várias fundações para promover a eficiência da energia e energia limpa; vários programas de apoio para SER |
| Database on State incentives for RES www.dsireusa.org | Projecto gerido pelo Interstate Renewable Energy Council (IREC), financiado pelo DOE; informação e medidas de apoio nos diferentes estados dos EUA |

| Associações e Organizações | |
|---|--|
| Renewable Energy Policy Project solstice.crest.org/bioenergy | Informação, análise de políticas e novidades sobre SER; financiada pelo DOE, EPA e várias fundações |
| American Bioenergy Association www.biomass.org | |
| Biomass Research and Development Initiative www.bioproducts-bioenergy.gov | Coordena o esforço de I&D no campo da biomassa; gerida pelo National Biomass Coordination Office (DOE & Department of Agriculture - DA) |
| Biomass Energy Research Association www.bera1.org | Informação sobre bioenergia |
| American Coalition for Ethanol www.ethanol.org | Associação de indústrias de etanol; informação extensa sobre etanol incluindo preços |
| Renewable Fuels Association (RFA) www.ethanolrfa.org | Associação comercial nacional para a indústria de etanol nos EUA, factos sobre a política, etanol, centrais e outros |
| National Biodiesel Board www.biodiesel.org | Associação comercial nacional representante da indústria biodiesel; informação sobre biodiesel, fontes de biodiesel, etc. |
| The Climate Ark www.climateark.org | Portal sobre mudanças climáticas e energia renovável, informação extensa e links |
| Green-e Renewable Electricity Certification Program www.green-e.org | Certificação de produtos de electricidade renováveis. Fornece informação aos consumidores de electricidade verde. Administrada pelo Center for Resource Solutions sem fins lucrativos. |
| Sustainable Energy Coalition www.sustainableenergy.org | Organização principal de mais de 30 associações do campo de SER; fornece novidades sobre SER |

| I&D e outras fontes de informação | |
|---|---|
| Alternative Fuels Data Center www.afdc.nrel.gov | O centro de dados NREL fornece informação sobre combustíveis alternativos, listagem de veículos a combustível alternativo disponíveis, incluindo um sistema delineado de estação de combustível interactivo |
| National Renewable Energy Laboratories www.nrel.gov | Informação sobre SER (também bioenergia) |

9.4.4 Fontes de informação no Canadá

| Governo | |
|---|--|
| CANMET www.nrcan.gc.ca | Desempenha e patrocina a pesquisa sobre energia, desenvolvimento tecnológico e demonstração dentro do Natural Resources Canada, um departamento dentro do governo federal canadiano; informação sobre financiamentos |
| NRCAN www.nrcan.gc.ca | Departamento governamental federal, especializado em desenvolvimento sustentável e uso de fontes naturais |
| Canadian Renewable Energy Network (CanREN) | Criada através de esforços do Natural Resources Canada (NRCAN); informação sobre todas as tecnologias de energia renováveis |
| Office of Energy Efficiency (OEE) oee.nrcan.gc.ca | Centro de excelência para a eficiência da energia e informação sobre combustíveis alternativos |
| Financiamento | |
| National Biomass Ethanol Program (NBEP) www.fcc-sca.ca | Administrado pelo Farm Credit Canada (FCC) em nome do Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC) |
| Renewable Energy Deployment Initiative (REDI) www.nrcan.gc.ca | Programa de apoio para SER, especificamente para sistemas de combustão de biomassa de elevada eficiência e baixa emissão |
| Associações e Organizações | |
| Canadian Renewable Fuels Association www.greenfuels.org | Informações sobre etanol, biodiesel, etc. |

9.4.5 Fontes de informação na Austrália

| Governo | |
|--|--|
| The Australian Greenhouse Office www.greenhouse.gov.au | Informação sobre mudanças climáticas, desenvolvimento sustentável e SER – links, programas de financiamento, informação abrangente, etc. |
| Sustainable Energy Development Authority NSW www.seda.nsw.gov.au | Informação sobre SER em NSW – política, programas de apoio, informação de base |
| Sustainable Environment Authority of Victoria www.seav.vic.gov.au | Informação sobre SER em Victoria – política, programas de apoio, informação de base |
| Greenhouse Office of Victoria www.greenhouse.vic.gov.au | Informação sobre a estratégia de Redução de Gases Estufa de Victoria |
| Energy SA Sustainable and renewable energy www.sustainable.energy.sa.gov.au/home/home.htm | Informação sobre SER em SA – política, programas de apoio, informação de Base |
| Western Australian Government - Office of Energy www.energy.wa.gov.au | Informação sobre SER na Austrália Ocidental – política, programas de apoio, informação de base |

| Governo (cont.) | |
|--|--|
| Department of Infrastructure, Energy and Resources, State Government of Tasmania www.dier.tas.gov.au | Informação sobre SER na Tasmania – política, programas de apoio, informação de base |
| Department of Business, Industry and Resource Development of Northern Territory www.dme.nt.gov.au | Informação sobre SER nos Territórios do Norte – política, programas de apoio, informação de base |
| Sustainable Energy Development Office of Western Australia www.sedo.energy.wa.gov.au | Informação sobre SER na Austrália Ocidental – política, programas de apoio, informação de base |

| Financiamento | |
|---|--|
| Renewable Energy Rebate Program www.dme.nt.gov.au | Apoio para Sistemas de Fornecimento de Energia a áreas remotas (RAPS) incorporando energia renovável |
| Programas de governo para SER www.greenhouse.gov.au/renewable/government.html | Informação sobre um número de programas nacionais de governo para apoiar SER |
| Western Australia RES programs www.sedo.energy.wa.gov.au | Informação sobre um número de programas de apoio direccionados para diferentes SER – I&D e penetração de mercado |

| Associações e Organizações | |
|--|---|
| www.users.bigpond.net.au/bioenergy/australia/Home.htm | Um forum governo-indústria para promover e facilitar o desenvolvimento de biomassa para a energia, combustíveis líquidos, e outro valor adicionado aos produtos bio-baseados |
| Biodiesel Association of Australia Associação de Biodiesel da Austrália www.biodiesel.org.au | Promoção do biodiesel na Austrália; informação de fundo, links |
| Australian Biofuels Association Associação Australiana de Biocombustíveis www.australianbiofuelsassociation.org.au | Apoio e lobby para cultivadores australianos e processadores de stock de alimentação de biomassa, produtores domésticos de biocombustíveis, distribuidores de biocombustíveis, organizações de pesquisa e desenvolvimento, informação abrangente sobre biocombustíveis. |

9.4.6 Fontes de informação na Escandinávia

| Governo | |
|---|---|
| Danish Energy Agency www.energistyrelsen.dk | Informação sobre SER, programas de apoio, links na Dinamarca |
| The National Danish Energy Information Centre www.energioplysningen.dk | Mais informação sobre SER, política e links na Dinamarca |
| Danish Energy Authority www.ens.dk | Informação sobre a política de energia na Dinamarca, incluindo legislação, por exemplo, normas de emissão |
| Finish Ministry of trade and Industry www.ktm.fi | Informação sobre SER, programas de apoio e links na Finlândia |

| Governo (cont.) | |
|---|--|
| National Technology Agency of Finland www.tekes.fi | Informação sobre SER, programas de apoio e links na Finlândia |
| Norwegian Energy Agency www.enova.no | Parte do Ministério Real Norueguês do Petróleo e Energia. A principal missão do Enova é contribuir para a defesa do ambiente e uso racional e produção de energia; informação, programas de apoio e outros instrumentos financeiros e incentivos |
| Swedish Energy Agency www.stem.se | Informação sobre SER, programas de apoio, links na Suécia |

| Associações e Organizações | |
|---|---|
| Danish Biomass Association (DANBIO) www.biomass.dk | Informação sobre bioenergia e programas de apoio na Dinamarca |
| Svenska Bioenergiföreningen (SVEBIO) www.svebio.se | A associação sueca de bioenergia é organizadora do World Bioenergy Conference 2004. Informação sobre todos os tópicos relacionados com bioenergia na Suécia |
| Norwegian Bioenergy association (NoBio) www.nobio.no | Informação sobre bioenergia na Noruega; inclui lista de fornecedores de combustível bioenergético |
| Finish Bioenergy Association (FINBIO) www.finbioenergy.fi | Informação detalhada sobre bioenergia, empresas, tecnologia, estatística, links e outros |
| The Swedish Association of Pellet Producers (PiR) www.pelletsindustrin.org | Membros operam dezasseis das mais de vinte fábricas de produção no país. Informação sobre pellets e produtores |
| Danish Centre for Biomass Technologies www.videncentcenter.dk | Informação detalhada sobre bioenergia em geral, tecnologia, informação detalhada para palha |

| I&D e outras fontes de informação | |
|--|---|
| Nordic Energy Research www.nefp.info | Focalização: integração do mercado de energia, fontes de energia renovável, eficiência da energia, a sociedade de hidrogénio e consequências das mudanças climáticas na esfera da energia |
| Technical Research Centre of Finland www.vtt.fi | Informação detalhada sobre bioenergia |
| Teknologisk Institut www.teknologisk.dk | Centro de testes para unidades de combustão de biomassa de pequena escala; inclui listas das caldeiras aprovadas |

9.4.7 Fontes de informação noutros países de língua inglesa

| África do Sul | |
|---|--|
| Department of Minerals and Energy www.dme.gov.za | Informação sobre programas de apoio e política do SER na África do Sul |

| Nova Zelândia | |
|---|---|
| Energy Efficiency & Conservation Authority (EECA) www.eeca.govt.nz | Informação sobre a política SER e outras na Nova Zelândia |
| Bioenergy Association of New Zealand (BANZ) www.bioenergy.org.nz | Informação de fundo sobre bioenergia, tecnologia, publicações, etc. |

9.4.8 Fontes de informação ao nível da UE

| UE e Europa | |
|---|--|
| UE | Página de entrada geral do site da Comissão Europeia; informação para todos os programas de apoio existentes na UE para SER |
| A Global Overview of Renewable Energy Sources (AGORES) www.agores.org | Site da CE que fornece informação sobre fontes de fundos europeus, políticas SER, informação de tecnologia geral incluindo descrições de projectos, actores chave nacionais nos membros estados CE e publicações sobre SER |
| CORDIS www.cordis.lu | Servidor de informação da CE, fornecendo informação sobre I&D, inovações, programas de apoio e outros |
| European Biomass Association (AEBIOM) www.ecop.ucl.ac.be/aebiom | Associação principal das associações de biomassa nacionais; organização política para reforçar o desenvolvimento do mercado de bioenergia europeu; informação geral, links, papers, newsletter. |
| European Renewable Energy Centres Agency (EUREC) www.eurec.be | Grupo de interesse económico para reforçar e racionalizar os desempenhos de I&D europeus em tecnologias de energia renovável |

9.4.9 Outras fontes de informação sobre biomassa

| Dados de biomassa | |
|---|---|
| Phyllis www.ecn.nl/phyllis/ | Base de dados holandesa de biomassa e resíduos; análise dos dados sobre um largo número de cadeias de biomassa diferentes |
| BIOBIB www.vt.tuwien.ac.at/biobib/search.html | Base de dados austríaca de biocombustíveis; gerida pela Universidade Técnica de Viena |
| Climate Neutral Gaseous and Liquid Energy Carriers (GAVE) gave.novem.nl | Programa do governo holandês; informação geral e detalhada sobre biocombustíveis |

| Internacional | |
|--|--|
| International Energy Agency (IEA) www.iea.org | Informação sobre todos os aspectos relacionados com energia |
| IEA Bioenergy www.ieabioenergy.com | Secção de biomassa do IEA; informação detalhada sobre I&D de biomassa e estado da tecnologia; muitos relatórios para “download” |
| Renewables Information Database www.iea.org/statist/renew.htm | Fornecer estatísticas sobre energia renovável nos países membros da OCDE |
| Centre for Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies (CADDET) www.caddet-re.org | Rede de informação internacional que fornece a gestores, engenheiros, arquitectos e investigadores, informação acerca das energias renováveis e tecnologias de poupança de energia |
| AFB NET www.vtt.fi/virtual/afbnet/ | Rede europeia de bioenergia; fornece informações detalhadas sobre tecnologia, potencialidades, actividades nacionais sobre bioenergia. |
| European Energy Crops InterNetwork www.eeci.net | Rede que apoia, trata e distribui informação sobre pesquisa, desenvolvimento e implementação de actividades de colheitas para fins energéticos. |

