



Instituto Politécnico  
de Castelo Branco  
Escola Superior  
de Tecnologia

## Dimensionamento de um sistema de aquecimento a Biomassa para a ESACB



Bawoyma Tchulan

**Orientador**

Nuno Rocha Pedro

Projeto final de dimensionamento de aquecimento a biomassa para ESACB de Energias Renováveis do curso de Licenciatura em Engenharia das Energias Renováveis.

**Fevereiro 2023**



## **Composição do júri**

Cristina Maria Martins Alegria

Prof. Coordenadora

José Sarreira Tomás Monteiro

Prof. Adjunto

Nuno Cláudio da Rocha Meses Pedro

Prof. Adjunto



## **Agradecimentos**

Um forte agradecimento ao meu orientador Professor Nuno Pedro por ter aceitado ser meu orientador na elaboração deste projeto, pela correções e sugestões apresentadas ao longo da dissertação, como por todo o apoio e conhecimentos transmitidos ao longo dos últimos três anos e por ter acreditado em minha força de vontade e capacidade.

Ao meu Pai e a minha Mãe, pela educação e apoio que sempre me deram e a todos os meus irmãos.

Tenho de agradecer também a todos os meus amigos, em especial aos amigos que fiz no curso de Engenharia das Energias renováveis, ao contribuírem significativamente para que eu pudesse concluir o curso, e também os amigos com quem compartilhei a casa durante todos estes anos. Enfim, a todos que de uma forma direta ou indiretamente permitiram que este trabalho se tornasse realidade.



## **Resumo**

A Biomassa é uma fonte de energia renovável, uma vez que as plantas utilizadas para a produzir podem ser replantadas. Isso reduz a dependência de combustíveis fósseis evitando emissões de gases de efeito estufa e contribuindo para mitigação de mudanças climáticas.

O objetivo deste projeto é analisar as previsões financeiras relacionadas à substituição do sistema de aquecimento a gás propano atualmente instalado na ESACB por um sistema de aquecimento a biomassa. Além disso, busca-se estimar o impacto que essa substituição pode ter nas emissões anuais de gases com efeito de estufa.

Para tal dimensionou-se o novo sistema tendo sido calculados para os dois sistemas de aquecimento considerados as quantidades de combustível anualmente requeridas, as emissões resultantes bem como os custos associados ao seu funcionamento.

Os resultados mostram que são necessárias 79,073 toneladas anuais de gás propano face a 189,98 toneladas de biomassa anuais, o primeiro sistema emite anualmente 237 toneladas de CO<sub>2</sub> em comparação com 204 toneladas emitidas pelo novo sistema. A poupança anual no funcionamento pela substituição da caldeira a gás pela biomassa é igual a 34 865 euros anuais tendo sido calculado um valor líquido atualizado, ao fim de 10 anos de 513 943 € e um período de recuperação do investimento de 1 ano 8 meses e 24 dias.

## **Palavras-chave**

Energia, renovável, Biomassa, Aquecimento, Dimensionamento.



## **Abstract**

Biomass is a source of energy, since the plants used to produce it can be replanted. This reduces dependence on fossil fuels, avoiding greenhouse gas emissions and contributing to climate change mitigation.

The objective of this project is to analyze the financial forecasts related to the replacement of the propane gas heating system currently installed at ESACB with a biomass heating system. Furthermore, we seek to estimate the impact that this replacement may have on annual greenhouse gas emissions.

To this end, the new system was sized, and the quantities of fuel required annually, the resulting emissions as well as the costs associated with its operation were calculated for the two heating systems.

The results show that 79.073 tons of propane gas are needed annually compared to 293.38 tons of biomass annually, the first system emits 237 tons of CO<sub>2</sub> annually compared to 04 tons emitted by the new system. The annual savings in operation by replacing the gas boiler with biomass is equal to 34,865 euros per year, with an updated net value calculated after 10 years of € 51 3943 and a payback period of 1 year 8 months and 24 days.

## **Keywords**

Energy, renewable, Biomass, Heating, Dimensioning.



## Índice geral

1.	Introdução.....	1
2.	Objetivo do trabalho.....	1
3.	Revisão Bibliográfica.....	2
3.1	Contributo das Energias Renováveis no consumo de energia em Portugal.....	2
3.2	Biomassa Disponibilidade e Utilização.....	4
3.2.1	Biomassa .....	4
3.2.2	Fonte de Biomassa .....	5
3.3	Utilização de Biomassa para produção de Energia Térmica .....	6
3.3.1	Conversão de Biomassa sólida .....	8
3.3.2	Produtos.....	8
3.3.3	Fábricas de Pellets em Portugal.....	9
3.3.4	Estilhas de madeira.....	10
3.3.5	Propriedades da biomassa que influênciam a sua conversão em energia .....	11
3.4	Combustão .....	13
3.4.2	Estequiometria da combustão .....	15
3.4.5	Parametrização do dimensionamento térmico.....	16
3.5	Caldeira a gás e a Biomassa.....	19
3.5.1	Requisitos de instalação e normas.....	19
3.5.2	Normas de instalação de caldeiras .....	20
3.5.3	Caldeira de aquecimento de água quente .....	20
3.5.4	Layouts de Instalação da caldeira .....	23
3.5.5	Os principais Componente que completam o sistema da caldeira .....	23
3.5.6	Avaliação de Investimentos.....	26
3.5.7	A Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) .....	28
3.5.8	O Período de Recuperação do Investimento (PRI) .....	29
4.	Caraterização de sistema de aquecimento a biomassa para ESACB.....	30
4.1	Enquadramento .....	30
4.1.1	Caraterização Climática.....	30
4.1.2	Temperatura.....	30
4.1.3	Exposição Solar .....	31

4.1.4 Radiação Solar.....	31
4.1.5 Edifícios da Escola Superior de Agraria (ESACB).....	32
4.1.6 Localização do projeto.....	32
5. Caraterização de sistema térmico de ESACB.....	33
5.1 Determinação do Volume principal dos edifícios da ESACB.....	34
5.2 Potência Instalada.....	35
5.3 Combustível.....	35
5.4 Emissões.....	37
5.5 Custos anuais.....	37
6. Substituição de sistema de aquecimento.....	38
6.1 Potência (metodologia do cálculo).....	38
6.2 Estilha.....	40
6.2.1 Custos anuais de estilha.....	42
6.2.2 Armazenamento de estilha.....	42
6.2.3 Emissões.....	43
6.3 Viabilidade Financeira.....	43
7. Conclusão.....	45
8. Bibliografia.....	46

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> - O Contributo da Energia Renovável no Consumo de Energia Primária 2021 (DGEG,2023).....	2
<b>Figura 2</b> - Evolução da Produção de Eletricidade por Fonte em Portugal Continental (APREN 2023).....	3
<b>Figura 3</b> - Utilização da Biomassa para produção de calor (DGEG, 2022).....	4
<b>Figura 4</b> - Ciclo de energético de biomassa (MAGALHÃES, 2023).....	5
<b>Figura 5</b> - Conversão da biomassa sólida (SILVA,2016).....	8
<b>Figura 6</b> - Biomassa Pellets de madeira (CNA, 2022).....	8
<b>Figura 7</b> - Certificação das pellets e uma indicação do uso pretendido em Fábricas de pellets em Portugal (PELLETS, 2022).....	9
<b>Figura 8</b> - estilha de madeira (SILVA A. , 2014).....	10
<b>Figura 9</b> - Processos termoquímicos da conversão da biomassa (SILVA, 2021).....	12
<b>Figura 10</b> - Processo de Gaseificação (OLIVEIRA, 2019).....	13
<b>Figura 11</b> - Fases da combustão de uma partícula de biomassa (RUIVO, 2017).....	14
<b>Figura 12</b> - Representação gráfica da temperatura em função do ar de combustão (Silva, 2019).....	15
<b>Figura 13</b> - caldeira de aquecimento e radiador (PEDRO, 2021).....	21
<b>Figura 14</b> - caldeira em fase de funcionamento diferente (PEDRO, 2021).....	21
<b>Figura 15</b> -Termoacumulador de água quente (PEDRO, 2021).....	22
<b>Figura 16</b> - Layouts de Instalação da caldeira (CASA, 2014).....	23
<b>Figura 17</b> - Silo para uma caldeira. Fonte: (MAFA).....	23
<b>Figura 18</b> - Regulador de tiragem (PEDRO, 2021).....	24
<b>Figura 19</b> - vaso de expansão (PEDRO, 2021).....	24
<b>Figura 20</b> - válvula de anticondensação (PEDRO, 2021).....	25
<b>Figura 21</b> - Bomba circulado da caldeira (PEDRO, 2021).....	25
<b>Figura 22</b> - Chaminé (PEDRO, 2021).....	25
<b>Figura 23</b> -Taxa Interna de Rendibilidade Fonte (XIRIMBIMBI, 2018).....	29
<b>Figura 24</b> - Gráfico Media das temperaturas máxima, mínimas e médias diárias no período 1971-2000 (CASTELO BRANCO, 2020).....	30
<b>Figura 25</b> - Mapa de Exposições de concelho de Castelo Branco (CASTELO, 2022)....	31
<b>Figura 26</b> - Horas do sol em castelo Branco (Climate-Data 2023).....	31
<b>Figura 27</b> - Localização do projeto ESACB Fonte (Google Earth, 2023).....	32
<b>Figura 28</b> - Edifício principal da ESACB.....	32
<b>Figura 29</b> - umas das Imagens de caldeiras da ESACB.....	33
<b>Figura 30</b> - Placa de informação de caldeira.....	33
<b>Figura 31</b> - vaso de Expansão que serve para equilibrar termicamente a temperatura ligada a rede de água.....	33
<b>Figura 32</b> - Coeficiente Térmicos [W/m3) (MERLIN, 2020).....	38

**Figura 33-** Caldeira de Biomassa Oliva “lascas de madeira” (PINTO, 2014). .....39

## Índice de símbolos

APREN - Associação Portuguesa de Energias Renováveis

AQS- Água Quente Sanitário

COEF.T- Coeficiente Térmico

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia

ESACB- Escola Superior De Agraria Castelo Branco

FER- Fonte De Energia Renováveis

IRENA - International Renewable Energy Agency

ma - massa de ar

mc - massa de combustível

MJ/Kg- Megajoule por Quilograma

O<sub>2</sub>TEO- Oxigénio Teórico

O<sub>2</sub>Real- Oxigénio Real

O<sub>2</sub>EXC- Oxigénio Em Excesso

PCI - Poder Calorífico Inferior

PCS - Poder Calorífico Superior

RA/f- Relação A/F

Vol- Volume

VAL- Valor Atual Líquido

TIR-Taxa Interna de Rentabilidade



## Lista de tabelas

<b>Tabela 1-</b> Evolução mensal do consumo de gás natural, petróleo e carvão em Portugal (DGEG, 2023).....	3
<b>Tabela 2-</b> Área, Altura e Volume do edifício em estudo.....	34
<b>Tabela 3</b> característica de caldeira de gás propano. ....	35
<b>Tabela 4</b> - Poder calorífico superior e inferior do gás propano.....	35
<b>Tabela 5-</b> Massa de combustível de Gás propano. ....	36
<b>Tabela 6-</b> Oxigénio Teórico, em excesso e real do gás propano. ....	36
<b>Tabela 7-</b> Relação Ar/Fuel.....	36
<b>Tabela 8-</b> Massa de Ar de gás propano.....	37
<b>Tabela 9-</b> Composição volumétrica e mássicas dos Gases emitidos pela queima de gás propano. ....	37
<b>Tabela 10-</b> Custos de gás Propano.....	37
<b>Tabela 11-</b> Volume e coeficiente térmico do edifício em estudo.....	38
<b>Tabela 12-</b> Característica de caldeira a Biomassa Estilha. ....	39
<b>Tabela 13-</b> composição da estilha em matéria seca. ....	40
<b>Tabela 14-</b> Poder calorífico Superior e inferior.....	40
<b>Tabela 15-</b> Massa de combustível de estilha.....	41
<b>Tabela 16-</b> Oxigénio teórico, em excesso e real de estilha. ....	41
<b>Tabela 17-</b> Relação A/F de estilha. ....	42
<b>Tabela 18-</b> Massa de ar de estilha de Pinho. ....	42
<b>Tabela 19-</b> Custo anuais de estilha. ....	42
<b>Tabela 20-</b> Volume para armazenamento de estilha. ....	42
<b>Tabela 21-</b> Composição volumétrica e mássicas dos Gases emitidos pela queima de estilha. ....	43
<b>Tabela 22-</b> Análise de viabilidade financeira de sistema de biomassa parâmetros a considerar.....	43
<b>Tabela 23-</b> Análise de viabilidade do sistema a Biomassa. ....	44
<b>Tabela 24-</b> cálculo do período de retorno de investimento do sistema a Biomassa. .	44

