



Dimensionamento de um Sistema de aquecimento a biomassa para a Escola Superior Tecnologia Castelo Branco

Paulo Lopes Pereira Mendes, 20190389

Orientador

Professor Nuno Pedro

Trabalho de projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de licenciado em Engenharia Das Energias Renováveis, realizado sob a orientação científica da Professor Coordenador, Doutor Nuno Pedro, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Outubro, 2023

Composição do júri

Presidente do júri

Doutor Luís Neto

Professor Adjuto do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Arguente

Doutora Cristina Maria Martins Alegria

Professora adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Orientador

Doutor Nuno Cláudio Meses Pedro

Professor coordenador com agregação do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a conclusão deste projeto, meus familiares, a minha mãe, meu pai e meus irmãos, aos meus amigos, colegas de turma e trabalho que me motivaram e me ajudaram varias vezes durante todo o processo. Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu orientador, prof. Nuno Pedro, por sua orientação valiosa, apoio incansável e insights valiosos que enriqueceram significativamente este projeto.

A escola superior de tecnologia que disponibilizou uma sala com computadores para ter acesso a alguns documentos importantes e por me fornecerem dados da eficiência energética da escola, do consumo anual e das caldeiras utilizadas.

Resumo

No seguinte trabalho de projeto vai ser desenvolvido um estudo para a substituição das caldeiras a gás natural, atualmente instaladas na Escola Superior Tecnologia Castelo Branco por uma caldeira a biomassa. Na instalação atual encontra-se quatro caldeiras sendo que duas têm 480 KW e as outras duas têm 350 KW, estas que vão substituir vão ser duas caldeiras para blocos A e B, e C e D com 1050 KW e 680 KW respetivamente. Neste projeto será avaliado o sistema de queima existente na Escola Superior Tecnologia Castelo Branco para a produção energia térmica para o fim de aquecer a escola, com base nos consumos mensais de gás natural ao longo do ano e com a taxa de ocupação da Escola Superior Tecnologia Castelo Branco, foi realizado um dimensionamento e implementação de uma caldeira a biomassa, analisando a razão custo-benefício do biocombustível pellets.

Para determinar o controlo de rendimento da caldeira a biomassa, foi necessário a determinação prévia de parâmetros de alimentação como o caudal mássico do combustível e do comburente, parâmetros de controlo da eficiência da combustão e a composição dos produtos de combustão. Posteriormente, para determinar a viabilidade económica do investimento da caldeira a biomassa, aplicaram-se parâmetros de análise económica, como o valor atualizado líquido (VAL) e período de recuperação do investimento (PRI).

As caldeiras a gás natural atualmente instaladas têm uma potência total de 1660 KW e representam uma despesa anual de 13 796,19 € em gás natural sendo que a escola não usa a potência total, caso usasse, a despesa anual seria de 38 645,1€. O sistema de aquecimento proposto é uma caldeira a pellets com uma potência de 1600 kW, que para os mesmos consumos representa uma despesa anual prevista de 34 927,7€ em pellets. Como o consumo para o aquecimento da escola não é o pico da potência total, o investimento não seria viável porque demoraria muitos anos ate conseguir o retorno de lucro.

Palavras-chave

Biomassa; Caldeira a biomassa; Pellets; Gás natural; Escola Superior Tecnologia

Abstract

In the ensuing project work, a study will be developed to replace the natural gas boilers, currently installed at Escola Superior Tecnologia Castelo Branco, with a biomass boiler. In the current installation there are four boilers, two of which are 480 KW and the other two are 350 KW. These will be replaced by two boilers for blocks A and B, and C and D with 1050 KW and 680 KW respectively. This project will be based on the existing burning system at the Escola Superior Tecnologia Castelo Branco for the production of thermal energy to heat the school, based on the monthly consumption of natural gas throughout the year and the occupancy rate of the Escola Superior Castelo Branco Technology, a biomass boiler was designed and implemented, analyzing the cost-benefit ratio of biofuel pellets.

To determine the performance control of the biomass boiler, it was necessary to previously determine energy parameters such as the maximum fuel and combustion flow, combustion efficiency control parameters and the composition of the combustion products. Subsequently, to determine the economic forecasts for the biomass boiler investment, economic analysis parameters were applied, such as the net present value (NPV) and the investment payback period (IPP).

The currently installed natural gas boilers have a total power of 1660 KW and represent an annual expense of €13,796.19 in natural gas and the school does not use the full power, if it did, the annual expense would be €38,645.1 €. The proposed heating system is a pellet boiler with a power of 1600 kW, which for the same consumption represents an estimated annual expenditure of €34,927.7 in pellets. As the consumption for heating the school is not the peak of the total power, the investment would not be viable because it would take many years to achieve a return on profit.

Keywords

Biomass; Biomass boiler; Pellets; Natural gas; Higher School of Technology

Índice geral

1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 Energias Renováveis.....	3
2.2 Biomassa.....	4
2.2.1 Disponibilidade da biomassa e tipos [gasosos, líquidos e solidas].....	5
2.2.2 Recursos em Portugal	8
2.2.3 Processos de conversão de biomassa sólida.....	9
2.2.4 As vantagens da biomassa	10
2.3 Produção de energia térmica	11
2.3.1 Funcionamento	11
2.3.2 Caldeira biomassa.....	12
3 Descrição.....	14
3.1 Descrição de área de estudo	14
3.2 Caracterização do sistema de aquecimento em funcionamento	16
3.3 Análise financeiro do sistema atual	18
3.3.1 Determinação das necessidades de ar para a combustão de gás natural....	19
3.3.2 O caudal mássico do gás natural (m _c)	22
3.3.3 Determinação das emissões resultantes da combustão do gás natural	23
4 Proposta da instalação de caldeira a biomassa	25
4.1 Escolha da caldeira	25
4.2 Escolha do combustível	26
4.3 Determinação das necessidades de ar para combustão de pellets	26
4.4 Cálculo da relação de ar e combustível gás natural.	28
4.5 O caudal mássico do pellets (m _c).....	29
4.6 Determinação das emissões resultantes da combustão do pellets.....	29
5 Análise financeiro do investimento.....	31
6 Conclusão.....	32
7 Bibliografia	33

Índice de figuras

Figura 1. Evolução das energias renováveis em comparação com a produção de combustíveis fósseis na OCDE Europa no período 2010-2020.....	1
Figura 2: Contributo das energias renováveis no consumo de energia final em 2021.....	4
Figura 3: Ciclo do carbono.....	5
Figura 4: Produção de biogás em estação de tratamento e valorização energética de RSU.....	5
Figura 5: Produção de etanol a partir do milho.....	6
Figura 6: Exploração de biomassa florestal, agrícola e reciclagem de materiais.....	7
Figura 7: Conversão de biomassa sólida em energia.....	9
Figura 8: Pellets e estilha de madeira.....	10
Figura 9: caldeira a biomassa.....	13
Figura 10: Localização de Castelo Branco.....	14
Figura 11: Variação da temperatura em Castelo Branco.....	14
Figura 12: Blocos C e D e Blocos A e B.....	15
Figuras 13: consumo de energia na ESTCB.....	18
Figura 14: Caldeira THT.....	25

Lista de símbolos

$\dot{m}_{ar\ p}$ – Caudal mássico de ar para a combustão das pellets

\dot{m}_c – Caudal mássico do combustível

$\dot{m}_{ar\ gn}$ – Caudal mássico do ar para a combustão de gás natural

\dot{m}_{gn} – Caudal mássico do gás natural

$\dot{m}_{gases\ gn}$ – Caudal total de gases de combustão do gás natural

$\dot{m}_{gases\ p}$ – Caudal total dos gases de combustão das pellets

β – Coeficiente de excesso de ar

$m_{aresteq\ p}$ – Massa de ar resultante da queima estequiométrica de pellets

$m_{ar\ p}$ – Massa de ar para a queima com excesso de ar de pellets

$(O_2/p)_{esteq\ p}$ – Oxigénio necessário à queima estequiométrica de 1kg de pellets

PCI_p – Poder calorífico inferior das pellets

Ar/Combustível – Razão ar/combustível

η – Rendimento

k – Taxa de atualização

Lista de tabelas

Tabela 1: Produção anual da energia com base nas energias renováveis entre 2013 e 2021 em Ktep.....	3
Tabela 2: Contributo das energias renováveis no consumo de energia em Portugal entre 2013 e 2021 em Ktep.....	3
Tabela 3: Principais biocombustíveis líquidos.....	6
Tabela 4: Áreas de ocupação florestal.....	8
Tabela 5: Quantidade de biomassa florestal anualmente disponível.....	8
Tabela 6: Quantidade de biomassa florestal anualmente disponível para valorização energética.....	8
Tabela 7: consumo de gás natural e respetivo custo em 2014 e 2022.....	18
Tabela 8: consumos de energia e respetivos custos em 2022.....	19
Tabela 9: Composição do gás natural, adaptado.....	19
Tabela 10: Quantidade de ar teórico e real por 100moles de gás natural (moles).....	20
Tabela 11: Diagrama de combustão do gás natural.....	21
Tabela 12: Quantidades de gás natural consumidas (ton/ano).....	22
Tabela 13: Quantidades de ar injetado (ton/ano).....	22
Tabela 14: Emissões resultantes da combustão do gás natural.....	23
Tabela 15: Gases emitidos, em volume, pela queima de gás natural.....	24
Tabela 16: Preço de uma tonelada de pellets (pelletsportugal – 2023).....	26
Tabela 17: massa molar dos elementos e os moles respetivos.....	27
Tabela 18: Quantidade de ar teórico e real por moles de pellets.....	27
Tabela 19: Equação estequiométrica e real.....	28
Tabela 20: Composição dos gases emitidos (%) e dos gases em massa.....	30
Tabela 21: Levantamento de todos os custos anuais.....	31
Tabela 22: representação do investimento em 10 anos.....	31

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ER – Energias Renováveis

GEE – Gases com Efeito de Estufa

IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado

ktep – mil toneladas equivalentes de petróleo

PRI – Período de Recuperação do Investimento

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCS – Poder Calorífico Superior

UE – União Europeia

VAL – Valor Atualizado Líquido

