

2015

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

.....
MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTECNICA

SISTEMAS ELETRICOS DE ENERGIA



REDE DE CALOR - UMA SOLUÇÃO A BIOMASSA PARA UM COMPLEXO DE HÓTEIS

Rafael Castro

Setembro de 2015

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA

REDE DE CALOR - UMA SOLUÇÃO A BIOMASSA PARA UM COMPLEXO DE HÓTEIS

Rafael Castro

castro.rafael@portugalmail.pt

Licenciado em Engenharia Electrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto

Setembro de 2015

Dissertação para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia

Dissertação desenvolvida sobre a orientação científica da Doutora Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira e do Eng.º Bruno Filipe da Silva Teixeira.

Resumo

O recurso às energias renováveis é na actualidade um tema que atinge um grau de importância primordial face á crescente preocupação com o meio ambiente e o impacto negativo, que a produção de energia com base em combustíveis fósseis tem. Esta importância aliada a uma tendência cada vez maior para a criação de soluções de produção sustentável de energia, tem obrigado ao desenvolvimento desta vertente do sector energético e ao estudo e conseqüentemente implementação de soluções integradas que permitam uma economia competitiva.

Os hotéis, sendo estabelecimentos comerciais que desenvolvem uma actividade que envolve, na generalidade, um nível de consumo energético considerável para garantir os seus serviços básicos de acomodação e lazer, tornam-se por excelência alvos primordiais no que concerne ao seu elevado potencial de poupança de energia. O ramo da hotelaria, dada a sua especificidade e a natureza dos edifícios que comporta, torna-os em excelentes candidatos para análise e optimização energética, e como tal um alvo de negócio para as empresas de comercialização de poupanças energéticas.

As empresas dedicadas aos serviços de energia são conhecidas por ESCO (Energy Service Company ou Energy Savings Company). A sua actividade tem por base apresentar soluções de energia, nomeadamente a implementação de projectos de poupança energética que podem englobar produção, conservação e fornecimento de energia, bem como gestão de risco associada. O objectivo principal é apresentar soluções de optimização e eficiência energética levando á sua implementação em casos reais de exploração em edifícios ou sectores específicos, rentabilizando o investimento e partilhando o lucro dessa rentabilização com os clientes. No caso específico dos hotéis, mais concretamente um complexo de hotéis, como o estudado neste trabalho, esta análise pretende elaborar uma caracterização das necessidades energéticas do sector e apresentar um conjunto de soluções energéticas adequadas à realidade hoteleira. É também objecto de análise, toda a aproximação de um modelo de negócio energético a explorar por uma ESCO.

O presente trabalho, realizado no âmbito da parceria entre a Gebio e a Confraria do Bom Jesus, tem por objectivo demonstrar as bases do contracto de performance entre uma empresa ESCO (Gebio - empresa concessionária do projecto) e um complexo de hotéis (constituído pelo Hotel do Lago, Hotel do Parque e Hotel do Templo), com vista a optimizar os consumos energéticos para a produção de energia térmica capaz de corresponder às necessidades do complexo. Foi desenvolvido um estudo completo das necessidades térmicas do complexo, com vista a projectar uma solução integrada de produção de energia térmica, com recurso a uma caldeira de biomassa, para os hotéis.

Foi realizado um levantamento extensivo dos consumos e custos energético do complexo, nomeadamente para as águas quentes sanitárias. Desta análise obtiveram-se os custos reais do sistema e com os mesmos foi possível, numa primeira fase, elaborar os diversos projectos, hidráulico, eléctricos e civil, de forma a se definir a solução base e quais os orçamentos previstos para a instalação de um sistema de produção a biomassa, e numa segunda fase foi estudada a viabilidade da assinatura de um contracto de performance entre a ESCO e o complexo de hotéis.

Abstract

The use of renewable energies is today a theme that reaches a level of paramount importance given the growing concern for the environment and the negative impact that energy production from fossil fuels has. This importance, combined with a growing trend towards the creation of sustainable energy production solutions, has forced the development of this area of the energy sector and to the study and therefore implementation of integrated solutions to achieve a competitive economy.

Hotels, being commercial establishments that develop an activity that involves, in general, a considerable energy consumption level to ensure their basic services of accommodation and leisure, become primary targets, for excellence, in terms of its potential high energy savings. The branch of the hotel industry, given its specificity and the nature of its comprising buildings, makes them excellent candidates for energy analysis optimization, and because of this, a business target for companies marketing energy saving solutions.

The companies dedicated to energy services are known as ESCO (Energy Service Company or Energy Savings Company). Their activity is based on presenting energy solutions, including the implementation of energy saving projects which may include production, conservation and energy supply, as well as associated risk management. The main objective is to provide optimization solutions and energy efficiency leading to its implementation in real cases of exploitation in buildings or specific sectors, maximizing investment and profit, sharing this profitability with customers. In the specific case of hotels or a complex of hotels, as studied in this work, this analysis aims to develop a characterization of the energy needs of the sector and present a set of appropriate energy solutions to the hotel industry reality. It is also analyzed, the whole approach of an energy business model to explore by an ESCO.

The present work, conducted in partnership between Gebio and the Comradeship of Bom Jesus, aims to demonstrate the basis of a performance contract between an ESCO company (Gebio - concessionaire of the project) and a hotel complex (consisting of the Hotel do Lago, Hotel do Parque e Hotel do Templo) in order to optimize the energy consumption for the production of thermal energy capable of meeting the needs of the complex.

It was developed a complete study of the thermal complex needs in order to design an integrated solution for thermal energy production for the hotels, using a biomass boiler.

An extensive survey of consumptions and energy complex costs was made, particularly for hot water. From this analysis, the actual system costs were obtained, and with this elements it was possible, in a first fase, to elaborate the various projects, hydraulic, electrical and civil, in order to set the base solution and the planned budgets for the installation of a biomass production system, and in the second stage was studied the feasibility of signing a performance contract between the ESCO and the hotel complex.

“Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes.”

Isaac Newton

Agradecimentos

À minha família, pelo seu apoio e educação ao longo da minha vida e todo o companheirismo e preocupação durante o meu percurso académico.

À minha esposa Cláudia pelo seu amor e força, nunca me deixando desistir de atingir meus objectivos.

Ao meu grande amigo e colega de curso Eng.º Bruno Teixeira, pelo apoio na realização do trabalho e ajuda no acesso aos dados que me permitiram a sua realização.

Agradeço igualmente à minha orientadora, Dr.ª Teresa Nogueira, pelo seu apoio e ajuda demonstrados, sua orientação na estrutura do trabalho e constante disponibilidade em me receber e esclarecer dúvidas.

Ao ISEP, pelo seu papel na minha formação e sua influência na minha vida profissional.

E a Deus, meu refúgio constante.

Um sincero obrigado a todos.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do problema e motivação	1
1.2. Objetivos do trabalho e campo de aplicação.....	1
1.3. Organização da dissertação	2
2. Enquadramento ESCO	5
2.1. Paradigma Energético.....	5
2.1.1. Panorama Nacional	8
2.1.2. Energia no Sector Hoteleiro	9
2.2. Modelo ESCO	10
2.2.1. Principais Definições.....	10
2.2.2. Principais Vantagens.....	11
2.2.3. Modo de Atuação	12
2.2.4. Tipos de contrato de performance	13
2.3. Indicadores de Avaliação do Investimento.....	16
2.3.1. Tabela de Demonstração de Resultados	17
2.3.2. <i>Cash-Flow</i>	17
2.3.3. Investimento em Ativos Circulantes - Necessidades de Fundo de Maneio (NFM)	19
2.3.4. Valor Residual	20
2.3.5. <i>Free Cash-Flow</i>	21
2.3.6. Análise de Rentabilidade de um Investimento.....	22
2.3.6.1. VAL - Valor Atual Líquido.....	22
2.3.6.2. TIR - Taxa Interna de Rentabilidade	23
2.3.6.3. Prazo de Recuperação de Capital - "PAYBACK PERIOD"	24
3. Principais fundamentos da biomassa.....	25
3.1. Potencial e Classificação da Biomassa.....	26
3.1.1. Norma Europeia CEN TC 335.....	27
3.1.2. Classificação segundo a proveniência.....	28
Resíduos primários	28
Resíduos secundários	28
Resíduos terciários.....	28
Espécies de rápido crescimento.....	29
3.2. Propriedades da Biomassa.....	29

3.2.1.	Humidade	29
3.2.2.	Poder calorífico	30
3.2.3.	Teores de carbono fixo e de matéria volátil	30
3.2.4.	Teor de cinza/resíduo	30
3.2.5.	Teor de metais alcalinos	30
3.2.6.	Massa volúmica (a granel)	31
3.2.7.	Rácio celulose/lenhina	31
3.3.	Caracterização energética da biomassa.....	31
3.4.	Alimentação da Biomassa à Caldeira	35
3.4.1.1.	Efeitos das Propriedades Físicas da Biomassa	35
3.4.1.2.	Equipamentos na Alimentação da Biomassa	36
3.5.	Leito fluidizado	37
3.5.1.	Combustão	37
3.5.2.	Conversão de Biomassa em Energia	38
3.5.2.1.	Tecnologias de conversão termoquímica.....	38
3.6.	Articulação entre a biomassa e os sistemas de combustão.....	41
3.6.1.	Preparação prévia da biomassa - Módulo1	43
3.6.1.1.	Florestal ou Agrícola	44
3.6.1.2.	Indústria Madeireira e do Mobiliário	44
3.6.2.	Armazenamento e alimentação de biomassa - Módulo2.....	45
3.6.3.	Fornalha e queimador - Módulo3	45
3.6.4.	Caldeira e/ou turbina-alternador - Módulo4	45
3.6.5.	Tratamento dos gases de combustão - Módulo5	45
3.6.6.	Sistema de remoção de cinzas/escória - Módulo6.....	46
3.6.7.	Controlo do processo - Módulo7.....	46
3.7.	Medidas de conservação de energia	46
3.7.1.	Equipamento de Arrefecimento.....	46
3.7.2.	Caldeiras	46
3.7.3.	Instalações de Vapor.....	47
3.7.4.	Sistemas de Armazenamento Térmico	47
3.7.5.	Sistemas Combinados de Energia	47
4.	Análise de Viabilidade Técnica - Estudo Prévio	49
4.1.	Descrição e Localização das Instalações	49
4.1.1.	Análise dos Consumos Energéticos.....	51
4.1.2.	Descrição dos equipamentos instalados.....	55

4.2.	Dimensionamento da Solução Integrada	58
4.2.1.	Dimensionamento da central térmica.....	59
4.2.1.1.	Equipamento de produção térmica - Caldeira.....	59
4.2.1.2.	Depósito de inércia.....	61
4.2.1.3.	Vaso de expansão.....	62
4.2.1.4.	Circuito de anti condensação da caldeira.....	63
4.2.1.5.	Contador de Entalpia.....	65
4.2.1.6.	Bomba de circulação (rede global).....	65
4.3.	Definição da localização do silo e da central térmica	66
4.4.	Dimensionamento do silo.....	72
4.5.	Estruturas de apoio à central térmica	78
4.5.1.	Estrutura elétrica	78
4.5.2.	Estrutura hidráulica.....	81
4.6.	Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica	82
5.	Análise de resultados.....	95
5.1.	Algoritmo do programa desenvolvido.....	95
5.2.	Ferramenta Desenvolvida e Interface com o Utilizador	98
5.2.1.	Apresentação do programa	98
5.2.2.	Pressupostos Energéticos	99
5.2.3.	Pressupostos Financeiros.....	100
5.2.4.	Critérios de Decisão	101
5.3.	Análise de Rentabilidade da ESCO na Implementação de uma Caldeira a Biomassa.....	101
5.3.1.	Custos atuais com a produção de energia térmica por gasóleo	102
5.3.2.	Custos e Investimento	102
5.3.3.	Necessidades de biomassa	103
5.3.4.	Custos futuros com a produção de energia térmica por biomassa	103
5.3.5.	Análise económica - contrato performance.....	104
5.4.	Análise de alternativas	106
6.	Conclusão.....	111
6.1.	Análises Conclusivas.....	111
6.2.	Trabalhos Futuros	112
	Referências Bibliográficas	113
	Anexos.....	117

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Consumo mundial de energia primária <i>per capita</i>	6
Figura 2.2 - Evolução do consumo mundial por fonte de energia.....	6
Figura 2.3 - Previsão da evolução do consumo de energia mundial.....	7
Figura 2.4 - Evolução do consumo de energia primária.....	8
Figura 2.5 - Consumo de energia primária final por sector.....	9
Figura 2.6 - <i>Energy Benchmarking</i> de um hotel típico da Europa.....	10
Figura 2.7 - Fluxograma de metodologia de actuação típica de uma ESCO	14
Figura 2.8 - Exemplo de um modelo de contracto Guaranteed Savings.....	15
Figura 2.9 - Exemplo de um modelo de contracto Shared Savings.....	15
Figura 2.10 - Forma de cálculo do valor aproximado do TIR.....	23
Figura 3.1 Ciclo “fechado” de CO2.....	25
Figura 3.2 Principais sistemas de combustão de biomassa.....	40
Figura 3.3 Esquema de uma instalação de conversão de biomassa em energia	43
Figura 3.4 Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação de energia eléctrica.....	48
Figura 3.5 Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação com cogeração.....	48
Figura 4.1 - Vista aérea do hotel do Lago	49
Figura 4.2 - Vista aérea do hotel do Parque	50
Figura 4.3 - Vista aérea do hotel do Templo	50
Figura 4.4 - Vectores principais energéticos dos hotéis	52
Figura 4.5 - Distribuição gráfica dos consumos e custos - Hotel do Lago	53
Figura 4.6 - Distribuição gráfica dos consumos e custos - Hotel do Parque	54
Figura 4.7 - Distribuição gráfica dos consumos e custos - Hotel do Templo	55
Figura 4.8 - Vista geral do estado de conservação das diferentes caldeiras.....	57
Figura 4.9 - Vista geral do estado de conservação dos acessórios das centrais térmicas	58
Figura 4.10 - Características dimensionais e atravancamento da caldeira seleccionada	60
Figura 4.11 - Características dimensionais e atravancamento do depósito de inércia	62
Figura 4.12 - Características dimensionais da válvula de corte.....	64
Figura 4.13 - Características dimensionais do filtro em “Y”	65
Figura 4.14 - Características dimensionais do contador de entalpia	65
Figura 4.15 - Vista geral da localização escolhida para o silo	67
Figura 4.16 - Vista geral da localização escolhida para a central térmica.....	68
Figura 4.17 - Localização do silo e da central térmica, identificada com a letra “e”)69	
Figura 4.18 - Disposição inicial dos espaços.....	70
Figura 4.19 - Disposição final dos espaços	71
Figura 4.20 - Levantamento topográfico do terreno indicado para construção do silo	73
Figura 4.21 - Levantamento topográfico - Corte.....	74
Figura 4.22 - Implementação do silo.....	75
Figura 4.23 - Sistema de recepção dos pellets	76
Figura 4.24 - Pormenor aberturas de silo.....	77

Figura 4.25 - Quadro eléctrico de alimentação aos equipamentos	78
Figura 4.26 - Distribuição das alimentações eléctricas	79
Figura 4.27 - Distribuição dos pontos de iluminação	80
Figura 4.28 - Interligação hidráulica entre os diversos componentes (caldeira)	81
Figura 4.29 - Interligação hidráulica entre os diversos componentes (depósito de inércia)	81
Figura 4.30 - Trabalhos realizados para apurar as distâncias entre consumidores	82
Figura 4.31 - Traçado da rede de distribuição de calor	84
Figura 4.32 - Vista dos locais das travessias de estrada	85
Figura 4.33 - Cotas e distância do ramal entre a central térmica e o hotel do parque	86
Figura 4.34 - Representação da vala técnica da tubagem do tubo de 110mm	87
Figura 4.35 - Representação da vala técnica da tubagem do tube de 63mm	87
Figura 4.36 - Cotas e distância do ramal entre a bifurcação e o hotel do lago	88
Figura 4.37 - Cotas e distância do ramal entre a bifurcação e o hotel do lago	89
Figura 4.38 - Representação da configuração das travessias C e D.....	90
Figura 4.39 - Representação da configuração da travessia E (junto ao hotel do Lago)	90
Figura 4.40 - Visualização do local do ramal que ficará à vista	91
Figura 4.41 - Cotas e distância do ramal entre a central térmica e o hotel do templo	92
Figura 4.42 - Cotas e distância do ramal entre a central térmica e a piscina do hotel do templo.....	93
Figura 4.43 - Visualização do local onde a tubagem ficará à vista	94
Figura 5.1 - Estrutura da aplicação informática.....	97
Figura 5.2 - Janela "Início" do programa "Análise de Viabilidade Económica de um Projecto ESCO"	99
Figura 5.3 - Subjanela "Pressupostos Energéticos"	99
Figura 5.4 - Subjanela "Pressupostos Financeiros"	100
Figura 5.5 - Subjanela "Critérios de Decisão"	101
Figura 5.6 - Projecção do reservatório de gás propano.....	108

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Reservas Mundiais das três principais fontes de energia fóssil no fim de 2013	5
Tabela 2.2 - Mapa com as várias designações usadas na demonstração de resultados	17
Tabela 2.3 - Determinação do CF para análise de investimentos.....	19
Tabela 2.4 - Cálculo do Free Cash-Flow	21
Tabela 3.1 - Procedimento dos ensaios segundo ASTM.....	32
Tabela 3.2 - Poderes caloríficos de alguns combustíveis sólidos.....	34
Tabela 3.3 - Composição mássica típica (%) de combustíveis sólidos	34
Tabela 3.4 - Composição mássica (%) de biomassa	35
Tabela 3.5 - Sistemas de combustão para produção de energia eléctrica	39
Tabela 3.6 - Modo de classificação dos sistemas de queima para a biomassa	41
Tabela 4.1 - Distribuição dos consumos e custos ao longo de 2013 do Hotel do Lago .	52
Tabela 4.2 - Distribuição dos consumos e custos ao longo de 2013 do Hotel do Parque	53
Tabela 4.3 - Distribuição dos consumos e custos ao longo de 2013 do Hotel do Templo	54
Tabela 4.4 - Características gerais da caldeira Biomatic500	59
Tabela 4.5 - Características gerais do depósito de inércia	61
Tabela 4.6 - Diâmetros e distâncias da tubagem	94
Tabela 5.1 - Custos com a produção de energia térmica por gasóleo	102
Tabela 5.2 - Necessidades totais de investimento	102
Tabela 5.3 - Necessidades de consumo de biomassa	103
Tabela 5.4 - Indicadores financeiros da GEBIO.....	104
Tabela 5.5 - Cash Flows da ESCO durante o contracto	105
Tabela 5.6 - Receitas dos hotéis pela alteração do combustível.....	105
Tabela 5.7 - Listagem de formas de energia alternativas estudadas.....	106
Tabela 5.8 - Investimento numa solução a gás propano.....	109
Tabela 5.9 - Cash Flows da solução a gás propano.....	109

Lista de Siglas e Abreviaturas

€ - Euro

ACEEE - American Council for an Energy-Efficient Economy

AFE - Acordo de Financiamento Externo

atm - Atmosfera

AVAC - Aquecimento, ventilação e ar condicionado

BRIC - Grupo de países constituído por Brasil, Rússia, Índia e China

CDR - Combustível derivado de resíduos

CF - *Cash-flow*

CHP - Combined Heat and Power

COGEN - Associação Portuguesa para a Eficiência Energética e Promoção da Cogeração

CPE - Contracto de Performance Energético

CSR - Combustível Sólido Recuperado

E-FER - Electricidade produzida a partir de Fontes de Energia Renováveis

EJ - Exajoule

ENE - Estratégia Nacional para a Energia

ESCO - Energy Service Company

EPSE - Empresa Prestadora de Serviços de Energia

ESE - Empresa Serviços Energia

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA - Estados Unidos da América

GWh - Giga Watt-hora

GEE - Gases por efeito de estufa

IVA - Imposto sobre o Valor Acrescentado

kWe - kilo Watt Eléctrico

kWt - kilo Watt Térmico

kg - quilograma

Mtep - Milhões de Toneladas Equivalente de Petróleo

MW - Mega Watt

PCI - Poder Calorífico Inferior

PCS - Poder Calorífico Superior

PNAC - Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PTN - Condições Normais de Pressão e Temperatura

PVC - Policloreto de Vinilo

SEN - Sistema Eléctrico Nacional

SEP - Sistema Eléctrico Público

t - Tonelada

TIR - Taxa Interna de Rentabilidade

UE - União Europeia

VAL - Valor actual Líquido

CO₂ - Dióxido de Carbono

C - Carbono

H - Hidrogénio

N - Azoto

O - Oxigénio

P - Fósforo

S - Enxofre

H₂O - Água

1. Introdução

1.1. Enquadramento do problema e motivação

Desde o início do século passado que o mundo tem sofrido com a exploração dos seus recursos naturais e com a poluição atmosférica. O petróleo, por exemplo, considerada uma fonte tradicional de energia, foi tão continuamente extraído que, actualmente, já se começa a esgotar nos seus poços, apenas um século após o início da sua utilização efectiva. Tais factos têm originado instabilidade e a consequente volatilidade dos preços.

No seguimento dos acordos firmados no Protocolo de Quioto em 1997, as chamadas fontes de energia alternativas ganharam um espaço cada vez maior. Essas fontes alternativas, além de não prejudicarem a natureza, são renováveis. Como exemplos de fontes renováveis incluem-se a energia solar, eólica, hídrica e a biomassa.

A biomassa é uma fonte de energia utilizável para a produção de electricidade, calor ou combustível, sendo muito variado o leque de produtos utilizáveis para este fim e será nesta fonte de energia renovável que este estudo se irá centrar. O futuro da produção de energia a partir da biomassa depende especialmente da obtenção dos equipamentos e da matéria-prima a custos economicamente viáveis.

Na área da hotelaria, mais concretamente nos hotéis, a necessidade de tratamentos e equipamentos progressivamente mais sofisticados, traz consigo um acréscimo nas necessidades energéticas. Paralelamente, o consumo de energia num hotel constitui uma parte considerável do seu orçamento pelo que merece ser objecto de estudos cada vez mais aprofundados.

A intervenção por parte de uma Empresa de Serviços Energéticos (Energy Service Company, ESCO) é de grande interesse, tanto para um hotel, como para o mercado de energia. Neste sentido, o presente trabalho irá projectar uma intervenção do tipo ESCO num complexo de hotéis existentes no Bom Jesus de Braga.

Deste modo, considera-se que o tema do presente estudo se enquadra na política energética nacional, e que vai de encontro aos objectivos do Mestrado em Sistemas Eléctricos de Energia. Coloca em prática vários conhecimentos adquiridos no desenrolar do curso, nomeadamente as áreas de energia renovável e de gestão de projectos.

1.2. Objectivos do trabalho e campo de aplicação

O presente documento teve origem na necessidade de um aprofundar de conhecimentos no âmbito das caldeiras de biomassa, de forma a estudar a viabilidade

Organização da dissertação

técnica e económica da implementação de sistemas deste tipo. Devido a este factor o autor levou a cabo uma pesquisa intensiva no que respeita aos capítulos das empresas ESCO e Tecnologias de Cogeração.

A pesquisa bibliográfica acerca dos temas referidos revelou que a informação acerca destes temas se encontrava dispersa por vários documentos redigidos, essencialmente, em língua portuguesa e inglesa.

Este trabalho teve como objectivos gerais os pontos seguintes:

- Estudo e projecto da implementação de uma solução de produção de água quente centralizada, por recurso a uma caldeira de biomassa;
- Elaboração de um contracto de *performance* e acompanhamento da implementação da solução projectada.

Teve como objectivos específicos os pontos seguintes:

- Elaborar uma revisão da literatura sobre os temas relacionados com as empresas ESCO, produção de energia térmica a partir de biomassa, sistemas hidráulicos, sistemas de armazenamento e de alimentação de *pellets*;
- Avaliar o potencial de poupança energético e económico da alteração da forma de energia utilizada para produção de energia térmica nos hotéis - de gásóleo para biomassa;
- Avaliar as condições que favorecem a viabilidade de investimentos de produção centralizada de energia a partir de resíduos renováveis, como as *pellets* e a estilha.

Por último, este trabalho tem ainda como objectivo, a demonstração da viabilidade deste tipo de projecto, tanto numa perspectiva ESCO como numa perspectiva de investimento de capitais próprios.

1.3. Organização da dissertação

Este documento está organizado em seis capítulos ao longo dos quais se apresentam os temas mais importantes relativos aos objectivos propostos, como a descrição dos processos envolvidos na celebração de um contracto de *performance* entre uma empresa ESCO e o seu cliente, são referenciadas as principais tecnologias usadas na queima de biomassa, assim com as diferentes características da biomassa como combustível sólido.

Por fim é demonstrada a aplicação do caso de estudo, projectado e elaborado pelo autor, para a produção de energia térmica por recurso a uma fonte de energia renovável, como é a biomassa, assim como todos os pormenores essenciais à correcta percepção de todos os dados apresentados no capítulo.

Assim, no presente Capítulo – Introdução – é realçado o interesse do estudo do problema, apresentando-se em que contexto se insere e descrevendo os objectivos

Organização da dissertação

principais do trabalho, enumerando os desafios relacionados com este trabalho. No fim, apresenta-se a organização deste documento.

O segundo Capítulo — Enquadramento ESCO — contém um enquadramento teórico que situa o trabalho e introduz alguns conceitos posteriormente utilizados. Começará por referir-se á actual situação do consumo energético mundial, de um modo simples, com o objectivo de clarificar algumas noções e introduzir a poupança energética como medida de atenuação do aumento do preço dos combustíveis. De seguida, é apresentado o conceito de ESCO e são abordados os principais aspectos deste tipo de negócio, nomeadamente, os tipos de contractos de performance e os modos de actuação. O enquadramento termina com a apresentação de algumas das soluções mais comuns que se encontram numa intervenção ESCO.

No terceiro Capítulo — Principais fundamentos da biomassa — faz-se uma descrição das principais características da biomassa, como o seu potencial energético e as diversas formas de proceder ao seu aproveitamento enquanto combustível.

No quarto Capítulo — Análise de Viabilidade Técnica - Estudo Prévio — apresentam-se as principais características dos seus edifícios que compõem o estudo, bem como o funcionamento de cada um. Efectua-se, ainda, o levantamento das necessidades energéticas globais de cada hotel, sendo efectuada uma análise de custo/consumo de combustível líquido e energia eléctrica, de modo a caracterizar a evolução e os índices do consumo energético. São apresentadas todas as características da solução projectada.

No quinto Capítulo - Análise de resultados - observam-se os resultados obtidos, nomeadamente a rentabilidade de implementação do projecto, tendo em conta os custos globais envolvidos e a sua exploração ao longo do tempo.

Finalmente, no sexto e último Capítulo — Conclusão — sintetiza-se o estudo realizado e são apresentadas as principais conclusões sobre o trabalho proposto. São também apresentados alguns pontos a realizar em trabalhos futuros.

2. Enquadramento ESCO

2.1. Paradigma Energético

O actual estado da economia mundial apresenta-se muito volátil, o custo dos combustíveis fósseis apresenta uma tendência para aumentar nos próximos anos, o que tem levado várias nações a uma corrida às fontes alternativas e/ou renováveis de energia. Com o crescimento das economias emergentes (países BRIC¹), o consumo energético em grande escala por parte destas nações acompanha a mesma tendência.

No ano de 2013, as reservas de combustíveis fósseis eram as representadas na tabela 2.1 (Petrol, 2010).

Tabela 2.1 - Reservas Mundiais das três principais fontes de energia fóssil no fim de 2013

Forma de Energia	Reservas	Un	Consumo	Un
Carvão	891.531,0	Mton	3.826,7	Mton
Petróleo	238,2	Mton	30.470,0	Milhares de Barris
Gás Natural	185,7	Tm3	3347,6	Bm3

Hoje em dia, o consumo mundial *per capita* é estimado em cerca de 1,88 toneladas equivalentes de petróleo (tep), por ano, com um crescimento de 0,3% ao ano (IEA, 2012).

A figura 2.1 representa o consumo de energia primária *per capita*, a nível mundial, onde é notório o crescimento do consumo energético médio por cada habitante a nível mundial.

¹ Brasil, Rússia, Índia e China

Paradigma Energético

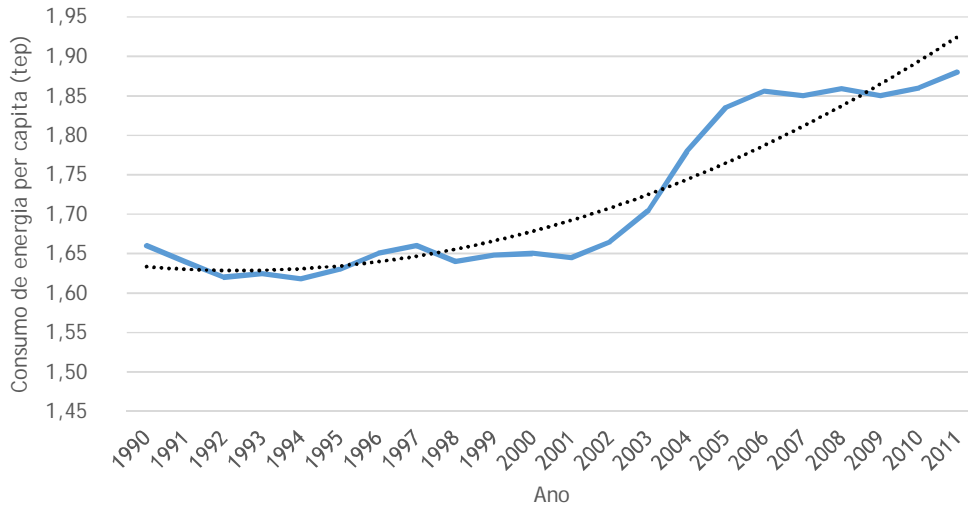


Figura 2.1 - Consumo mundial de energia primária *per capita*

A disponibilidade e viabilidade económica na prospecção das fontes fósseis não é a mesma entre elas, daí que exista uma certa preferência por algumas em detrimento de outras, contudo também se terá que ter em conta o impacto ambiental que cada uma tem.

A figura 2.2 refere-se à evolução do consumo mundial de energia primária final, entre 1971 e 2011 (IEA, 2012).

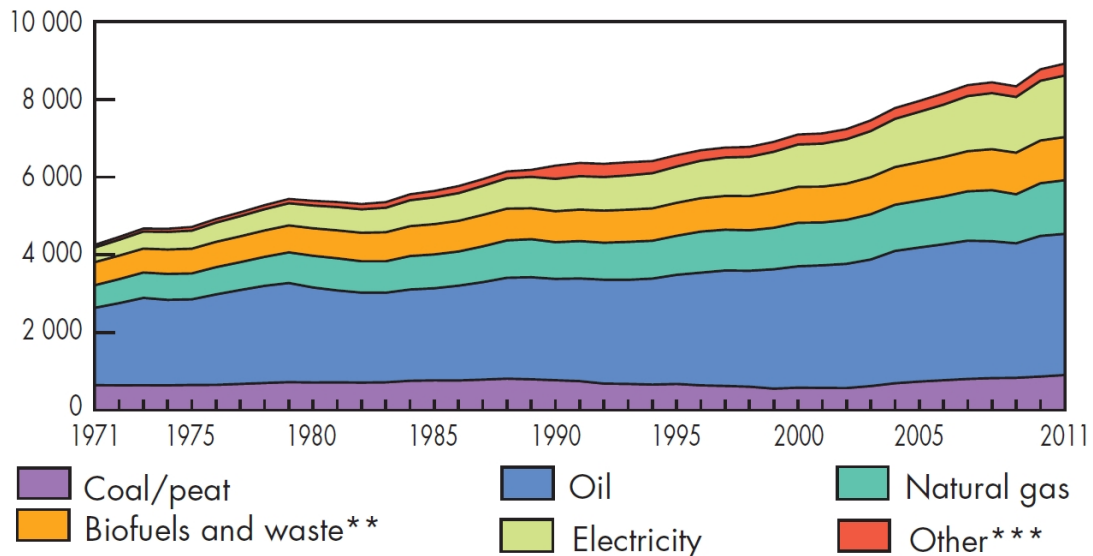


Figura 2.2 - Evolução do consumo mundial por fonte de energia

É esperado um crescimento na procura mundial de energia sendo os principais intervenientes nesse aumento apresentados na Figura 2.3 (IEA, 2012).

Paradigma Energético

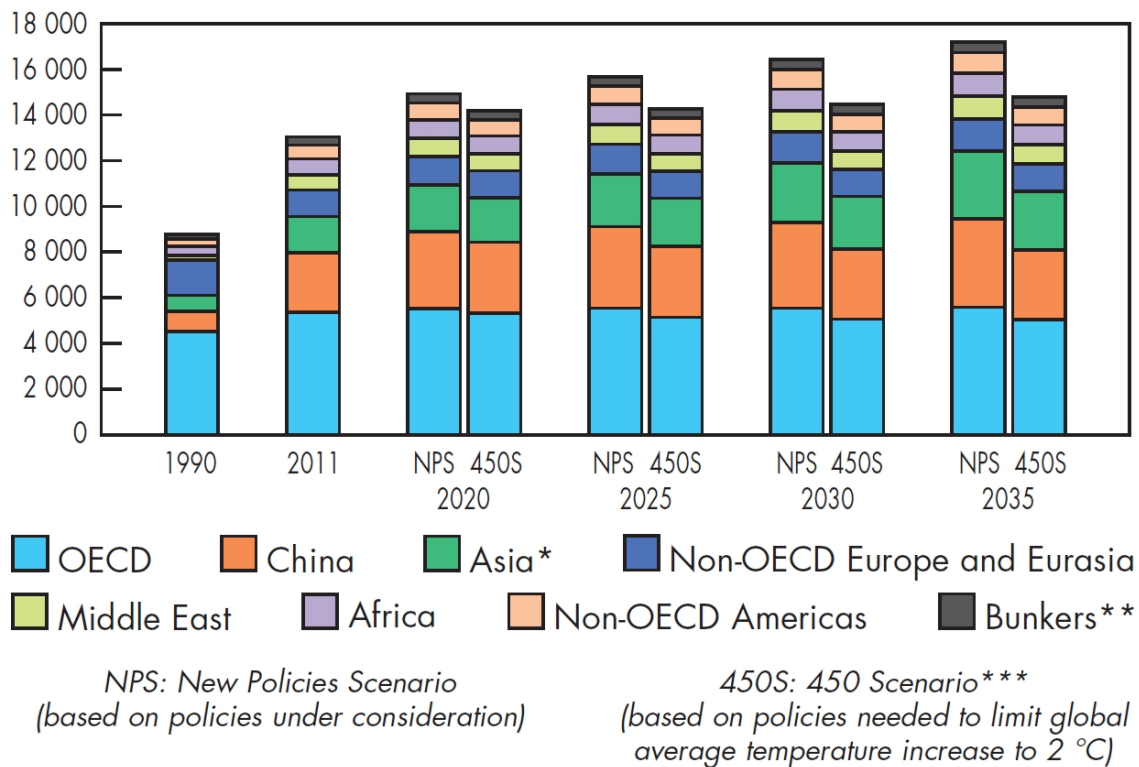


Figura 2.3 - Previsão da evolução do consumo de energia mundial

O carvão continua a ser o recurso mais abundante e barato, mas também o mais poluente, daí que a sua utilização não seja tão massificada como há uns anos atrás.

A termodinâmica explica o porquê de só ser possível aproveitar cerca de metade de toda a energia consumida pela humanidade (Segunda Lei da Termodinâmica). É na eficiência dos processos e equipamentos e na formação da sociedade que existe espaço para desenvolver políticas e estratégias, que minimizem este impacto (Pinho, 2009).

A gestão de energia torna-se parte do processo de transformação, com forte impacto no custo e gestão da actividade. Uma análise cuidada dos consumos energéticos e processos de transformação da instalação, tendo sempre como objectivo a economia de energia, terá cada vez mais de ser o *modus operandi* para uma mais correcta e eficiente utilização da energia com as consequentes reduções nos custos de operação.

A Comunidade Europeia elaborou um conjunto de medidas (PE, 2009), com o objectivo de reduzir o consumo de energia primária em 20%, o que representa cerca de 390Mtep, até 2020. Estas medidas foram aprovadas a 17 de Dezembro de 2008 e são vulgarmente conhecidas como a directiva dos "três vintes".

2.1.1. Panorama Nacional

Em Portugal o Governo definiu as grandes linhas estratégicas para o sector da energia, estabelecendo a Estratégia Nacional para a Energia, (aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril de 2010, que substitui a anterior Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro).

As opções de política energética assumida na Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020) assumem-se como um factor de crescimento de economia, de promoção da concorrência nos mercados da energia, de criação de valor e de emprego qualificado em sectores com elevada incorporação tecnológica. Pretende-se manter Portugal na fronteira tecnológica das energias alternativas, potenciando a produção e exportação de soluções com elevado valor acrescentado, que permitam ainda diminuir a dependência energética do exterior e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa.

A ENE 2020 assenta sobre cinco eixos principais que nela se desenvolvem e detalham, traduzindo uma visão, um conjunto focado de prioridades e um enunciado de medidas que as permitem concretizar (Resolução do Conselho de Ministros nº23/2010 de 15 de Abril de 2010, Diário da Republica nº73 - I Serie).

- Eixo 1 - Agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira;
- Eixo 2 - Aposta nas energias renováveis;
- Eixo 3 - Promoção da eficiência energética;
- Eixo 4 - Garantia da segurança de abastecimento;
- Eixo 5 - Sustentabilidade económica e ambiental.

Em termos de consumo energético a situação portuguesa, entre os anos de 2000 e 2011, foi: (REA - Relatório do Estado do Ambiente 2013)

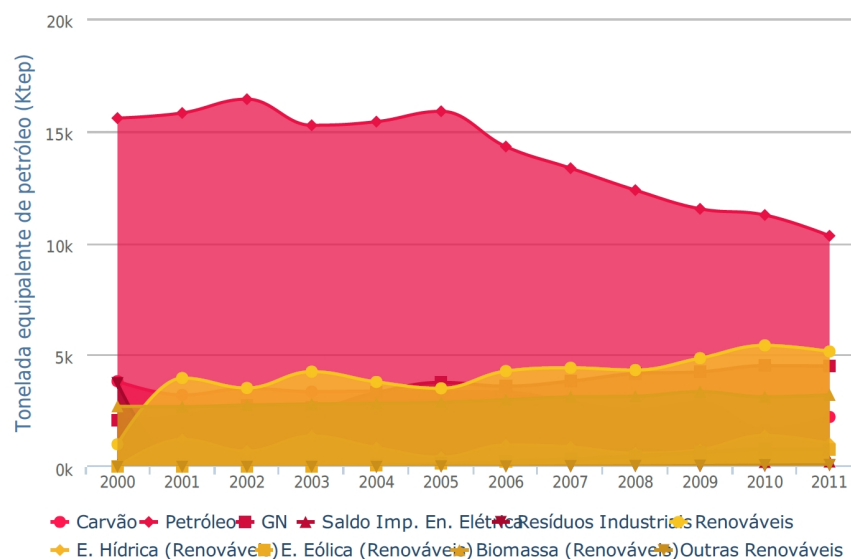


Figura 2.4 - Evolução do consumo de energia primária

Paradigma Energético

Por análise do gráfico, verifica-se que de 2000 a 2011 a tendência de consumos de energia associados á produção através de combustíveis fósseis, decresceu e por sua vez aumentou, ainda que em menor medida, a que respeita a energias renováveis.

Esta tendência demonstra uma consolidação da visão da ENE 2020 e preocupação por cumprir os pontos inerentes aos 5 eixos orientadores das suas políticas.

2.1.2. Energia no Sector Hoteleiro

Em Portugal, a distribuição do consumo energético por sector de actividade foi, em 2012, a representada na Figura 2.5, sendo que os hotéis se inserem no sector dos serviços (adene, 2014).

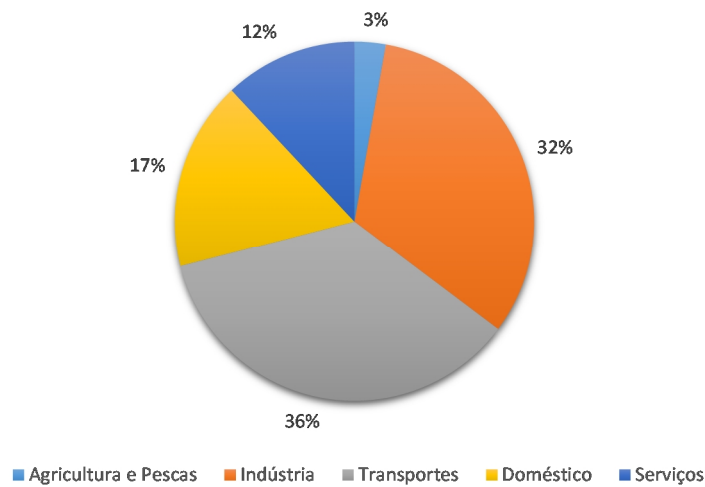


Figura 2.5 - Consumo de energia primária final por sector

Os hotéis são grandes consumidores de energia sob diversas formas. Para além de possuírem necessidades de iluminação, aquecimento e arrefecimento durante praticamente 24 horas por dia, necessitam também de grandes quantidades de energia para outros serviços (ventilação, lavandaria e restauração) (EIA, 2013). Ainda que exista um grande potencial de redução de consumos, a sua implementação está fortemente condicionada pelo investimento que a maioria das soluções acarreta.

Na Figura 2.6 estão representados os consumidores finais de energia de um hotel típico da Europa (EIA, 2013).

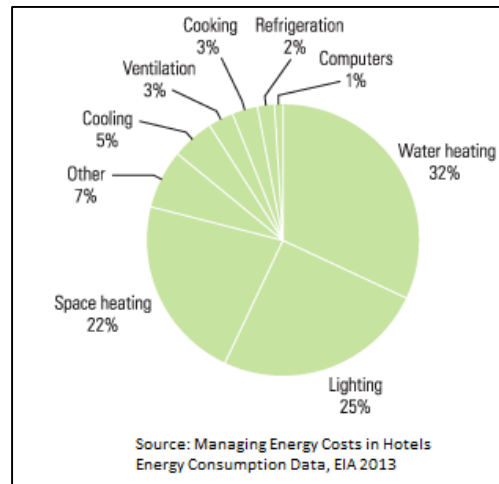


Figura 2.6 - *Energy Benchmarking* de um hotel típico da Europa

2.2. Modelo ESCO

As primeiras empresas a fornecerem serviços de energia aplicando o conceito de Empresas de Serviços Energéticos (ESE) ou Energy Service Company (ESCO), apareceram na Europa, mais concretamente em França, no século XIX (Dupont and Adnot, 2004). O conceito atravessou o Atlântico, chegando aos Estados Unidos da América, onde teve o seu *boom* no século XX com empresas a oferecerem serviços integrados de energia.

Inicialmente, a área com maior incidência deste tipo de empresa na Europa era o mercado de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), onde a intervenção era específica, junto dos construtores e instaladores desses equipamentos. Hoje em dia, as áreas de actuação são de tal maneira diversificadas que é possível encontrar o modelo ESCO em praticamente todos os sectores e actividades transformadoras e consumidoras de energia (IE, 2010).

2.2.1. Principais Definições

A directiva 2006/32/CE, vulgarmente conhecida por *Energy Service Directive*, veio uniformizar as definições principais sobre a utilização final, a eficiência e os serviços de energia. Nesse documento, são estabelecidas as seguintes terminologias, no que se refere ao universo das ESCOs:

Empresas de Serviço de Energia (ESCO) - é uma entidade singular ou colectiva que fornece serviços de energia e/ou serviços de eficiência energética numa dada instalação ou processo, assumindo parte do risco financeiro que daí advém. O pagamento dos serviços prestados é estipulado previamente pelo contracto de performance (EPC), baseando-se no todo ou em parte das poupanças obtidas com a implementação das medidas de eficiência energética que também fazem parte desse mesmo contracto.

Contracto de Performance Energético (Energy Performance Contracting, EPC) - é o contrato de performance acordado previamente entre os intervenientes - o beneficiário (cliente) e o fornecedor (ESCO) -, sobre a implementação de medidas com vista à eficiência energética; também é descrito o tipo de financiamento e pagamento pelos serviços prestados, onde geralmente é tido em conta o nível de desempenho ou sucesso das medidas estabelecidas;

Acordo de Financiamento Externo (Third-Party Financing, TPF) - é um acordo contratual que envolve uma terceira entidade, que fornece total ou parcialmente o investimento inicial para a implementação das medidas do EPC; podendo obter uma parcela da poupança conseguida pelas medidas acordadas, esta terceira entidade poderá ser a própria ESCO ou uma outra entidade (p.e. Banco).

Também nesse documento é definido um outro conceito de empresa de serviço de energia:

Empresa Prestadora de Serviços de Energia (Energy Service Provider Company, ESPC) - é um tipo de entidade que difere da ESCO por ser uma entidade que fornece um serviço de energia a um taxa fixa ou como incremento ao fornecimento de energia. Este tipo de actuação liberta o fornecedor do serviço de energia de qualquer responsabilidade caso não se verifique o sucesso das medidas implementadas.

2.2.2. Principais Vantagens

As vantagens associadas ao modelo ESCO dependem do tipo de contrato estabelecido entre beneficiário e cliente. Em todo o caso, as duas grandes mais-valias são:

- Risco partilhado entre ambos os intervenientes: quanto melhor for o desempenho da ESCO, mais eficiente se torna o processo de consumo energético, que resulta, inevitavelmente, na redução da factura energética para o cliente;
- As empresas ESCO fornecem um gama bastante alargada de serviços, desde a concepção, financiamento, instalação, operação, manutenção e monitorização, o que permite ao cliente focar-se na sua principal actividade de negócio.

ESCO no Mundo

Nos Estados Unidos da América (EUA), o mercado ESCO cresceu cerca de 7% ao ano, entre 2006 e 2008, movimentando cerca de 2,8 mil milhões de euros (4,1 biliões de dólares) e é expectável que aumente o volume de negócios em cerca de 50% (previstos entre \$7,1 e \$7,3 biliões). Ainda nos EUA, a actuação das ESCO no sector público e institucional, representava 84% do volume de negócio verificados no ano de 2008, demonstrando assim a vontade e aposta na eficiência energética (Satchwell e Goldman, 2011).

Na Europa, é esperado um crescimento do mercado das ESCOs de cerca de 7% entre 2010 e 2016, o que representa um volume de negócio da ordem dos €18,4 mil milhões (\$26,7 biliões) (IE, 2010).

Países como a Alemanha, França, Reino Unido, Espanha e Itália apresentam os maiores mercados, destacando-se dos restantes países membros.

ESCO em Portugal

Os mercados de tecnologias de eficiência energética e aplicações de energias renováveis sofreram profundas mudanças desde 2008, apoiados por um importante Programa de Eficiência Energética do governo.

Em 2009, cerca de 10 a 12 empresas possuíam as creditações necessárias para serem consideradas empresas ESCO. Sendo que a maioria destas empresas eram pequenas e subsidiárias empresas de maior dimensão, tanto nacionais (EDP) como multinacionais (Schneider). Algumas nasceram de parcerias público-privadas e apresentavam, como actividade principal, a aplicação do conceito ESCO.

A maior empresa de serviços energéticos, a EDP, também opera actualmente no Mercado ESCO. Na maioria das empresas ESCO, os serviços de energia são o seu *core business*. Este facto é principalmente real para empresas locais e nacionais, mas não tanto no caso de grandes empresas internacionais.

Os projectos ESCO são comuns no sector industrial em que os planos de eficiência energética são obrigatórios quando o consumo anual de energia é maior do que 500tep/ano (ao abrigo do Sistema de Gestão dos Consumidores Intensivos de Energia - SGClE). Hotéis, escritórios e piscinas também são edifícios alvo para as empresas ESCO a operar em Portugal. Algumas empresas usam contractos EPC, embora também seja comum (principalmente em Portugal) outro tipo de contracto em que não é tido em conta o desempenho energético da instalação, mas sim outros factores.

São três as fontes de financiamento usadas para financiar os projectos ESCO: o capital próprio, as entidades bancárias e, ocasionalmente, os próprios clientes, que cobrem uma parte dos recursos financeiros necessários (IE, 2010).

2.2.3. Modo de Actuação

O modo de actuação deste tipo de empresas passa por um levantamento das necessidades energéticas de um determinado processo, onde se caracteriza todo o processo de transformação energética. Findo este processo, são apresentadas soluções técnicas adequadas, acompanhadas de um estudo económico/financeiro. Desse estudo nasce o contracto de performance a ser acordado entre ambas as partes.

O financiamento das alterações pode, ou não, depender da intervenção de um terceiro agente financeiro. Geralmente, a ESCO assume todos os riscos ligados à realização do projecto, dado que o seu lucro é obtido mediante a poupança conseguida ao longo do período a que o contracto diz respeito.

Cessado o contracto, a exploração é totalmente transferida para o cliente, podendo continuar parcialmente sob a alçada da ESCO, p.e., nas questões de manutenção e exploração.

Na Figura 2.7 é apresentado um fluxograma com a metodologia típica de actuação de uma empresa ESCO. O mesmo poderá ser dividido em três fases cruciais:

- **Poupança energética:** A avaliação energética (auditoria energética detalhada) é o passo mais importante num projecto deste tipo. Dado que a mesma define os indicadores energéticos, cruciais à obtenção duma análise financeira sólida e com risco reduzido;
- **Contracto de performance:** Com base na auditoria energética um contrato de performance é proposto. Este contrato deverá, ao máximo, ser composto por indicadores (tanto energéticos como financeiros) os mais definidos possíveis. Uma boa negociação dos indicadores a atingir é outra componente de elevada importância para o processo;
- **Acompanhamento da implementação:** O terceiro ponto passa pelo acompanhamento e gestão do processo de implementação das diferentes medidas de poupança de energia. Um acompanhamento rigoroso e próximo dos intervenientes do processo será importantíssimo para o sucesso do projecto.

2.2.4. Tipos de contrato de performance

Os contratos de performance são distinguidos consoante o tipo de financiamento com que a operação se irá efectuar. Estes podem ser, geralmente, de dois tipos (Thumann e Woodroof, 2009), ou a garantia de poupança económica, ou a partilha de poupança económica.

- **Garantia de poupança económica**

No modelo de garantia de poupança económica fixa (*Guaranteed Savings*), a ESCO garante sempre a mesma poupança ao cliente. Este método apresenta geralmente um maior risco para a ESCO, dado que caso os custos da energia aumentem ou não se verifique a poupança contratualizada, a ESCO terá de assumir as perdas em relação aos valores presentes no contrato de performance. Na Figura 2.8 é apresentado um exemplo deste tipo de contrato, ao longo do período em que este se encontra em vigor.

O conjunto da zona A (zona verde) e B (zona vermelho) correspondem aos proveitos resultantes da intervenção ESCO. Para este modelo, caso não se verifique o nível de poupança desejado, a ESCO poderá ter lucro zero (como exemplificado no quarto e décimo ano de contrato) ou até mesmo prejuízo.

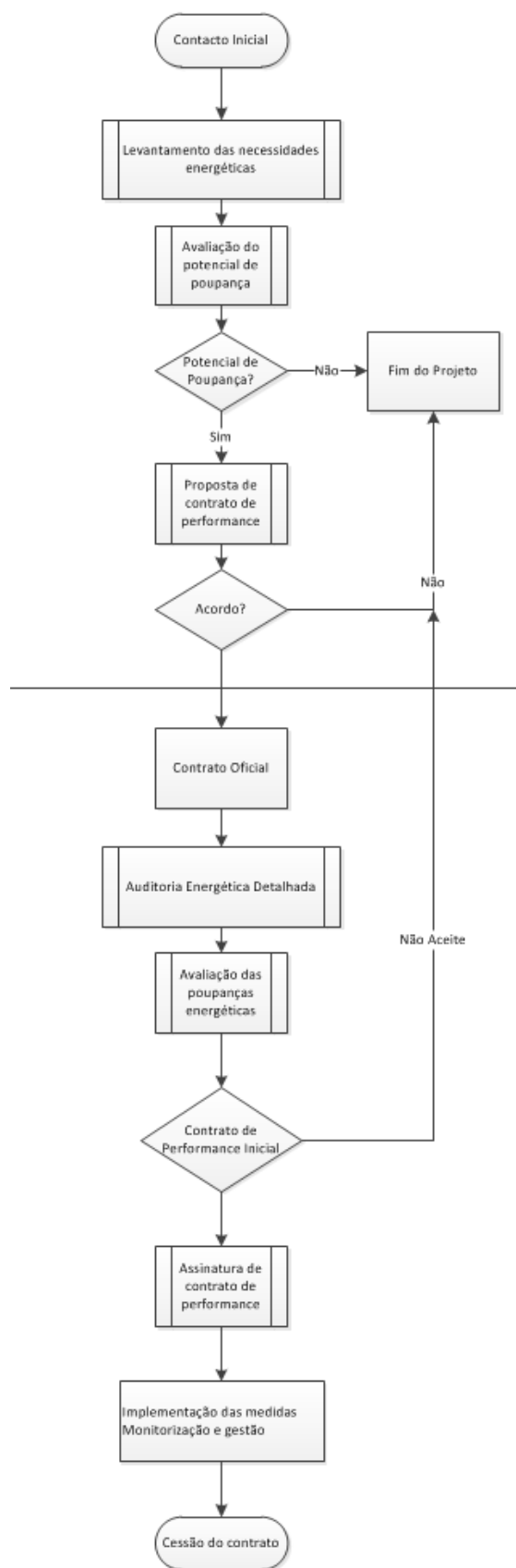


Figura 2.7 - Fluxograma de metodologia de actuação típica de uma ESCO

Modelo ESCO

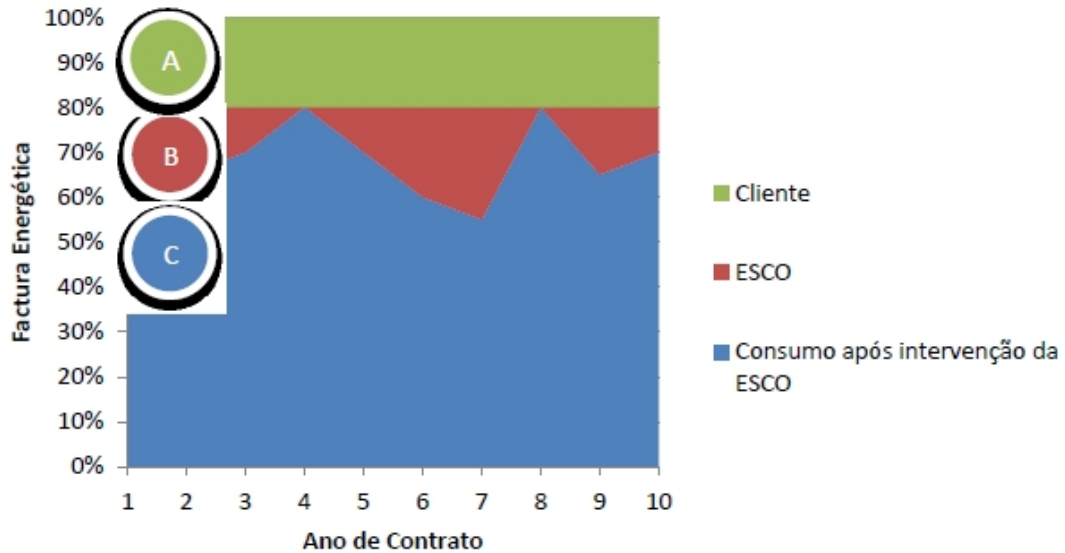


Figura 2.8 - Exemplo de um modelo de contrato Guaranteed Savings

- **Partilha de poupança económica**

No modelo de partilha de poupança económica (*Shared Savings*), os proveitos da poupança são repartidos de acordo com um valor percentual estipulado aquando do contrato.

Este tipo de contrato apresenta uma certa vantagem para a ESCO, dado que o risco é partilhado por ambos (cliente e ESCO). A Figura 2.9 representa a evolução de um contrato deste tipo, onde é notório que independentemente do nível de poupança atingido, os proveitos serão sempre repartidos (com base num valor estabelecido previamente).

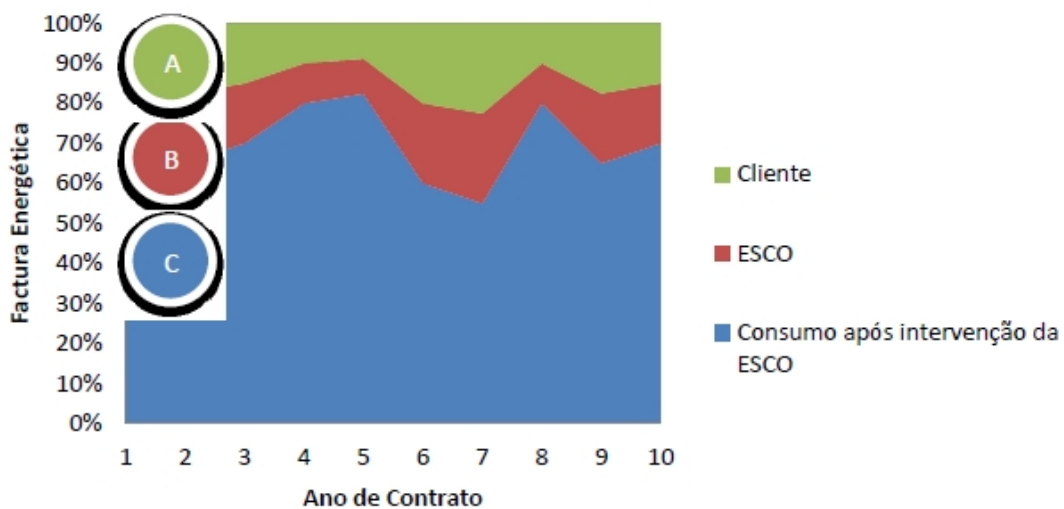


Figura 2.9 - Exemplo de um modelo de contrato Shared Savings

2.3. Indicadores de Avaliação do Investimento

A análise de um projecto de Investimento deverá ser sustentada num conjunto de condições que, em termos gerais, devem estar reunidas para que a decisão de investimento possa ser tomada.

Quem toma decisões de investimento geralmente não aborda, pelo menos de forma sistematizada, as referidas condições. Tal postura é negativa porque a importância da decisão de investimento (tendo em conta nomeadamente a sua conhecida, maior ou menor, irreversibilidade e os seus efeitos no futuro do projecto) justifica que a sua preparação seja rodeada de todos os cuidados.

Há condições básicas que devem ser analisadas antes da tomada da decisão de investimento:

- O projecto deve ser objecto de um estudo de rentabilidade, no sentido de se verificar se as receitas, líquidas, associadas ao projecto de investimento, compensam ou não o montante inicialmente investido.

Esta condição está relacionada de forma clara com uma definição de investimento de cariz marcadamente financeiro. Assim, investimento é “o sacrifício suportado hoje na expectativa de obter no futuro, receitas líquidas de despesas que compensem o sacrifício suportado” (Freitas, 2011).

- Como resulta da definição referida, a análise de investimentos é, naturalmente, uma análise previsional e portanto caracterizada pela incerteza inerente a todas as previsões de médio e longo prazo;
- Não é possível concretizar projectos de investimento sem ter em conta os condicionalismos de ordem financeira.

É preciso, de facto, reunir os capitais (próprios e/ou alheios) necessários à execução do projecto o que pode implicar igualmente (nomeadamente em tempo de políticas restritivas de crédito) a hierarquização dos vários projectos existentes com o objectivo de, por exemplo, não ultrapassar um determinado nível de endividamento ou de conservar uma certa capacidade de endividamento ou de autofinanciamento, no sentido de acautelar custos financeiros desadequados ou incidências futuras que possam pôr em causa o equilíbrio financeiro da empresa.

O estudo económico e financeiro do projecto possibilita a análise da viabilidade da sua iniciativa. A construção de um estudo económico e financeiro baseia-se num processo de previsão assente em pressupostos com o objectivo de estimar os efeitos resultantes da implementação do projecto.

Para a análise da viabilidade ESCO do projecto, foram necessárias bases de trabalho, as quais são explicadas e enumeradas nos pontos seguintes.

2.3.1. Tabela de Demonstração de Resultados

A Tabela 2.2 compara os proveitos e custos resultantes da actividade da empresa. Trata-se, como é sabido, de um dos relatórios fundamentais, que nos permite determinar o potencial de libertação de resultados do projecto. Não é necessário introduzir qualquer dado neste mapa, uma vez que os valores que apresenta resultam dos pressupostos introduzidos anteriormente.

Através da Demonstração de Resultados, consegue-se apreender se o projecto apresenta rentabilidade líquida positiva ou se ao contrário dá prejuízo, e constitui-se como a primeira abordagem à viabilidade do projecto (Freitas, 2011).

2.3.2. Cash-Flow

Os *Cash-Flows* (CF) são fluxos de tesouraria, definidos como entrada e saída de fundos. Existem vários conceitos associados ao CF, tais como:

- Determinação do CF para efeitos de diagnóstico económico - financeiro da empresa;
- Determinação do CF para efeitos da análise de investimentos.

- *Cash-Flow* Convencional ou Meios Libertos:

$$\text{Cash Flow} = \text{Resultado Líquido} + \text{Amortizações} + \Delta\text{Provisões} \quad (2.1)$$

Tabela 2.2 - Mapa com as várias designações usadas na demonstração de resultados

Designação	Designação Inglês
Vendas	
- Custos Variáveis	
= Margem Bruta	
- Custos Fixos	
= RAEFIA (resultados anteriores a encargos financeiros, impostos e amortizações)	[EBITDA]
- Amortizações e ΔProvisões	
= RAEFI (resultados anteriores a encargos financeiros e impostos)	[EBIT]
- Encargos Financeiros	
= RAI (resultados anteriores a impostos)	[EBT]
- Impostos (IRC)	
= Resultado Líquido	

- *Cash-Flow* de Exploração ou Fluxo Gerado de Tesouraria (FGT)

$$\text{FGT} = \text{Meios Libertos} - \text{Investimento de Substituição} \quad (2.2)$$

- Free Cash-Flow (Fluxo Disponível de Tesouraria)

$$FCF = FGT - \text{Investimento de Expansão} \quad (2.3)$$

Com base nas duas bases apresentadas em cima, o CF pode ser determinado das seguintes formas (Martins, 2009):

1. Diagnóstico económico - financeiro da empresa:

O CF é distinto dos resultados contabilísticos por várias razões. Uma passa pelos resultados líquidos serem afectados por um conjunto de custos que não constituem saídas de tesouraria. Por outro lado os resultados líquidos não incluem um conjunto de fluxos que não constituem despesas correntes mas que se traduzem por saídas de tesouraria, como por exemplo, as despesas de capital. Sendo assim a forma de cálculo será o apresentado na equação 2.1.

2. Análise de Investimentos:

A diferença para o CF convencional reside no fato de os CF para a análise de investimentos se destinarem a ser actualizados ao custo de oportunidade do capital. O CF convencional vem sempre deduzido dos juros da dívida e acrescido dos efeitos fiscais a ela associados, devido a isso, pode-se dizer que o CF convencional reflecte a estrutura de capital da empresa, ou seja, a forma como esta é financiada.

O cálculo do CF na análise de investimentos parte dos resultados operacionais líquidos de imposto, ou seja, agregado contabilístico não influenciado pela estrutura de financiamento, independente, portanto, dos juros da dívida. Tem como principal vantagem não exigir o conhecimento ou estimação dos encargos financeiros. Pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{Cash-Flow} = \text{RAEFI} * (1 - T_c) + \text{Amortizações} + \Delta\text{Provisões} \quad (2.4)$$

Sendo T_c a taxa marginal de imposto.

Sendo assim, a determinação do CF para análise de investimentos segue os passos presentes na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Determinação do CF para análise de investimentos

Designação	Designação Inglês
Vendas	
- Custos Variáveis	
= Margem Bruta	
- Custos Fixos	
= RAEFIA (resultados anteriores a encargos financeiros, impostos e amortizações)	[EBITDA]
- Amortizações	
= RAEFI (resultados anteriores a encargos financeiros e impostos) - Resultados Operacionais	[EBIT]
- Impostos Ajustados ($RAEFAI * T_c$)	
= Resultado Líquido Ajustado [$RAEFI * (1 - T_c)$] Resultados Operacionais menos Impostos Ajustados	EBIT * (1 - T_c)

2.3.3. Investimento em Activos Circulantes - Necessidades de Fundo de Maneio (NFM)

O ciclo de operação de qualquer projecto demora tempo a completar. Para o projecto funcionar correctamente o responsável pelo mesmo adquire mercadorias ou matérias-primas que não vai vender ou consumir de imediato e, portanto, têm de ficar imobilizadas durante algum tempo. À medida que vão sendo consumidas têm de ser substituídas, o que significa que o responsável terá de manter em permanência um determinado volume de existências que evite potenciais rupturas de fornecimento. Tais existências são pagas (pelo menos parcialmente) aos fornecedores e, por isso, a empresa tem de imobilizar meios no respectivo financiamento. O projecto faz vendas mas não recebe de imediato o respectivo pagamento. E quando esses clientes pagarem já outros créditos foram concedidos, por isso, a empresa / projecto irá manter em permanência um determinado montante em crédito concedido.

É claro que o responsável pelo projecto negocia e também poderá usufruir do crédito concedido pelos seus fornecedores, não pagando de imediato as compras que efectua. Vai efectuando pagamentos mas também vai obtendo mais crédito e, por isso, usufruirá sempre de um determinado montante de crédito dos seus fornecedores que irá manter em permanência. Adicionalmente o projecto poderá necessitar de possuir em permanência uma certa reserva de disponibilidades para evitar potenciais rupturas de tesouraria no decurso do ciclo normal de exploração (Freitas, 2011).

As necessidades de Fundo de Maneio da empresa (NFM) são, portanto, os montantes de fundos que o projecto necessita de aplicar para financiar o seu ciclo operacional, isto é, para financiar o desfaseamento temporal entre compras e vendas e entre vendas e recebimentos.

Indicadores de Avaliação do Investimento

Em cada período são definidas como:

$$NFM = \text{Existências} + \text{Clientes} - \text{Fornecedores} + \text{Reserva tesouraria} \quad (2.5)$$

Tais necessidades vão variar em função da actividade previsional do projecto de investimento. Haverá períodos em que o nível de actividade aumenta e, conseqüentemente, aumentam as NFM, o que significa que terá de haver um investimento adicional nesta componente. Outros haverá em que, devido à redução do nível de actividade, se poderá prescindir de uma parte das NFM ao dispor, o que equivale a um desinvestimento.

Assim o capital (des) investido em NFM num determinado período t será dado pela variação das NFM:

$$\Delta NFM_t = NFM_{t+1} - NFM_t \quad (2.6)$$

Em termos orçamentais, as componentes principais das NFM tendem a ser definidas a partir dos seguintes indicadores:

- Crédito concedido aos clientes: prazo médio de recebimentos (PMR);
- Crédito obtido de fornecedores: prazo médio de pagamentos (PMP);
- Volume de existências: prazo médio de existências (PME).

Relativamente à reserva de tesouraria, esta depende da política de gestão financeira. Será de considerar uma reserva se esta não possui facilidade de acesso a fundos bancários (Falcini, 1995).

2.3.4. Valor Residual

O fim de vida de um investimento só por mero acaso coincidirá com uma situação de vazio, em que tudo tenha desaparecido e nada reste. Aquilo que é habitual é que remanesçam os equipamentos e outras imobilizações utilizadas pelo investimento e que se recuperem as necessidades de fundo de manuseio. Estas componentes têm de ser consideradas na análise do investimento, sob a forma de fluxos financeiros. Ao valor destes activos, líquidos de eventuais impostos de mais-valias dá-se o nome de valor residual do investimento. Uma "mais-valia" é a diferença entre o valor de venda de um imobilizado e o valor contabilístico. Sendo assim o valor residual pode ser calculado da seguinte forma (Barros, 1999):

Considerando:

Valor Residual Bruto = Valor de Venda Estimado no termo do projecto

Temos:

$$\text{Valor Contabilístico} = \text{Valor da Aquisição} - \text{Amortizações Acumuladas} \quad (2.7)$$

$$\text{Mais-valia} = \text{Valor Residual Bruto} - \text{Valor Contabilístico} \quad (2.8)$$

Indicadores de Avaliação do Investimento

Quando a diferença presente na equação 4.8 é negativa toma a designação de menos-valia.

No caso de termos uma mais-valia o valor residual calcula-se retirando ao valor de venda o respectivo imposto. No caso de uma menos-valia o valor residual calcula-se adicionando ao valor de venda a poupança fiscal.

$$\text{Imposto sobre o Rendimento} = \text{Mais / Menos Valia} * \text{Taxa de Imposto} \quad (2.9)$$

$$\text{Valor Residual Líquido} = \text{Valor Residual Bruto} - \text{Imposto} \quad (2.10)$$

Relativamente ao valor residual do activo circulante (investimento em NFM), ele será igual às NFM no final da vida útil do investimento deduzida da parte não recuperada (o montante das provisões) (Freitas, 2011).

2.3.5. Free Cash-Flow

O *free CF* é o fundo que a empresa pode pagar aos investidores após pagar os investimentos necessários à manutenção do negócio e ao crescimento. O *free CF* é importante porque permite que uma empresa persiga oportunidades que aumentam o valor do accionista.

$$\text{Cash-Flow} = \text{Receitas} - \text{Custos} - \text{Investimentos} \quad (2.11)$$

Tabela 2.4 - Cálculo do Free Cash-Flow

Designação	Designação Inglês
RAEFI (resultados anteriores a encargos financeiros e impostos) - Resultados Operacionais	[EBIT]
- Impostos Ajustados (RAEFAI * T _c)	
= RAEFI * (1 - T _c)	EBIT * (1 - T _c)
+ Amortizações e Δprovisões	
- Investimento	
- Activos Fixos	
- Activos Circulantes (Δfundo de Maneio)	
= FCF (<i>Free Cash-Flow</i>)	

O *free CF* é absolutamente alheio ao financiamento do investimento. Sendo que o financiamento do investimento é introduzido na análise de investimentos de várias formas, nomeadamente através da forma de cálculo do custo de oportunidade do capital (Freitas, 2011).

2.3.6. Análise de Rentabilidade de um Investimento

2.3.6.1. VAL - Valor Actual Líquido

O Valor Actual Líquido (VAL) tem como objectivo avaliar a viabilidade de um projecto de investimento através do cálculo do valor actual de todos os seus CF, sendo por isso um indicador muito utilizado em estudos de análise de viabilidade. Por valor actual entende-se o valor hoje de um determinado montante a obter no futuro. Como qualquer investimento apenas gera CF no futuro, é necessário actualizar o valor de cada um desses CF e compará-los com o valor do investimento. No caso do valor do investimento ser inferior ao valor actual dos CF, o VAL é positivo o que significa que o projecto apresenta uma rentabilidade positiva.

Para actualizar os CF futuros é utilizada uma taxa a que se chama taxa de desconto. Esta taxa de desconto não é mais do que uma taxa de juros sem risco acrescida de um prémio de risco estabelecido para o tipo de projecto em causa (Barros, 1999).

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I \quad (2.12)$$

Considerando as despesas de investimento como mais um CF, o VAL corresponde à soma dos CF de investimento actualizados:

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i)^t} \quad (2.13)$$

O que leva a que a forma de calculo o VAL fique da seguinte forma:

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF \text{ de Investimento}_t}{(1+i)^t} \quad (2.14)$$

Em termos de decisão, este critério tem o seguinte comportamento (Freitas, 2011):

- VAL > 0 - Estamos perante um projecto economicamente viável, uma vez que o VAL superior a 0 permite cobrir o investimento inicial, bem como a remuneração mínima exigida pelo investidor (TA), e ainda gerar um excedente financeiro.
- VAL = 0 - O projecto é economicamente viável, uma vez que permite a completa recuperação do investimento inicial, bem como a obtenção mínima exigida pelos investidores (TA). Podemos concluir que um projecto com um VAL = 0 corre sérios riscos de se tornar inviável.
- VAL < 0 - Estamos perante um projecto economicamente inviável. Quanto maior for o VAL, maior será a probabilidade do projecto ser viável economicamente, já que um VAL positivo significa que as receitas geradas são superiores aos custos.

2.3.6.2. TIR - Taxa Interna de Rentabilidade

A Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) representa a taxa máxima de rendibilidade do projecto. Não é mais do que a taxa de actualização que, no final do período de vida do projecto, iguala o VAL a zero (Freitas, 2011).

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+TIR)^t} - I \quad (2.15)$$

Em termos de decisão, este critério tem o seguinte comportamento:

- $TIR > TA$ Implica que o $VAL > 0$; O projecto consegue gerar uma taxa de rendibilidade superior ao custo de oportunidade do capital, pelo que estamos perante um projecto economicamente viável.
- $TIR < TA$ Implica que o $VAL < 0$; o projecto não consegue gerar uma taxa de rendibilidade superior ao custo de oportunidade do capital, pelo que estamos perante um projecto economicamente inviável.

A TIR pode ser calculada através do Método de Interpolação Linear. Este método consiste em ensaiar vários valores de "i". Começa-se por estimar um valor que nos pareça próximo da solução final. Se o VAL resultante for positivo, ensaia-se um valor de "i" superior. Se o VAL resultante for negativo, ensaia-se um valor de "i" inferior.

Quando os dois pontos assim obtidos estiverem suficientemente próximos um do outro, pode interpolar-se linearmente, obtendo-se $i = TIR$ aproximada correspondente ao $VAL = 0$.

$$TIR = i_1 + (i_2 - i_1) * \frac{VAL_1}{VAL_1 + |VAL_2|} \quad (2.16)$$

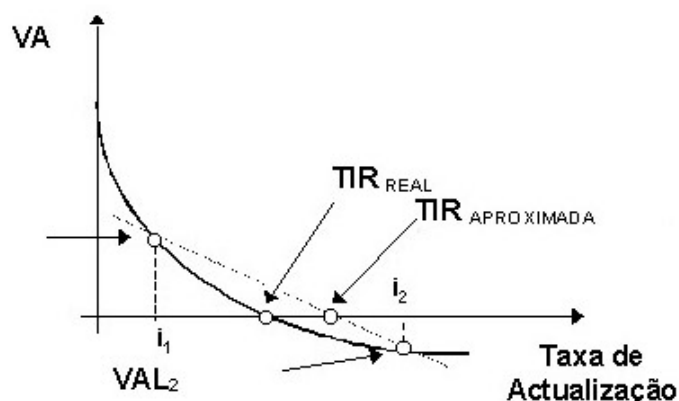


Figura 2.10 - Forma de cálculo do valor aproximado do TIR

2.3.6.3. Prazo de Recuperação de Capital - "PAYBACK PERIOD"

O prazo de recuperação de capital - termo em inglês designado por *payback period* - é o período de tempo que um projecto leva a recuperar o capital inicialmente investido (Freitas, 2011).

Pode ser calculado da seguinte forma:

$$PAYBACK = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i)^t}}{\frac{\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{n}} \quad (2.17)$$

Com n sendo o número de anos do projecto de investimento.

Em termos de decisão, este critério tem o seguinte comportamento:

- $PAYBACK =$ à duração da vida do projecto, significa que o VAL é nulo e a TIR é igual à taxa de custo do capital.
- $PAYBACK <$ à duração da vida do projecto, significa que o VAL é positivo e a TIR é superior à taxa de custo do capital.
- $PAYBACK >$ à duração da vida do projecto, significa que o VAL é negativo e a TIR é inferior à taxa de custo do capital.

Sendo assim conclui-se que só se deve aceitar projectos com $PAYBACK$ inferior à duração da vida do projecto.

3. Principais fundamentos da biomassa

Biomassa é a acumulação da matéria orgânica produzida pelo crescimento e desenvolvimento dos organismos vivos, e os que recentemente deixaram de o ser e inclui tanto a matéria vegetal como a animal (McKendry, 2002a). O termo biomassa também é utilizado para designar toda a matéria orgânica não fóssil, de origem biológica, que pode ser explorada para fins energéticos.

A vertente da biomassa que interessa desenvolver está relacionada com a combustão, e tem a ver com os resíduos sólidos referidos adiante em 0, como resíduos primários: subprodutos da actividade florestal e agrícola e em 0, como resíduos secundários: subprodutos do processamento de biomassa decorrentes das actividades madeireira, do mobiliário, entre outras.

A biomassa é a matéria vegetal formada pela reacção entre o CO_2 existente no ar ambiente, a água e a radiação solar que através da fotossíntese produz hidratos de carbono. A fotossíntese geralmente converte menos de 1 % da radiação solar disponível em energia química armazenada na estrutura da biomassa, sob a forma de ligações químicas. A biomassa ao ser processada posteriormente de modo eficiente (via termoquímica ou bioquímica) liberta essa energia química sob a forma de carbono que quando combinada com oxigénio, sofre uma reacção de oxidação (exotérmica) de que resulta CO_2 e H_2O . Dá origem a um ciclo fechado de CO_2 , de acordo com a Figura 3.1 daí poder afirmar-se que o balanço de CO_2 é nulo, pois a quantidade de CO_2 absorvida durante a vida da planta é equivalente à libertada aquando da sua posterior conversão energética, (McKendry, 2002a).

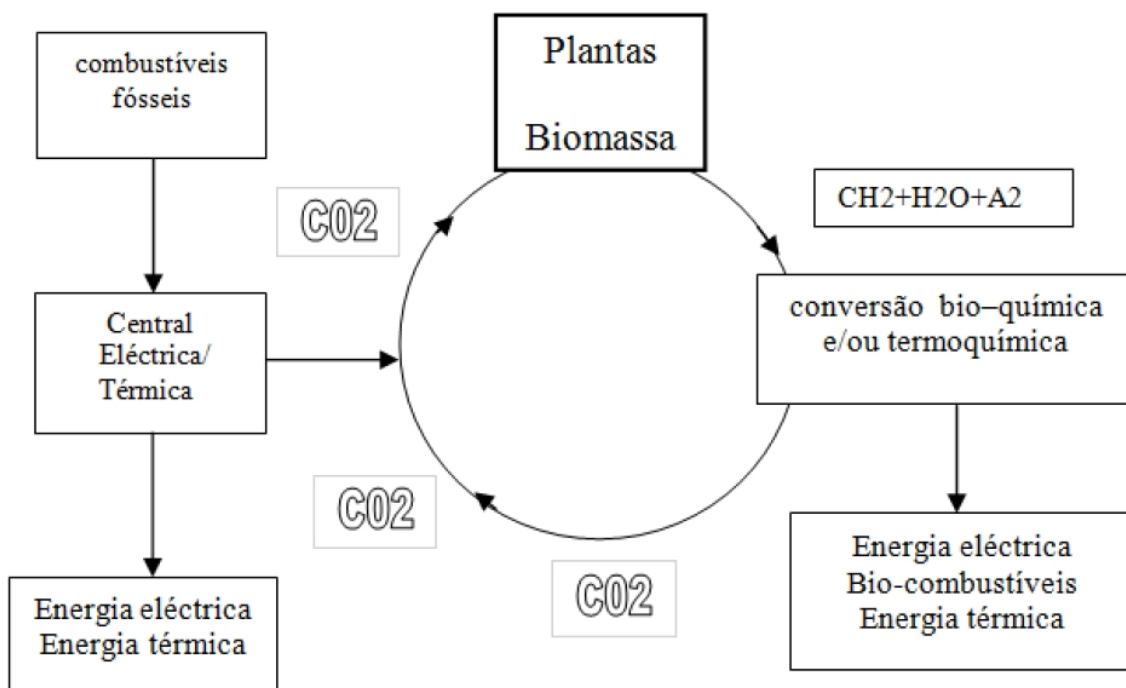


Figura 3.1 Ciclo “fechado” de CO_2

Fica patente que a biomassa é um transportador de energia por excelência com a vantagem, contrariamente aos combustíveis fósseis, de não aumentar as emissões de CO₂ na atmosfera. A combustão de 1 tonelada de biomassa evita a emissão de CO₂ resultante da combustão, por exemplo na queima do gasóleo, são emitidos cerca de 1500kg de CO₂ excluindo a sua preparação que é de cerca de 140kg de CO₂, enquanto na preparação da biomassa, é de apenas 43kg de CO₂, (Staiss e Pereira, 2001).

3.1. Potencial e Classificação da Biomassa

A biomassa tem um contributo actualmente de 10% a 15% do consumo de energia primária mundial, estima-se em cerca de 45 a 55EJ. Ao nível dos países desenvolvidos representa já 9% a 14% dos consumos energéticos nacionais, enquanto nos países em vias de desenvolvimento atinge entre os 20% a 33%. Num considerável número de países chega a representar cerca de 50% a 90% de energia primária; A Suécia formulou uma meta exigente de 40% do consumo de energia primária passar a ser assegurado pela biomassa, por volta de 2020 (Khan et al., 2009).

A UE decidiu aumentar os objectivos nas FER:

- “Energias renováveis: meta vinculativa de 20% até 2020, em relação ao consumo de energia na EU;
- “Biocombustível: meta mínima vinculativa de 10 %, a atingir por todos os EM (estados membros)até 2020” (DGEG, 2009).

Daqui resulta uma margem importante de crescimento para a utilização da biomassa.

- Tem um impacto ambiental em termos de balanço de emissão de CO₂ nulo, o que não acontece com os combustíveis fósseis;
- É uma realidade incontornável para o aquecimento residencial através das lareiras e recuperadores, os vulgares fogões a lenha, nas indústrias que consomem tradicionalmente biomassa, entre outros, como já acontece por todo o mundo.
- O contributo que a biomassa poderá ter a nível da União Europeia no chamado comércio das emissões, a que está subjacente o pagamento futuro de taxas de emissão de CO₂, se forem tomadas já as medidas adequadas, (Mc Kendry, 2002a).

Relativamente à classificação da biomassa:

Resíduo: “Qualquer substância ou objecto de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou a obrigação de se desfazer”, (prNP 4486, 2008).

Existem várias classificações para a Biomassa, apenas serão abordadas duas delas, uma de acordo com a Norma Europeia CEN TC 335 que classifica o tipo básico de biomassa, outra com a proveniência da biomassa.

3.1.1. Norma Europeia CEN TC 335

Esta primeira classificação é segundo a referida norma, baseada na origem e fonte da biomassa, e está hierarquizada por grupos:

1. Grupo 1 - biomassa lenhosa;
2. Grupo 2 - biomassa herbácea;
3. Grupo 3 - biomassa de frutos;
4. Grupo 4 - misturas e combinações.

A norma CEN TC 335 está dividida em 5 subgrupos de qualidade:

- WG1 (terminologia, definições e descrição);
- WG2 (classes e especificação do combustível);
- WG3 (amostra e redução de amostra);
- WG4 (ensaios mecânicos e físicos);
- WG5 (métodos de ensaios químicos).

Referem-se alguns exemplos de cada grupo, (Gonçalves, 2008) no que respeita à combustão da biomassa:

1. Grupo 1 - biomassa lenhosa (madeira)

Este grupo engloba: aparas de madeira, pellets, troncos de madeira, serrim, etc.; As espécies lenhosas são caracterizadas pela fraca taxa de crescimento composta por fibras coesas, apresentando uma superfície exterior rígida e utilizam geralmente o mecanismo fotossintético em C3, são exemplos: o salgueiro, o choupo, o eucalipto, o trigo. Não possibilitam a conversão para álcool (etanol), dado serem ricos em hidratos de carbono.

2. Grupo 2 - biomassa herbácea

As espécies herbáceas são espécies perenes, composta por fibras menos coesas que as anteriores, têm uma taxa de crescimento rápido, indicando uma baixa proporção de lenhina, que liga as fibras celulósicas, utilizam o mecanismo fotossintético em C4, tendem a acumular uma maior quantidade de carbono do que o C3. São exemplos que utilizam o mecanismo fotossintético em C4: o cardo, o sorgo forrageiro, o milho e a alcachofra, com destaque para o miscanthus, é ideal como espécie de rápido crescimento para a produção de biocombustíveis. Também há espécies herbáceas utilizando o mecanismo fotossintético em C3, como é o caso dos cereais.

3. Grupo 3 - biomassa de frutos

É o caso, por exemplo da oliveira, cujo fruto é a azeitona, utiliza-se o caroço da azeitona e o bagaço da azeitona para queima e produção de vapor para o processo produtivo.

4. Grupo 4 - Misturas e combinações

Combustível derivado de resíduos (CDR), ou em inglês RDF (refuse derived fuel) é uma designação típica dos combustíveis sólidos tendo por origem resíduos sólidos, não têm definições técnicas específicas. Aplica-se a todos os resíduos não perigosos, para utilização com vista à recuperação de energia em unidades de incineração e co-incineração, as suas especificações técnicas satisfazem os requisitos da norma CEN/TS definidas na página 6 da norma prNP 4486, 2008. Aqui se incluem como matérias-primas resíduos sólidos urbanos, resíduos industriais não perigosos, resíduos de construção e demolição, lamas de ETAR e outros.

Combustível sólido recuperado (CSR) é o combustível que foi submetido a uma preparação prévia de acordo com a norma CEN/TS 15357:2006, a partir de resíduos não perigosos, destinados a serem utilizados para instalações de incineração, as suas especificações técnicas satisfazem os requisitos da norma CEN/TS 15359:2006. A norma portuguesa prNP 4486, 2008 combina os requisitos das classes definidas pela norma EN/TS 359:2006 com os respectivos métodos de ensaio e gestão da qualidade, bem como a utilização de um conjunto de documentos da norma CEN TC 343. As normas CEN TC 343 - definem 5 classes/grupos de qualidade em função da análise de três parâmetros principais: P.C.I., teor em cloro, teor em mercúrio.

3.1.2. Classificação segundo a proveniência

Esta classificação é também ajustada para a abordagem à combustão de biomassa, pois é feita segundo a proveniência dos resíduos.

Resíduos primários

Subprodutos decorrentes das actividades de desbaste e de limpeza, das florestas bem como da actividade agrícola e da indústria agro-alimentar, tais como: madeira, palha, cereais, milho, etc.

Resíduos secundários

Subprodutos do processamento de biomassa decorrentes das actividades de produtos alimentares ou que utilizam a biomassa como matéria-prima, tais como as indústrias: madeireira, do mobiliário, de bebidas, da pasta do papel, de cascas e caroços de frutos.

Resíduos terciários

Subprodutos de biomassa em estado usado, tais como: madeira de demolições e resíduos diversos como sejam, por exemplo: embalagens, estrados e paletes de madeira.

Espécies de rápido crescimento

São culturas dedicadas com vista ao aproveitamento energético é exemplos começando pelas lenhosas: o choupo, o salgueiro, o eucalipto; no caso das herbáceas o sorgo, o miscanthus, a cana do açúcar (McKendry, 2002a). Uma cultura de rápido crescimento deve ter basicamente as seguintes características: máxima produção de massa seca por hectare, baixo consumo energético na sua produção, baixo custo, composição contendo o mínimo de contaminantes, diminuta exigência de nutrientes, que terão de ser compatíveis com as características específicas climáticas e de solo de cada país ou região, devendo ser dotada de uma grande resistência à infestação e minimizando as necessidades de fertilizantes.

3.2. Propriedades da Biomassa

As propriedades principais da biomassa (Mc Kendry, 2002a) são:

- Humidade;
- Poder calorífico;
- Teores de carbono fixos e voláteis;
- Teor de cinza/resíduo;
- Teor de metais alcalinos;
- Massa volúmica (a granel).

Daqui em diante a biomassa, passa a ter o significado de combustível sólido, ou o combustível sólido residual, destinado à queima directa numa instalação de conversão de energia em biomassa, abreviado por instalação.

3.2.1. Humidade

Pode ser avaliada de duas formas: a intrínseca e a extrínseca. A primeira relacionada com o teor de humidade da própria biomassa é avaliada em laboratório, enquanto a segunda tem em conta as condições atmosféricas durante a colheita, bem como a possível contaminação do solo ou de outros agentes. A humidade é um parâmetro fundamental nos processos termoquímicos, e em particular na combustão, o poder calorífico P.C.I., varia inversamente com a humidade, e quando esta é superior a 70%, inibe a chama (Nogueira, 2007).

A redução de humidade de 50% para 30% por tonelada de biomassa base seca, permite um ganho de rendimento térmico de cerca de 8,7%, por outro lado é desaconselhada a secagem empilhada ao ar (convecção natural), pois o ganho de rendimento térmico não compensa a degradação biológica. Em contrapartida é sugerida a sua pré-secagem, se houver aproveitamento de energia disponível ou de baixo custo, como é o caso da

recuperação do calor remanescente dos gases de combustão, da energia solar, ou outros (Oberberger, 1998).

3.2.2. Poder calorífico

Corresponde à energia calorífica possível extrair por kg de biomassa, quando queimado ao ar. O poder calorífico superior, P.C.S., representa a energia calorífica máxima possível extrair por kg de biomassa. O poder calorífico inferior, P.C.I., representa a energia disponível por kg de biomassa, e obtém-se subtraindo do poder calorífico superior, o calor latente do vapor de água contido.

3.2.3. Teores de carbono fixo e de matéria volátil

Através de análise em laboratório, designada de análise imediata, é possível determinar a energia química armazenada sob a forma de carbono fixo e volátil.

- O teor de voláteis ou matéria volátil de biomassa, corresponde ao gás libertado incluindo humidade quando sujeito a uma temperatura de 950°C durante 7 minutos;
- O teor de carbono fixo é a massa remanescente após a libertação dos voláteis.

O teor de voláteis traduz a facilidade com que um combustível é inflamado mesmo a baixas temperaturas e em consequência pode ser gasificado ou oxidado, consoante o fim pretendido, no caso da biomassa este teor é elevado, da ordem de 75%, e vai dar origem a uma taxa de reacção rápida, pois esta pode perder até 90 % da sua massa inicial, ainda nesta fase inicial de desvolatilização (Khan et al., 2009). Outra forma de avaliar a razão entre o oxigénio, carbono e hidrogénio, proposta por Van Krevelen em (Khan et al., 2009), é a definição de rácios mássicos dos teores de: oxigénio e carbono, e de hidrogénio e carbono, no caso dos combustíveis fósseis, as ligações carbono-carbono são as que possuem um conteúdo energético superior.

3.2.4. Teor de cinza/resíduo

Uma reacção termoquímica ou bioquímica ao ocorrer provoca uma quebra química de que resultam resíduos. Na combustão têm a designação de cinza, quando esta se encontra no leito da fornalha ou de cinza volante se está presente nos gases de combustão, dita. A cinza afecta não só o sistema de remoção desta, como o projecto de todo sistema de conversão de biomassa, ou seja, a queima, a fornalha, a caldeira, o tratamento de fumos, condicionando também a operação futura da instalação.

3.2.5. Teor de metais alcalinos

No caso da biomassa, os metais alcalinos são: o sódio, o potássio, o magnésio, e o cálcio, que reagem com a sílica presente na "cinza volante" e a alta temperatura forma uma fase líquida (escória), que poderá provocar, por exemplo, o sujar do

depósito ou até obstrução tanto das superfícies de transferência de calor como das entradas de ar na fornalha. A sequência de estados da cinza é o seguinte: amolecimento >> fusão >> fluidificação >> solidificação. O teor de sílica intrínseco pode ser baixo, mas se durante a colheita ocorrer contaminação do solo ou de outro agente, o teor total de sílica poderá aumentar.

3.2.6. Massa volúmica (a granel)

A biomassa por ter uma massa volúmica reduzida, o que se traduz numa baixa energia por unidade de volume ou peso, obriga a uma fornalha de maiores dimensões, para uma dada taxa queima por secção de fornalha, o que origina dificuldades: no controlo do processo, no sistema de alimentação de biomassa, limitações tecnológicas, na logística em termos de custos, pois carece de volumes de transporte e armazenamento maiores. A título de exemplo refere-se que a energia térmica por peso do gásóleo é da ordem de 42GJ/t enquanto a biomassa com 50 % de humidade é de apenas a 8GJ/t, por outro lado a massa volúmica aparente da madeira varia consoante o produto final da biomassa: aparas de madeira é da ordem 100kg/m³, o serrim 120kg/m³, enquanto os pellets atingem o valor de 560 a 630kg/m³. O corte, o desbaste, e a recolha da biomassa florestal, no caso das espécies lenhosas, tendem a apresentar uma dimensão característica, ao comprimento, em troncos, enquanto as herbáceas (palha, ervas) são geralmente, cortadas e a seguir enfardadas.

Como solução para este problema, recorre-se ao adensamento da biomassa, embora com o aumento de complexidade de equipamento, energia e custo de operação, através do: embalamento/enfardamento, redução da granulometria, da briquetagem, e da peletização. A peletização tem a vantagem de utilizar prensas de alta pressão e admitir biomassa com humidade variada, mas esta terá de ser previamente triturada e moída, com a implicação de custo acrescido, por outro lado na briquetagem, basta que a palha seja destrocada e o equipamento é mais simples.

3.2.7. Rácio celulose/lenhina

Dada a sua importância apenas em relação aos processos de bioquímicos, o tema não será desenvolvido. Fica a referência de que os constituintes da biomassa, incluem: celulose, hemicelulose, lenhina, proteínas, açúcares simples, hidrocarbonetos, amido, cinzas, entre outros.

3.3. Caracterização energética da biomassa

Apesar de existirem valores típicos para biomassa, para uma mesma espécie as suas propriedades poderão variar, para o efeito poderão ser feitas análises da biomassa em laboratório, por exemplo, segundo a norma ASTM - American Society for Testing Materials:

- A análise imediata é uma análise laboratorial que permite determinar a composição mássica em percentagem em base seca ou húmida com ou sem cinza, dos teores de humidade, voláteis, carbono fixo e cinzas;

Caraterização energética da biomassa

- A análise elementar é uma análise laboratorial que permite determinar a composição mássica em percentagem, dos teores de carbono, hidrogénio, azoto, enxofre, oxigénio e ainda outras espécies químicas;
- A determinação do poder calorífico é uma análise laboratorial que determina o poder calorífico superior, e através do conhecimento prévio da análise elementar e da humidade do combustível possibilita o cálculo do poder calorífico inferior,

Há ainda a possibilidade de se efectuarem alguns testes adicionais como sejam:

- A análise da composição das cinzas permite determinar a composição mássica em percentagem, dos seus elementos constituintes tais como: o potássio, o sódio, o cálcio, o magnésio, o fósforo, o silício e o ferro.
- A Análise somativa permite determinar a composição mássica em percentagem de: celulose, hemicelulose, lenhina, proteínas, açúcares simples, hidrocarbonetos, amido, cinzas;
- Outras propriedades termodinâmicas e físicas poderão ser obtidas como é o caso de: a condutibilidade térmica, o calor específico, a temperatura de fusão da cinza, a massa volúmica a granel, a massa específica, a dimensão e a forma, o ângulo de repouso, etc.

Os combustíveis derivados dos resíduos (CDR) estão já abrangidos por uma norma portuguesa decorrente da harmonização das normas europeias para cada estado membro, que está estruturada de modo a definir com grande detalhe: os conceitos chave, critérios de classificação, os parâmetros físicos e químicos envolvidos na gestão de qualidade e as metodologias de caracterização físico-química. No que respeita à caracterização físico-química, o Anexo C página 23, ponto C1 define os parâmetros de especificação obrigatória e o respectivo método de quantificação segundo as normas CEN/TS respectivamente com os números: 15403; 14414-1; 15400;15415; 15408 e 15411, (prNP 4486, 2008).

Tabela 3.1 - Procedimento dos ensaios segundo ASTM

Method	Test N°
Proximate analysis	
Moisture	E871
Volatile matter	E872
Ash	D1102
Ultimate Analysis	
C	E777
H	E777
O	E870
N	E778
S	E775
Gross Heating Value	E711

A biomassa, quando comparada com os combustíveis fósseis, em termos de composição, e de acordo com a Tabela 3.3 e Da Tabela 3.4 pode-se inferir que a

Caraterização energética da biomassa

biomassa é muito diversificada basta verificar que os teores de cinza da casca de arroz e o do pinheiro bravo, são bem distintos e vão condicionar o projecto e a operação futura da instalação de conversão de biomassa em energia que os utilizar como combustível (Bizzo, 2007).

Caraterização energética da biomassa

Tabela 3.4 apresenta um teor de oxigénio de 30 a 45 %, o teor de carbono é de cerca 40% a 50%, enquanto na antracite, esses teores são respectivamente de 3,68% e de 85%.

Este teor de carbono na antracite é responsável pelo seu poder calorífico mais elevado da ordem de 33.500kJ/kg, em contraponto com a biomassa da apenas 18.000kJ/kg no caso do eucalipto em estado seco. Os teores em azoto, enxofre e cloro, embora reduzidos dão origem à emissão de poluentes.

Tabela 3.2 - Poderes caloríficos de alguns combustíveis sólidos

Combustível	PCI (kJ/kg)
Antracite	33.500
Hulha	32.400
Lenhite	20.900
Turfa	14.600
Coque	31.400
Biomassa	18.000

Tabela 3.3 - Composição mássica típica (%) de combustíveis sólidos

Combustíveis sólidos	C	H2	O2	N2	S	H2O	Cinzas
Antracite	85,42	3,82	3,68	1	1,23	0,95	3,9
Hulha	75	4,5	7	1	1	5,5	6
Lenhite	52	4,2	12	1	1	24	6
Turfa	44	4,5	24	1	0,5	20	6
Madeira	40	4,5	36	1	-	16	1,5
Coque	84	0,8	2,4	1	1	1,8	9

Da Tabela 3.4 pode-se inferir que a biomassa é muito diversificada basta verificar que os teores de cinza da casca de arroz e o do pinheiro bravo, são bem distintos e vão condicionar o projecto e a operação futura da instalação de conversão de biomassa em energia que os utilizar como combustível (Bizzo, 2007).

Tabela 3.4 - Composição mássica (%) de biomassa

Tipo de biomassa	C	H	O	N	S	Cinzas
Pinheiro bravo	49,2	5,9	44,3	0,06	0,03	0,3
Eucalipto	49	5,8	43,9	0,03	0,01	0,72
Casca de arroz	40,9	4,3	35,8	0,4	0,02	18,3
Bagaço de cana	44,8	5,3	42,3	0,38	0,01	1,5
Casca de coco	48,2	5,2	33,1	2,98	0,12	10,25
Sabugo de milho	46,5	5,8	45,4	0,47	0,01	1,4

3.4. Alimentação da Biomassa à Caldeira

Actualmente, a compreensão dos processos termoquímicos de conversão da biomassa encontram-se relativamente desenvolvidos, nomeadamente, a combustão directa. Contudo, os problemas mais críticos surgem na zona de alimentação da biomassa na caldeira, o que condiciona o funcionamento contínuo do sistema.

A alimentação da biomassa recebeu alguma atenção no passado, com a criação de vários alimentadores e respectivas patentes. Contudo, na sua maioria apresentam um combustível específico incapaz de fornecer uma alimentação confiável, eficiente e económica, para uma maior variedade de combustíveis. Os problemas mais comuns ocorrem com bloqueios na linha de alimentação, conduzindo a pontes e falhas do sistema (Dai, *et al.*, 2012).

Assim, torna-se bastante importante o estudo das propriedades físicas da biomassa que influenciam o processo de alimentação da mesma à caldeira. Um estudo, de revisão, levado a cabo por (Dai, *et al.*, 2012) determinou que o tamanho e forma das partículas, a sua humidade e massa volúmica, bem como a compressibilidade e a compactação da biomassa, são algumas das características mais relevantes. Para além das propriedades mencionadas, existem outros factores que condicionam a alimentação da biomassa à caldeira, como é o caso de materiais externos, como metais e pedras. Estes materiais devem ser eliminados, ou pelo menos reduzidos, uma vez que podem causar desgastes e paragens na alimentação, bem como problemas graves na caldeira. Existem algumas técnicas para a remoção dos mesmos, tais como a utilização de um íman para a remoção de materiais ferrosos.

3.4.1.1. Efeitos das Propriedades Físicas da Biomassa

Segundo o mesmo estudo, os bloqueios na linha de alimentação estão fortemente ligados ao tamanho das partículas e à sua forma irregular, bem como à má distribuição das mesmas.

Cada tipo de reactor apresenta diferentes requisitos no tamanho do combustível. Assim, partículas de tamanho uniforme conduzem a um melhor desempenho do reactor. Já as partículas de grande dimensão, em especial as que apresentam alta densidade e rigidez, são mais susceptíveis ao bloqueio do sistema de alimentação.

Dentro das propriedades físicas da biomassa, já referidas no presente trabalho, dá-se especial importância à humidade. O teor de humidade, tal como foi mencionado anteriormente, representa a massa de água por unidade de massa seca, ou húmida, de material e constitui uma importante característica do combustível. O máximo teor de humidade das matérias-primas admitido em processos termoquímicos é de 65%, pois a humidade aumenta o conteúdo, o que acentua a tendência para bloqueios no sistema de alimentação, para além de conduzir à corrosão de superfícies metálicas. Por outro lado, combustíveis excessivamente secos apresentam maior permeabilidade, o que aumenta a possibilidade de refluxo de gás e de outros materiais a partir do leito.

Uma humidade entre os 10 e 20% (base húmida) é o ideal para a maioria dos processos de conversão da biomassa. Valores superiores conduzem a uma redução da eficiência na combustão. Já para os sistemas de gasificação levam a uma melhor conversão do carbono, emissões mais reduzidas de tar e menor aquecimento do producer gas (Dai, et al., 2012).

3.4.1.2. Equipamentos na Alimentação da Biomassa

Os sistemas de alimentação de biomassa fazem o seu transporte, desde o silo até à linha de transporte, bem como a sua injeção na caldeira. Um sistema de alimentação ideal tem de proporcionar uma entrega contínua e suave de biomassa, com um controle preciso da taxa de alimentação. Deve ainda ser insensível a variações de tamanho do combustível, da sua forma e humidade, evitando o refluxo de gás e materiais a partir do leito (Babu, 1995).

Não existe uma escolha universal no que toca a alimentadores. Existem, sim, várias combinações possíveis, tanto para combustão como para gasificação de biomassa. Os sistemas de alimentação em tremonhas, designados na língua inglesa por hopper e lock hopper, os alimentadores em parafuso, as válvulas rotativas, os alimentadores de pistão, ou de correia, sistemas vibratórios, alimentadores de mesa rotativa, bombas e sistema pneumáticos de alimentação, são algumas das possíveis escolhas. Todos estes dispositivos podem proporcionar o controlo da taxa de alimentação e, tal como já foi referido, são frequentemente combinados, especialmente para uma operação contínua.

A temperatura, a pressão, os depósitos de combustível e outras condições de fluxo devem ser monitorizados continuamente, a fim de se garantir a segurança do sistema, bem como uma alimentação suave.

Os sistemas de alimentação variam de central para central, dependendo das políticas operacionais. No que toca a caldeiras de leito fluidizado, os sistemas de alimentação mais utilizados são as tremonhas, válvulas rotativas, alimentadores em parafuso, pneumáticos ou ainda alimentadores de pistão. Já a gasificação requer uma maior

segurança, exigindo um conhecimento aprofundado de cada uma das suas etapas para posterior projecção e desenvolvimento de um sistema operacional seguro e confiável (Dai, et al., 2012).

3.5. Leito fluidizado

3.5.1. Combustão

Designa uma combinação química rápida do oxigénio com um combustível, sendo portanto uma reacção de oxidação (Pinho, 2005a).

A importância da combustão é tal que 85 % das necessidades energéticas mundiais ocorre por reacções de combustão de combustíveis fósseis, em contraponto, a energia hidráulica é responsável por 10 %, e a energia nuclear por 5 %. Para ocorrer a combustão é necessário um combustível no caso, a biomassa em condições de poder entrar em autocombustão; um comburente, usualmente o ar que combinado com o anterior possibilita a combustão; além disso é necessário se verifiquem certas condições de pressão, temperatura e composição da mistura. Uma queima/mistura diz-se estequiométrica, quando é fornecida a quantidade mínima de ar que contem o oxigénio suficiente para assegurar a combustão completa (teórica). A quantidade de ar realmente fornecida é expressa em termos da percentagem de ar teórico. É designado por AC à relação entre as massas de ar e do combustível. Define-se riqueza r da mistura como, razão entre as massas de ar e do combustível, respectivamente, a estequiométrica e a realmente fornecida de acordo com a equação 3.1 (Pinho, 2005a).

$$r = \frac{(AC)_{esteq}}{(AC)_{real}} \quad (3.1)$$

Se $r = 1$ a mistura é estequiométrica;

Se $r > 1$ a mistura é rica, há defeito de ar;

Se $r < 1$ a mistura é pobre, há excesso de ar;

Em sistemas de combustão, e no caso da combustão da biomassa $r < 1$. Para assegurar a autocombustão, é necessário além de garantir a temperatura da auto-ignição específica de cada combustível sólido, a humidade deverá ser reduzida, caso contrário será necessário um combustível auxiliar, para manter a reacção. O poder calorífico inferior varia inversamente com a humidade. Para se obter um elevado nível de eficiência de queima além de se assegurar o cálculo da química da combustão, garantindo que o número de átomos de cada elemento é o mesmo em ambos os lados da equação, isto é, o de princípio da conservação da massa, o excesso de ar necessário a uma combustão completa, na prática é também necessário um projecto cuidadoso do queimador/ fornalha que garanta:

- A fornalha e as partículas de combustível da carga se encontram a uma temperatura média e uniforme;

Leito fluidizado

- A concentração molar do oxigênio é conhecida e uniforme em toda a fornalha;
- As condições do ar à entrada da fornalha são conhecidas;
- A composição dos gases queimados à saída é idêntica à reinante no interior da fornalha (Pinho, 2005a).

Por outro lado é preciso impor pelo menos a temperatura de chama na fornalha para garantir a potência térmica requerida, todos estes parâmetros vão ser analisados em detalhe nos capítulos seguintes.

3.5.2. Conversão de Biomassa em Energia

3.5.2.1. Tecnologias de conversão termoquímica

Das tecnologias disponíveis apresentam-se os seguintes processos termoquímicos principais: a combustão, a gasificação, a pirólise e a liquefação (Mc Kendry, 2002b). A combustão é a que vai ser desenvolvida pois trata-se do processo onde há mais maturidade em termos tecnológicos, e de ser técnica e economicamente viável tanto em pequena como média e grande escala. Dentro da combustão, e para combustíveis sólidos, estão disponíveis basicamente, os seguintes tipos de queima ou queimadores, com as correspondentes granulometrias do combustível d_{pcomb} :

Stoker: partícula combustível d_{pcomb} até 50mm, obriga a homogeneidade de granulometria;

- Grelha: leito fixo, móvel ou esteira rotativa partícula combustível $d_{pcomb} > 50\text{mm}$; obriga a homogeneidade de granulometria, limitação no teor de finos;
- Ciclone: partícula combustível d_{pcomb} até 12mm;
- Pulverização: partícula combustível d_{pcomb} até 5mm;
- Leito fluidizado: partícula combustível d_{pcomb} = variável, até 50mm;
- Hesston, tipo cigarro: partícula combustível d_{pcomb} = fardos de palha;
- Pilha: partícula combustível d_{pcomb} = troncos de árvore de 1,10m até 4,5m, (Hein e Karl, 2006).

Dentro de cada tipo de queima há especificidades, e poderão haver ainda subtipos, por exemplo, no caso da queima em leito fluidizado há dois tipos principais:

- Combustão em leito fluidizado borbulhante CLFB;
- Combustão em leito fluidizado circulante CFBC.

A Comissão Europeia em documento de referência resumo sobre Prevenção e Controlo Integrados da Poluição destaca as questões referidas na Tabela 3.5, (CE, 2005). Neste documento de referência é dado destaque à biomassa, aparecendo a combustão em leito fluidizado com melhor rendimento térmico relativo aos sistemas convencionais de queima, embora relativo a grandes instalações de combustão, é classificada como melhor tecnologia disponível (MTD).

Tabela 3.5 - Sistemas de combustão para produção de energia eléctrica

Combustível	Técnica combinada	Rendimento térmico unitário (líquido) (%)	
		Rendimento eléctrico	Utilização de combustível (CG)
	Combustão em grelha	20	75 - 90
Biomassa	Grelha mecânica com difusor (spreader-stoker)	> 23	Dependente das condições de funcionamento da instalação e da procura de calor e de electricidade
	CLF (CLFC)	> 28 - 30	
Turfa	CLF (CLFB e CLFC)	> 28 - 30	

Com:

- CLF - Combustão em leito fluidizado;
- CLFC - Combustão em leito fluidizado circulante;
- CLFB - Combustão em leito fluidizado borbulhante;
- CG - Cogeração (CHP - Combined Heat and Power).

Os sistemas de queima actuais além da limitação ambiental, têm restrições geralmente quanto à variedade e granulometria de resíduos, bem como a alteração da sua mistura (i.e., queima de resíduos de natureza diferente, mistura de granulometrias diversas, etc.).

A **Tabela 3.3** elucida com esquemas de princípio os principais sistemas de combustão de biomassa a saber: a) Stoker, b) Grelha, c) Leito fluidizado borbulhante CLFB, d) Leito fluidizado circulante CLFC, e) Pulverizada em ciclone e por último a f) Hesston tipo cigarro.

Para a queima da biomassa, (Bhattacharya, 1998) e (Hein e Karl, 2006), estes sistemas caracterizam-se por:

1. Stoker: para pequena escala, potência térmica bruta até 6MWth; obriga a uma granulometria homogénea e baixo teor de cinza, é adequado para a queima de: estilha, aparas de madeira, registam-se problemas na obtenção de um leito de queima uniforme e de dificuldade na remoção das cinzas;
2. Grelha inclinada para pequena escala potência térmica bruta até 10MWth; obriga a uma granulometria homogénea e baixo teor de cinza e ainda uma limitação a 20 % no teor de finos, como é o caso das aparas, as cascas e biomassa lenhosa em geral adaptado de (Hein e Karl, 2006);

Técnicas de queima recentes com grelha arrefecida por água e recirculação dos gases, correspondem ao estado da arte, permitem a queima de biomassa

lenhosa e em particular de casca de madeira bem como de madeira proveniente de demolições;

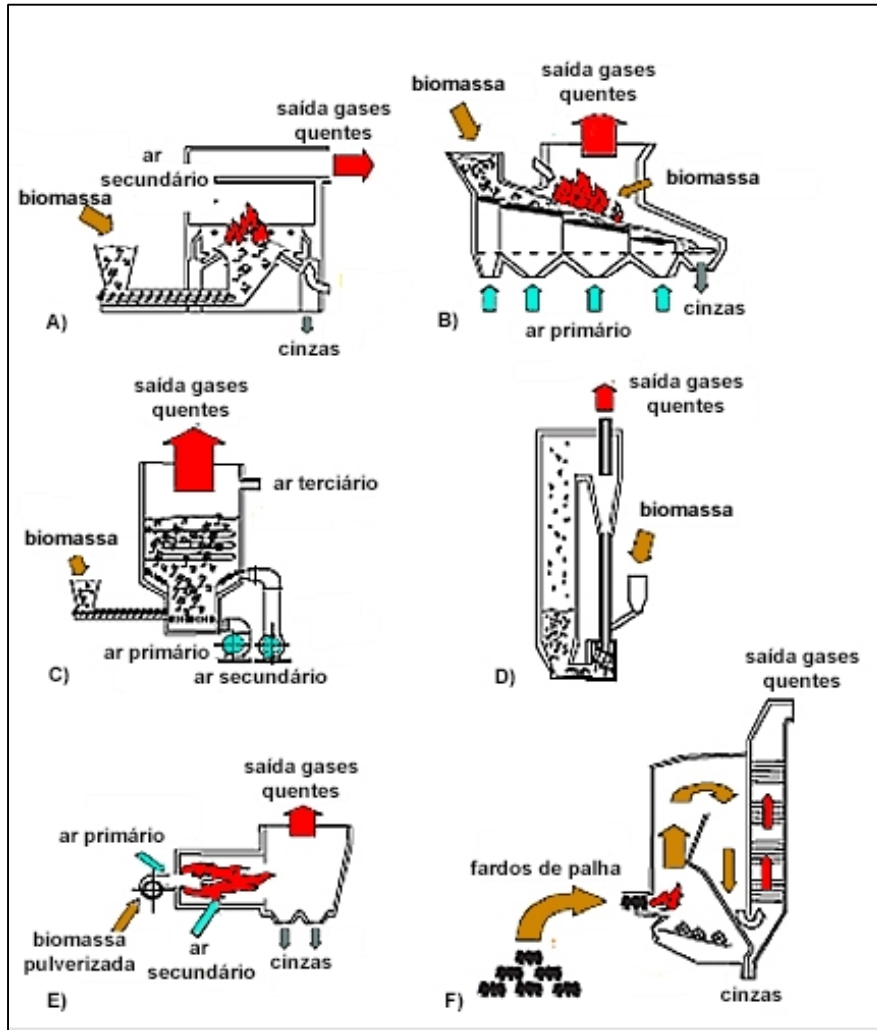


Figura 3.2 Principais sistemas de combustão de biomassa

3. Grelha móvel ou rotativa: potência térmica bruta 1- 30 MWth; obriga a uma granulometria homogênea e baixo teor de cinza, como é o caso das aparas de madeira, as cascas e resíduos de demolições, é incompatível com biomassa herbácea, como é o caso da palha devido ao baixo ponto de fusão das cinzas e altos teores de cloro, pois há o risco de depósitos de escória na grelha provocando danos. Para a queima de fardos de palha ou feno é necessária a queima em dois estágios, isto é, a queima combinada ou em estágio separado de aparas de madeira, para evitar emissões elevadas de CO.
4. Hesston, tipo cigarro: são adequados para grandes fardos de palha e feno, que contém um elevado teor de voláteis e baixo ponto de amolecimento de cinza. Para a queima de fardos de palha ou feno é necessária a queima em dois estágios e ainda a mistura com aparas de madeira, para evitar emissões elevadas de CO.

Articulação entre a biomassa e os sistemas de combustão

5. Pulverizada em ciclone tem uma resposta rápida às variações de carga mas o combustível tem de ser (muito bem) seco como é o caso por exemplo da casca de arroz e do serrim;
6. Pilha, troncos empilhados: tem flexibilidade na variação da qualidade de biomassa mas tem resposta lenta às variações de carga;
7. Leito fluidizado: tem grande versatilidade na queima de grande variedade de combustíveis com baixo P.C.I., alto teor de humidade e de cinza, é o único sistema que consegue queimar por exemplo casca de arroz com eficiências de queima de 95-99% (Pinho, 2007).

Outro modo de classificação dos sistemas de queima para a biomassa é, segundo (Nussbaumer, 2003):

Tabela 3.6 - Modo de classificação dos sistemas de queima para a biomassa

Sistema de queima	Potência térmica	Biomassa	% cinza	% humidade
Stoker	até 2,5MW	aparas	<2	5 - 50
Hesston cigarro	3-5MW	fardos	<5	20
Grelha móvel	até 15MW	diversos	<50	5 - 60
Leito fluidizado borbulhante	5-15MW	vários d<10mm	<50	5 - 60
Leito fluidizado circulante	15-100MW	vários d<10mm	<50	5 - 60
Pulverizada	5-10MW	vários<5mm	<50	20

É curioso registar que o limite inferior da potência térmica do leito fluidizado borbulhante para biomassa tem vindo a diminuir ao longo do tempo, 10 MW, (Oberberger, 1998) contra 5 MW, (Nussbaumer, 2003).

3.6. Articulação entre a biomassa e os sistemas de combustão

As propriedades de cada espécie de biomassa, como é o caso de: a massa volúmica, a porosidade, a área interna superficial; na preparação prévia da biomassa são exemplos: a massa volúmica aparente, o diâmetro da partícula de combustível d_{pcomb} , e a análise granulométrica (o tamanho e/ou distribuição de tamanhos, os factores de forma, as características específicas (a resistência estrutural, a massa específica, a forma), todos estes factores vão afectar na fornalha/leito de combustão: a cinética, a difusão de O_2 , as emissões de poluentes, a projecção de sólidos do leito e a segregação, que significa a relação entre a massa de combustível e a massa do leito, os três últimos factores deverão ser minimizados com um adequado projecto de combustão (Khan et al., 2009).

Articulação entre a biomassa e os sistemas de combustão

A biomassa sólida poderá ser utilizada no estado físico em que se encontra, ou então ser objecto de uma preparação prévia, com vista a melhorar as suas propriedades físicas e aptidão para a combustão. As características particulares ou críticas da biomassa que condicionam a qualidade da combustão:

- Uma maior granulometria da partícula combustível d_{pcomb} conduz a uma menor capacidade de queima;
- O menor P.C.I. da biomassa, quando comparada com os combustíveis fósseis, por exemplo, o carvão obriga a uma maior secção de fornalha para uma dada taxa de queima por m^2 de fornalha;
- A humidade elevada diminui: o P.C.I., a temperatura de chama, e aumenta por outro lado o caudal dos produtos de combustão;
- O elevado teor de voláteis da biomassa, obriga a um maior tempo de residência dos produtos de combustão a uma temperatura elevada, por exemplo quando comparado com a queima de carvão fóssil (Khan et al., 2009) e (Oka, 2004);
- O poder calorífico variável consoante: as estações do ano, o armazenamento devido à variação das condições atmosféricas e também da possível diferente proveniência da biomassa,

As características atrás indicadas poderão influenciar o dimensionamento da fornalha (Khan et al., 2009).

Outros:

- A percentagem de cinzas ou a sua quantidade diária, se significativa obriga á existência de um sistema de remoção mecânico;
- A dificuldade da alimentação mecânica/automatização das fornalhas e caldeiras devido à heterogeneidade física (Oberberger, 1998).

Todos estes factores, afectam directamente o dimensionamento dos módulos: 2, 3, 4 e 5.

Outros factores importantes são por exemplo:

- O número de horas funcionamento diária e semanal;
- A curva de consumo ao longo dia e semana versus a disponibilidade da biomassa;
- O regime de carga: valor mínimo e máximo da potência térmica;
- O número de paragens ao longo da semana, o efeito de "inércia" de arranque, em termos térmicos e custos de energia;
- A disponibilidade local da biomassa, implica um menor volume armazenamento;
- Implicações de logísticas de custos, qualidade da biomassa, distância: recolha, armazenagem e transporte.

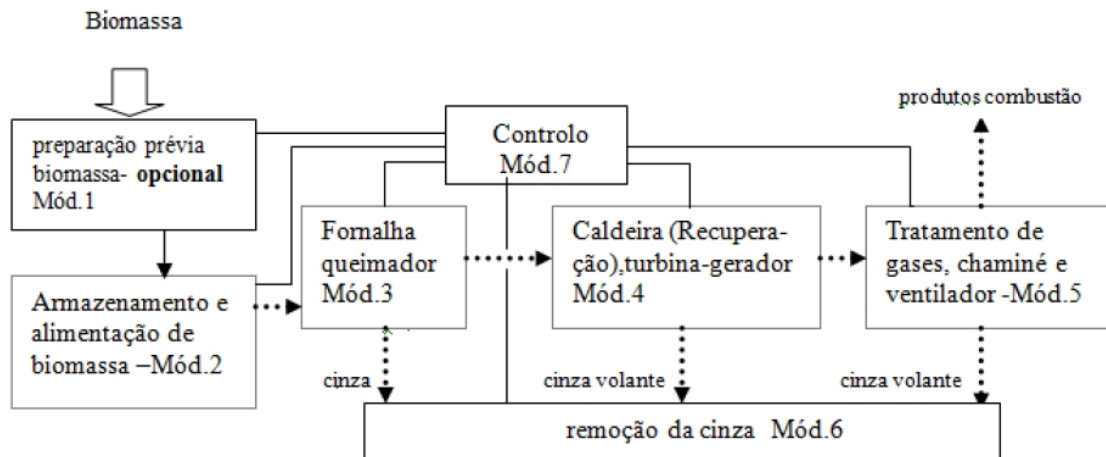


Figura 3.3 Esquema de uma instalação de conversão de biomassa em energia

Faz-se uma breve descrição dos módulos constituintes de uma instalação típica de conversão de biomassa em energia, evidenciados na Figura 3.3.

3.6.1. Preparação prévia da biomassa - Módulo1

A preparação prévia da biomassa poderá constar das seguintes acções combinadas ou não:

- A redução mecânica do d_{pcomb} (granulometria):
 - cortar: redução do comprimento ou a secção;
 - rasgar: transformação em tiras;
 - triturar: redução a pedaços;
 - moer: redução a pó;
- A compactação - redução da massa volúmica ou adensamento, em prensa por pressão;
- A secagem - redução do teor de água da biomassa;
- O peneiramento - permitindo a separação da fracção grossa da fracção fina, para melhor adequação ao sistema de queima existente, e por consequência reduzir o teor de cinza não queimada.
- A redução do grau de contaminação, por exemplo recorrendo à lavagem da palha, para reduzir teores de sais alcalinos e cloro, (Basu, 2006);
- Adensamento:
 - o enfardamento - agregação de matérias-primas com baixa massa volúmica recorrendo a um prensa enfardadora de baixa pressão;
 - os briquetes;
 - os peletes.

A biomassa por vezes possui uma granulometria característica, como subproduto de determinadas indústrias, e nesse caso a preparação prévia (Módulo 1) é dispensada, com vantagens do ponto de vista de custos de preparação prévia e de energia. Referem-se algumas dimensões características de alguns resíduos sólidos secundários, de acordo com a classificação segundo a proveniência dos mesmos:

3.6.1.1. Florestal ou Agrícola

O processamento da biomassa poderá incluir as seguintes etapas: o descasque, a triagem, a trituração, o estilhaçamento, o tratamento térmico e por fim a secagem (Forestech, 2006). Daqui, decorrem os seguintes produtos finais:

- Estilha calibrada: com destino à pasta do papel, aglomerado de partículas;
- Bioestilha: $\rho_{\text{aparente}} = \sim 300\text{kg/m}^3$; P.C.I.=17 MJ/kg; e.v.=5 GJ/m³; co-combustão, hotéis;
- Estilha de biomassa florestal: $\rho_{\text{aparente}} = \sim 300\text{kg/m}^3$; P.C.I. = 14,5-16MJ/kg; energia térmica por volume, e.v. =4,35-5GJ/m³; com destinos diversos: caldeiras, cerâmica, cogeração, co-combustão;
- Biocombustível, pelete: $\rho_{\text{aparente}} = 600\text{kg/m}^3$; P.C.I. = 18MJ/kg; e.v.= 10GJ/m³; com destinos diversos: caldeiras, hotéis, escolas, co-combustão.

A lenha é sujeita a uma acção mecânica de corte ao comprimento, e por vezes na sua secção O caso mais comum da lenha que, para facilidade de transporte, e melhor combustão em aplicações domésticas, tem um comprimento característico de $L_b = 30\text{cm}$.

3.6.1.2. Indústria Madeireira e do Mobiliário

Destacam-se as aparas de madeira, e o serrim ou serradura, é um sub produto destas indústrias. As aparas de madeira têm um comprimento característico de $L_b = 1$ a 10cm, mas usualmente possuem cerca de 5cm.

Dividem-se em três categorias:

- Trituração fina: $L_b < 3\text{cm}$;
- Trituração média: $L_b < 5\text{cm}$.
- Trituração grosseira: $L_b > 5\text{cm}$.

Possuem boas características para a combustão pois geralmente o teor de água é baixo, e por outro lado apresenta uma granulometria razoavelmente uniforme.

O serrim pode ter um diâmetro $d < 1\text{mm}$ e é um bom combustível, o seu transporte e alimentação até à fornalha pode ser efectuado pela via pneumática.

3.6.2. Armazenamento e alimentação de biomassa - Módulo2

Para um resíduo com uma granulometria típica d_{pcomb} inferior a 50 mm, este módulo é composto por: um silo de armazenamento, um extractor, um transportador, um alimentador/doseador de biomassa à fornalha e um sistema de segurança integrando geralmente: um chuveiro com sistema anti-retorno de chama, por dupla comporta garantindo sempre que uma delas se encontra sempre fechada., Os componentes referidos deste módulo podem diferir significativamente para outras granulometrias d_{pcomb} , (Oberberger, 1998).

3.6.3. Fornalha e queimador - Módulo3

É constituído pela fornalha o queimador propriamente dito, este último pode ser de diversos tipos: de grelha fixa, móvel ou esteira rotativa, stoker, ciclone, pulverização e leito fluidizado. Neste módulo a biomassa é convertida em gases a alta temperatura, que cederão o calor em seguida à caldeira.

3.6.4. Caldeira e/ou turbina-alternador - Módulo4

Tem por função a conversão do calor dos gases de combustão, em energia térmica ou eléctrica, no último caso terá de existir um grupo turbina de vapor-alternador, que assegure a transformação do vapor em energia mecânica na turbina e subsequente conversão em energia eléctrica nos bornes do alternador. Este módulo também poderá estar equipado com um economizador, para aquecimento da água de alimentação da caldeira, e/ou um pré aquecedor de ar de combustão, a partir dos gases da saída da caldeira, que apresentam ainda uma energia calorífica considerável. Pode existir ainda um recuperador de calor à saída dos gases da caldeira para secagem do combustível. Por outro lado, usando a técnica da condensação dos gases é possível, por exemplo, baixar a temperatura dos gases da combustão até aos $+35^{\circ}\text{C}$ (o que obrigará ao emprego de aços ou outros materiais resistentes à corrosão ácida), e obter um aumento rendimento térmico global da ordem de 20% (Oberberger, 1998) e (Hein e Karl, 2006).

3.6.5. Tratamento dos gases de combustão - Módulo5

Este módulo contém dispositivos cujo objectivo é reter: as partículas sólidas, e outros poluentes, como é o caso do SO_2 , NO_x , HCL , etc., para respeitar os níveis de emissão exigidos por lei. Poderão estar instalados neste módulo: além do ventilador de tiragem que garante que o sistema esteja sempre em depressão e a chaminé; dispositivos depuradores de gases tais como: multiciclone, precipitador electrostático, scrubbers (lavadores húmidos, ou secos), etc. Interessa pois que a combustão seja a mais favorável para evitar que o custo de investimento e de operação deste módulo, seja significativo.

3.6.6. Sistema de remoção de cinzas/escória - Módulo6

Este módulo contém dispositivos cujo objectivo é remover as cinzas e escórias dos módulos que as produzem a saber, os módulos 3, 4 e 5. A remoção da cinza poderá ser: manual ou mecânica. A primeira é usada geralmente em pequenos sistemas com biomassa de baixo teor de cinza, após arrefecimento da fornalha, e a mecânica pode ser do tipo húmida ou seca. Estes sistemas tem particular importância, quando as instalações funcionam mais do que 8horas/dia.

3.6.7. Controlo do processo - Módulo7

Imprescindível para garantir as funções de comando, controlo e segurança, indispensáveis ao bom funcionamento, em particular na combustão, garantindo um controlo (contínuo) pelo menos das concentrações do excesso de ar e CO. Em pequenas instalações a automatização e monitorização é mais difícil, dado o seu maior impacto no investimento total.

3.7. Medidas de conservação de energia

As medidas de conservação de energia (MCE) são medidas que podem ser aplicadas desde a estrutura do edifício até a um equipamento ou comportamento específico.

Seguidamente são apresentados alguns dos equipamentos onde é mais comum aplicar uma MCE aquando da aplicação de um contracto ESCO.

3.7.1. Equipamento de Arrefecimento

Os principais equipamentos utilizados para arrefecimento são denominados por chillers e podem ser de dois tipos: chillers de compressão e chillers de absorção.

Os chillers de compressão são equipamentos que realizam o ciclo termodinâmico com recurso a um compressor. Quanto aos chillers de absorção, estes absorvem calor de uma fonte quente, operando segundo um processo quase exclusivamente termodinâmico, pois é necessário fornecer energia mecânica para fazer circular os fluidos intervenientes neste sistema.

3.7.2. Caldeiras

As caldeiras são equipamentos que fornecem energia térmica a um fluido através da combustão de um combustível (ASH, 2008). Podem ser classificadas de diversas formas, desde o tipo de combustível utilizado ao tipo de escoamento dos gases de escape. Estes equipamentos são os principais responsáveis pelo fornecimento de energia térmica de aquecimento numa instalação.

3.7.3. Instalações de Vapor

Numa instalação deste tipo, o vapor é utilizado como fluido de transporte de energia térmica ou cinética, consoante as necessidades do consumidor (ASH, 2008).

O vapor é produzido numa caldeira e transportado para os diversos sectores de consumo. Este tipo de instalação encontra-se com bastante frequência nos hospitais, sendo obrigatórias no caso de este possuir uma lavandaria (ACSS, 2008).

A maior parte da energia é armazenada sob a forma de calor latente, o que faz com que seja possível armazenar e transferir grandes quantidades de calor.

3.7.4. Sistemas de Armazenamento Térmico

Um sistema de armazenamento térmico (Thermal Energy Storage, TES) é um sistema de armazenamento temporário de energia térmica (aquecimento ou arrefecimento) (Kartti, 2000) (ASH, 2009).

Os sistemas TES podem servir para armazenar energia térmica a altas temperaturas (superiores a 20°C) ou a baixas temperaturas (inferiores a 20°C) (Kartti, 2000).

Actualmente, os sistemas TES têm demonstrado ser uma mais-valia na gestão de energia. Este tipo de sistema possibilita uma redução nos custos de operação dado que permite produzir energia útil fora das horas em que ela se apresenta mais cara².

O sistema mais simples consiste num reservatório onde se encontra um fluido (geralmente água) ao qual é fornecida energia para, posteriormente, ser aproveitada.

3.7.5. Sistemas Combinados de Energia

Os Sistemas Combinados de Energia (ou Combined Heat and Power Systems, CHP) surgem como uma alavanca para a minimização das perdas energéticas que resultam do processo de transformação, possibilitando a conversão da energia do combustível em energia mecânica e térmica (Pinho, 2009). Estes sistemas são também conhecidos como cogeração ou trigeração, dependendo da utilização final do aproveitamento térmico.

Numa configuração típica de uma instalação transformadora de energia eléctrica, a energia do combustível é tipicamente repartida conforme representado na Figura 3.4 **Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação de energia eléctrica**

(www.eficiencia-energetica.com).

² Os horários de faturação da rede eléctrica são definidos pela ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

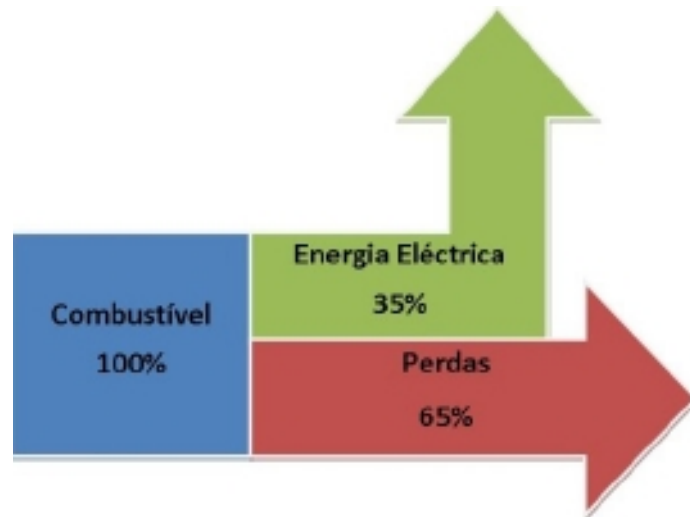


Figura 3.4 Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação de energia eléctrica

Numa instalação de trigeração é efectuado o aproveitamento de parte das perdas térmicas que resultam do processo de transformação, assim, a repartição da energia contida no combustível passa a ser a representada na Figura 3.5 Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação com cogeração

(www.eficiencia-energetica.com).

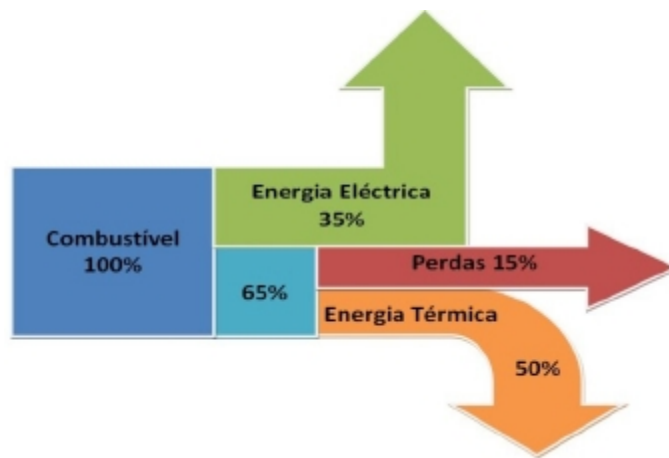


Figura 3.5 Repartição da energia contida no combustível num processo de transformação com cogeração

A classificação dos sistemas combinados é geralmente caracterizada conforme o tipo de energia prioritária e a máquina térmica que utilizam, sendo divididas em duas categorias: de ciclos de topo e de ciclos de fundo (ASH, 2008). Quanto à máquina térmica utilizada para a produção combinada, estas podem ser: motores de combustão interna (ciclo Otto ou Diesel), turbinas a gás, turbinas a vapor ou pilhas de combustível.

4. Análise de Viabilidade Técnica - Estudo Prévio

Neste capítulo são apresentadas as instalações estudadas no presente trabalho, bem como a análise técnica e económica da implementação de uma central de queima de pellets para produção de água quente. É também descrito todo o projecto que serviu de base à implementação, demonstrada no capítulo seguinte.

Por fim é definido qual o modelo de investimento a propor ao cliente, se num cenário de ESCO ou num modelo de capitais próprios.

4.1. Descrição e Localização das Instalações

Para o desenvolvimento deste trabalho foram recolhidos dados técnicos e económicos de três hotéis localizados na zona do Bom Jesus em Braga.

Os hotéis serão caracterizados a partir deste ponto por:

- Hotel 1 - Hotel do Lago (de maior dimensão);
- Hotel 2 - Hotel do Parque;
- Hotel 3 - Hotel do templo (de menor dimensão);
- E ainda a piscina (spa) do hotel do Templo.

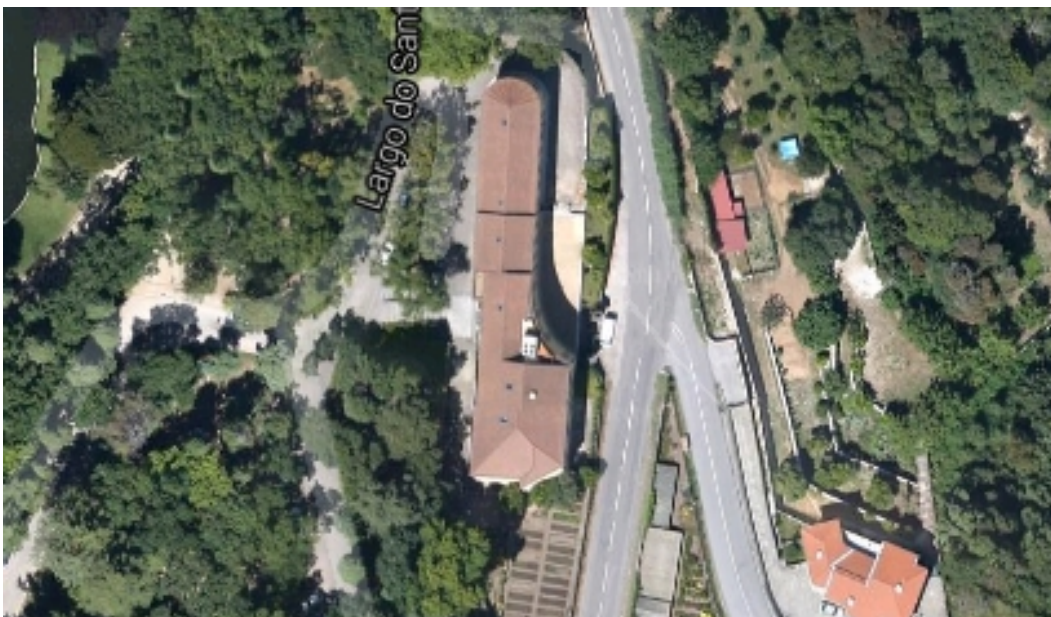


Figura 4.1 - Vista aérea do hotel do Lago

Descrição e Localização das Instalações

O hotel do Lago caracteriza-se por:

- Nº de quartos: 53;
- Piscina e Spa: Não;
- Preparação de água quente: Caldeira a gásóleo, sendo que existem dois depósitos de combustível de alimentação à caldeira, em sala adjacente.

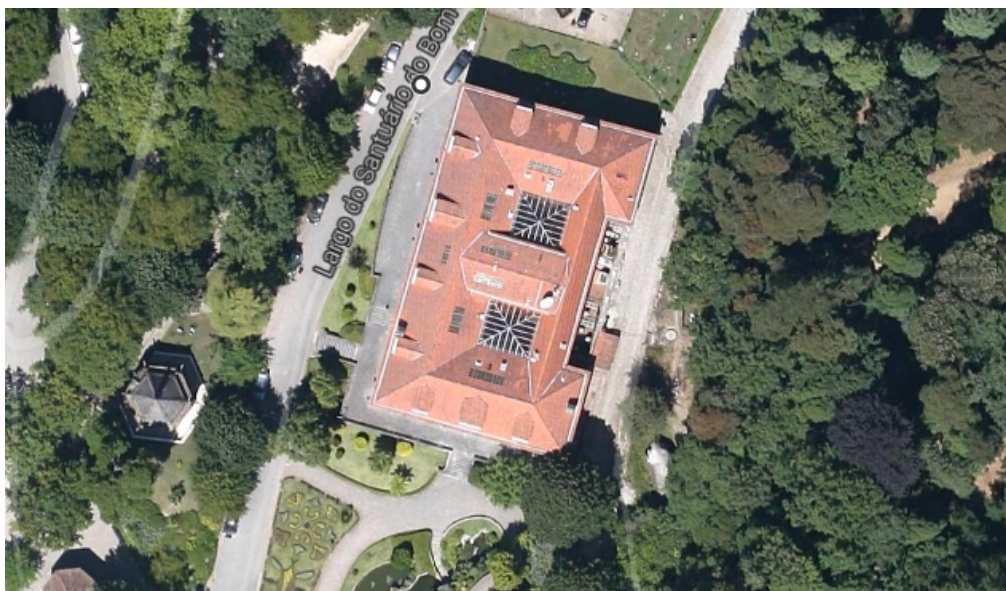


Figura 4.2 - Vista aérea do hotel do Parque

O hotel do templo caracteriza-se por:

- Nº de quartos: 44;
- Piscina e Spa: Não;
- Preparação de água quente: Caldeira a gásóleo, sendo que existe um depósito de combustível de alimentação à caldeira, disposto em sala enterrada.

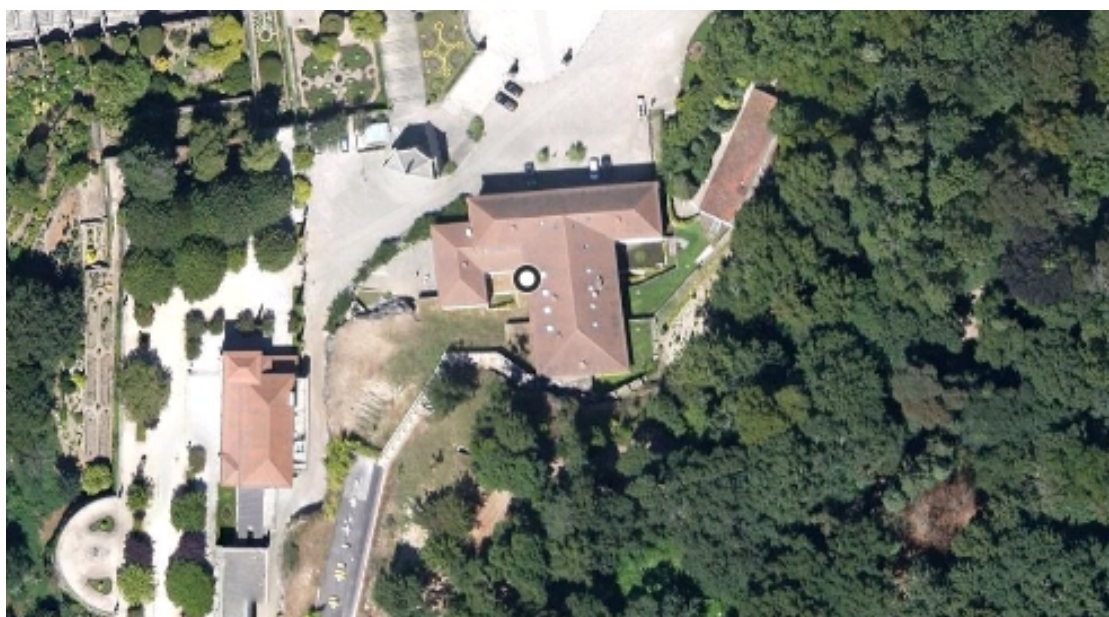


Figura 4.3 - Vista aérea do hotel do Templo

Descrição e Localização das Instalações

O hotel do Templo caracteriza-se por:

- Nº de quartos: 42;
- Piscina e Spa: Sim;
- Preparação de água quente: Caldeira a gásóleo, sendo que existem dois depósitos de combustível de alimentação à caldeira, dispostos em sala localizada por cima da sala da caldeira.

Além de serem hotéis fisicamente separados, sendo que o hotel do lago se encontra a mais de 200 metros de distância em relação à zona do santuário, são hotéis que fazem parte do mesmo grupo hoteleiro, sendo a sua gestão comandada pela confraria do bom Jesus.

Mesmo sendo alvo de uma gestão conjunta cada hotel possui a sua gestão energética, dado que o fornecimento de energia eléctrica e de combustíveis líquidos são efectuados por contractos separados, o que resulta em desperdícios económicos por falta de negociação por quantidade.

4.1.1. Análise dos Consumos Energéticos

Sendo um dos objectivos o estudo da viabilidade económica da instalação de uma unidade de cogeração para autoconsumo da instalação, foram estudados os consumos da instalação, para se perceber o perfil de consumo de energia da mesma. Esta análise serviu para perceber o padrão de consumos das instalações, mas também para se perceber quais os custos associados aos consumos energéticos.

Os espaços aqui estudados necessitam, para operar em condições normais de funcionamento, de duas formas de energia distintas: energia eléctrica e gásóleo. O gásóleo é exclusivamente utilizado como combustível no processo de aquecimento de água. A energia eléctrica, não só é consumida directamente pelos hotéis na iluminação e nos equipamentos, como também é necessária no processo de transformação da energia térmica, uma vez que o accionamento de bombas, ventiladores e da bomba de calor é inteiramente realizado por motores eléctricos.

A figura 2.4 pretende ilustrar a aplicação de cada uma das formas de energia.

Salienta-se que no caso do hotel 1 e 2 também se aplica o diagrama acima apresentado, com a diferença que o gásóleo apenas é utilizado na produção de água quente para uso em cada hotel.

Nas tabelas 4.1 a 4.3 e figuras 4.5 a 4.7, observam-se os consumos e custos associados ao consumo de gásóleo de cada hotel. Para maior detalhe nos cálculos económicos e energéticos decidiu-se estudar um ano civil completo, mais concretamente o ano de 2013.

Pela análise das tabelas e figuras seguintes chegou-se às seguintes conclusões:

- As instalações seguem, como previsto, um padrão de consumos ao longo de todo o ano;

Descrição e Localização das Instalações

- Os consumos máximos de energia ocorrem durante os meses mais frios, com picos em Março e Novembro no caso dos hotéis do Lago e do Parque, no hotel do Templo o consumo é mais constante ao longo do ano;
- Os hotéis, considerando o complexo, gastam perto de 80.500€ em combustível líquido para garantia das suas necessidades térmicas.

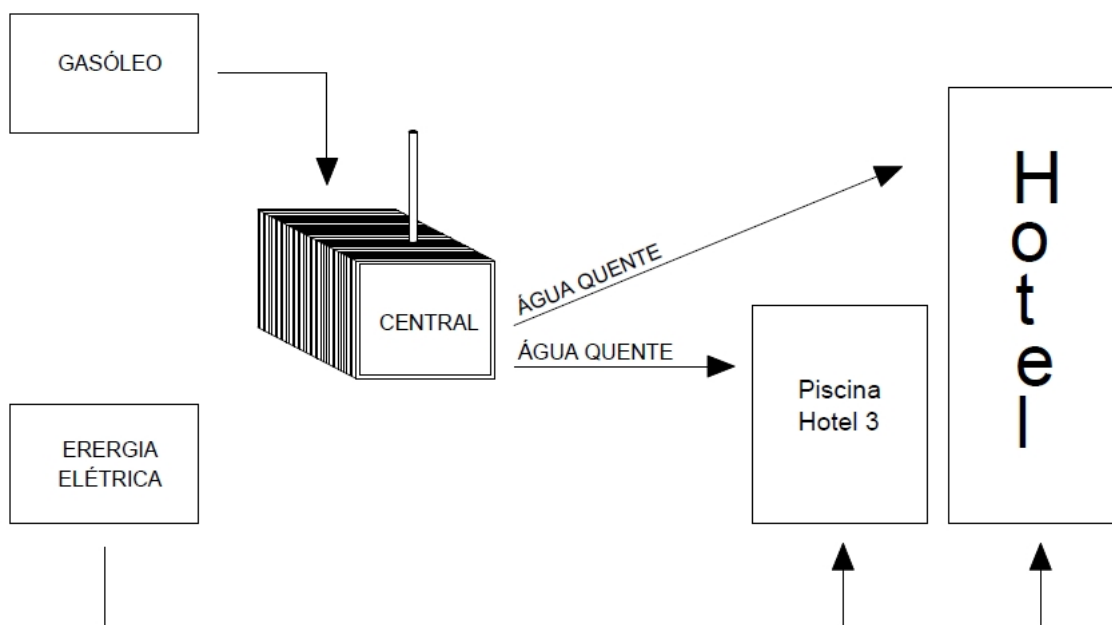


Figura 4.4 - Vectores principais energéticos dos hotéis

Na tabela 4.1 apresenta-se a distribuição dos consumos (kWh) e dos custos ao longo do período estudado no hotel do Lago.

Tabela 4.1 - Distribuição dos consumos e custos ao longo de 2013 do Hotel do Lago

Mês	Consumo (kWh)	Consumo (MJ)	Consumo (kg)	Consumo (l)	Custo (€)
Jan	22.605	81.380	1.897	2.224	2.402
Fev	25.211	90.759	2.116	2.480	2.679
Mar	30.401	109.442	2.551	2.991	3.230
Abr	12.842	46.232	1.078	1.263	1.377
Mai	10.961	39.459	920	1.078	1.175
Jun	7.803	28.089	655	768	837
Jul	6.926	24.933	581	681	756
Ago	7.505	27.017	630	738	820
Set	10.560	38.017	886	1.039	1.153
Out	18.111	65.200	1.520	1.782	1.960
Nov	35.896	129.224	3.012	3.531	3.884
Dez	27.146	97.724	2.278	2.671	2.938
	215.966	777.477	18.123	21.246	23.210

Descrição e Localização das Instalações

Na figura 4.5 apresenta-se a distribuição gráfica dos consumos (kWh) e dos custos ao longo do período estudado.

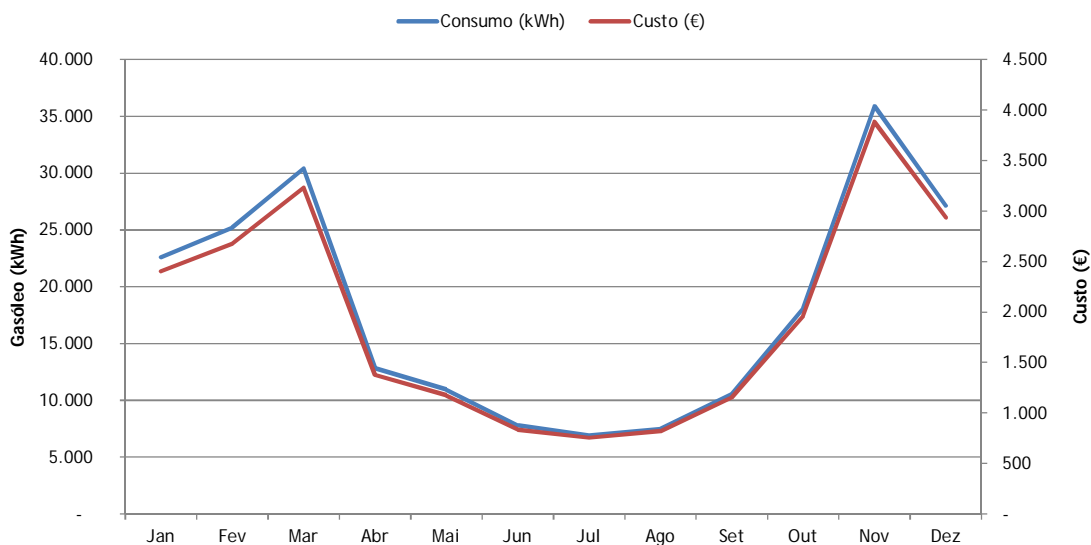


Figura 4.5 - Distribuição gráfica dos consumos e custos - Hotel do Lago

Na tabela 4.2 apresenta-se a distribuição dos consumos (kWh) e dos custos ao longo do período estudado no hotel do Parque.

Tabela 4.2 - Distribuição dos consumos e custos ao longo de 2013 do Hotel do Parque

Mês	Consumo (kWh)	Consumo (MJ)	Consumo (kg)	Consumo (l)	Custo (€)
Jan	35.523	127.882	3.023	3.544	3.828
Fev	39.617	142.621	3.372	3.953	4.269
Mar	47.772	171.981	4.066	4.766	5.148
Abr	20.181	72.650	1.717	2.013	2.195
Mai	17.224	62.008	1.466	1.719	1.873
Jun	12.261	44.140	1.044	1.223	1.333
Jul	10.883	39.180	926	1.086	1.205
Ago	11.793	42.455	1.004	1.177	1.306
Set	16.595	59.741	1.412	1.656	1.838
Out	28.460	102.457	2.422	2.840	3.124
Nov	56.407	203.067	4.801	5.628	6.191
Dez	42.657	153.567	3.630	4.256	4.682
	339.375	1.221.749	28.883	33.860	36.991

Na figura 4.6 apresenta-se a distribuição gráfica dos consumos (kWh) e dos custos ao longo do período estudado.

Descrição e Localização das Instalações

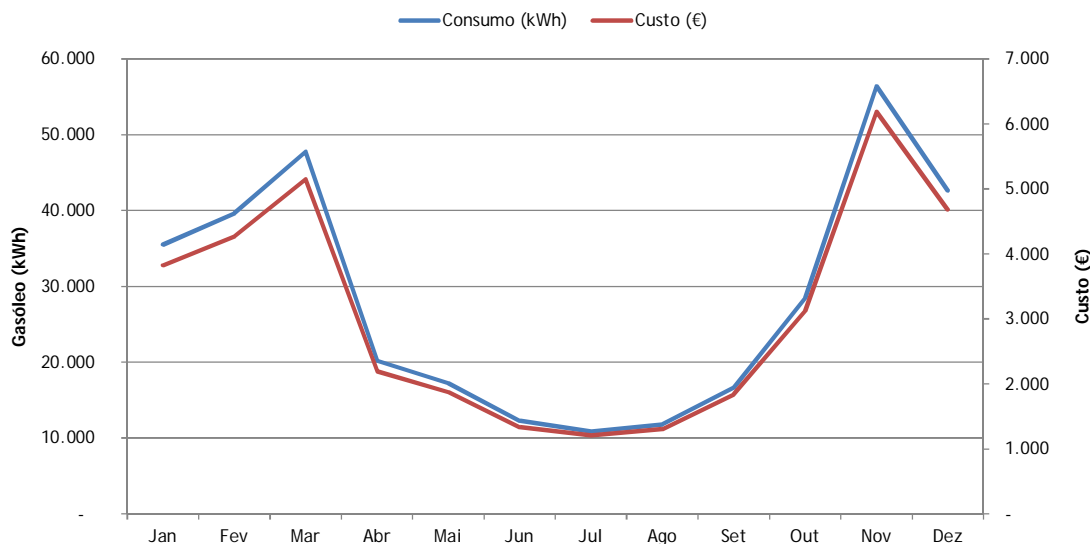


Figura 4.6 - Distribuição gráfica dos consumos e custos - Hotel do Parque

Na tabela 4.3 apresenta-se a distribuição dos consumos (kWh) e dos custos ao longo do período estudado no hotel do Templo.

Tabela 4.3 - Distribuição dos consumos e custos ao longo de 2013 do Hotel do Templo

Mês	Consumo (kWh)	Consumo (MJ)	Consumo (kg)	Consumo (l)	Custo (€)
Jan	17.360	62.496	1.477	1.732	1.871
Fev	17.923	64.523	1.525	1.788	1.931
Mar	15.639	56.299	1.331	1.560	1.685
Abr	16.797	60.469	1.430	1.676	1.827
Mai	13.358	48.087	1.137	1.333	1.453
Jun	12.404	44.653	1.056	1.238	1.349
Jul	13.261	47.740	1.129	1.323	1.469
Ago	13.930	50.148	1.186	1.390	1.543
Set	14.336	51.611	1.220	1.430	1.588
Out	16.204	58.334	1.379	1.617	1.778
Nov	15.894	57.218	1.353	1.586	1.744
Dez	18.792	67.653	1.599	1.875	2.062
	185.898	669.231	15.822	18.548	20.300

Na figura 4.7 apresenta-se a distribuição gráfica dos consumos (kWh) e dos custos ao longo do período estudado.

Descrição e Localização das Instalações

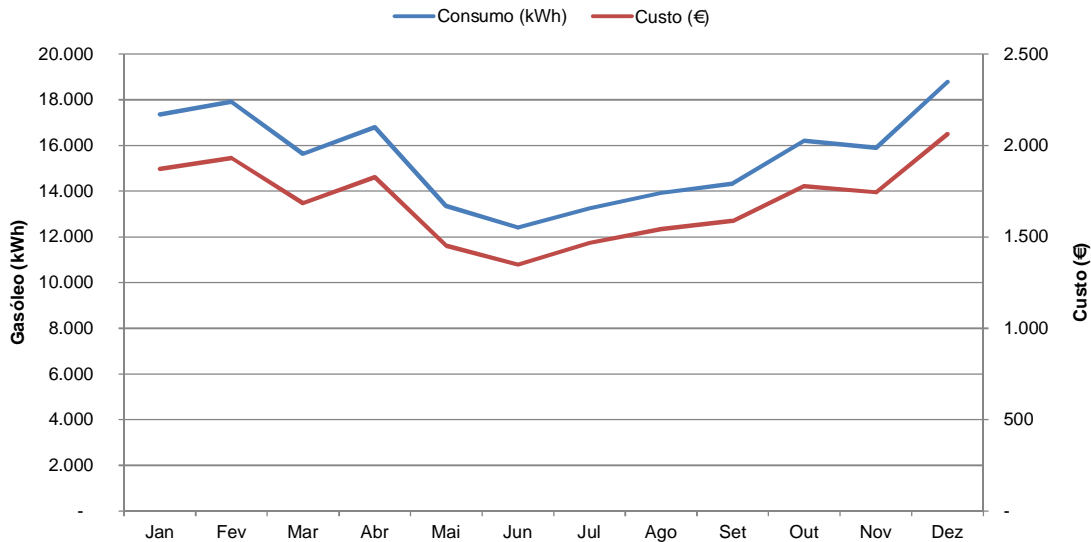


Figura 4.7 - Distribuição gráfica dos consumos e custos - Hotel do Templo

4.1.2. Descrição dos equipamentos instalados

No ponto seguinte são descritos os componentes que compõem as centrais térmicas de cada um dos hotéis. Salienta-se apenas que relativamente ao hotel 2, que se encontrava a meio duma profunda reabilitação, tanto a nível de estrutura civil, como de estrutura energética, as informações serão as que se encontravam disponíveis aquando do início do estudo.

As centrais caracterizam-se por ser constituídas por caldeiras a gásóleo, bombas de circulação e depósitos de inércia.

As centrais do hotel 1 e hotel 2 possuem redundância na produção de água quente, ou seja, são constituídas por duas caldeiras, dois sistemas de circulação de água, sendo que no caso dos depósitos de inércia, este ponto não se aplica, dado que funcionam ambos independentemente da caldeira que esteja a funcionar.

Quanto ao hotel 3 e à piscina do mesmo, possuem duas caldeiras para alimentação dos dois espaços, sendo que apenas funciona uma caldeira para alimentação dos dois locais.

As informações iniciais que foram prestadas à equipa de projecto / estudo prévio, relativamente às necessidades energéticas de cada hotel, foram as seguintes (sendo que no caso do hotel 1 não nos foi permitido visitar a central térmica numa fase tão embrionária do projecto):

- Hotel 1: 407kW;
- Hotel 2: 240kW;
- Hotel 3: 200kW - Sendo que a este valor acrescem 90kW relativos à piscina.

As temperaturas de funcionamento são:

Descrição e Localização das Instalações

- Temperatura água de alimentação (saída): 85°C;
- Temperatura água de retorno: 60/65°C.

Foram estes os dados (juntamente com os consumos energéticos) que a equipa de projecto conseguiu reunir para dar início aos estudos técnico e económicos necessários à aprovação do investimento por parte dos hotéis e também da empresa ESCO.

Nas fotos seguintes são demonstrados os equipamentos que constituem as centrais térmicas, como as caldeiras, colectores de água quente, bombas de circulação e ainda os depósitos de inércia.

- **Caldeiras**

Têm por objectivo fornecer água quente para os banhos e no caso do hotel do Templo, aquecimento da água da piscina. Possuem as seguintes características:

- Combustível: Gasóleo;
- Potência térmica debitada:
 - Hotel do Lago: 400kW;
 - Hotel do Parque: 250kW;
 - Hotel do Templo: 250kW;
 - Piscina do hotel do Templo: 120kW.

De salientar que se tratam de potências instaladas. As necessidades reais são apresentadas nos dados apresentados anteriormente.

Nas fotos seguintes pode ser observada a localização e o estado de conservação das caldeiras existentes, que aquando da visita não era o mais adequado, com muita sujidade, e com vários objectos a obstruir a passagem e acessos ao equipamento.

Na Figura 4.8 - fotos 1 e 2 observam-se as caldeiras do hotel do lago.



1)



2)



Figura 4.8 - Vista geral do estado de conservação das diferentes caldeiras

A Figura 4.8- foto 3 representa a caldeira presente no hotel do Templo e a Figura 4.8 - foto 4 representa a caldeira da piscina do hotel do Templo. Por fim na Figura 4.8 - fotos 5 e 6 estão representadas as caldeiras do hotel do Parque.

Como se pode observar são caldeiras já não se encontram com o estado de conservação mais indicado para este tipo de equipamentos. Este estado de conservação deve-se sobretudo à clara falta de manutenção, o que resulta num aumento do consumo de energia (nestes caso de gasóleo) dado que o rendimento de queima desce consideravelmente e as perdas térmicas aumentam bastante, devido aos danos que as carcaças apresentam.

Em todas as caldeiras se observaram danos no isolamento e falta de manutenção no queimador.

- **Depósitos e acessórios**

Relativamente aos restantes equipamentos instalados nas centrais térmicas, destacam-se os depósitos de inércia, as tubagens e as bombas de circulação de água.

As soluções instaladas nas salas técnicas dos hotéis (dado que na piscina a transferência de calor é feita directamente a partir do colectores de água quente) são soluções antigas e que já apresentam a degradação natural da idade e de alguma falta de manutenção preventiva.



Figura 4.9 - Vista geral do estado de conservação dos acessórios das centrais térmicas. São equipamentos de apoio que já se encontram no fim do período de vida útil, o que resulta em perdas térmicas elevadas.

4.2. Dimensionamento da Solução Integrada

A implementação de uma solução integrada de produção de energia térmica a biomassa envolve várias etapas ou processos.

De seguida irão ser explicados todos os processos envolvidos na implementação de uma central deste tipo, tendo em conta também as características, quer técnicas, quer civis, dado que é necessária a construção de um silo, para o armazenamento do combustível, bem como a execução de valas para instalação da tubagem de distribuição da energia térmica.

Ao nível das necessidades de projecto, a implementação de uma central de produção de energia térmica a biomassa, divide-se essencialmente em quatro etapas:

- Definição da central térmica (incluindo definição da sua localização espacial, definição da caldeira a instalar e de todos os equipamentos necessários ao correcto funcionamento da central);
- Estudo da melhor localização para implementação do silo e da central;
- Definição das características do silo de armazenamento de combustível;

- Definição das características da rede de distribuição de calor.

Nos pontos seguintes descrevem-se, as operações executadas ao nível do projecto.

4.2.1. Dimensionamento da central térmica

O ponto mais importante na definição da central térmica e dos equipamentos que a constituem (caldeira, depósito de inércia, sistema de circulação de água, etc...) é a necessidade de produção de calor. Com base neste ponto definiu-se, (contabilizando uma taxa de crescimento), a caldeira necessária a instalar.

4.2.1.1. Equipamento de produção térmica - Caldeira

Como se pode observar nos pontos anteriores a potência actualmente instalada situa-se nos 1.040kW (sendo que todas as centrais possuem redundância, o que resulta numa necessidade real de 500kW). Após análise dos equipamentos disponíveis no mercado a equipa de projecto (com apoio da empresa Gebio) decidiu propor a implementação de um equipamento com as seguintes características:

- Marca: Herz;
- Modelo: BioMatic 500;
- Potência 450kW;
- Rendimento: 93,3%;
- Volume mínimo do depósito de inércia: 5.000litros;
- Combustível: Pellets e estilha.

Na figura seguinte observam-se as características do equipamento proposto pela equipa de projecto.

Na tabela seguinte apresentam-se os valores correspondentes a cada variável apresentada na figura anterior.

Tabela 4.4 - Características gerais da caldeira Biomatic500

Profundidade	Valor (mm)	Largura	Valor (mm)	Altura	Valor (mm)
A1	2.574	B1	906	C1	2.650
A2	1.895	B2	986	C2	700
A3	655		1.284	C3	300
A4	701	B3	1.264	C4	148
A5	1.050	B4	1.186	C5	1.523
A6	610	B5	714	C6	1.688
		B6	500	C7	1.776
				C8	1.973

Dimensionamento da Solução Integrada

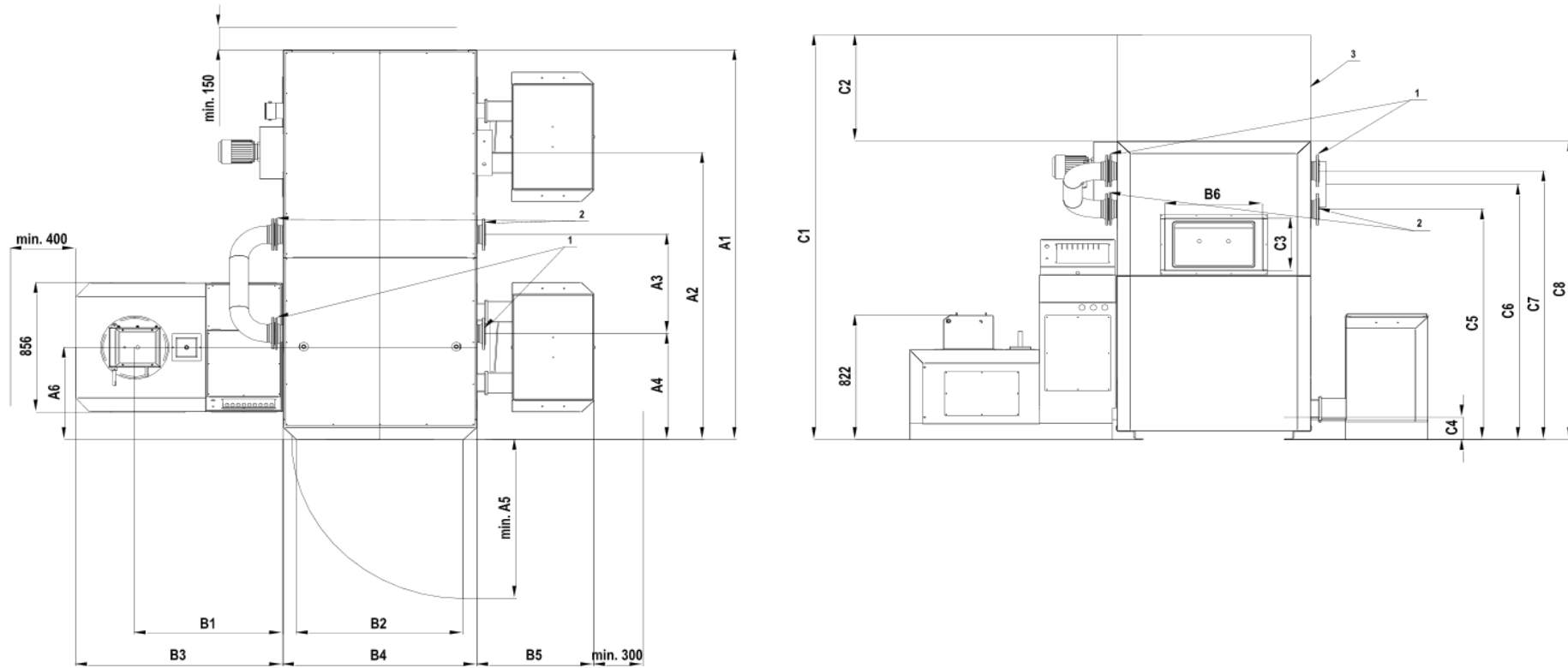


Figura 4.10 - Características dimensionais e atravancamento da caldeira seleccionada

Dimensionamento da Solução Integrada

Como se pode observar na figura e tabela anteriores o equipamento escolhido tem uma dimensão considerável.

Após definição da caldeira a equipa de projecto avançou para a definição dos restantes componentes da central térmica.

4.2.1.2. Depósito de inércia

Para definição do depósito de inércia, que tem como objectivos principais, a separação física entre a produção de energia térmica (caldeira a biomassa) e os consumidores de energia (centrais técnicas dos diferentes hotéis e da piscina) e ainda a salvaguarda na alimentação de água quente (armazenamento de energia térmica sob a forma de água quente) na eventualidade da caldeira sair de serviço por motivo de avaria ou erro na sua consola de controlo.

Neste aspecto a equipa de projecto teve em atenção a recomendação dada pelo fabricante da caldeira, que o volume mínimo a instalar com uma caldeira de 500kW, seria de 5.000litros.

Assim definiu que o depósito de inércia a instalar teria as seguintes características:

- Marca: Lapesa;
- Modelo: MV5000I;
- Volume: 5.000litros;
- Temperatura máxima: 100°C;
- Pressão máxima: 6bar;
- Peso: 970kg.

Na tabela seguinte apresentam-se os valores correspondentes a cada variável apresentada na figura anterior.

Tabela 4.5 - Características gerais do depósito de inércia

Cota	Valor (mm)
A	1.910
B	2.710
C	175
D	900
E	1.155
F	1.809

- Peso: 149kg;
- Altura: 2.185mm;
- Diâmetro: 740mm.

4.2.1.4. Circuito de anti condensação da caldeira

Dado que a caldeira escolhida é uma caldeira de condensação é necessário instalar um sistema de anti condensação. Este sistema tem como objectivo assegurar que em cada arranque da caldeira a temperatura da água que passa nas suas tubagens internas se encontra a uma temperatura suficientemente elevada para que não exista qualquer tipo de condensação dentro da mesma o que poderá provocar danos na caldeira e uma redução do rendimento da mesma.

O sistema consiste na instalação de uma bomba de circulação de água, numa válvula de três vias e numa válvula- anti-retorno. Estes componentes interligados de forma correcta permitem que sejam evitadas as condensações que por vezes danificam as caldeiras.

Os equipamentos escolhidos apresentam as seguintes características:

1. Bomba circuladora:
 - a. Marca: Wilo;
 - b. Modelo: WILO STRATOS 80/ 1-12 CAN;
 - c. Potência do motor: 1.300W;
 - d. Pressão máxima de serviço: 6bar;
 - e. Intervalo de temperatura de funcionamento: -10 a +110°C;
 - f. Diâmetro nominal: DN80.
2. Válvula de 3 vias:
 - a. Marca: Honeywell;
 - b. Modelo: V5329A;
 - c. Tipo: Horizontal;
 - d. Pressão mínima / máxima de serviço: 1,5 / 16bar;
 - e. Temperatura máxima de funcionamento: 110°C;
 - f. Diâmetro nominal: DN80;

À válvula seleccionada será aplicado um actuador eléctrico para controlo automático a partir da central de controlo da caldeira.

3. Válvula de corte:
 - a. Marca: Proinval;
 - b. Modelo: BVP-79G;
 - c. Dimensões (mm):

Dimensionamento da Solução Integrada

- i. H: 252;
- ii. D: 90;
- iii. L: 46;
- iv. E: 33.

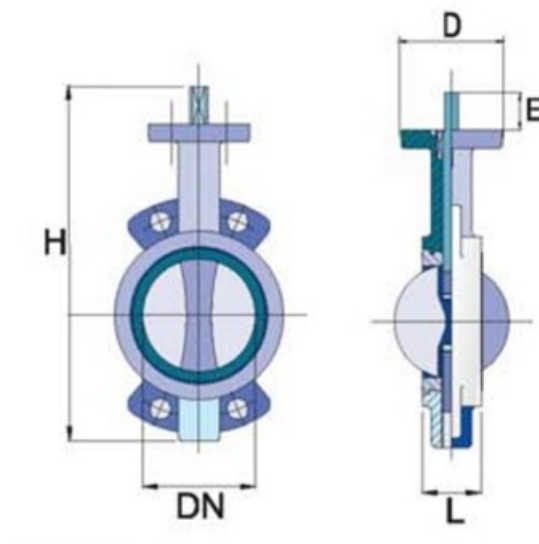


Figura 4.12 - Características dimensionais da válvula de corte

4. Filtro em "Y":

- a. Marca: Proinval;
- b. Modelo: BVP-09;
- c. Dimensões (mm):
 - i. L: 310;
 - ii. H: 160;
 - iii. B: 212;
- d. Peso: 16kg.

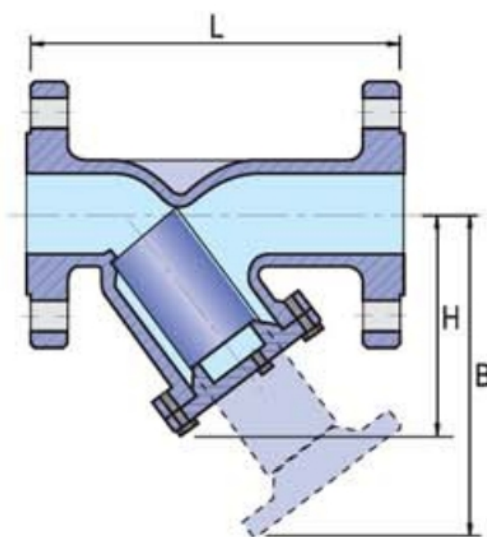


Figura 4.13 - Características dimensionais do filtro em "Y"

4.2.1.5. Contador de Entalpia

Dado que o objectivo da energia térmica produzida é a sua venda directa aos hotéis, foi considerada a instalação de um contador de energia térmica, habitualmente designado por contador de entalpia.

O seu dimensionamento teve em consideração as características da tubagem e do caudal mínimo e máximo previsto. Estes caudais foram definidos tendo em conta as características da caldeira, que limita directamente os caudais de água que circularão entre a caldeira e o depósito de inércia.

O contador de entalpia possui as seguintes características:

- a. Marca: Sappel;
- b. Modelo: Sharky 775;
- c. Intervalo de temperatura de funcionamento: 1 a +180°C;
- d. Intervalo de caudais de funcionamento: 1 a +40m³/h;
- e. Dimensões (mm):
 - i. L: 300;
 - ii. H: 69;
 - iii. B: 100;
 - iv. F: 138;
 - v. D: 148;
- f. K: 110;
- g. Peso: 6,4kg.

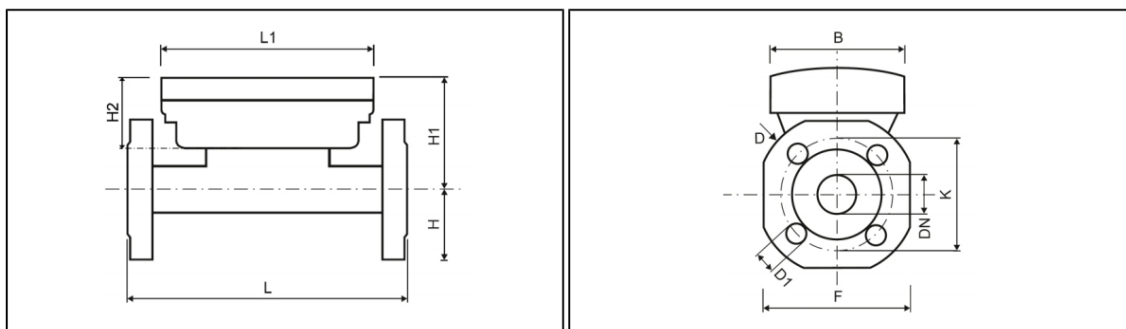


Figura 4.14 - Características dimensionais do contador de entalpia

4.2.1.6. Bomba de circulação (rede global)

Entre a central térmica (depósito de inércia) e as diferentes centrais térmicas é necessária a instalação de uma bomba de circulação com capacidade suficiente para

Definição da Localização do Silo e da Central Térmica

responder ao cenário menos favorável, que será quando todas as centrais estiverem a solicitar o caudal de água máximo.

Analisando este parâmetro relativamente á caldeira e do caudal máximo que a mesma poderá disponibilizar, temos:

$$P = m \times Q \times \Delta T \quad (4.1)$$

Onde:

P - Potência térmica, em kW;

m - Caudal, kg/s;

Q - Calor específico do fluido, em kJ/kg.K;

ΔT - Diferencial de temperatura entre a ida e o retorno à caldeira, em graus Kelvin.

Com base nas suposições assumidas, em fase de projecto, os valores assumidos são:

P - 500kW;

Q - 4,190kJ/kg.K;

ΔT - 10k.

Com base nestes valores e associando-os às diversas variáveis, obtém-se:

m - 11,9kg/s / 42,84m³/h.

Com base neste valor, que traduz o caudal máximo que a caldeira poderá fornecer num determinado momento, foi necessário dimensionar uma bomba circuladora que respondesse a este caudal.

O equipamento escolhido possui as seguintes características:

- Marca: Wilo;
- Modelo: Vero Twin DP-E 80 130-3_2;
- Potência do motor: 4.950W;
- Pressão máxima de serviço: 6bar;
- Intervalo de temperatura de funcionamento: -10 a +120°C;
- Diâmetro nominal: DN80.

4.3. Definição da localização do silo e da central térmica

Após diversas visitas técnicas ao parque do Bom Jesus e da verificação da localização das diversas centrais térmicas, a equipa de projecto definiu como local ideal para implementação do silo o terreno anexo às casas de banho públicas existentes no parque

Definição da Localização do Silo e da Central Térmica

e da central térmica a sala anexa às mesmas casas de banho (as localizações escolhidas podem ser observadas nas figuras seguintes).

Foi tido em conta, quanto á escolha do local, de que o mesmo tenha os acessos necessários para receber o abastecimento de combustível (pellets), para alimentação da caldeira.

Nas fotos seguintes apresentam-se fotos gerais do local escolhido para o silo.



Figura 4.15 - Vista geral da localização escolhida para o silo

Nas fotos seguintes apresentam-se fotos gerais do local escolhido para a central térmica.



Definição da Localização do Silo e da Central Térmica

Figura 4.16 - Vista geral da localização escolhida para a central térmica

Para implementação do silo e da central térmica foi necessário projectar alterações às instalações existentes, dado que todo o espaço era dedicado às casas de banho públicas e à central técnica do hotel do Templo.

Nas figuras seguintes demonstra-se o cenário inicial projectado que resultará na adequação dos espaços para recepção da caldeira e de todos os componentes associados à mesma.

Refere-se que relativamente ao projecto de construção do silo e dada a sua complexidade e importância para este tipo de projecto, o mesmo será descrito e explicado no ponto seguinte.

Definição da Localização do Silo e da Central Térmica



Figura 4.17 - Localização do silo e da central térmica, identificada com a letra "e")

Definição da Localização do Silo e da Central Térmica

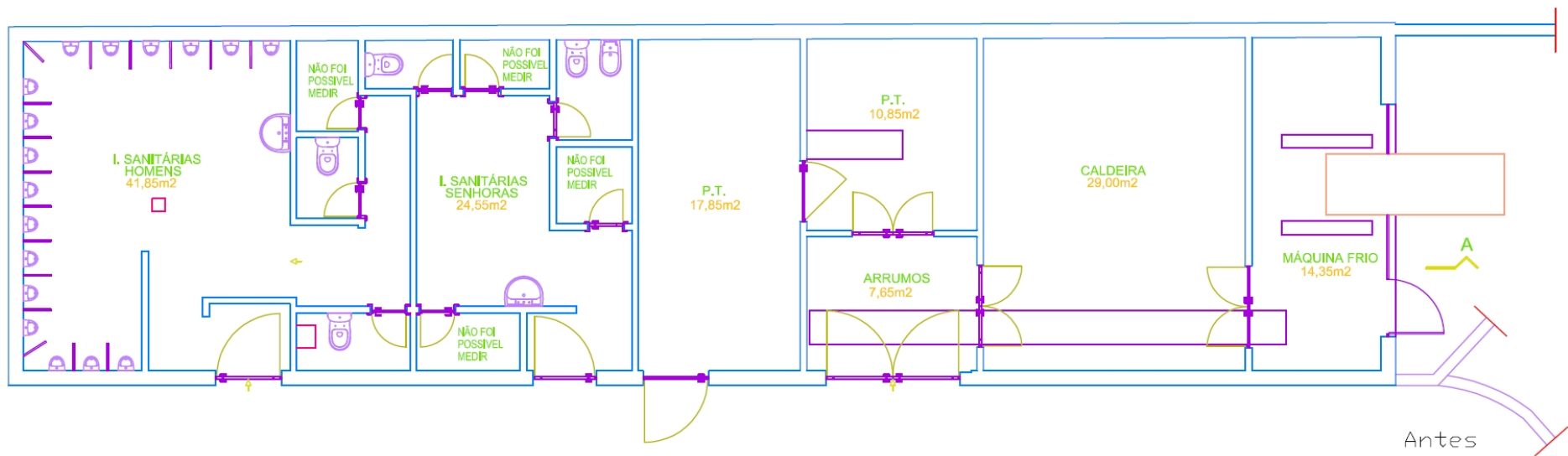


Figura 4.18 - Disposição inicial dos espaços

Definição da Localização do Silo e da Central Térmica

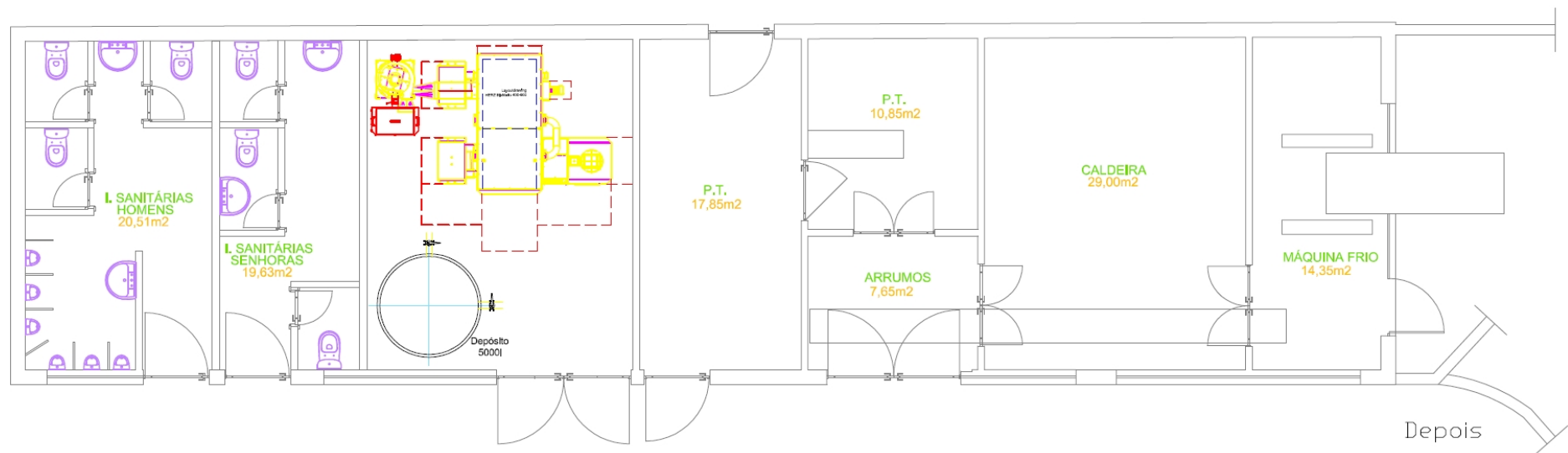


Figura 4.19 - Disposição final dos espaços

4.4. Dimensionamento do silo

Com base nas necessidades de energia térmica definidas para o complexo de hotéis a Gebio decidiu implementar um silo do tipo enterrado com uma capacidade de 150m³, resultando numa capacidade de armazenamento de 102ton (assumindo que o combustível utilizado será do tipo pellets, que possui um peso específico de 680kg/m³).

Para projecção do silo foram necessários diversos trabalhos de campo, de onde se destaca o levantamento topográfico do local escolhido para construção do silo. Esse levantamento topográfico pode ser observado na Figura 4.20 e na Figura 4.21.

Com base nas medidas impostas pela Gebio a equipa de projecto estudou o melhor local para implementação do silo, numa perspectiva de custos da componente de civil. Como se observa na Figura 4.15 a escolha é óbvia, ou seja, o mais afastado da sala técnica para menor movimento de terras e consequente redução dos custos com a componente de civil.

Outro factor de decisão passou pelo facto de existir um acesso aos depósitos de gasóleo das actuais caldeiras do hotel 3 (representado pela letra b) na Figura 4.20), que o Dono de Obra não queria ver com acesso dificultado. Na Figura 4.20, a letra a) indica a localização exacta escolhida para a construção do silo.

Com o levantamento presente na Figura 4.21 a equipa de projecto concluiu que seria necessário proceder a um movimento de terras junto da parede da central térmica do hotel 3 (simbolizada na Figura 4.21 com a)), o que poderia afectar a integridade dessa parede podendo levar mesmo à sua queda aquando da realização dos trabalhos.

Com base nestes pressupostos a equipa de projecto procedeu ao desenho final das dimensões e localização exactas do silo.

Salienta-se dois factores preponderantes na projecção do silo:

1. Sistema de alimentação do silo: Dado que a decisão da Gebio passa pela construção de um silo de betão do tipo enterrado, o combustível não poderá ser introduzido directamente no silo. Terá de ser instalado um sistema de recepção dos pellets que por sua vez os encaminhará para dentro do silo. Este sistema consiste na instalação de um sistema sem-fim automático que por sua vez se encontra interligado a um outro sem-fim automático. Ambos serão comandados localmente pelo operador de descarga dos pellets (Figura 4.22 e Figura 4.23).
2. Sistema de aberturas do silo: Como se trata de um silo enterrado, este terá de possuir duas aberturas para que possa ser interligado ao sistema, ou seja, entre o sistema de recepção de pellets e a sala onde está instalada a caldeira (Figura 4.24).

Pormenores construtivos do silo podem ser observados na Figura 4.21 e na Figura 4.22.

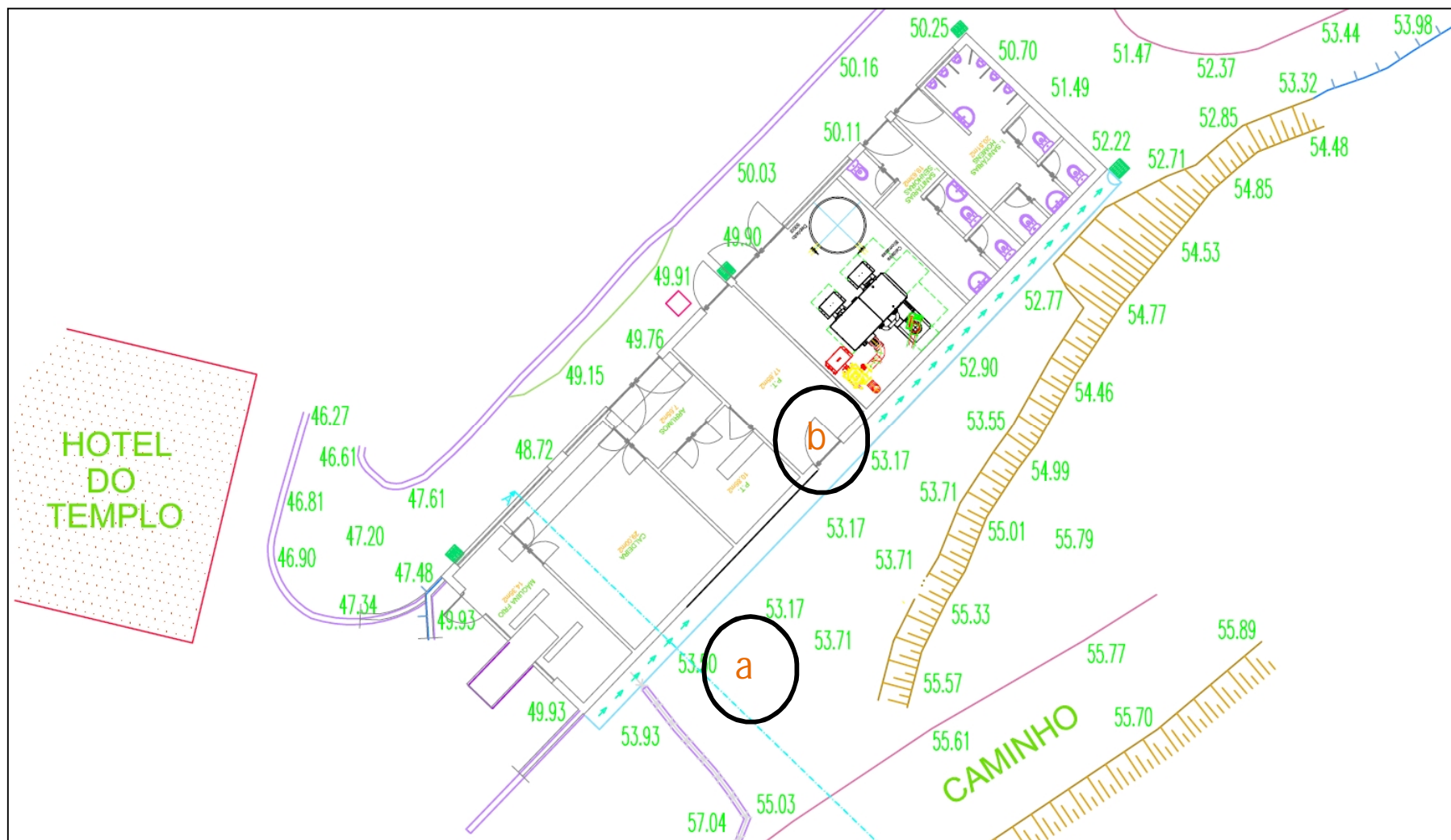


Figura 4.20 - Levantamento topográfico do terreno indicado para construção do silo

Dimensionamento do silo

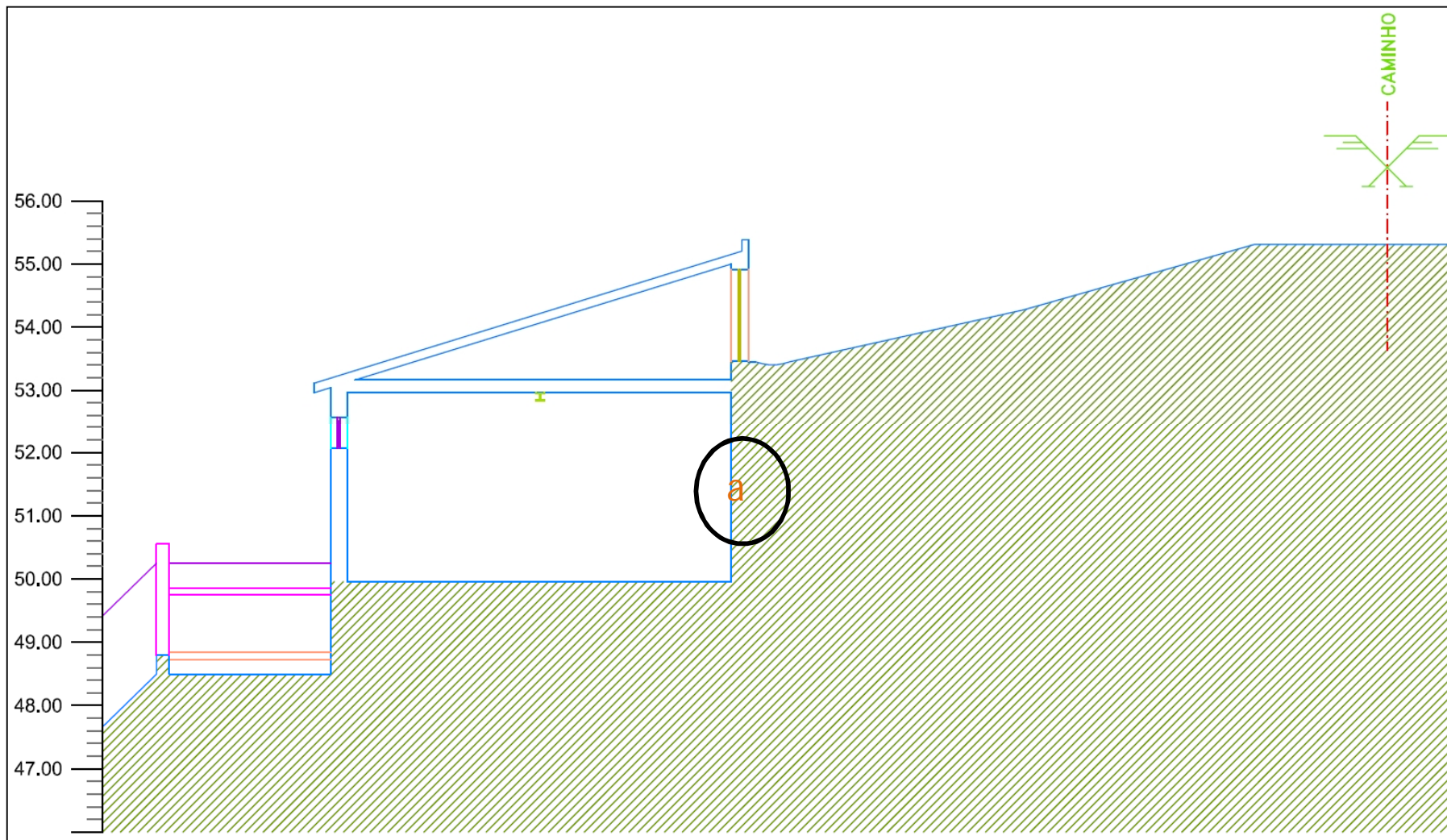


Figura 4.21 - Levantamento topográfico - Corte

Dimensionamento do silo

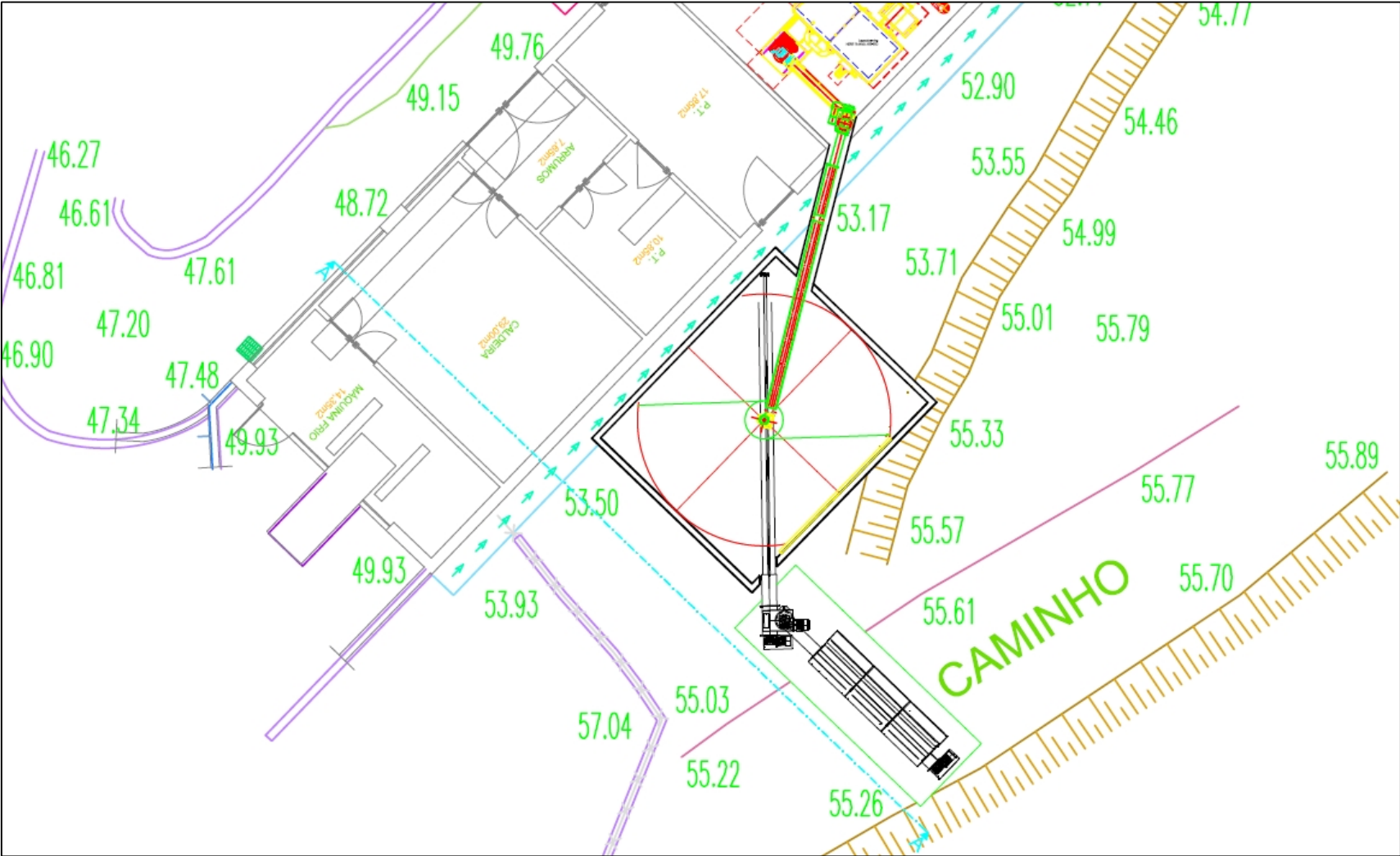


Figura 4.22 - Implementação do silo

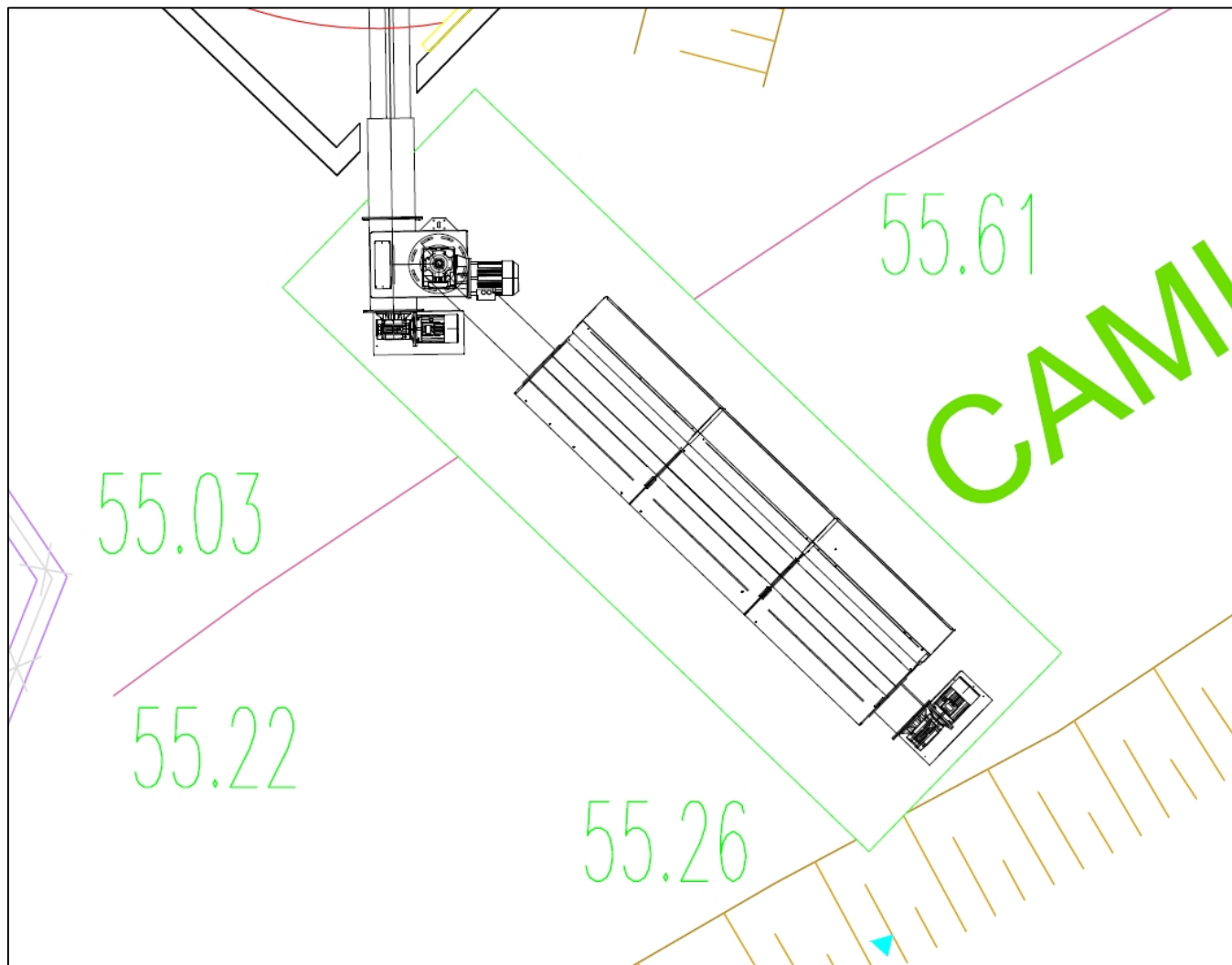


Figura 4.23 - Sistema de recepção dos pellets

Dimensionamento do silo

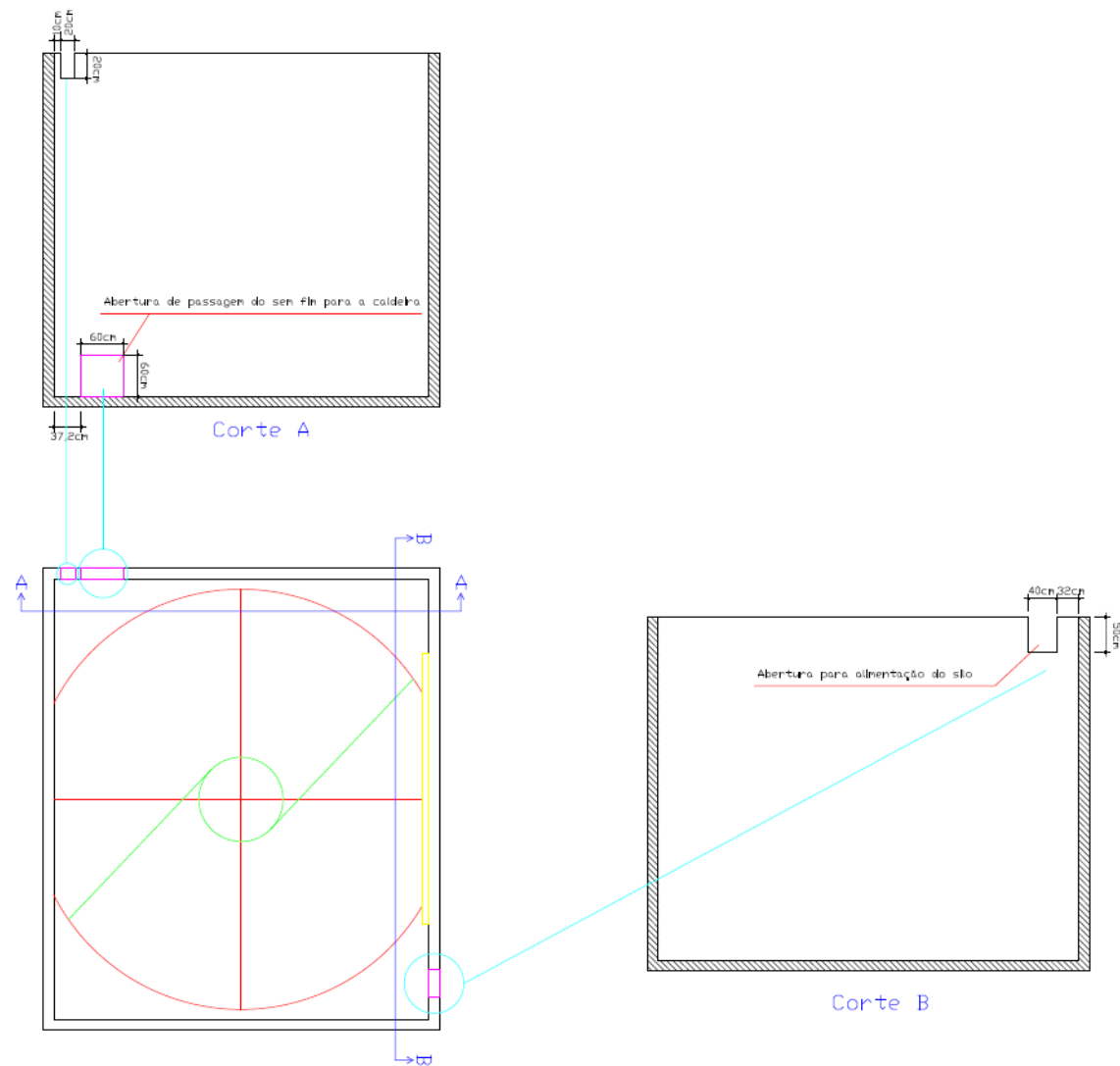


Figura 4.24 - Pormenor aberturas de silo

4.5. Estruturas de apoio à central térmica

Para o correcto funcionamento de toda a central térmica é necessária a instalação de uma rede eléctrica de apoio aos equipamentos projectados e enumerados nos pontos anteriores e de uma rede hidráulica de circulação da água quente.

4.5.1. Estrutura eléctrica

Na Figura 4.25 apresenta-se o quadro eléctrico que alimentará os equipamentos presentes na central térmica.

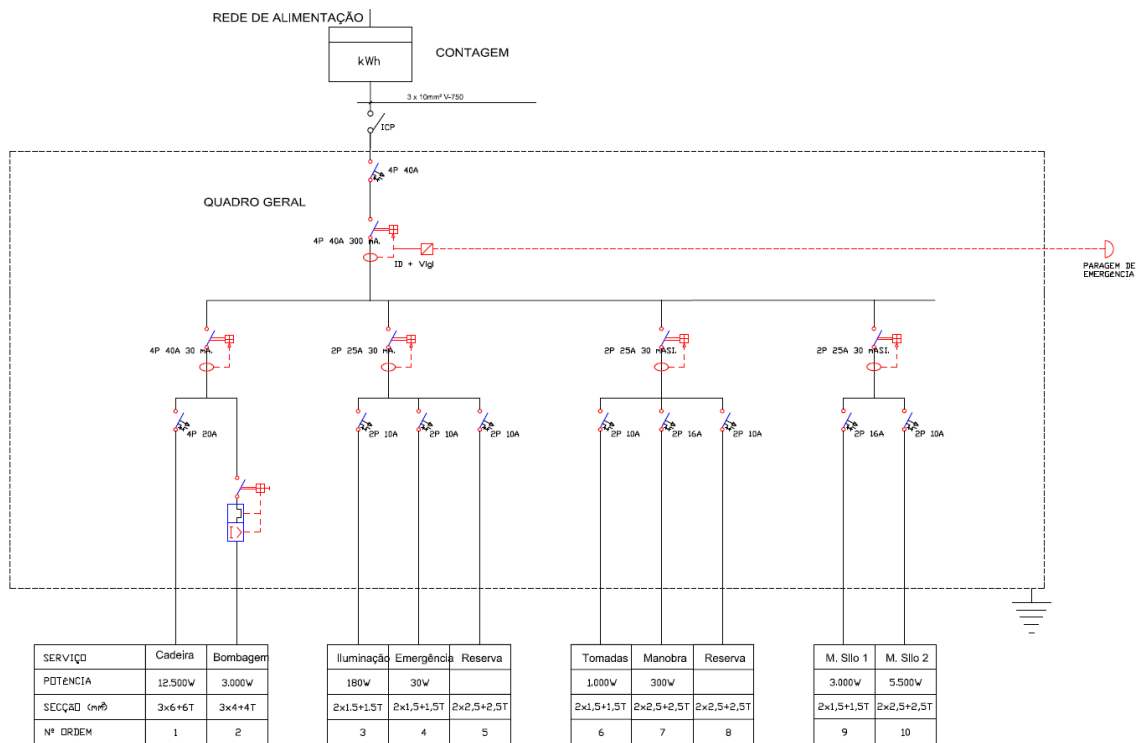


Figura 4.25 - Quadro eléctrico de alimentação aos equipamentos

Para a escolha das protecções a equipa de projecto teve em conta as potências dos equipamentos seleccionados nesta fase. A instalação dos equipamentos eléctricos seguiram todas as boas práticas previstas na legislação portuguesa.

Na Figura 4.26 e na Figura 4.27 demonstra-se a projecção das instalações eléctrica e hidráulica.

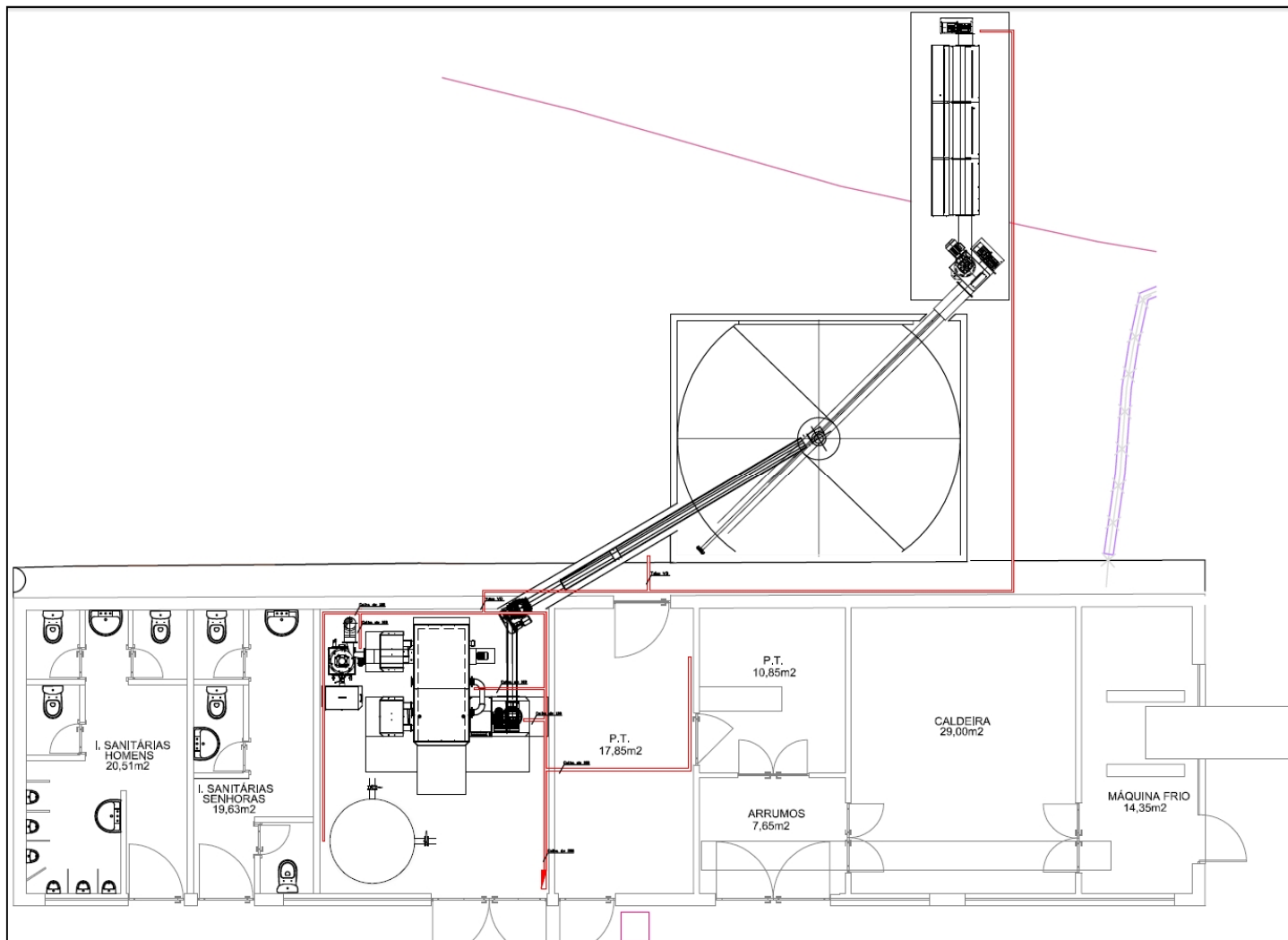


Figura 4.26 - Distribuição das alimentações eléctricas

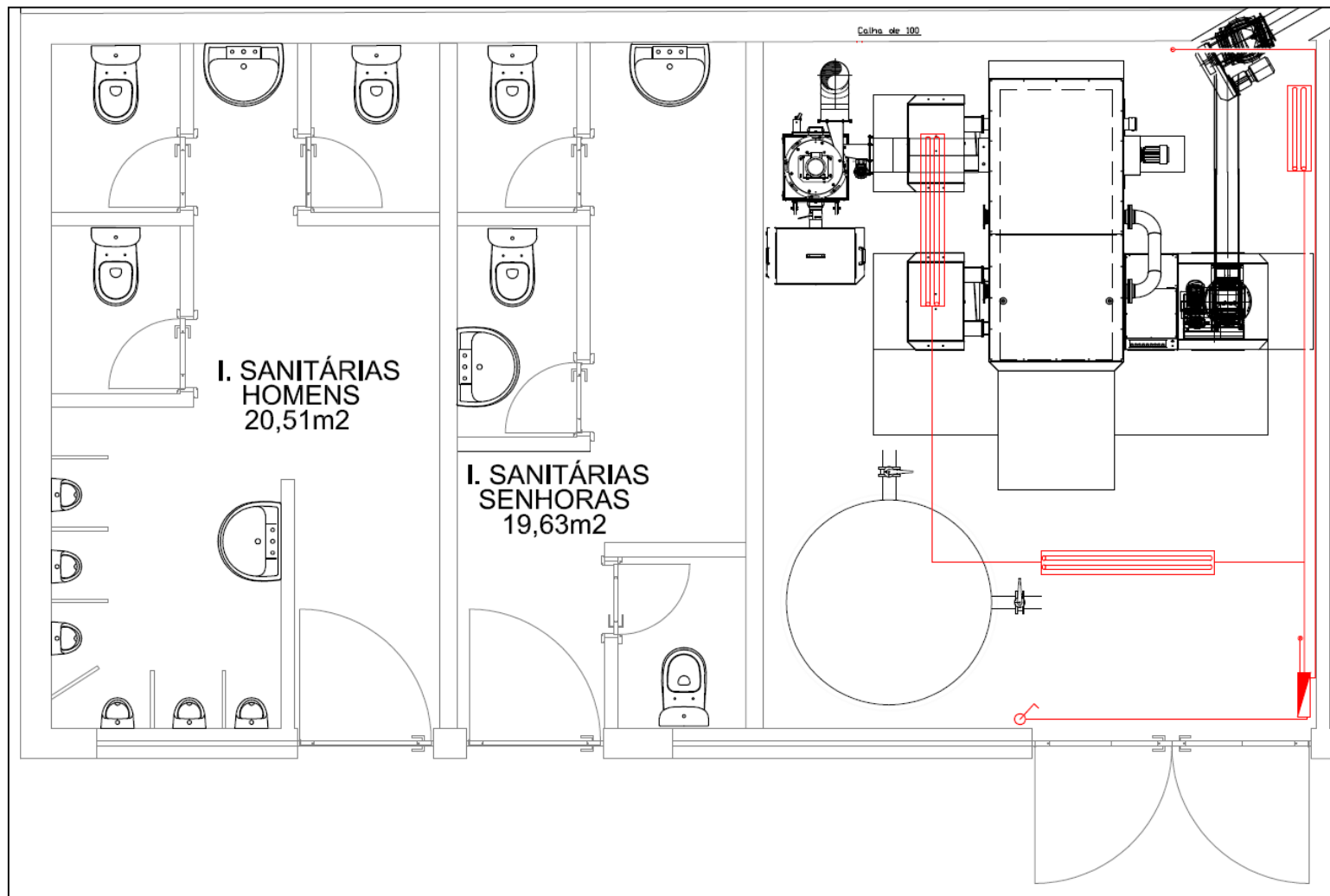


Figura 4.27 - Distribuição dos pontos de iluminação

4.5.2. Estrutura hidráulica

Na Figura 4.28 e Figura 4.29 apresenta-se a interligação entre os equipamentos presentes na central térmica.

Foi projectada a componente de hidráulica e após a análise dos componentes decidiu-se pela implementação de tubagem de aço negro de 4" (polegadas).

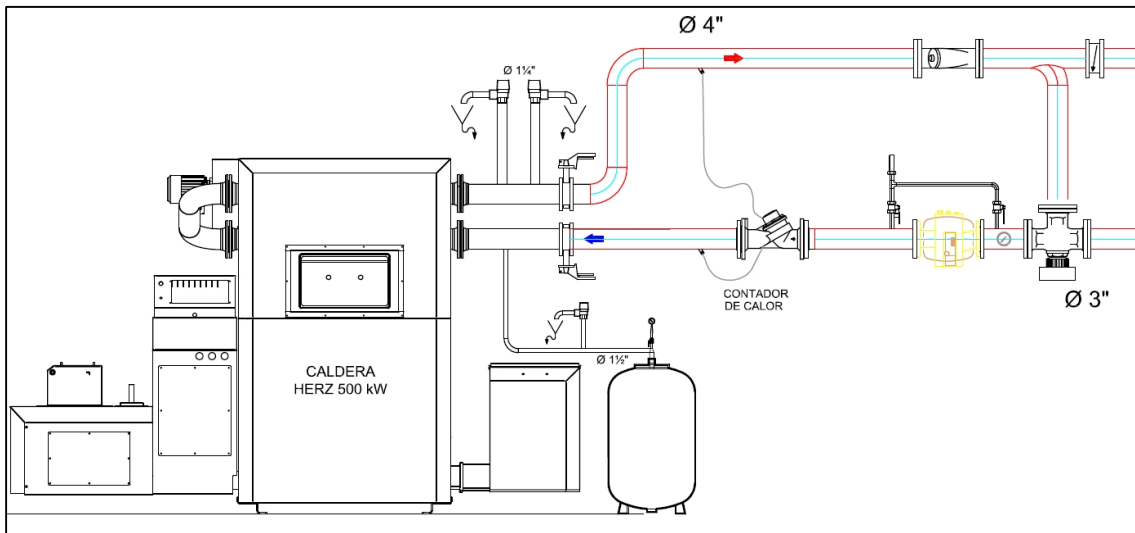


Figura 4.28 - Interligação hidráulica entre os diversos componentes (caldeira)

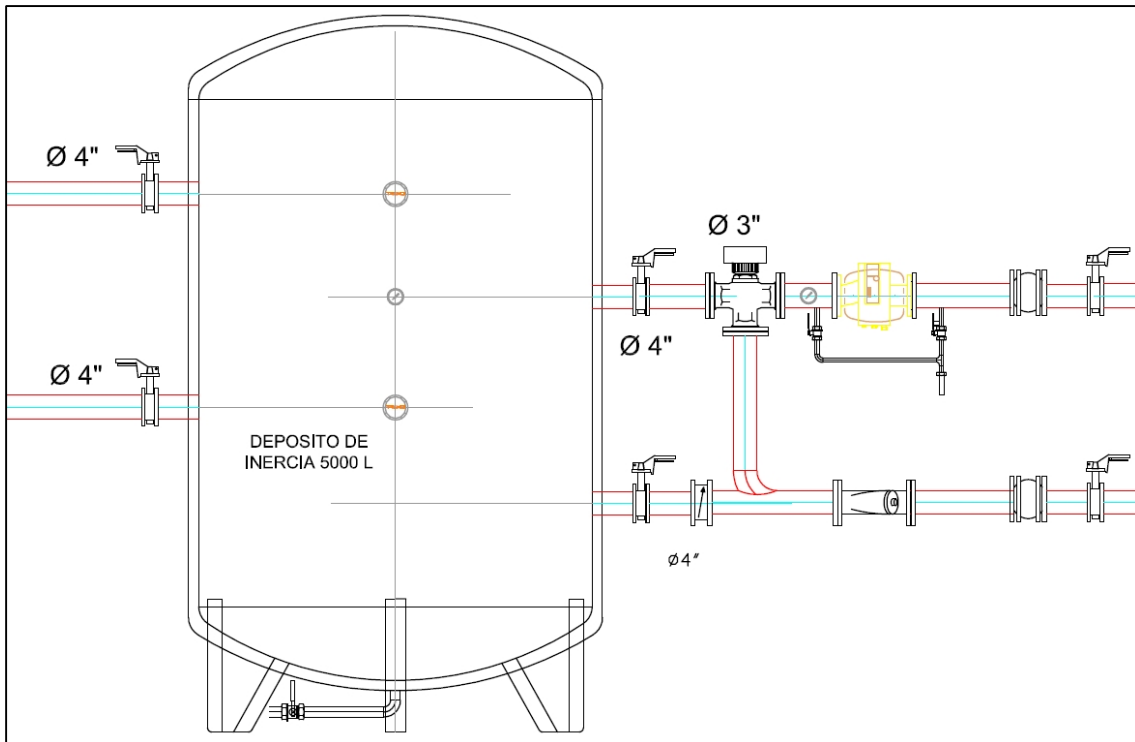


Figura 4.29 - Interligação hidráulica entre os diversos componentes (depósito de inércia)

4.6. Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica

Para dimensionamento da rede de distribuição de calor foram executados diversos estudos técnicos com o apoio de uma equipa técnica da empresa Uponor. A equipa de projecto começou por estudar as distâncias entre cada consumidor de energia. Foram também estudados os melhores percursos para cada um dos ramais de ligação entre a central térmica e cada consumidor.

Como se pode observar pelas figuras seguintes o levantamento foi exaustivo e detalhado para que os custos com esta componente (é das componentes com o custo mais elevado) fossem os mais reais e mais reduzidos possíveis.



Figura 4.30 - Trabalhos realizados para apurar as distâncias entre consumidores

Após a visita técnica a equipa de projecto concluiu que a melhor rota / distribuição da rede de calor seria a apresentada na Figura 4.31.

São diversos os obstáculos que a equipa de projecto encontrou e que podem aumentar os custos da instalação da rede de calor. Existem terrenos em que a instalação será

Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica

demorada e dispendiosa dada a falta de informação relativa a estruturas eléctricas e hidráulicas dos terrenos onde se prevê a instalação da tubagem.

Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica

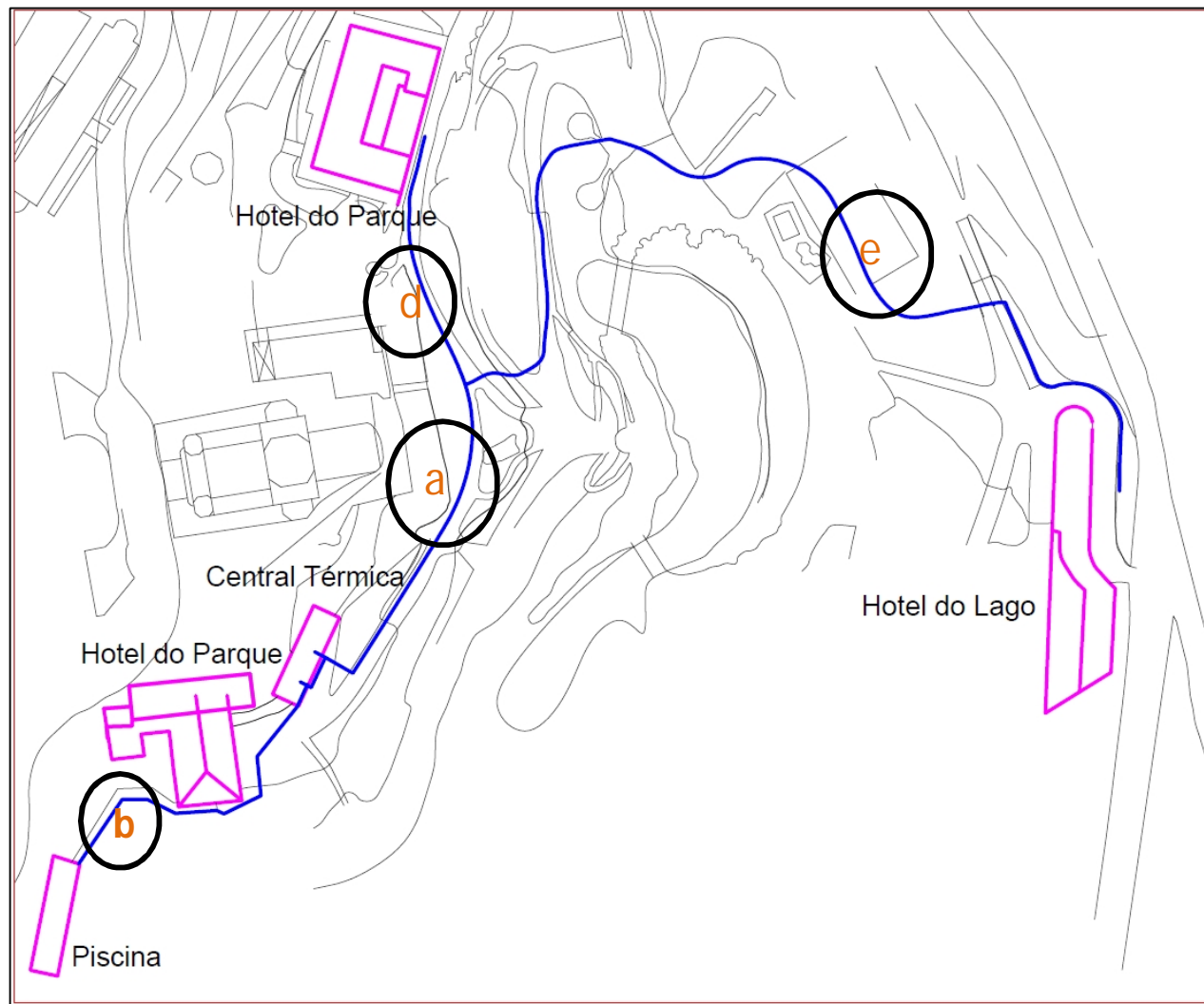


Figura 4.31 - Traçado da rede de distribuição de calor

Apresenta-se também na Figura 4.31 as travessias (passagem de tubagem sob estrada com utilização frequente de veículos pesados) que será necessário executar para que a tubagem não sofra danos que ponham em causa a sua integridade.



Figura 4.32 - Vista dos locais das travessias de estrada

Além das distâncias, a análise do traçado da rede de calor tinha como grande objectivo a definição das características técnicas da tubagem a instalar. Como se pode observar existem claramente quatro ramos definidos:

1. Sala da central térmica - bifurcação;
2. Bifurcação - hotel do parque;
3. Bifurcação - hotel do lago;
4. Sala da central térmica - Piscina.

Com o apoio da equipa da Uponor definiram-se as características das tubagens, tendo em conta as distâncias e os caudais previstos para cada ramo. Salienta-se que todas as definições tiveram como pressupostos a informação levantada nas visitas técnicas e as informações disponibilizadas pelos diversos hotéis.

Nas figuras seguintes demonstra-se as características dos diferentes ramos de alimentação.

Com base nos levantamentos apresentados foi criada a Tabela 4.6.

Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica

1. Ramal Sala da central térmica - bifurcação - hotel do Parque

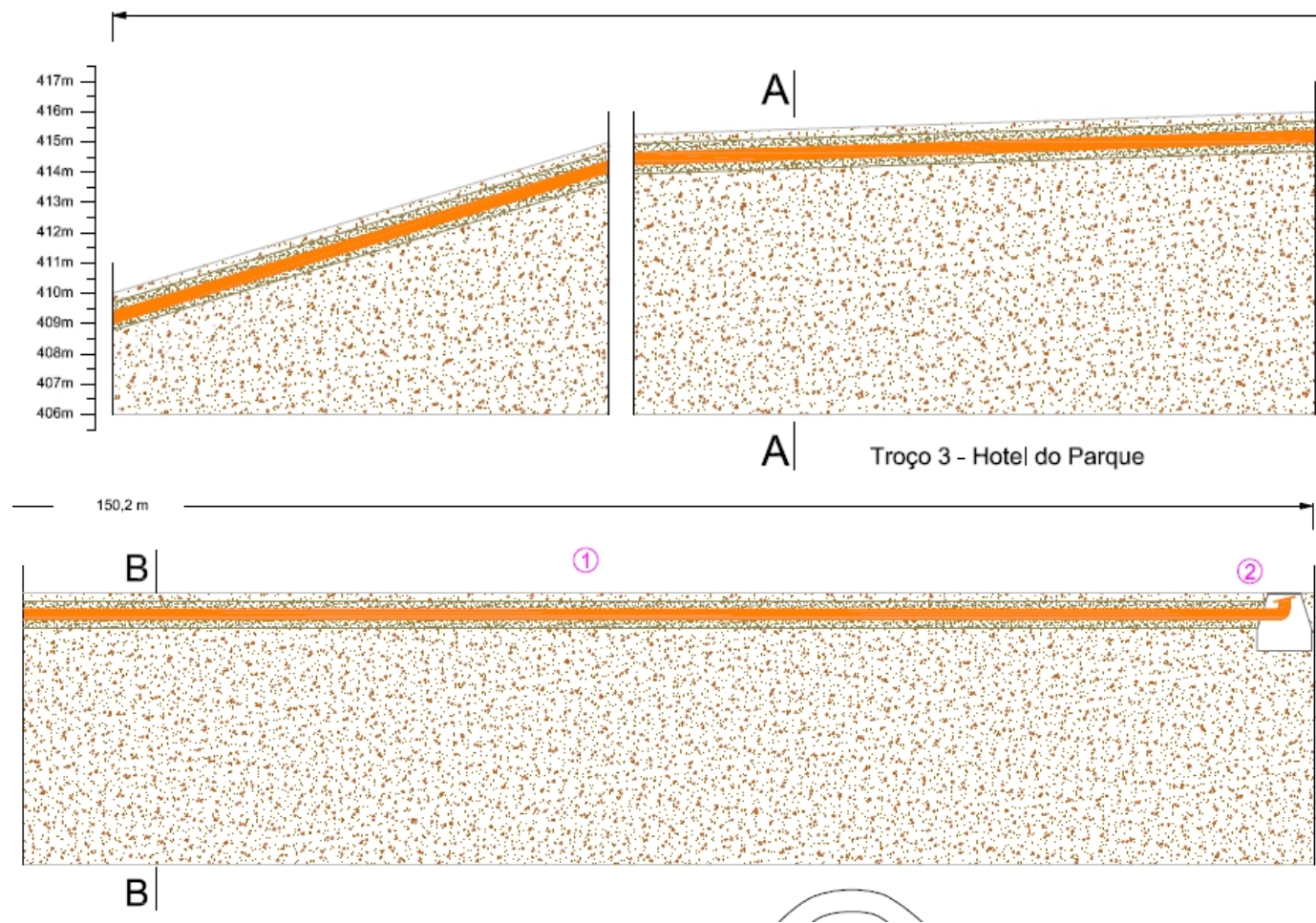


Figura 4.33 - Cotas e distância do ramal entre a central térmica e o hotel do parque

Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica

As referências A e B dizem respeito a diferentes diâmetros de tubagem e são representadas por:

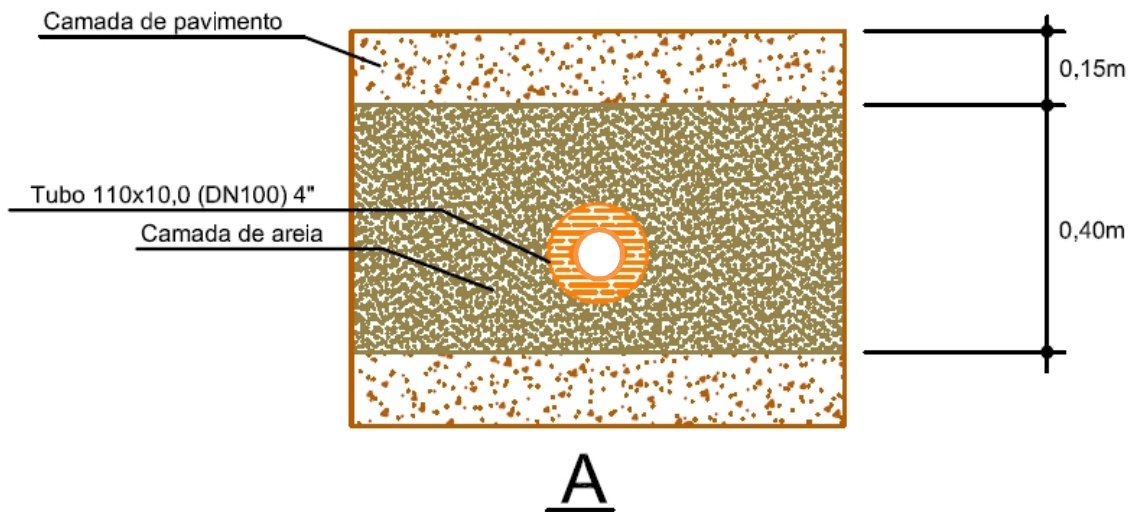


Figura 4.34 - Representação da vala técnica da tubagem do tubo de 110mm

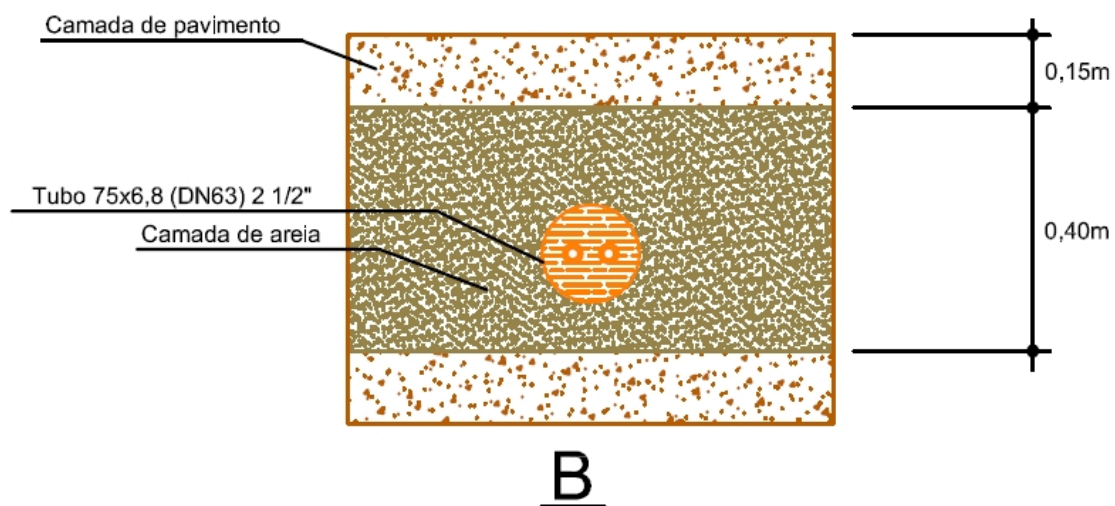


Figura 4.35 - Representação da vala técnica da tubagem do tube de 63mm

Pela análise das figuras anteriores concluiu-se que são necessários 150,2m de tubagem para interligar a central térmica e o hotel do Parque. Como observado no traçado apresentado existe uma bifurcação entre estes dois pontos. A tubagem até à bifurcação, dado que será responsável pelo transporte de água quente para duas instalações terá uma dimensão superior, 110mm contra os 63mm entre a bifurcação e o hotel do Parque (representados pelas figuras Figura 4.34 e Figura 4.35).

Na Tabela 4.6 são representadas as distâncias parciais, tanto do tubo de 110mm como do de 63mm.

2. Ramal bifurcação - piscina do hotel do lago

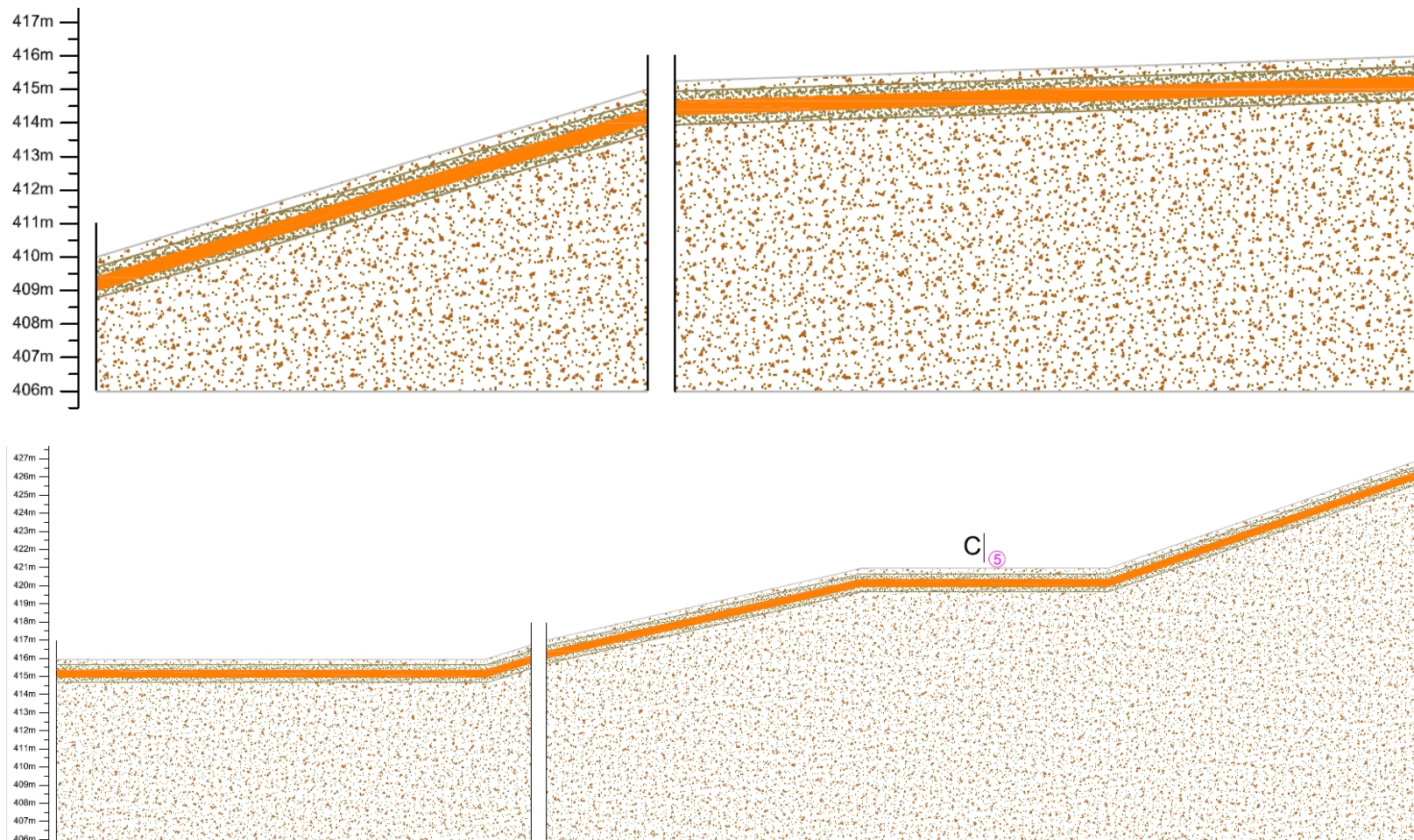


Figura 4.36 - Cotas e distância do ramal entre a bifurcação e o hotel do lago

Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica

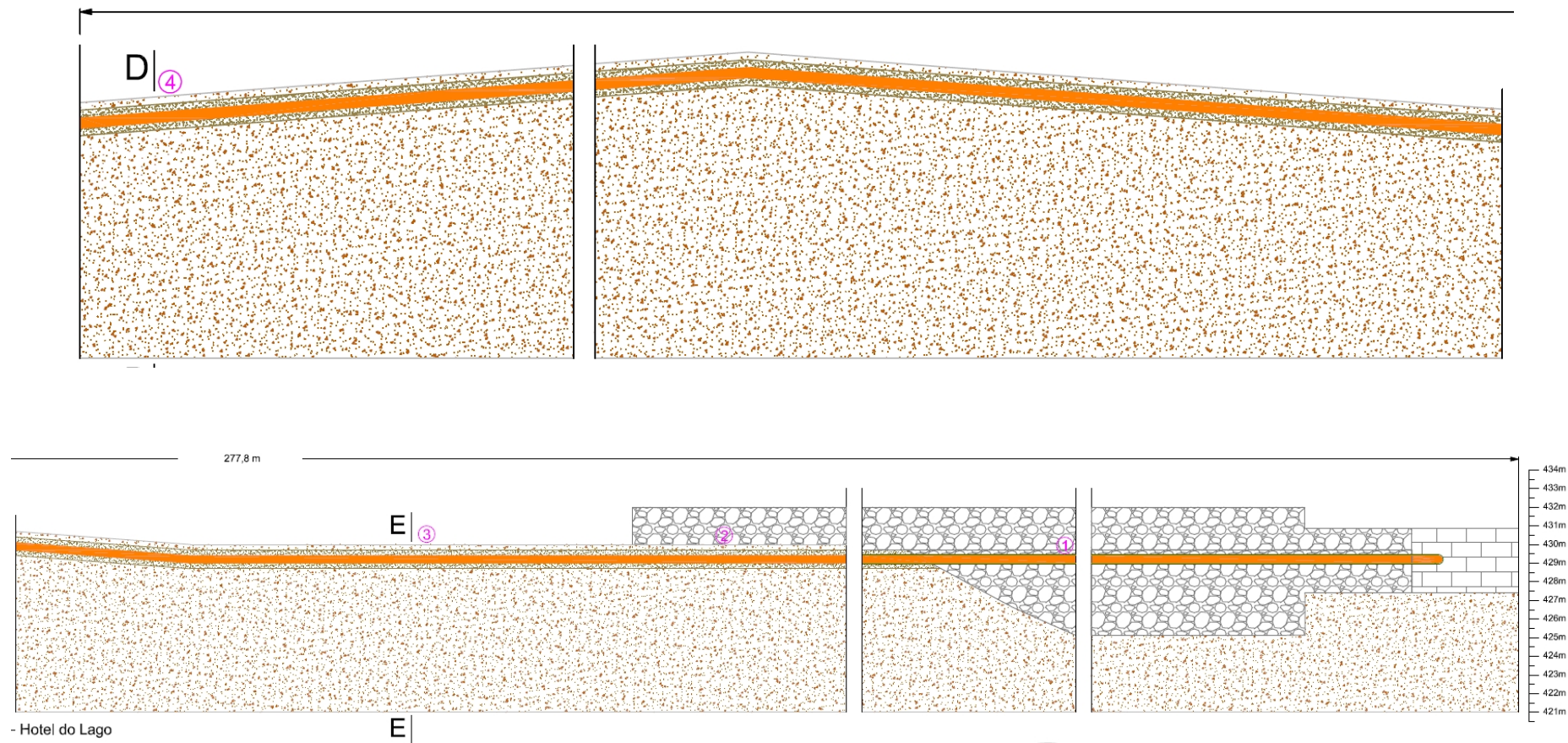


Figura 4.37 - Cotas e distância do ramal entre a bifurcação e o hotel do lago

Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica

As referências C, D e E dizem também respeito a diferentes tipos de valas e são representadas por:

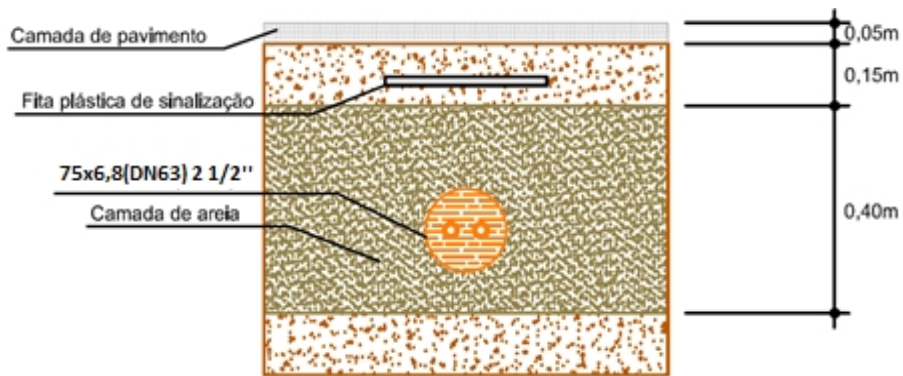


Figura 4.38 - Representação da configuração das travessias C e D

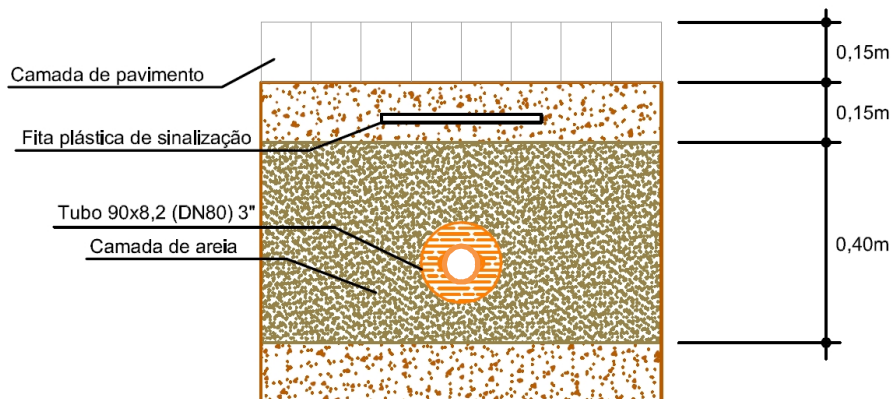


Figura 4.39 - Representação da configuração da travessia E (junto ao hotel do Lago)

Pela análise das figuras anteriores concluiu-se que são necessários um total de 568m de tubagem para interligar a central térmica e o hotel do Lago. Como observado no traçado apresentado existe uma secção enterrada e uma secção de tubagem que ficará à vista. Este facto deve-se ao tipo de terreno junto do hotel do Lago, que obriga a equipa projectista a utilizar uma técnica diferente da utilizada no restante projecto. Em termos de comprimento, a tubagem enterrada terá 520m enquanto a tubagem que ficará à vista terá o comprimento de 48m. A tubagem utilizada entre a bifurcação e o hotel do Lago terá uma secção de 90mm.



Figura 4.40 - Visualização do local do ramal que ficará à vista

3. Ramal central térmica - hotel do templo

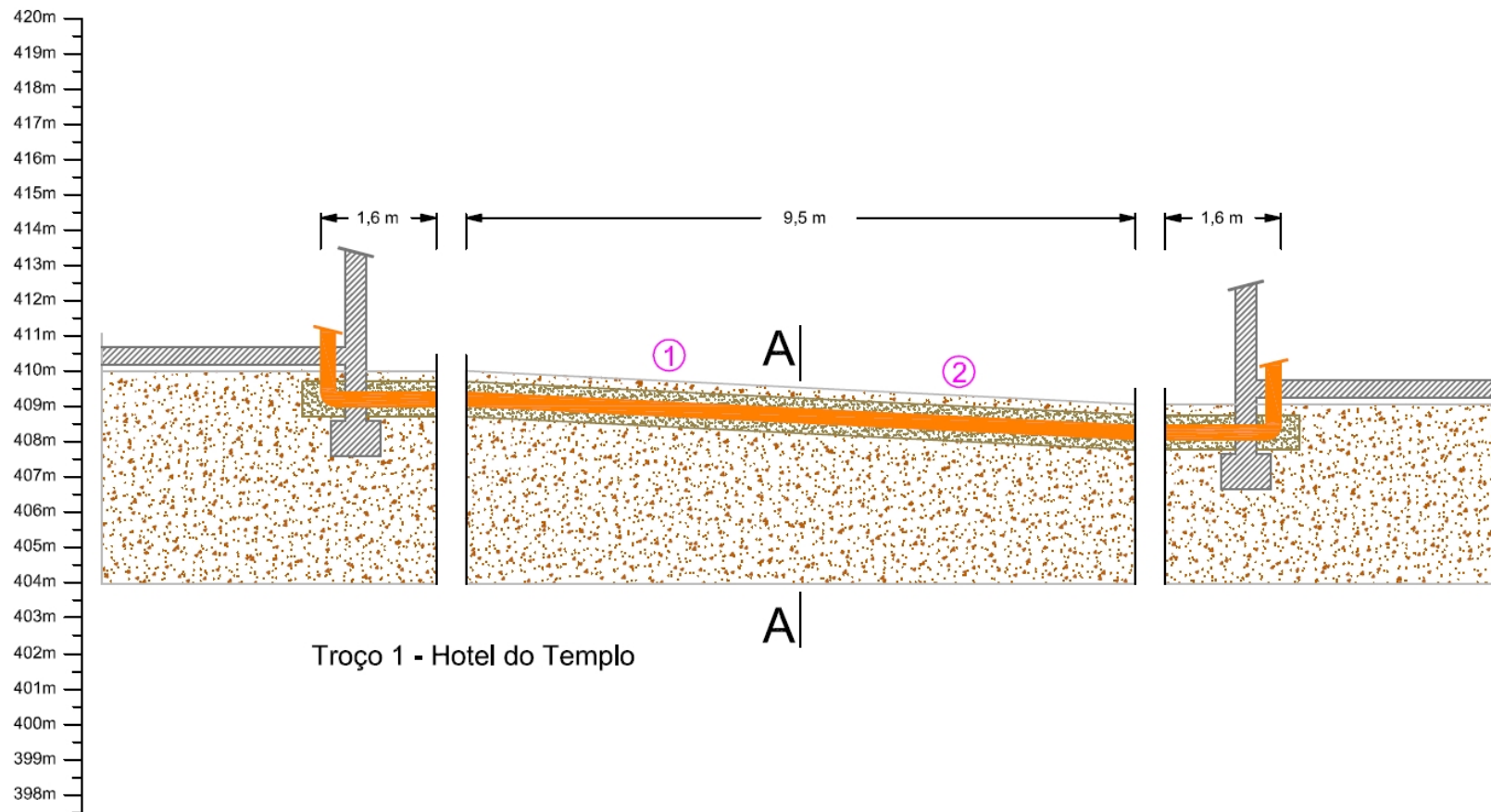


Figura 4.41 - Cotas e distância do ramal entre a central térmica e o hotel do templo

4. Ramal central térmico - piscina do hotel do templo

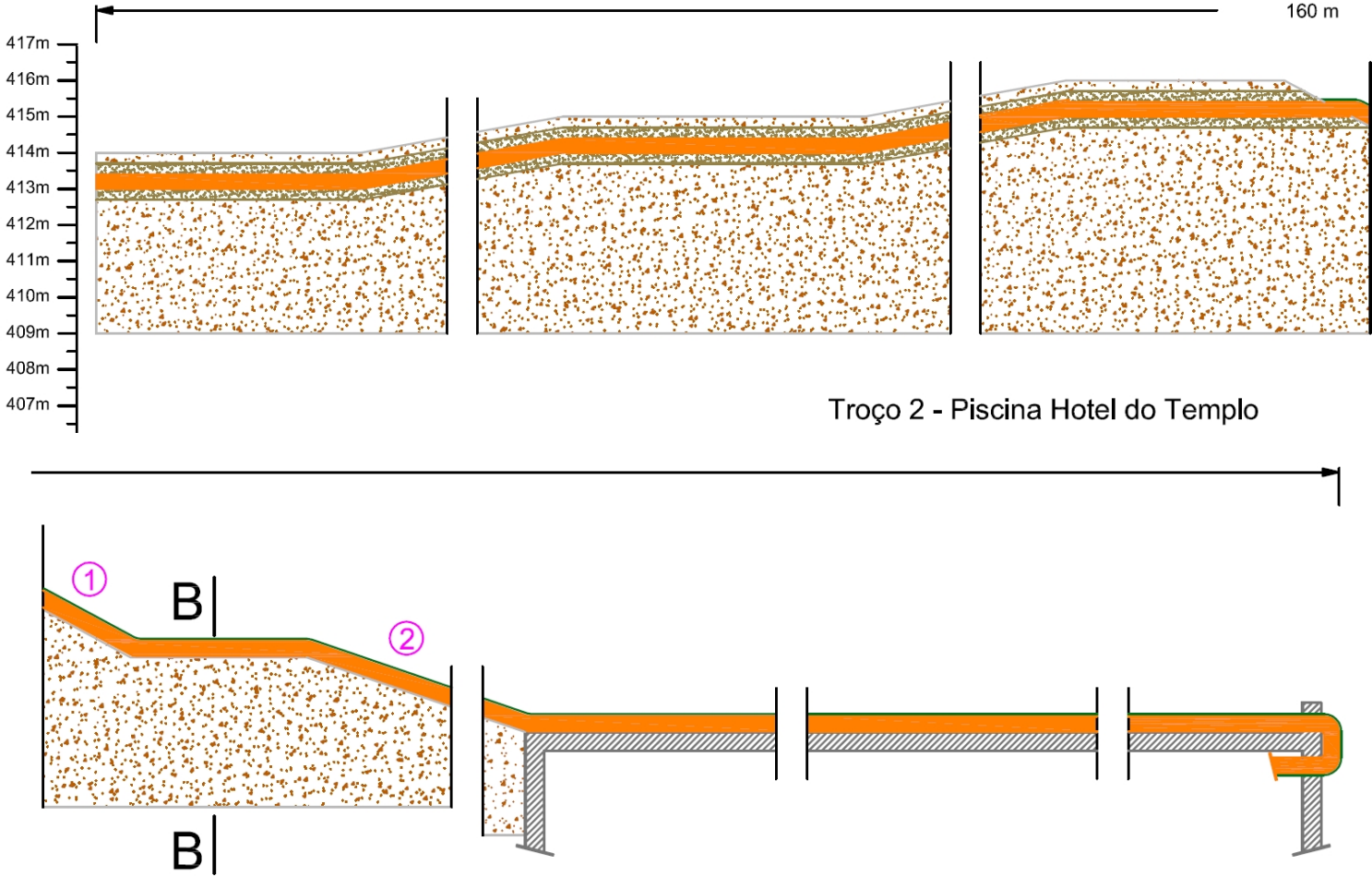


Figura 4.42 - Cotas e distância do ramal entre a central térmica e a piscina do hotel do templo

Dimensionamento da rede de distribuição de energia térmica

No seguimento do observado para o ramal do hotel do Lago, também o ramal da piscina do hotel do Templo terá uma secção de tubagem que ficará à vista.



Figura 4.43 - Visualização do local onde a tubagem ficará à vista

Salienta-se que nos ramais 3 e 4 os pormenores A e B serão iguais ao representado na Figura 4.35. Na Tabela 4.6 apresentam-se as distâncias e diâmetros apurados para a tubagem:

Tabela 4.6 - Diâmetros e distâncias da tubagem

Ramal	Diâmetro Tubagem (mm)	Comprimento Tubagem (m)
A - Central térmica - Bifurcação [Hotel do Parque/ Hotel do Lago]	1x110X10 (200MM)	100
	1x110X10 (200MM)	100
	1x110X10 (200MM)	14
	1x110X10 (200MM)	14
B - Central térmica - Piscina	2X50X4,6 (200MM)	100
	2X50X4,6 (200MM)	60
C - Central térmica - Hotel do Templo	2X63X5,8 (200MM)	12
D - Bifurcação - Hotel do Parque	2X63X5,8 (200MM)	36
E - Bifurcação - Hotel do Lago	1x90X8,2 (200MM)	100
	1x90X8,2 (200MM)	100
	1x90X8,2 (200MM)	100
	1x90X8,2 (200MM)	100
	1x90X8,2 (200MM)	84
	1x90X8,2 (200MM)	84

5. Análise de resultados

Neste capítulo, são apresentados todos os passos seguidos para a construção da aplicação computacional desenvolvida, de forma a dar a entender ao utilizador a forma de interagir com a mesma. É ainda apresentada a interface desenvolvida, justificando-se a escolha da linguagem de programação e a plataforma de desenvolvimento, a construção do interface com o utilizador e o algoritmo implementado para a resolução do problema proposto. Recorrendo às fórmulas matemáticas de análise de rentabilidade já explicadas no ponto 2.3.6, foram estudados vários cenários tendo em conta os dados recolhidos e explicados nos pontos anteriores.

Nos pontos seguintes foram tidos em análise todos os dados financeiros disponíveis à data da realização deste estudo, nomeadamente custos com a manutenção das quatro centrais de produção de água quente por gasóleo e os custos com as formas de energia apresentadas no ponto anterior.

Como custos futuros foram tido em análise os custos com a manutenção da central de biomassa e os custos com a energia primária (pellets) necessária ao seu funcionamento.

5.1. Algoritmo do programa desenvolvido

O fato de o *Microsoft Excel* proporcionar uma gestão intuitiva de uma grande quantidade de informação e um ambiente integrado de criação de projectos em *VBA* levou à escolha da linguagem de programação *VB* para o desenvolvimento da ferramenta computacional e da sua interface com o utilizador. Desta forma, a construção da ferramenta computacional e a sua interface tiveram como suporte a plataforma de desenvolvimento *Microsoft Excel 2007*.

A aplicação informática tem como objectivo fornecer ao utilizador critérios de decisão financeiros, com a base teórica apresentada no ponto 2.3, de forma simples e rápida, da implementação de um projecto ESCO.

Numa primeira fase o utilizador terá que começar por introduzir as características da instalação / projecto, nomeadamente:

- Consumo total nos últimos doze meses;
- Custo total com a energia no mesmo período.

E introduzir as mesmas na aplicação. De seguida a aplicação calcula a tarifa média aplicada à instalação para esse período. Estes são os parâmetros energéticos.

Algoritmo do programa desenvolvido

Caso existam consumos de diversas energias, o utilizador deverá utilizar a aplicação para cada uma delas e executar a separação de cada um dos casos.

De seguida o utilizador terá que colocar os parâmetros financeiros:

- Poupança energética estimada - Onde o utilizador terá de introduzir o valor estimado (em percentagem) de poupança energética obtida com a aplicação da medida de melhoria estimada;
- Investimento - Neste campo terá de ser introduzido o investimento total estimado com a aplicação da medida de melhoria, tendo em conta todos os factores que sejam considerados custos de investimento.

Neste ponto, e caso se trate de um projecto ESCO simples, em que não está contabilizada a venda ou compra de energia por parte do cliente, o utilizador poderá dar por terminada a simulação e verificar os parâmetros económicos. Caso o projecto englobe a venda de energia (como no caso estudado nesta dissertação), dois parâmetros terão de ser introduzidos:

- Tarifa de venda de energia - Valor que o cliente final irá desembolsar pela aquisição de cada kWh de energia;
- Tarifa de custo de produção - Valor, em €/kWh, que custa à empresa ESCO produzir a energia vendida, incluindo as perdas.

Com base nos dados introduzidos a ferramenta calcula várias tabelas de valores que irão servir de base ao cálculo das variáveis de decisão. Nesta rotina o programa usa como base os conceitos teóricos apresentados no capítulo 4.

São calculados os valores das variáveis de decisão:

- VAL - Com base na expressão 4.12;
- TIR - Com base na expressão 4.16;
- PAYBACK - Com base na expressão 4.17;

Na última etapa, são apresentados os resultados obtidos para posterior análise. Na Figura 5.1 apresenta-se o algoritmo que foi implementado na aplicação computacional e que deu origem à aplicação desenvolvida. Os dados foram todos estruturados numa folha de cálculo Excell e a interface realizada em VBA comunica com os valores contidos nas tabelas em tempo real.

Basicamente o programa calcula os indicadores de viabilidade económica (VAL, TIR, PAYBACK) do projecto, em função do investimento e dos consumos energéticos actuais.

Algoritmo do programa desenvolvido

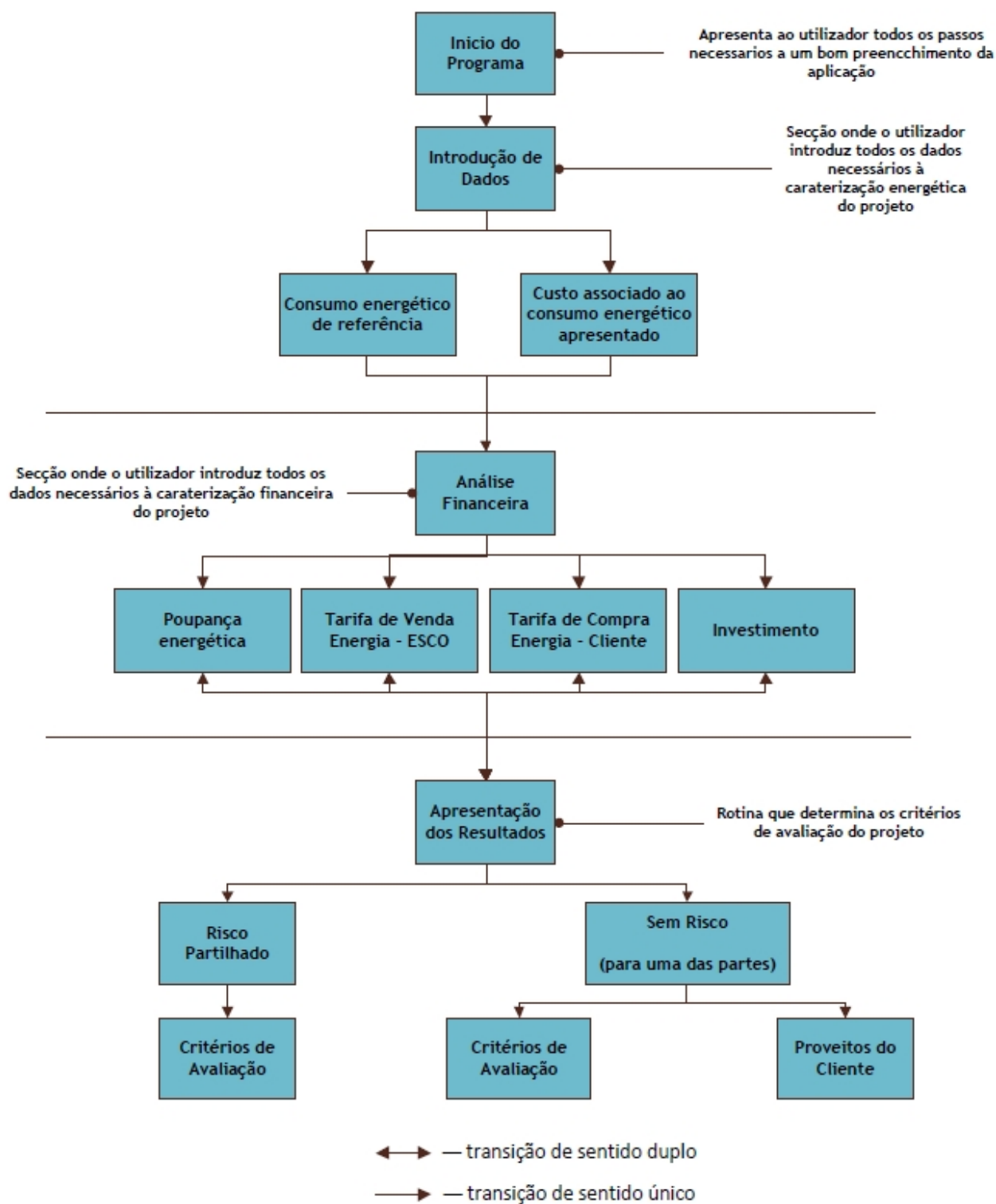


Figura 5.1 - Estrutura da aplicação informática

5.2. Ferramenta Desenvolvida e Interface com o Utilizador

Considerando o que foi explicado durante a secção 5.1, de seguida são apresentadas as diferentes janelas do programa — Análise de Viabilidade Económica de um Projecto ESCO — e a interligação destas com o processo de obtenção dos resultados propostos, com base no algoritmo da Figura 5.1.

5.2.1. Apresentação do programa

Na Figura 5.2 apresenta-se a página inicial da aplicação desenvolvida, onde são dadas instruções ao utilizador para o correcto funcionamento da ferramenta computacional e é feita referência a alguma da informação disponível, bem como às rotinas executáveis implementadas nas subjanelas seguintes do programa.

Neste contexto, é essencial possuir a informação referente a vários aspectos, quer do projecto, quer aspectos económicos. Relativamente à caracterização o utilizador terá que possuir dados referentes aos consumos e custos da instalação que irá ser estudada. O utilizador terá que efectuar um estudo prévio para obter informações de aspecto económico, como investimento total, tarifas de compra e venda.

O utilizador é informado que caso não possua informação relativa aos pressupostos, a aplicação não poderá executar as rotinas para obtenção do resultado final.

Relativamente à janela de interface com o utilizador, na parte inferior, estão disponíveis três botões que permitem:

- Iniciar Programa: A janela actual fecha-se e abre-se uma nova, onde estão presentes as seguintes subjanelas:
 - Pressupostos Energéticos (ver Figura 5.3);
 - Pressupostos Financeiros (Figura 5.4);
 - Critérios de Decisão (ver Figura 5.5);
- Excel: O programa Excel que até aqui estava oculto é agora visível. Esta opção está disponível ao longo do programa;
- Fechar Programa: Caso alguma das instruções não sejam respeitadas ou não se pretenda continuar a executar o programa este é fechado, ficando visível posteriormente, o programa Excel, para possíveis alterações dos dados, por exemplo. Esta opção está igualmente disponível ao longo do programa.

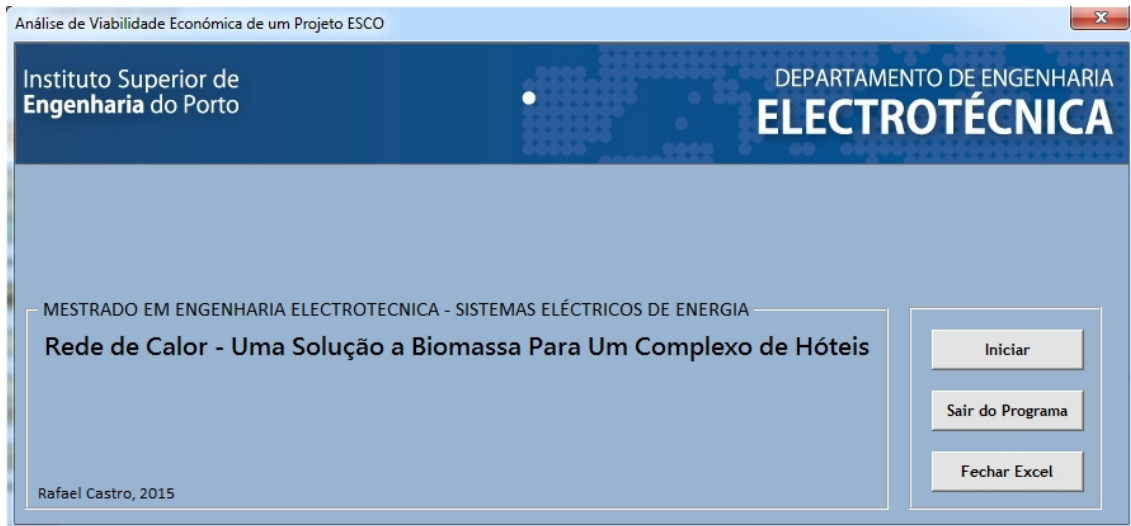


Figura 5.2 - Janela "Início" do programa "Análise de Viabilidade Económica de um Projecto ESCO"

Deve referir-se que as opções de minimizar e maximizar (canto superior direito da Figura 5.2) foram implementadas para uma melhor performance do programa, uma vez que as userform's do VBA não incluem estas opções de início.

5.2.2. Pressupostos Energéticos

Na Figura 5.3 apresenta-se a primeira subjanela, onde é pedido ao utilizador que preencha dois factores importantes para os resultados finais. Nesta janela, o utilizador pode modificar os valores as vezes que achar necessário.

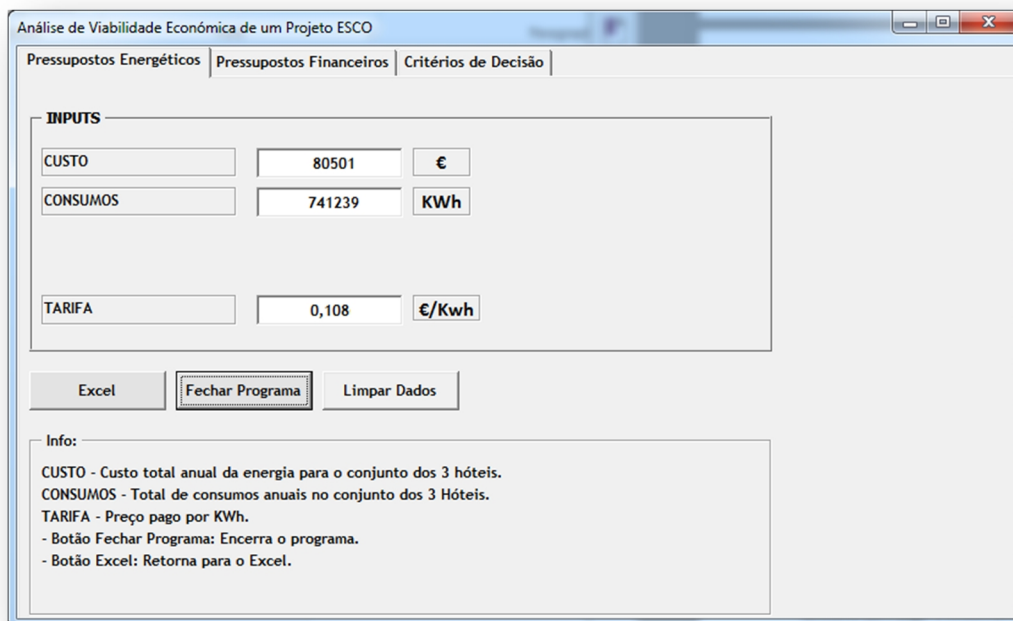


Figura 5.3 - Subjanela "Pressupostos Energéticos"

Do lado direito estão disponíveis três novos botões que permitem:

- Apagar Dados: Os valores introduzidos nos campos são apagados, para posterior inserção de novos dados;
- Dados Iniciais: Caso se pretenda limpar os dados introduzidos;
- Página Seguinte: Permite ao utilizador avançar para a página seguinte.

Deve referir-se que qualquer um dos valores pode ser modificado individualmente quantas vezes necessário, bastando para isso seleccionar a *text box* correspondente, apagar o seu valor, escrever um novo e pressionar a tecla *Enter* do teclado. No entanto, só é permitido a inserção de números.

5.2.3. Pressupostos Financeiros

Na Figura 5.3 apresenta-se a subjanela financeira, onde é pedido ao utilizador que preencha vários pressupostos financeiros importantes para os resultados finais. Nesta janela, o utilizador pode modificar os valores as vezes que achar necessário. Sendo ainda possível usar os valores pré-definidos:

INPUTS	Valor	Unidade
POUPANÇA ENERGÉTICA	0	%
NOVA TARIFA CLIENTE	0.09	€/KWh
TARIFA ESCO	0.0369	€/KWh
INVESTIMENTO	212930	€

Fechar Programa Limpar Dados

Info:
POUPANÇA ENERGÉTICA - Percentagem da poupança energética expectável com a troca do equipamento e infraestruturas actuais.
NOVA TARIFA CLIENTE - Preço a pagar por KWh em função do valor acordado no contracto performance.
TARIFA ESCO - Tarifa para o investidor (ESCO)
INVESTIMENTO - Investimento por parte da ESCO para financiamento do projecto.

Figura 5.4 - Subjanela "Pressupostos Financeiros"

Nesta janela existem dois botões novos com as seguintes funções:

- Página Anterior: Permite ao utilizador recuar para a página anterior;
- Ver Resultados: Permite ao utilizador avançar para os resultados obtidos;

5.2.4. Critérios de Decisão

Por último o utilizador tem acesso a uma tabela onde pode encontrar os três critérios de decisão mais importantes no âmbito da análise de investimentos: VAL - Valor Actual Líquido;

- VAL - Valor Actual Líquido
- TIR - Taxa Interna de Rentabilidade;
- *Payback*.

Como se pode observar na Figura 5.5.

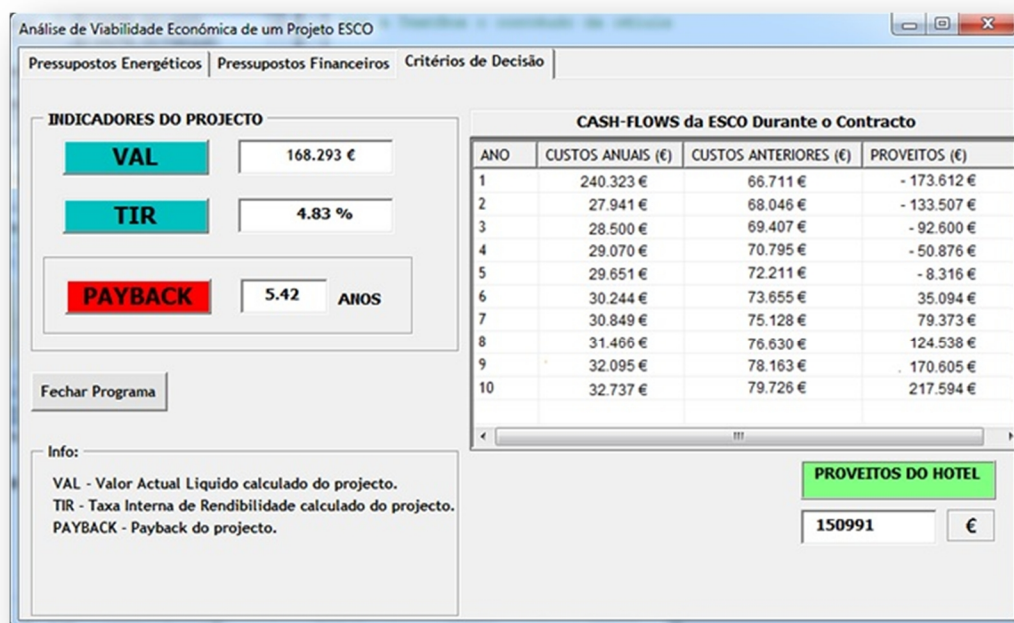


Figura 5.5 - Subjanela "Critérios de Decisão"

5.3. Análise de Rentabilidade da ESCO na Implementação de uma Caldeira a Biomassa

Recorrendo às fórmulas matemáticas de análise de rentabilidade já explicadas no ponto 2.3.6, foram estudados vários cenários tendo em conta os dados recolhidos e explicados nos pontos anteriores. Nos pontos seguintes foram tidos em análise todos os dados financeiros disponíveis à data da realização deste estudo, nomeadamente custos com a manutenção das quatro centrais de produção de água quente por gasóleo e os custos com as formas de energia apresentadas no ponto anterior. Como custos futuros foram tido em análise os custos com a manutenção da central de biomassa e os custos com a energia primária (pellets) necessária ao seu funcionamento.

5.3.1. Custos actuais com a produção de energia térmica por gasóleo

A produção de água quente é actualmente produzida em quatro locais diferentes e isso tem obrigatoriamente um custo associado, tendo em conta os vários factores inerentes à sua produção. Nos casos específicos aqui apresentados, os custos assumidos foram os apresentados na Tabela 5.1:

O que perfaz um total de 89.069€/ano, apenas em energia térmica. Salienta-se que da perspectiva do complexo de hotéis apenas uma destas componentes será alterada, que será a parte do custo com a energia térmica (gasóleo), dado que as restantes componentes terão de continuar a ser tratadas directamente pelos hotéis.

Tabela 5.1 - Custos com a produção de energia térmica por gasóleo

Hotel	Custos gerais	Energia eléctrica de apoio à central (motores, bombas e iluminação)	Manutenção	Energia térmica
Lago	630,00 €	624,82 €	1.100,00 €	23.210,41 €
Parque	630,00 €	1.280,92 €	1.100,00 €	36.990,85 €
Templo	630,00 €	1.472,29 €	1.100,00 €	20.299,64 €
Total	1.890,00 €	3.378,03 €	3.300,00 €	80.500,90 €

Tendo em conta os dados acima referidos, o custo da produção da energia térmica (e tendo em conta os valores apresentados na Tabela 4.1, Tabela 4.2 e na Tabela 4.3, o custo energético é actualmente de 0,1085€/kWh térmico.

5.3.2. Custos e Investimento

No que se refere a investimentos, e tendo em conta todos os componentes atrás apresentados, os valores parciais e totais são apresentados na Tabela 5.2. Todos os valores apresentados incluem mão-de-obra de montagem, supervisionamento, comissionamento, formação, teste e deslocação.

Tabela 5.2 - Necessidades totais de investimento

Sector	Custo
Central Térmica	98.765 €
Componentes centrais térmicas (permutadores, válvulas, tubagem, etc...)	8.633 €
Rede de calor	55.400 €

Trabalhos acessórios à rede de calor	5.768 €
Silo	19.410 €
Trabalhos de reformulação das casas de banho públicas	10.954 €
Engenharia	7.500 €
Acompanhamento da obra	6.500 €
Total	212.930 €

5.3.3. Necessidades de biomassa

As necessidades anuais de biomassa foram calculadas tendo em conta as necessidades actuais de gasóleo do complexo de hotéis:

- Hotel do Lago: 215.966kWh/ano;
- Hotel do Parque: 339.375kWh/ano;
- Hotel do Tempo (C/ piscina): 185.897kWh/ano;

O que perfaz um total de 741.238kWh/ano. Tendo em conta o poder calorífico da biomassa (3,2kWh/kg) foram calculadas as toneladas anuais de consumos necessárias a fornecer à caldeira para que a mesma produza a energia térmica necessária.

Tabela 5.3 - Necessidades de consumo de biomassa

Consumo biomassa (kWh)	PCI (kWh/kg)	Consumo biomassa (ton)
741.238	3,2	230

Na Tabela 5.3 observa-se que serão necessárias 230toneladas/ano para fornecer 741.238kWh térmicos.

Salienta-se ainda que para este cálculo não foi tido em conta o rendimento actual das caldeiras de gasóleo (que estudos técnicos demonstraram que é baixo, cerca de 75%) e o rendimento da caldeira a instalar (pelo catalogo técnico o mesmo se situará nos 93,3%). Optou-se pelo seguimento desta estratégia para que o pior cenário seja tido em conta.

5.3.4. Custos futuros com a produção de energia térmica por biomassa

A produção de biomassa tem obrigatoriamente um custo associado, tendo em conta os vários factores inerentes à sua produção. Neste caso específico, e devido à dimensão da instalação, considerou-se os seguintes custos de exploração:

- Manutenção: 600€/ano;
- Custos de Energia de Apoio à Central: 1.289€/ano;
- Manutenção e Exploração da Rede: 1.350€/ano;
- Biomassa: 95€/ton.

O que perfaz um total de 27.393€/ano.

5.3.5. Análise económica - contracto performance

Apresenta-se agora um modelo de contracto de performance a celebrar entre o prestador do serviço e o complexo de hotéis para a instalação da unidade de produção de energia térmica centralizada por recurso a uma caldeira de biomassa.

Dadas as características e certezas de poupanças do presente projecto, a GEBIO optou por financiar totalmente o projecto, com a assinatura de um contracto de venda de energia térmica ao complexo de hotéis por um valor fixo (associado à taxa de inflação) por um período longo, de 10 anos.

O valor de venda proposto ao complexo de hotéis foi de 0,072€/kWh. Com base neste valor, calcularam-se os principais indicadores financeiros para este tipo de projecto. Os mesmos são apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Indicadores financeiros da GEBIO

Indicador	Valor
Investimento	212.930 €
VAL	168.293 €
TIR	4,83%
<i>Payback</i>	5,42

No tempo em que o contracto se encontra em vigor, a ESCO consegue gerar liquidez suficiente para pagar o investimento. No final do contracto, é expectável que a ESCO acumule um rendimento total de 168.293€. A taxa TIR é bastante aceitável, encontrando-se nos 4,83%. Com uma estimativa de investimento de 212.930€, este projecto terá (pela perspectiva da entidade ESCO) um *payback* de 5,42anos.

No decorrer dos dez anos do contracto, os *cash flows* calculados, relativamente a este projecto, serão os apresentados na Tabela 5.5.

Análise de Rentabilidade da ESCO na Implementação de uma Caldeira a Biomassa

Tabela 5.5 - Cash Flows da ESCO durante o contracto

Ano	Custos	Proveitos	Proveitos
1	240.323 €	66.711 €	- 173.612 €
2	27.941 €	68.046 €	- 133.507 €
3	28.500 €	69.407 €	- 92.600 €
4	29.070 €	70.795 €	- 50.876 €
5	29.651 €	72.211 €	- 8.316 €
6	30.244 €	73.655 €	35.094 €
7	30.849 €	75.128 €	79.373 €
8	31.466 €	76.630 €	124.538 €
9	32.095 €	78.163 €	170.605 €
10	32.737 €	79.726 €	217.594 €
	512.877 €	730.471 €	168.293 €

Numa perspectiva informativa apresenta-se na Tabela 5.6 as poupanças obtidas pelos hotéis com a alteração do combustível utilizado para produção de energia térmica.

Tabela 5.6 - Receitas dos hotéis pela alteração do combustível

Ano	Custo anterior	Custo futuro	Diferença
1	89.069 €	75.279 €	13.789 €
2	90.850 €	76.785 €	14.065 €
3	92.667 €	78.321 €	14.347 €
4	94.521 €	79.887 €	14.634 €
5	96.411 €	81.485 €	14.926 €
6	98.339 €	83.115 €	15.225 €
7	100.306 €	84.777 €	15.529 €
8	102.312 €	86.472 €	15.840 €
9	104.358 €	88.202 €	16.157 €
10	106.446 €	89.966 €	16.480 €
	975.280 €	824.289 €	150.991 €

No final do contracto, as poupanças acumuladas dos Hotéis serão de 150.991€.

5.4. Análise de alternativas

Neste ponto foram estudadas, com o auxílio da ferramenta informática criada, quais os cenários financeiros caso se optasse por outra forma de energia, que não a biomassa.

Iniciou-se esta análise pela definição de quais as formas de energia alternativas existentes que poderiam proceder à produção de energia térmica, sobre a forma de água quente, para satisfação das necessidades dos hotéis. Após um estudo das formas de energia mais convencionais, algumas foram descartadas e outras passaram à fase de estudo financeiro para se observar a viabilidade ou não da sua implementação.

A listagem inicial de formas de energia e das tecnologias utilizadas nos hotéis estudadas são apresentadas na Tabela 5.7. Após a definição da listagem apresentada, avaliou-se numa primeira fase a sua viabilidade de ser implementada na instalação em causa, tendo em conta as características e localização.

As conclusões obtidas foram:

1. Energia eléctrica - Bomba de calor: Poderia ser uma alternativa viável caso a forma de energia de apoio (caldeira existente) - dado que as bombas de calor apenas permitem o aquecimento até um máximo de 45°C - utilizasse uma tecnologia diferente, menos poluente e mais barata, dado que é necessário efectuar o aquecimento da água entre os 45°C e os 65/70°C. **Alternativa não indicada.**

Tabela 5.7 - Listagem de formas de energia alternativas estudadas

Forma de energia	Tecnologia
Energia eléctrica	Bomba de calor
	Termoacumulador
Gás propano	Caldeira
Gás natural	Caldeira
Solar	Solar térmico

2. Energia eléctrica - Termoacumulador: Tecnologia ainda utilizada em hotéis de pequena dimensão, mas que apresenta uma tecnologia ultrapassada e bastante dispendiosa. **Alternativa não indicada.**
3. Gás propano - Caldeira: Tecnologia mais comum nos hotéis. Ao nível da tecnologia, as caldeiras de gás propano são das mais eficientes do mercado. Ao nível da tarifa é, a par do gasóleo, a forma de energia mais dispendiosa das utilizadas na produção de energia térmica. **Alternativa a analisar.**
4. Gás natural - Caldeira: Forma de energia que a indústria hoteleira procura para baixar os custos operacionais do hotel. Mas ao contrário da biomassa e do Gás

Análise de alternativas

Propano, necessita de ramal de alimentação ao equipamento de produção térmica. Analisando a localização geográfica do Bom Jesus, facilmente se conclui que é, ao nível financeiro, inviável a instalação de um equipamento que utilize como fonte de energia primária, o gás natural.

Analisando as conclusões atrás enumeradas justifica-se a análise do cenário financeiro para a forma de energia gás propano. Após uma consulta exaustiva do mercado, utilizou-se como solução de produção de energia térmica a apresentada de seguida:

- Optou-se por uma solução integrada;
- Vários factores se manteriam entre soluções, tais como:
 - Rede de distribuição da energia térmica;
 - Construção da sala técnica;
 - Interligação às salas técnicas existentes;
- No entanto outros factores teriam de ser alterados, de onde se destaca:
 - Caldeira;
 - Não seria necessário construir um silo enterrado;
 - Teria de ser instalado um reservatório de gás propano. Assumindo duas recargas mensais - cenário observado para a biomassa - estima-se que seria necessária a instalação de 4/5 reservatórios com uma capacidade perto dos 200m³.

As instalações de gás propano estão sujeitas a uma legislação bastante mais apertada quando comparadas com as instalações de biomassa, desde logo pela sua alta volatilidade, o que resulta em medidas de segurança bastante apertadas. De seguida apresenta-se um resumo das condições mais importantes respeitar na instalação deste tipo de instalação.

- Os reservatórios só poderão ser instalados no exterior dos edifícios, não sendo permitida a sua colocação sob edifícios, linhas eléctricas não isoladas, pontes e viadutos, em túneis, caves e depressões de terreno ou ainda sobre outros reservatórios.
- Os reservatórios devem ser instalados para que, em caso de necessidade, sejam facilmente acessíveis aos bombeiros e ao seu equipamento.
- Os reservatórios amovíveis ligados a uma instalação de gás devem ser considerados como fixos, com todas as consequências técnicas e legais daí decorrentes.
- Deve ser colocada, em lugar bem visível, uma placa de material incombustível com a identificação, em caracteres indeléveis, da entidade exploradora e o seu contacto para situações de emergência.

Na figura seguinte é apresentado o modelo de reservatório proposto para este estudo.

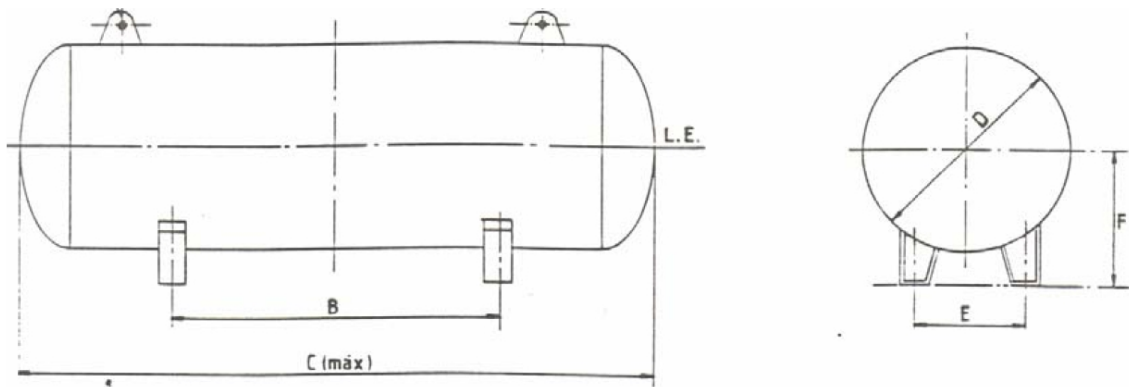


Figura 5.6 - Projecção do reservatório de gás propano

Refere-se que a nível de custos, estes reservatórios podem ser adquiridos num regime de aluguer, mediante a assinatura de um contracto de fornecimento de gás propano com um fornecedor de energia.

Foram estimados os novos dados de investimento, os quais são apresentados na tabela seguinte. Como se pode observar certos custos foram mantidos devido ao objectivo de se instalar uma solução integrada, de forma a baixar os custos com a aquisição da caldeira. É um facto que as caldeiras de gás propano são equipamentos de valor inferior aos de biomassa, mas também é importante salientar que a aquisição de um equipamento de 500kW é bastante inferior a três equipamentos que perfaçam a mesma potência. Com a implementação de três caldeiras distintas (uma por hotel, o custo da rede de calor seria evitado, mas todos os outros custos subiriam, com destaque para os custos com as novas centrais térmicas e para os trabalhos de preparação dos terrenos para recepção dos reservatórios de gás propano.

Resultaria num investimento aproximado de 239.430€, como presente na Tabela 5.8. Sendo que com a introdução desta forma de energia, o negócio não se faria por uma perspectiva ESCO, devido à atractividade do projecto.

Como se observa pela Tabela 5.9 o projecto é inviável financeiramente por uma razão muito simples. Com as tarifas aplicadas actualmente ao gás propano (0,099€/kWh) a diferença entre tarifas não justifica um investimento tão elevado.

O investimento na solução de biomassa é viável por duas razões simples:

- Na perspectiva do hotel, mesmo que a redução da tarifa paga pela energia térmica não seja elevada, o investimento fica totalmente a cargo da empresa ESCO;

Tabela 5.8 - Investimento numa solução a gás propano

Sector	Custo
Central Térmica	95.765 €
Componentes centrais térmicas (permutadores, válvulas, tubagem, etc...)	8.633 €
Rede de calor	75.400 €
Trabalhos acessórios à rede de calor	5.768 €
Preparação terrenos - Reservatórios	4.500 €
Trabalhos de reformulação das casas de banho públicas	30.364 €
Engenharia	12.500 €
Acompanhamento da obra	6.500 €
Total	239.430 €

- Na perspectiva da empresa, a obtenção de biomassa a tarifas bastante reduzidas, quando compradas com outras formas de energia, permite recuperar facilmente o investimento.

Tabela 5.9 - Cash Flows da solução a gás propano

Ano	Custo Gasóleo	Custo GP	Diferença	Investimento	Cash Flows
1	89.069 €	73.383 €	15.686 €	211.430 €	- 195.744 €
2	90.850 €	74.850 €	16.000 €		- 179.743 €
3	92.667 €	76.347 €	16.320 €		- 163.423 €
4	94.521 €	77.874 €	16.647 €		- 146.777 €
5	96.411 €	79.432 €	16.979 €		- 129.797 €
6	98.339 €	81.020 €	17.319 €		- 112.478 €
7	100.306 €	82.641 €	17.665 €		- 94.813 €
8	102.312 €	84.293 €	18.019 €		- 76.794 €
9	104.358 €	85.979 €	18.379 €		- 58.415 €
10	106.446 €	87.699 €	18.747 €		- 39.668 €
	975.280 €	803.518 €	171.762 €		

6. Conclusão

6.1. Análises Conclusivas

Os hotéis aqui estudados são, na sua generalidade, um complexo conjunto de múltiplos sistemas energéticos, englobando diversas áreas com especificidades e características próprias. Dada a sua grandeza, uma correcta caracterização do perfil do seu consumo energético permitiu identificar as áreas prioritárias de actuação. A análise efectuada aos consumos de energia permitiu concluir que os custos com a energia térmica, consumo de gásóleo, tem um impacto bastante elevado na factura global de energia do complexo. Com a análise das facturas energéticas concluiu-se que os hotéis gastam em média, 80.000€ anuais com o consumo deste combustível líquido.

Com a definição de um projecto deste tipo verificou-se que os custos com a produção de energia térmica podem ser reduzidos numa larga escala, cerca de 30% abaixo dos custos verificados no ano estudado.

Observa-se também, neste trabalho, que o investimento neste tipo de instalação centralizada e que possua uma rede de calor, é bastante alto, e sem a execução deste tipo de contractos (recurso a uma empresa ESCO que financie o investimento) será bastante difícil aos hotéis, por mais vontade que tenham para diminuir os seus custos com a energia e a sua pegada ambiental, financiar por capitais próprios este tipo de projectos. A alternativa será recorrer a capital bancário, mas ficando sujeitos às condições contratuais, sendo que nos encontramos numa das piores fases económicas vividas pelo nosso país.

Como podemos observar pelos cálculos apresentados, seria necessário um valor muito próximo dos 250.000€ para avançar com este projecto, valor esse insuportável para o complexo de hotéis aqui estudados. Sendo que os hotéis aqui estudados servirão, em parte, como exemplo do parque hoteleiro português, facilmente se concluiu que este tipo de negócios poderão ser bastante atractivos. Destaca-se desde já o facto de o risco para os hotéis ser praticamente zero, sendo que o risco que podemos destacar (no caso de desacordo ou quebra de contracto por alguma das partes envolvidas no processo), será mesmo a falha de água quente por umas horas até que as suas caldeiras entrem ao serviço. O risco, no cenário estudado neste trabalho, localiza-se todo do lado da empresa ESCO, que tem que investir um valor bastante elevado desde o início do projecto.

Não se pode deixar de destacar os fracos apoios, tanto nacionais como comunitários, que existem actualmente, à utilização e instalação de caldeiras de biomassa, mesmo com todos os seus benefícios, demonstrados neste trabalho. Com o próximo quadro comunitário existem esperanças de que o cenário se altere, dado que os últimos tempos do apoio QREN que agora termina, os cenários observados (diversos projectos

de biomassa para piscinas e pavilhões municipais aprovados) foram animadores quanto aos apoios a este tipo de tecnologia. Em síntese, considera-se que a valorização energética da biomassa em instalações deste tipo têm um grande potencial de aplicação em Portugal, podendo-se tirar mais partido de um dos recursos mais abundantes que temos à nossa disposição, aliando-o à consciência ambiental que deverá ser o motor das nossas acções.

A finalizar considera-se que foram atingidos os objectivos inicialmente propostos, esperando-se que o trabalho desenvolvido e que agora termina sejam úteis a trabalhos futuros.

6.2. Trabalhos Futuros

De futuro, seria interessantes os hotéis efectuarem o aquecimento dos espaços também por recurso à energia térmica produzida na caldeira de biomassa. Este ponto é algo que foi pensado pela equipa projectista e as instalações hidráulicas foram preparadas para a interligação dos sistemas de climatização. Com esta interligação, os custos com a operação dos hotéis, no que concerne ao aquecimento de água quente e de climatização, seriam ainda mais reduzidos do que já são, tornando o projecto ainda mais rentável do ponto de vista energético e financeiro.

Projectos deste tipo serão de grande importância para o sector caso sejam aprovados e apoiados pelas diferentes entidades governativas. De modo a ser o grande passo que falta ao sector para que seja visto, finalmente, como um dos sectores com mais potencial de redução, bem como para redução de emissões de GEE. Esta será uma via de desenvolvimento do sector das energias renováveis bastante rentável. Defende-se ainda que a produção de calor por recurso a biomassa assenta nas ideologias e no futuro que Portugal terá que seguir para desta forma atingir as metas a que se propôs, com o objectivo de reduzir emissões e a dependência das energias tradicionais.

Referências Bibliográficas

ACSS, 2008, Administração Central do Sistema de Saúde, IP, "*Especificações Técnicas para Instalações de AVAC*", relatório de auditoria a sistemas de refrigeração;

ACSS, 2010, Administração Central do Sistema de Saúde, IP, "*Recomendações e Especificações Técnicas do Serviço Hospitalar*", 2010.

ASH, 2008, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "*Combined Heat and Power Systems*", in HVAC Systems and Equipments;, ch. 7;

ASH, 2008, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "*Combined Heat and Power Systems*", in HVAC Systems and Equipments;, ch. 7;

ASH, 2008, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "*Combined Heat and Power Systems*", in HVAC Systems and Equipments;, ch. 7;

ASH, 2009, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE, "*Thermal Storage*", in HVAC Applications, ch. 33;

Barros, Carlos, 1999, "*Avaliação Financeira de Projectos de Investimento*", Editora Vulgata, Lisboa

Bhattacharya, S., 1998, "*State of the art of biomass combustion, Energy Sources*", 20, pp. 113-135, Taylor and Francis.

Bizzo, W., 2007, "*Tecnologias da Biomassa para Conversão de Energia*", acesso à página electrónica em 05/04/2014, portal.ifi.unicamp.br/extensao/download-de-arquivos/xxi-oficina-de-fisica/palestras-xxi-oficina/XXI%20Oficina-bizzo.../file.

CE, 2005, "*Plano de acção biomassa*", Comissão das Comunidades Europeias

DGEG, 2009, "*Estatísticas rápidas*", Direcção-Geral de Energia e Geologia, acesso à página electrónica, www.dgge.pt/ em 05/04/2014;

Referências bibliográficas

EIA, 2013, *“energy intensity data from CBECS and MECS, EPRI, and other third-party energy-use data sets”*, capítulo 2; Telmo, 2010, *“Serviços de Energia Aplicados à Cogeração”*, FEUP, Dissertação de Mestrado;

Falcini, Primo. *“Avaliação Económica de Empresas - técnica e prática”*, 2 ed. São Paulo: Atlas, 1995

ForesTech, 2006, *“Biomassa Florestal Novas Técnicas de Produção e de Aproveitamento de Bio-combustíveis PETER”*, Universidade de Évora.

Freitas, Carlos J. Pereira, *“Avaliação de Projectos de Investimento”*, Apontamentos da cadeira “Empreendedorismo e Inovação”, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2011;

Gonçalves, M., 2008, *“Potencial das Culturas Energéticas”*, Raiz Grupo Portucel Soporcel, 6 de Junho, acesso à página electrónica do Google, em 05/04/2014;

Hein, D., Karl, J., 2006, *“Cap.5.2 Conversion of biomass to heat and electricity”*, Sub volume C: Energy Technologies;

IEA, 2010, International Energy Agency, *“World Energy Outlook”*, relatório anual de estatísticas;

IEA, 2012, International Energy Agency, *“Key World Energy Statistics”*, relatório anual de estatísticas;

IE, 2010, Institute for Energy, *“Energy Service Companies Market in Europe,”* Joint Research Centre, European Commission, Luxembourg;

Khan, A., Jong, W., Jansens, P., Spliethoff, H., 2009, *“Biomass combustion in fluidized bed boilers: Potential problems and remedies”*, Fuel Processing, 90, pp. 21-50.

Krarti, 2000, *“Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach”*, Florida, United States of America: CRC Press;

McKendry, P., 2002b, *“Energy production from biomass (part 2): conversion technologies”*, Bioresource Technology, 83, pp. 47-54;

Nogueira, M., 2007, *“Biomassa energética: Caracterização de Biomassa”*, acesso à página electrónica em 10/04/2014, [www:bepinet.net](http://www.bepinet.net);

Referências bibliográficas

- Nussbaumer, T., 2003, *"Combustion and co-combustion of biomass: fundamentals, Technologies, and Primary Measures for Emission Reduction"*, Energy & Fuels, 17, pp.1510-1521;
- Obernberger, I., 1998, *"Decentralized biomass combustion state of the art and future development"*, Biomass and Bioenergy, 14, (1), pp. 33-56;
- Oka, S., 2004, *"Fluidized Bed Combustion"*, Marcel Dekker, Inc, New York;
- PE, 2009, Parlamento Europeu, DIRECTIVA 2009/28/CE;
- Petrol, 2010, *"BP Statistical Review of World Energy"*, relatório anual de estatísticas;
- Pinho, C., 2005a, *"Combustão"*, Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, F.E.U.P.;
- Pinho, C., 2007, Texto sobre queima de biomassa em leito fluidizado, Comunicação pessoal.
- Pinho, 2009, *"Gestão de Energia Térmica"*, Sebenta das aulas teóricas da disciplina de Gestão de Energia Térmica, Porto, Portugal;
- prNP 4486, 2008, IPQ de Outubro de 2008, *"Combustível derivado de resíduos (CDR); Enquadramento para a produção, classificação e gestão da qualidade"*, acesso à página electrónica em [www.ipq.pt/backfiles/ prNP 4486 _2008.pdf](http://www.ipq.pt/backfiles/prNP_4486_2008.pdf) em 05/01/2009.
- Satchwell e Goldman, 2011, *"A Survey of the U.S. ESCO Industry: Market Growth and Development from 2008 to 2011"*, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Staiss, C., Pereira, H., 2001, *"Biomassa energia renovável na agricultura e no sector florestal"*, Instituto Superior de Agronomia Centro de Estudos Florestais, Agros, 1, pp 21-30.
- Thumann e Woodroof, 2009, *"Energy Project Financing: Resources and Strategies for Success"*, CRC Press;
- Agência Portuguesa do Ambiente I.P., 2013, *"Relatório do Estado do Ambiente 2013"*, Divisão de Comunicação e Relações Públicas.

Referências bibliográficas

- Sítios de internet

www.adene.pt/

(Acedido pela última vez a 15 de Setembro de 2014)

www.apren.pt/pt/

(Acedido pela última vez a 17 de Agosto de 2014)

<http://www.pikeresearch.com/>

(Acedido pela última vez a 19 de Setembro de 2014)

- Decretos-Lei

Decreto-Lei nº 189/88, de 27 de Maio, Diário da República nº 123/88 - I Série, Lisboa

Decreto-Lei nº 186/95, de 27 de Julho, Diário da República nº 172/95 - I Série-A, Lisboa

- Portarias

Portaria n.º 286/93, de 12 de Março, Diário da República nº 60/1993 - I Série, Ministérios da Indústria e Energia e do Ambiente e Recursos Naturais, Lisboa

- Conselhos de Ministros

Resolução do Conselho de Ministros nº23/2010 de 15 de Abril de 2010, Diário da República nº73 - I Série

- Directivas

Directiva 2004/08/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro;

Norma Europeia CEN TC 335

prNP 4486, 2008

CEN/TS 15357:2006

EN/TS 359:2006

CEN TC 343

2006/32/CE

Anexos

Sistema innovador y eficiente para el
suministro de energía a edificios



Calor local / micro-red



BioMatic
BIOCONTROL

220 - 500

- Grandes edificios
- Hoteles
- Urbanizaciones



Figura A1 -Brochura da caldeira HERZ Biomatic 220-500

Ventajas del sistema BioMatic de HERZ...



Sistemas de combustión de biomasa para astillas y pellets

- BioMatic BioControl 220 (potencias de **54 a 220 kW**)
- BioMatic BioControl 250 (potencias de **54 a 250 kW**)
- BioMatic BioControl 300 (potencias de **79 a 300 kW**)
- BioMatic BioControl 350 (potencias de **79 a 350 kW**)
- BioMatic BioControl 400 (potencias de **79 a 400 kW**)
- BioMatic BioControl 500 (potencias de **79 a 500 kW**)

HERZ BioMatic BioControl: insuperablemente compacta

- Una de las instalaciones de biomasa más compactas del mercado
- Dimensiones mínimas de carga
- Construcción modular compacta (módulo de cámara de combustión y módulo de intercambiador de calor)
- Se puede montar en la mayoría de los casos en los cuartos de calderas de gas o fuel existentes.



Información de HERZ

HERZ Armaturen GmbH – La empresa
Fundada en 1896, HERZ tiene una trayectoria de más de 110 años de presencia insuperable en el mercado. HERZ Armaturen GmbH, con cuatro sedes en Austria y cinco en Europa así como más de 1.500 empleados en todo el mundo, es el único fabricante austriaco y uno de los fabricantes internacionales más importantes de componentes para el sector de la calefacción y de la instalación.

HERZ Energietechnik GmbH
HERZ Energietechnik tiene más de 150 empleados en los ámbitos de la fabricación y la distribución. En las sedes de la empresa ubicadas en Pinkafeld/Burgenland y Sebersdorf/Steiermark se encuentran unas modernas instalaciones de fabricación y laboratorios para la investigación de productos innovadores. De esta forma se puede intensificar una cooperación demostrada con instituciones de investigación y diseño. Con el transcurso de los años, HERZ se ha establecido como especialista en sistemas de energías renovables. En consecuencia, los esfuerzos se centran en los sistemas de calefacción modernos, rentables y respetuosos con el medio ambiente, que proporcionan una mayor comodidad y simplicidad de uso.

HERZ está con el medio ambiente
Todas las instalaciones de combustión de HERZ ofrecen mejores valores que los indicados en las normas más estrictas sobre emisiones. Lo acreditan numerosos sellos de calidad medioambiental.

Calidad HERZ
Los diseñadores de HERZ se mantienen en permanente contacto con los centros de investigación más prestigiosos, para seguir elevando aún más los estándares que ya cumplen.

Figura A2 - Vantagens do sistema de caldeira Biomatic

La tecnología BioMatic...



Combustión óptima gracias al control con sonda Lambda:



Regulación automática de la combustión y los gases de salida mediante el control de sonda Lambda.

- Gracias a la sonda Lambda integrada, que controla permanentemente los valores de los gases de salida y reacciona ante las distintas calidades de los combustibles, se consiguen siempre unos valores de combustión perfectos y unos valores de emisiones mínimos.
- La sonda Lambda corrige la cantidad de combustible que se necesita así como el aire secundario y garantiza, de este modo, la combustión más limpia en todo momento, incluso trabajando con carga parcial.
- El resultado de ello es un consumo menor de combustible y unos valores mínimos de emisiones, incluso con distintas calidades de combustibles.

Limpieza automática:



- Las superficies del intercambiador vertical de calor se mantienen automáticamente limpias, incluso mientras funciona la calefacción, gracias a un sistema automático de limpieza integrado que garantiza un elevado rendimiento uniforme y unas pérdidas mínimas de los gases de salida.
- La limpieza de la ceniza de la cámara de combustión se realiza también de forma automática con un plato vibratorio.
- La extracción de la ceniza del módulo de la caldera, así como del módulo del intercambiador, se realiza automáticamente con ayuda de un sinfín.

Regulación automática con BioControl 3000:



- El control automático de las instalaciones de calefacción con BioControl 3000 ofrece numerosas ventajas y facilita el manejo gracias a una organización sencilla de la pantalla y un sistema cómodo de menús.
- El control está montado en la caldera y sirve como unidad central de regulación.
- BioControl 3000 ofrece, además, una gestión integrada de agua caliente, protección contra heladas y modo de funcionamiento durante las vacaciones así como la posibilidad modular de ampliación mediante tarjetas para circuitos de calefacción, gestión de acumuladores y regulación de circuitos de energía solar.

Combustibles utilizables:



- Pellets, según la ÖNORM M 7135, sello de calidad DINplus o Swisspellets.
- Astillas, G30/G50/W30 según la norma ÖNORM M 7133.



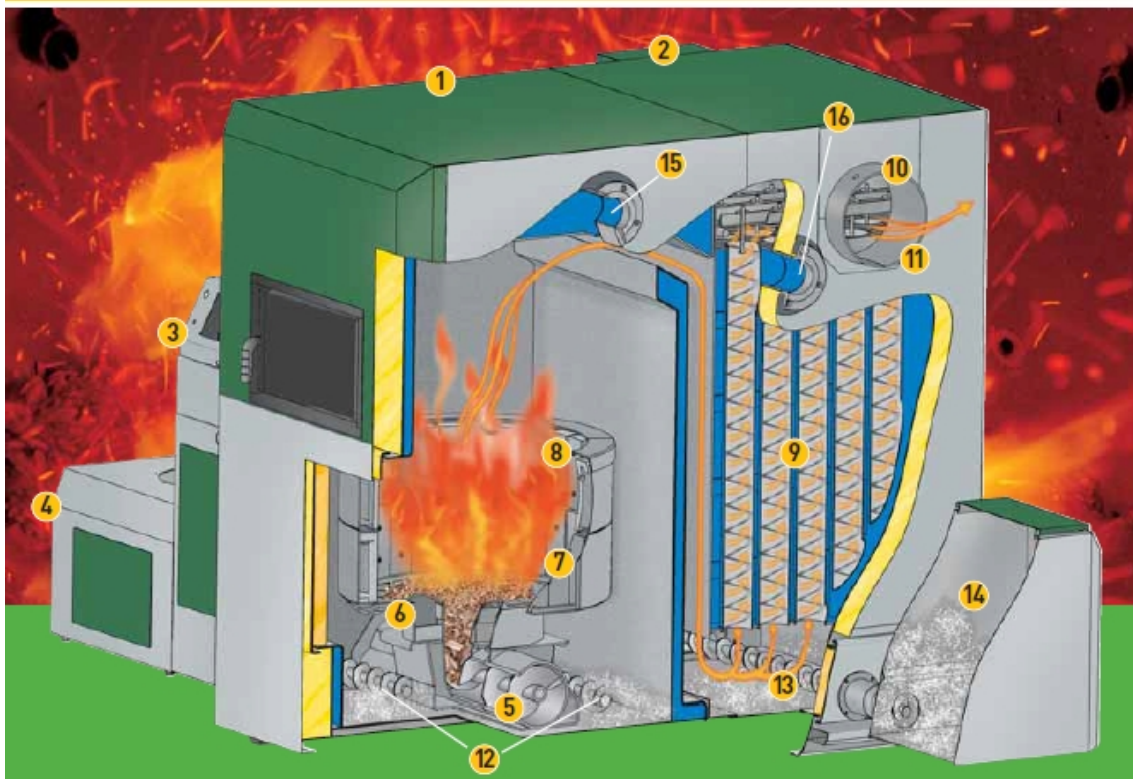
Dispositivos de seguridad en las instalaciones HERZ BioMatic (sistemas independientes entre sí):



- Sistema de protección contra incendios (RSE): Compuerta de cierre con mecanismo automático de accionamiento mediante motor de retorno por muelle.
- Sistema contra incendios (RHE): vigilancia térmica de la temperatura en el sinfín alimentador (instalación de sprinkler que se acciona térmicamente).
- Vigilancia electrónica de la temperatura del sinfín alimentador.

Figura A3 - Apresentação da tecnologia Biomatic

La técnica innovadora de HERZ BioMatic...



Descripción de los componentes:

- 1 Módulo de la cámara de combustión
- 2 Módulo del intercambiador de calor
- 3 Mando integrado BioControl 3000
- 4 Depósito intermedio
- 5 Sinfin introductor
- 6 Encendido automático con soplador de aire caliente
- 7 Cámara de combustión con sistema automático de limpieza del quemador (plato vibratorio)
- 8 Anillo de aire secundario dividido en 2 zonas
- 9 Intercambiador de calor de tubos verticales con mecanismo de limpieza automática
- 10 Vigilancia automática de la combustión y de los gases de salida mediante el control con sonda Lambda
- 11 Ventilador de aspiración con variador de frecuencia y regulación de depresión
- 12 Sinfines para la extracción de cenizas de la combustión
- 13 Sinfin para la extracción de cenizas volátiles
- 14 Depósito para cenizas volátiles
- 15 Conexión de impulsión
- 16 Conexión de retorno

Sistemas de extracción de cenizas para BioMatic:

HERZ ofrece sistemas individuales de extracción de ceniza, desde los depósitos de cenizas de la caldera BioMatic hasta los contenedores externos. La extracción de cenizas puede realizarse según 2 variantes:

Aspiración central de cenizas:

En este caso, la ceniza se aspira manualmente con una lanza (desde los depósitos de cenizas de combustión y de cenizas volátiles así como de la caja de cenizas del ciclón) y se introduce en una caja o contenedor exterior de cenizas.

Altura máxima 5 m.
Longitud máxima 20 m.

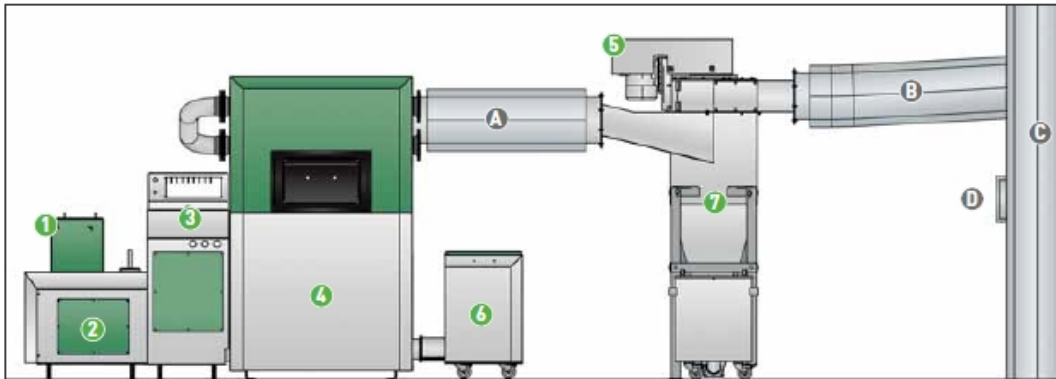
Extracción de cenizas mediante tornillo sinfin:

En este caso la ceniza se transporta automáticamente (desde los depósitos de cenizas de combustión y de cenizas volátiles así como de la caja de cenizas del ciclón) con ayuda de un sistema de tornillo sinfin hasta un contenedor de cenizas preparado para ello por el cliente.

Figura A4 - Descrição dos componentes da caldeira

Acerca de la caldera BioMatic...

Representación de una instalación BioMatic:



Esquema de una instalación BioMatic:

- 1 Boca de carga con sistema antiincendios (RSE)
- 2 Depósito intermedio con sinfín alimentador, sistema contra incendios (RHE)
- 3 Sistema de mando BioControl 3000
- 4 Caldera
- 5 Ventilador de aspiración con variador de frecuencia y regulación de la depresión
- 6 Contenedor de cenizas
- 7 Depuración de gases de humos (Ciclón)

Conexiones (en montaje):

- A Tubo conexión humos
- B Tubo conexión chimenea con inclinación
- C Chimenea anti-humedades
- D Regulador de tiro

La técnica HERZ de accionamiento y extracción:

¡Todos los componentes facilitados por un único proveedor!



Robusto mecanismo agitador con sistema de engranajes para cargas pesadas y descarga de presión.



Motores de gran calidad con accionamiento de cadena (doble cadena). Elevados pares de arranque con un mínimo consumo eléctrico.



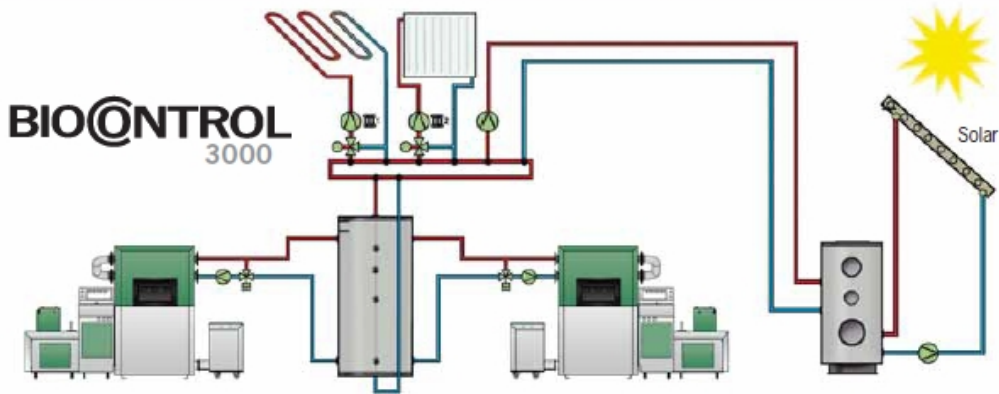
Sistema estable de transporte de astillas por medio de tornillo sinfín.



Figura A5 - Representação de uma instalação Biomatic

Un sistema **perfecto** con HERZ...

Con el BioControl 3000 de HERZ se pueden controlar circuitos de calefacción, acumuladores de ACS, depósitos de inercia y sistemas de energía solar

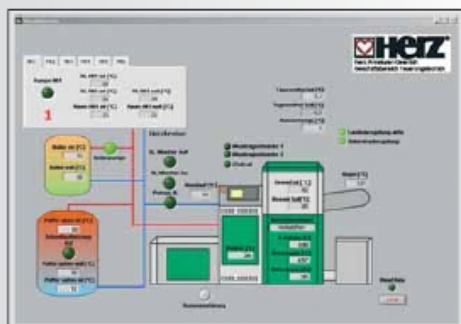


Depósito de inercia:

Se recomienda utilizar un depósito de inercia especialmente cuando se trate de instalaciones grandes. El depósito reduce el número de arranques de la caldera, asegura una cesión de calor uniforme y garantiza con ello mejores condiciones de trabajo. Si se utiliza un depósito se puede mantener la generación de energía durante un periodo más prolongado, evitando con ello una mayor frecuencia de maniobras de la caldera y aumentando el rendimiento de la instalación.

Conexión en cascada:

Con el sistema de mando BioControl 3000 desarrollado por HERZ se pueden conectar en cascada varias calderas HERZ. Una de las ventajas que ofrece la conexión en cascada consiste en un aprovechamiento más eficiente de la caldera con una menor cesión de calor (por ejemplo, en periodos de transición).



¡Control y asistencia técnica a distancia de HERZ!

Control a distancia (Visualización)

Con este sistema se pueden visualizar en un PC los valores actuales de la caldera.

Asistencia técnica a distancia:

Permite, además de la visualización, la modificación de los parámetros variables.

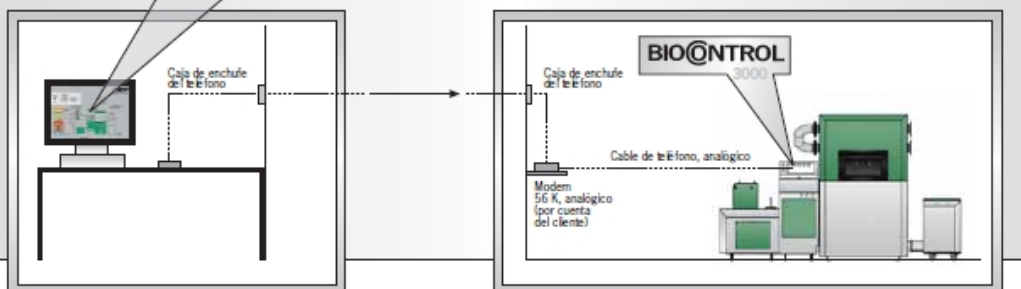
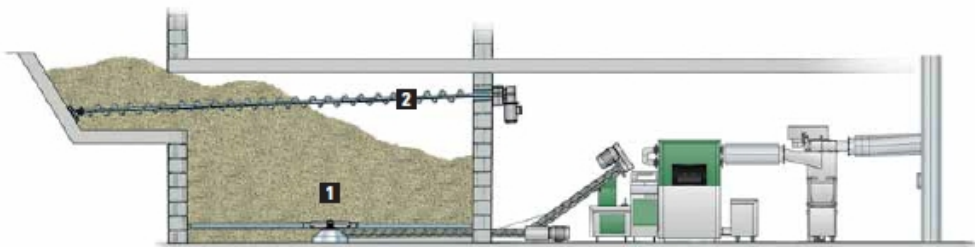


Figura A6 - Brochura do software de control Biocontrol 3000

¡Sistemas de transporte para...

Los sistemas de extracción y transporte desde silos de HERZ permiten múltiples configuraciones de los silos, adaptándose de manera ideal a las necesidades de los clientes.

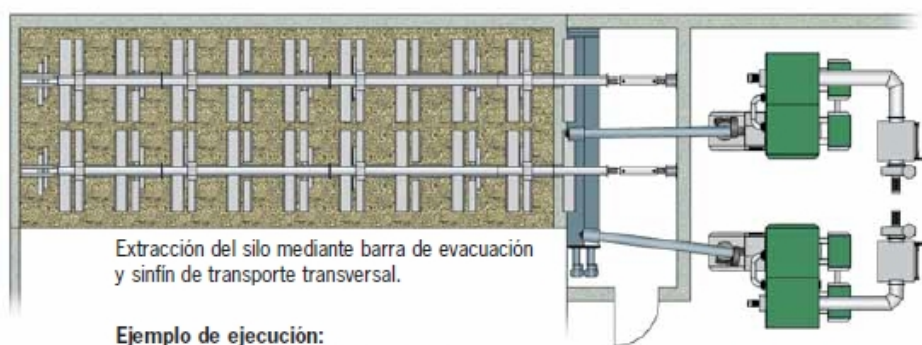
El funcionamiento con astillas resulta especialmente apropiado para modelos de *Contracting* en los que los suministradores de madera ejercen al mismo tiempo de suministradores de energía.



Extracción mediante disco rotativo horizontal (1) con sinfín ascendente para un aprovechamiento óptimo del espacio, Sinfín de llenado del silo (2).



Silo y cuarto de calderas al mismo nivel.
Extracción y transporte inclinado con agitador rotativo.



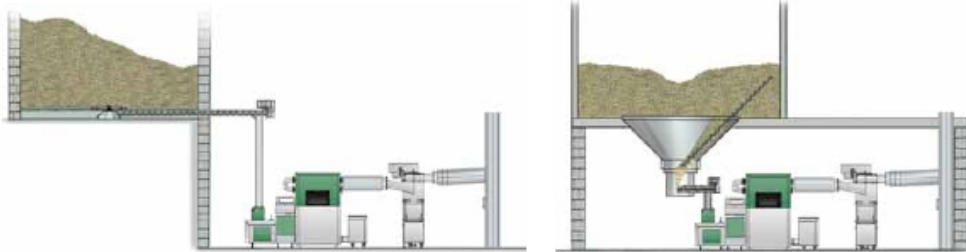
Extracción del silo mediante barra de evacuación y sinfín de transporte transversal.

Ejemplo de ejecución:
2 BioMatic en conexión de cascada

Figura A7.a - Sistemas de transporte e extracción de biomassa silos-caldeira

...astillas y pellets!

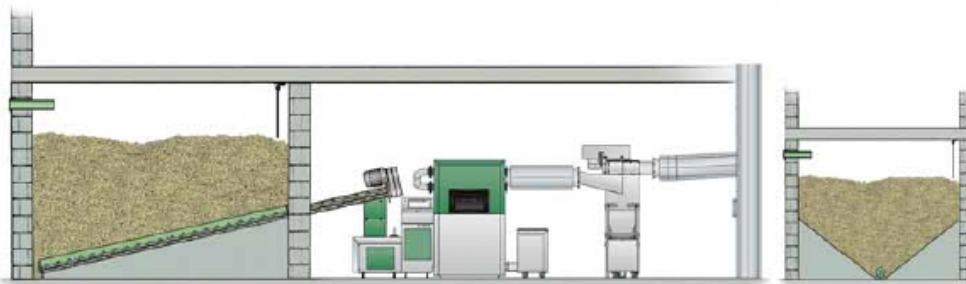
HERZ-BioMatic: bio-energía para calentar viviendas, escuelas, guarderías y edificios industriales.



Silo y sala de calderas a distintos niveles.
Extracción horizontal con mecanismo agitador rotativo y tubo de alimentación vertical.

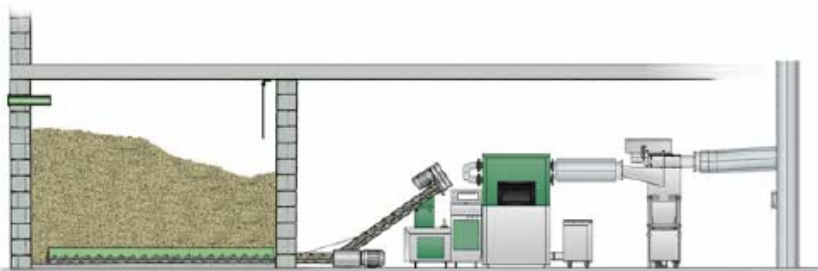
Silo sobre sala de calderas.
Extracción del silo mediante sinfin pendular.

Las instalaciones de pellets se caracterizan por el poco espacio que se necesita para el almacenaje del combustible.



Transporte de PELLETS con extractor sinfin.

En instalaciones sin dispositivo agitador rotativo deberá encargarse el cliente de preparar los planos inclinados de deslizamiento.



Extracción horizontal de PELLETS del silo, con sinfin ascendente para un aprovechamiento óptimo del espacio de almacenaje.

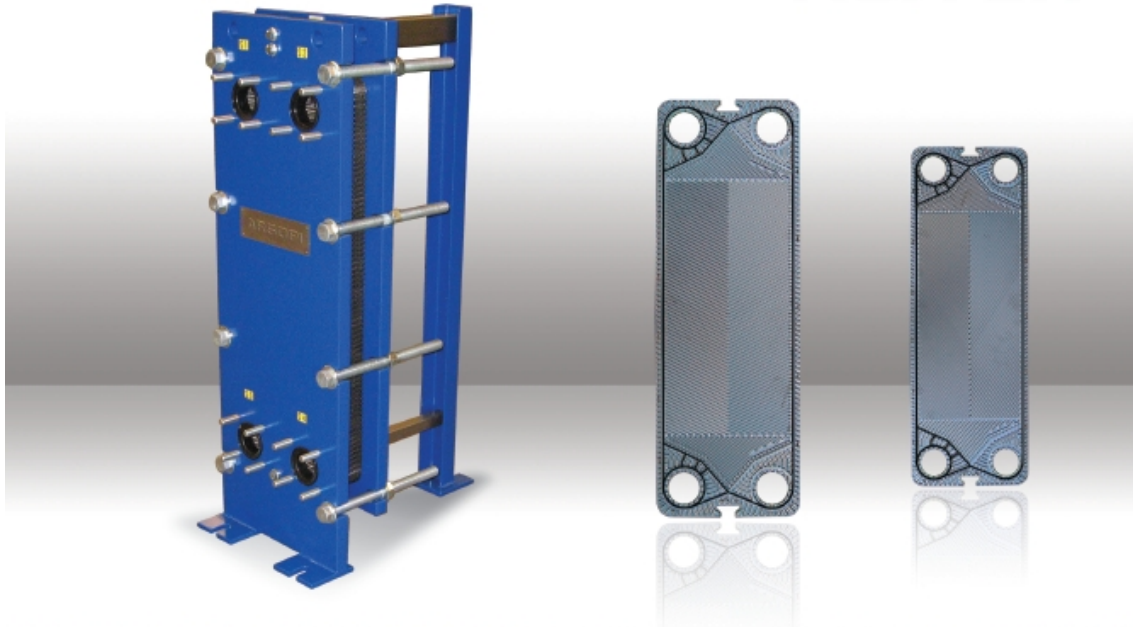


Figura A7.b - Sistemas de transporte e extracção de biomassa silos-caldeira

Permutadores de placas



PERMUTADOR DE PLACAS TIPO FH



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

APLICAÇÕES

Aquecimento, arrefecimento e recuperação de calor em líquido/líquido e vapor/líquido.

CONSTRUÇÃO

O permutador de placas ARSOPHI é formado por um conjunto de placas de transferência de calor, estrutura, tirantes de aperto e ligações de entrada e saída de fluidos. As placas são fabricadas por estampagem a frio, ficando com uma configuração canelada, concebida para permitir uma elevada transferência térmica. Em cada placa está colocada uma junta, com a finalidade de garantir estanquidade ao permutador. As placas são suspensas num tirante de suporte, e apertadas entre a placa fixa (ou de suporte) e a placa móvel (ou de compressão).

Os fluidos passam através dos canais formados pelas placas, dando-se a transferência térmica através destas. A circulação dos fluidos é feita alternadamente entre as placas, normalmente em contra corrente.

DADOS TÉCNICOS

Máx. Pressão de Trabalho: 25 bar G
Máx. Temp. Trabalho: 180 °C
Coef. de Transf. de Calor: 4000 - 7000 kcal.m⁻².h⁻¹.°C⁻¹
Caudal Máximo: 5000 m³/h

» Extras: Chave de aperto • Termómetro • Proteção

MATERIAIS STANDARD

Placas: Aço Inox AISI 304 e 316
Titânio
Outros materiais disponíveis

Juntas: NBR, EPDM, FKM (Viton®), Teflon®
Outros materiais disponíveis

Estruturas: Aço Carbono pintado

TIPOS DE ESTRUTURA

Existem dois tipos de estruturas FH:
Tipo J - Sem Suporte Posterior
Tipo P - Com Suporte Posterior

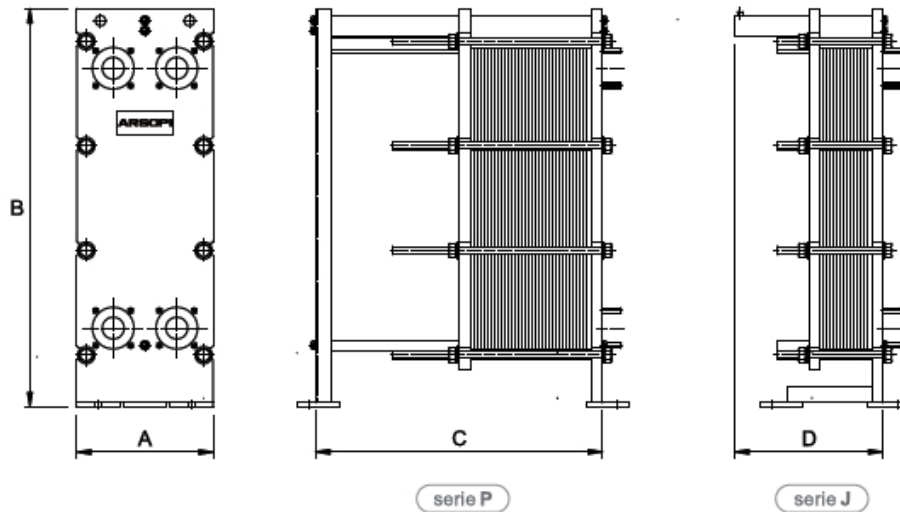
LIGAÇÕES STANDARD

Roscadas
Flangeadas
Junções

TIPO	FH00	FH01	FH10	FH20	FH30	FH40	FH90	FH100
ND(mm)	25	50	65	100	100	200	350	500

Outros diâmetros a pedido

Figura A8.a - Brochura dos permutadores de calor de placas Tipo FH da Arsophi-Thermal



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Tipo	Caudal máximo (m³/h)	Máx. pressão trabalho (bar C)	Dimensões (mm)			
			A	B	C (máx.)	D (máx.)
FH 00	15,5	10	160	330	-----	200
FH 01	48	20	300	833	845	690
FH 10	95	25	400	1158	1140	390
FH 20	195	20	540	1520	1800	440
FH 30	285	22	578	1851	2960	-----
FH 40	710	20	770	2135	3420	-----
FH 90	2300	17	1320	2929	4475	-----
FH 100	5000	14	1570	3540	8000	-----

DADOS NECESSÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DE UM CÁLCULO

Para que a ARSOPHI-THERMAL lhe possa propor o permutador de placas mais adequado às suas necessidades, torna-se necessário conhecer: Programa de temperaturas, Caudal de ambos os fluídos, Propriedades físicas dos fluídos, Pressão de trabalho pretendida e Máxima perda de carga admissível para cada fluído.



SEDE:
ARSOPHI-THERMAL - Equipamentos Térmicos, S.A.
Apartado 103 - Cedral
3730 - 801 Vale de Cambra - PORTUGAL
Telef: +351 256 410 410
Fax +351 256 410 411
E-Mail: thermal@arsopi-thermal.pt

DELEGAÇÃO:
ARSOPHI-THERMAL - Equipamentos Térmicos, S.A.
Avenida Almirante Gago Coutinho, 25-E
1000 - 015 Lisboa - PORTUGAL
Telef: +351 218 438 760
Fax +351 218 438 769
E-Mail: arsopi.lisboa@arsopi.pt

NOTA: Por razões técnicas ou comerciais podemos alterar sempre que necessário e sem aviso prévio quaisquer dimensões ou características.
REV01

Figura A8.b - Brochura dos permutadores de calor de placas Tipo FH da Arsophi-Thermal

Fecha : 13/01/2014
 Oferta :
 Proyecto :
 Referencia :

Empresa :
 A la atención de :
 Dirección :
 Localidad :

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-54 / 31 MH - C1 - PN10

Datos Generales		Caliente	Frio
Fluido		Aqua	Aqua
Potencia de intercambio	kW	145.0	
Caudal	l/h	12670.2	12644.2
Temperatura entrada	°C	60.0	45.0
Temperatura salida	°C	50.0	55.0
Perdida de carga	kPa	43.9	43.8
Propiedades termodinámicas		Caliente	Frio
Densidad	kg/m ³	985.86	988.09
Calor específico	kJ/kg×°K	4.18	4.18
Conductividad térmica	W/m×°K	0.65	0.64
Viscosidad media	mPa×s	0.53	0.56
Viscosidad pared	mPa×s	0.56	0.53
Datos técnicos del intercambiador			
Diferencia de temperatura logarítmica media	°C	5.00	
Numero de placas		31	
Agrupamiento		1 x 15 / 1 x 15	
Tipo / porcentaje		MH 91	
Superficie de intercambio efectiva	m ²	4.34	
Coef. global de transmisión (sucio / limpio)	W/m ² ×°K	6666.6 / 7002.7	
Sobredimensionamiento	%	5.04	
Factor de ensuciamiento	m ² ×°K/kW	0.0071	
Presión de trabajo / prueba	bar	10.0 / 14.3	
Temperatura máxima de diseño	°C	100.0	
Acorde a normativa		PED 97/23/EC Art 3.3	
Materiales, dimensiones y pesos			
Material del bastidor / tornillos		ST 52.3 / calidad 8.8	
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0.5 mm	
Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)	
Material de las conexiones circuito caliente		AISI 316	
Material de las conexiones circuito frio		AISI 316	
Diámetro de las conexiones		R 2 "	
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		F1 - F4 / F3 - F2	
Tipo de bastidor		C1 - PN10	
Especificación pintura del bastidor		Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010	
Largo, alto, ancho y peso del bastidor		415 mm/ 950 mm/ 420 mm/ 162 kg	
Precios y plazos			
Precio unitario	Euros	1529.00	
Cantidad	Unidades	1	
Precio total	Euros	1529.00	
Plazo de entrega		De 3 a 8 semanas a confirmar	
Transporte		Excluido	
Forma de pago		La habitual con Vds.	
Validez de la oferta		2 semanas	
Fecha máxima para recepción del pedido		31/06/2013 (versión 15.04.2013)	

Figura A9 - Folha de características dos permutadores de calor de placas Tipo UFP54 da Sedical

Tubagem UPONOR

Product	Description	Codes and Standards
 <p>Ecoflex Thermal Single and Twin</p>	<p>ASTM Ecoflex Thermal Single and Twin are pre-insulated piping for buried or aboveground commercial and residential hydronic radiant heating and cooling applications. Service pipes are made from oxygen-diffusion barrier PEX-a Wirsbo hePEX™ tubing, protected by multi-layer, PEX-foam insulation and covered by a corrugated, watertight, HDPE jacket. Use with ProPEX fittings (up to 2") or WIPEX DZR brass compression fittings.</p>	<p>Manufacturing Standards: ASTM F876, F877 and F1960; CSA B137.5, NSF-rfh</p>
 <p>Ecoflex Potable PEX Single and Twin</p>	<p>Ideal for hot and cold potable-water applications, ASTM Ecoflex Potable PEX Single and Twin feature Uponor AquaPEX® (PEX-a) service pipe protected by multi-layer, PEX-foam insulation and covered by a corrugated, watertight, HDPE jacket. Ecoflex Potable PEX uses ProPEX fittings (up to 2") or WIPEX DZR brass compression fittings.</p>	<p>Codes: UPC, IPC, NSPC, NPC of Canada</p> <p>Manufacturing Standards: ASTM F876, ASTM F877, CSA B137.5</p> <p>Product Listings: NSF-pw, PEX 5006</p>
 <p>Ecoflex Potable HDPE</p>	<p>Perfect for cold potable-water, cooling and low-temperature heating applications, ASTM Ecoflex Potable HDPE features HDPE service pipe protected by multi-layer, PEX-foam insulation and covered by a corrugated, watertight, HDPE jacket. Ecoflex Potable HDPE uses any industry-standard SDR 11 HDPE fitting method.</p>	<p>Codes: UPC, IPC, NSPC, NPC of Canada</p> <p>Manufacturing Standards: PE 3408, PE 3608 or PE 3454; AWWA C906; ASTM F714</p> <p>Product Listings: NSF-pw</p>
 <p>Ecoflex Potable Plus</p>	<p>Suitable for use as a water pipe or pressure-sewage system for resort villages, holiday homes, residential areas, industry ski centers and other locations susceptible to freezing. Ecoflex Potable Plus features Uponor AquaPEX (PEX-a) or HDPE service pipe with a self-regulating heating cable, all protected by multi-layer, PEX-foam insulation and covered by a corrugated, watertight, HDPE jacket.</p> <p>CA Ecoflex Potable Plus 1¼" is readily available in Canada only.</p> <p>All other Ecoflex Potable Plus products are available on a made-to-order basis.</p>	<p>Codes: UPC, IPC, NSPC, NPC of Canada</p> <p>Uponor AquaPEX Manufacturing Standards: ASTM F876, ASTM F877, CSA B137.5</p> <p>HDPE Manufacturing Standards: PE 3408, PE 3608 or PE 3454; AWWA C906; ASTM F714</p> <p>Uponor AquaPEX Product Listings: NSF-pw, PEX 5006</p> <p>HDPE Product Listings: NSF-pw</p>

CA Parts only available in Canada.

Main Accessories

Rubber End Caps

Made from EPDM rubber, these end caps are required on all exposed ends of Ecoflex pipes to avoid groundwater contamination. It is crucial to create a water-resistant seal on the ends of the piping. Without this seal, water can enter the pre-insulated pipe and dramatically reduce the effectiveness of the system performance.



ProPEX Fittings

Available in both brass and engineered plastic (EP) up to 2", ProPEX fittings include a full line of products designed to ensure a strong, reliable connection with Wirsbo hePEX tubing and Uponor AquaPEX.



WIPEX Fittings

Adapter fittings are required for all PEX service pipe connections. Made with DZR brass, the WIPEX fittings are specifically designed for connecting Wirsbo hePEX and Uponor AquaPEX tubing. Fittings available in 1", 1¼", 1½", 2", 2½", 3", 3½" and 4".



Refer to pages 4 and 5 for the complete Ecoflex offering.

Figura A10.a - Brochura tubagens Ecoflex da UPONOR

Ecoflex Applications

Uponor's ASTM Ecoflex pre-insulated pipe has many commercial and residential applications — predominantly in heating, cooling and potable-water systems for large-scale complexes such as schools and colleges, resorts and hotels, hospitals and institutions, and housing developments.

Radiant heating and snow and ice melting systems also use Ecoflex as the pipe distribution system of choice. Outdoor furnace and boiler contractors as well as homeowners depend on our products for a trouble-free, energy-saving solution to piping underground when the heat source is located away from the structure.

No matter how secluded or complex the project, Uponor has pre-insulated pipe systems for all your system needs.

Commercial and Residential Applications

- Universities, schools and institutions
- Bio-waste digesters
- Hospitals and nursing homes
- Snow and ice melting for driveways and parking entrance areas
- Transportation, cultural and recreational
- Water/sewage treatment plants (chemical transport)
- Car washes

Agricultural Applications

- Wood chip boiler
- Bio-digester for producing heat from manure
- Greenhouse heat
- Barn water bowl for stock from well

Residential Applications

- Connection to remote heat source
- Geothermal
- Boiler (gas, oil, wood)
- Solar
- Heat/cool additional buildings
- Garages, sheds, workshops
- Guest houses and studios
- Pool/spa heating
- Snow and ice melting for driveways and sidewalks
- Supply and return for slab-on-grade radiant floor heating



Application	Ecoflex Thermal Single	Ecoflex Thermal Twin	Ecoflex Potable PEX Single	Ecoflex Potable PEX Twin	Ecoflex Potable HDPE
Service Pipe	Wirubo hePEX	Wirubo hePEX	Uponor AquaPEX	Uponor AquaPEX	Uponor HDPE
Oxygen Diffusion Barrier	Y	Y	N	N	N
Single Pipe System	Y	N	Y	N	Y
Twin Pipe System (Supply and Return in Single Jacket)	N	Y	N	Y	N
Service Pipe Sizes Available	1", 1¼", 1½", 2", 2½", 3", 3½", 4"	1", 1¼", 1½", 2", 2½"	1", 1¼", 1½", 2", 3"	1", 1¼", 1½", 2"	1¼", 1½", 2", 3", 4"
Available Cut to Measure	Y	Y	Y	Y	Y
Suitable for Fluid Temperatures 140°F to 203°F (60°C to 95°C)	Y	Y	Y	Y	N
Suitable for Fluid Temperatures up to 140°F (60°C)	Y	Y	Y	Y	Y
Suitable for System Pressures (at temperature) up to 87 psi/6 bar***	Y	Y	Y	Y	Y*
Recommended for Potable Installations	N	N	Y	Y	Y
Recommended for Heating Systems	Y	Y	Y***	Y***	Y***
Recommended for Cooling Systems	Y**	Y**	Y***	Y***	Y***
Recommended for Combined Heating and Cooling Systems	Y	Y	Y***	Y***	Y***

*See temperature and pressure rating for the pipe. For heating and cooling applications, note that Ecoflex Potable HDPE does not have an oxygen barrier.
 **Thermal pipes are suitable for cooling if an oxygen barrier is required. However, if an oxygen barrier is not necessary, use Ecoflex Potable PEX or HDPE.
 ***Since Ecoflex Potable PEX and HDPE do not have an oxygen barrier, they should only be used in a radiant system with non-ferrous components.

Figura A10.b - Brochura tubagens Ecoflex da UPONOR

Pre-insulated Pipe Systems Offering

Ecoflex Thermal Single

Part No.	Part Description	Coil Weight	Coil Dimension
5015510	1" Thermal Single with 5.5" Jacket, 600-ft. coil	450 lbs.	83" x 53"
5015513	1¼" Thermal Single with 5.5" Jacket, 500-ft. coil	425 lbs.	83" x 44"
5016915	1½" Thermal Single with 6.9" Jacket, 300-ft. coil	420 lbs.	78" x 49"
5016920	2" Thermal Single with 6.9" Jacket, 300-ft. coil	540 lbs.	78" x 49"
5016925	2½" Thermal Single with 6.9" Jacket, 300-ft. coil	591 lbs.	78" x 49"
5017930	3" Thermal Single with 7.9" Jacket, 300-ft. coil	840 lbs.	84" x 53"
5017935	3½" Thermal Single with 7.9" Jacket, 300-ft. coil	894 lbs.	84" x 53"
5017940	4" Thermal Single with 7.9" Jacket, 300-ft. coil	1,110 lbs.	86" x 53"

Ecoflex Thermal Single



Ecoflex Thermal Twin

Part No.	Part Description	Coil Weight	Coil Dimension
5026910	1" Thermal Twin with 6.9" Jacket, 600-ft. coil	780 lbs.	93" x 64"
5026913	1¼" Thermal Twin with 6.9" Jacket, 500-ft. coil	700 lbs.	93" x 53"
5026915	1½" Thermal Twin with 6.9" Jacket, 300-ft. coil	465 lbs.	78" x 49"
5027920	2" Thermal Twin with 7.9" Jacket, 300-ft. coil	804 lbs.	84" x 53"
5027925	2½" Thermal Twin with 7.9" Jacket, 300-ft. coil	1,020 lbs.	84" x 53"

Ecoflex Thermal Twin



Ecoflex Potable PEX Single

Part No.	Part Description	Coil Weight	Coil Dimension
5215510	1" Potable PEX with 5.5" Jacket, 600-ft. coil	450 lbs.	83" x 53"
5215513	1¼" Potable PEX with 5.5" Jacket, 500-ft. coil	425 lbs.	83" x 44"
5216915	1½" Potable PEX with 6.9" Jacket, 300-ft. coil	420 lbs.	78" x 49"
5216920	2" Potable PEX with 6.9" Jacket, 300-ft. coil	540 lbs.	78" x 49"
5217930	3" Potable PEX with 7.9" Jacket, 300-ft. coil	840 lbs.	84" x 53"

Ecoflex Potable HDPE



Ecoflex Potable PEX Twin

Part No.	Part Description	Coil Weight	Coil Dimension
5226910	1" Potable PEX Twin with 6.9" Jacket, 600-ft. coil	780 lbs.	93" x 64"
5226913	1¼" Potable PEX Twin with 6.9" Jacket, 500-ft. coil	700 lbs.	93" x 53"
5226915	1½" Potable PEX Twin with 6.9" Jacket, 300-ft. coil	465 lbs.	78" x 49"
5227920	2" Potable PEX Twin with 7.9" Jacket, 300-ft. coil	804 lbs.	86" x 53"

Ecoflex Potable PEX Single



Ecoflex Potable HDPE

Part No.	Part Description	Coil Weight	Coil Dimension
5115513	1¼" Potable HDPE with 5.5" Jacket, 300-ft. coil	300 lbs.	72" x 42"
5115515	1½" Potable HDPE with 5.5" Jacket, 300-ft. coil	300 lbs.	72" x 42"
5115520	2" Potable HDPE with 5.5" Jacket, 300-ft. coil	420 lbs.	72" x 42"
5116930	3" Potable HDPE with 6.9" Jacket, 300-ft. coil	720 lbs.	78" x 49"
5117940	4" Potable HDPE with 7.9" Jacket, 300-ft. coil	1,080 lbs.	86" x 53"

Ecoflex Potable PEX Twin



Ecoflex Potable Plus

Part No.	Part Description	Size
C1001250	Ecoflex Potable Plus 1¼"	328-ft. coil

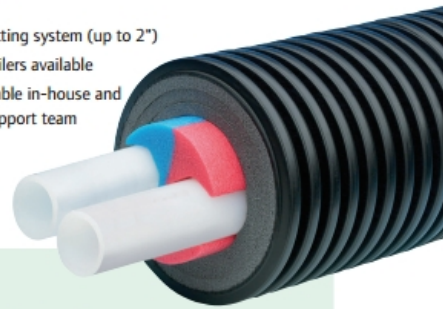
Ecoflex Potable Plus



Figura A10.c - Brochura tubagens Ecoflex da UPONOR

Ecoflex vs. Other Plastic Pre-insulated Pipes

- | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • High-quality insulation to protect against heat loss • Competitively priced • Multiple stocking locations throughout North America • Custom cut-to-length service | <ul style="list-style-type: none"> • Tightest bend radius available • Quick response to delivery requests • Produced in North America (Qualifies for Buy American Act and American Recovery and Reinvestment Act) | <ul style="list-style-type: none"> • ProPEX fitting system (up to 2") • Pipe uncoilers available • Incomparable in-house and on-site support team |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



Ecoflex vs. Rigid Pre-insulated Pipes

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ecoflex is lightweight and flexible. • Ecoflex provides seamless coil lengths up to 600', eliminating the need for many underground joints. • Ecoflex does not require a second step of insulation after installation. • Ecoflex does not require welding or soldering. • Ecoflex does not require expansion loops or concrete anchors. | <ul style="list-style-type: none"> • Ecoflex requires fewer fittings and connections, reducing potential leak points. • Ecoflex is faster to install – quickly snakes around barriers, obstacles and corners. • Ecoflex stands up to harsh environments. • Ecoflex is virtually maintenance-free. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



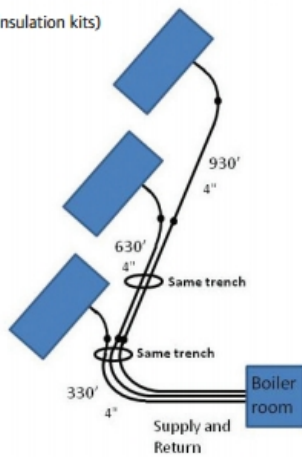
Flexible Ecoflex Pre-insulated Pipe



Rigid Pipe

Flexible Alternative

- 12 field joints (straight insulation kits)
- No anchors
- 3,780 feet of 4" pipe
- 270 hours Labor



Rigid Piping

- 52 field joints (welds and insulated joints)
- 2 manholes with valves
- 4 concrete anchors
- 40-foot lengths of rigid piping
- 2 x 300 feet of 8" steel pipe
- 2 x 300 feet of 6" steel pipe
- 2 x 420 feet of 4" steel pipe
- 650 hours of labor

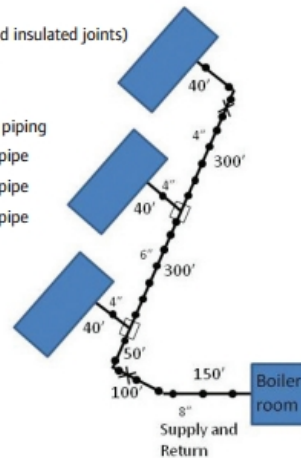


Figura A10.d - Brochura tubagens Ecoflex da UPONOR