

JÚLIO BIAGUÊ

**AVALIAÇÃO FINANCEIRA DE PROJETOS ESCO
BASEADA NO VALUE AT RISK: ESTUDO DE CASO
NUMA UNIDADE HOTELEIRA**

Orientador: Professor Doutor Carlos Capelo

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Escola de Ciências Económicas e das Organizações

Lisboa

2019

JÚLIO BIAGUÊ

**AVALIAÇÃO FINANCEIRA DE PROJETOS ESCO
BASEADA NO VALUE AT RISK: ESTUDO DE CASO
NUMA UNIDADE HOTELEIRA**

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias no dia 10/05/2019 para obtenção do Grau de Mestre em Contabilidade e Fiscalidade, perante o Júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação nº 128/2019, com a seguinte composição:

Presidente: Professor Doutor Emanuel Freire Torres Gamelas

Arguente: Professor Doutor Eduardo Moraes Sarmiento

Orientador: Professor Doutor Carlos Eduardo Capelo.

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Escola de Ciências Económicas e das Organizações

Lisboa

2019

Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco; à medida que vamos adquirindo conhecimentos, instala-se a dúvida.

Goethe, Johann

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert, Einstein

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação aos meus pais Fambi Biague e Lodé Sigá, que tanto me deram lição de como conviver perante os desafios do mundo, e que nunca se pouparam seus magros salários para minha formação, a quem desejo vida saudável para que um dia possam desfrutar de frutos da minha formação.

Aos meus filhos amados, a Mariza e Rubén Júnior Biaguê, pela alegria que trouxeram ao nosso lar, também, pela compreensão e paciência que foram obrigados a ter durante este percurso académico muito distante deles, em que nem tive oportunidade de lhes visitar durante dois anos.

Ao Professor Doutor Carlos Capelo meu orientador, pela prontidão e tempo dispensado para me orientar, tanto na confecção e o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao meu tio Uatna Dafá, que me acolheu durante todo este percurso, e me concedeu todo o apoio incondicional, a quem desejo longa vida e vida saudável de sempre, para que um dia possa desfrutar de frutos da minha formação.

AGRADECIMENTOS

Finalizada esta etapa particularmente importante da minha vida, não poderia deixar de expressar o mais profundo agradecimento a todos aqueles que me apoiaram nesta longa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Doutor Carlos Capelo, o meu maior agradecimento por toda a disponibilidade e orientação prestada, pelo apoio incondicional e compreensão que sempre manifestou.

Aproveito a oportunidade para agradecer a todos os meus professores, funcionários e restante pessoal com quem tive a oportunidade de conviver, partilhar conhecimentos e experiências ao longo da minha vida escolar e académica.

Aos meus amigos dentro e fora do meio académico, que desde o início me apoiaram, ajudaram e incentivaram.

Aos meus pais Fambi Biaguê e Lodé Sigá pelo apoio físico, emocional e sobretudo financeiro.

Ao meu Tio Uatna Dafá, pelo todo o apoio incondicional concedido e, pela paciência e compreensão que me dedicou ao longo de todo o período de estudo e deste trabalho.

RESUMO

De acordo com muitos defensores da eficiência energética e decisores políticos, as ESCOs (Energy Service Companies), irão desempenhar um papel preponderante no processo de melhoria da eficiência energética das organizações, o que por sua vez irá contribuir para a resolução do problema global da concentração de CO₂. ESCOs são empresas que, através dum modelo de negócio inovador, definem, implementam e financiam projetos de eficiência energética em instalações de empresas suas clientes, usam o fluxo de receitas associadas às poupanças futuras de energia para remunerar os custos do projeto, e aceitam um certo grau de risco financeiro. As ESCOs enfrentam incertezas e riscos significativos acerca dos fatores que afetam o desempenho dos projetos de eficiência energética e consequentemente dos fluxos financeiros futuros. Por isso, é importante definir métodos que melhorem a compreensão financeira dos valores e riscos envolvidos.

O objetivo deste trabalho consiste em explorar um método capaz para analisar a rentabilidade e risco do investimento em projetos de eficiência energética tipo ESCO, utilizando o método de Monte Carlo e a abordagem de Value at Risk. Com este propósito, foi desenvolvido um estudo de caso numa unidade hoteleira no qual foi analisado um conjunto de medidas de eficiência energética. Os resultados mostram que o método proposto é genericamente eficaz, pois proporciona ao investidor uma compreensão mais clara dos valores, riscos e volatilidades envolvidos.

Palavras-chaves: ESCO; Eficiência Energética; Investimento em eficiência energética; Simulação de Monte Carlo; Value at Risk.

ABSTRACT

According to many energy efficiency advocates and policy makers, ESCOs (Energy Service Companies) will play a leading role in the process of improving the energy efficiency of organizations, which in turn will contribute to solving the global problem of concentration of CO₂. ESCOs are companies that, through an innovative business model, define, implement, and finance energy efficiency projects in their client's facilities, use the revenue stream associated with future energy savings to pay for project costs, and accept a certain degree of financial risk. ESCOs face significant uncertainties and risks about the factors that affect the performance of energy efficiency projects and consequently future financial flows. Therefore, it is important to define methods that improve the financial understanding of the values and risks involved.

The objective of this work is to explore a method capable of analyzing the profitability and risk of investment in ESCO energy efficiency projects using the Monte Carlo method and the Value at Risk approach. For this purpose, a case study was developed at a hotel unit in which a set of energy efficiency measures were analyzed. The results show that the proposed method is generally effective because it provides investors with a clearer understanding of the values, risks and volatilities involved.

Keywords: ESCO; Energy Efficiency; Investment in energy efficiency; Simulation of Monte Carlo; Value at Risk.

ABREVIATURAS

AQS – Águas Quentes Sanitárias

CEI - Comissão Eletrotécnica Internacional

CF – Fluxo de Caixa

CO₂ – Dióxido de Carbono

COP – Coeficiente de Desempenho (Coefficient Of Performance)

CP – Contrato de Performance

CV – Consumo em Vazio

EE – Eficiência Energética

EPC – Contrato de desempenho energético (Energy Performance Contracting)

ESCO – Empresa de Serviços Energéticos (Energy Service Company)

ESE – Empresa(s) de Serviços Energéticos

ESPC – Empresa prestadora de serviços de energia (Energy Service Provider Company)

EU MEPS - European Minimum Energy Performance Standard

GSE – Galp Soluções Energia

HEE – Hotel energeticamente eficiente

HEE – Hotel Energeticamente Eficiente

I - Investimento

IPMVP - Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético
(International Performance Measurement and Verification Protocol)

ISO – Organização Internacional de Normalização

ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade

MC – Monte Carlo

PEE – Projeto de Eficiência Energética

SMC – Simulação de Monte Carlo

TIR – Taxa Interna de Retorno

TO – Taxa de Ocupação

UTA – Unidade (s) de Tratamento de Ar

UTAN – Unidade (s) de Tratamento de Ar Novo

VAL – Valor atual líquido

VaR – Value at Risk

VE – Ventilador (es) de Extração

VEV's - Variadores Eletrónicos de Velocidade

VIS - Valve-in-Star

WACC - Weighted Average Capital Cost (Custo Médio Ponderado do Capital)

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO I - REFERÊNCIAL TEÓRICO	20
1. Contextualização sobre as ESCOs.....	20
1.1. Eficiência Energética.....	21
1.2. Conceito de ESCO e Riscos Ligados a Contratos de Performance (CP).....	22
1.2.1. Modelo de Negócio ESCO.....	26
1.3. Investimentos em projetos de eficiência energética	28
1.4. Risco de investimentos em eficiência energética	29
1.5. Análise de risco em projetos de investimento	30
1.6. Método de Simulação de Monte Carlo na análise de risco.....	34
1.7. O método Value at Risk (VaR)	35
2. O método Value at Risk (VaR) na análise de risco de projetos de eficiência energética ...	38
CAPÍTULO II - METODOLOGIA.....	42
2. Enquadramento e Questões de Investigação	42
2.1. Abordagem metodológica	43
2.2. Métodos e Dados	44
CAPÍTULO III - PROJETO DE INVESTIMENTO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (ESTUDO DO CASO)	51
3. Introdução.....	51
3.1. Partes Envolvidas	51
3.1.1. A Galp.....	51
3.1.2. Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ)	52
3.1.3. O Hotel.....	52
3.2. O projeto de eficiência energética	53
3.3. Fases da implementação do projeto ESCO no hotel.....	55
3.4. Diagnóstico e avaliação dos investimentos em Eficiência Energética no Hotel	58
3.4.1. Projeto Hotel Energeticamente Eficiente	58
3.4.2. Conceção de Solução Técnica.....	60
3.5. Análise de rentabilidade e risco das medidas de eficiência energética	61

3.5.1. Medida1: Substituição dos Chillers	63
3.5.1.1. Determinação e análise das poupanças	67
3.5.1.2. Análise de Viabilidade	70
3.5.2. Medida2: Otimização do consumo de energia térmica para AQS.....	77
3.5.2.1. Determinação e análise das poupanças	78
3.5.2.2. Análise de Viabilidade	81
3.5.3. Medida 3: Recuperação de Energia de condensação dos Chillers para AQS	85
3.5.3.1. Determinação e análise das poupanças	85
3.5.3.2. Análise de viabilidade	87
3.5.4. Medida 4: Recuperação de energia de condensação dos chillers para as Piscinas.....	90
3.5.4.1. Determinação e análise de poupanças	90
3.5.4.2. Análise de viabilidade	92
3.5.5. Medida 5. Substituição de Motores de Ventiladores	95
3.5.5.1. Determinação e análise das poupanças	98
3.5.5.2. Análise de viabilidade	99
3.5.6. Medida 6: Otimização das bombas de distribuição de água fria.....	102
3.5.6.1. Determinação e análise das poupanças	103
3.5.6.2. Análise de viabilidade	105
3.6. Discussão de resultados	108
CONCLUSÃO	112
Limitações do estudo	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS	I

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Parâmetros básicos do CP	25
Figura 2- Contrato de performance de Energia	28
Figura 3- Distribuição cumulativa do VAL do projeto que ilustra o VaR.	37
Figura 4- Distribuição de Probabilidade e VaR	37
Figura 5- Distribuição de probabilidade de VAL.....	40
Figura 6 - Modelo de negócio do projeto de eficiência energética	54
Figura 7 - Modelo do Contrato de Performance a aplicar no Hotel	57
Figura 8 - Projeto design e engenharia do hotel.....	60
Figura 9- Impacto das medidas do projeto	62
Figura 10 - Sistema de refrigeração a vapor.....	63
Figura 11 - Sistema actual de produção de água fria do hotel.....	64
Figura 12 - Distribuição triangular da taxa de ocupação do hotel.....	68
Figura 13 - Distribuição de poupanças elétrica em Kwh/ano geradas pela simulação.....	69
Figura 14 - Distribuição de probabilidade triangular de variável investimento.	70
Figura 15 – Histograma do VAL.....	74
Figura 16 – Histograma de poupança em Kwh/ano geradas	81
Figura 17 – Histograma do VAL.....	82
Figura 18 –Histograma de Poupanças	87
Figura 19 - Gráfico do VAL.....	88
Figura 20 – Histograma de poupanças	92
Figura 21 - Histograma do VAL	93
Figura 22 - Correlação entre classificação de eficiência	96
Figura 23 - Medição e verificação de medida	97
Figura 24 - Variação de poupança de energia elétrica em distribuição triangular	98
Figura 25 – Histograma de poupanças em Kwh/ano.....	99
Figura 26 – Histograma do VAL.....	100
Figura 27 - Aparelho de otimização das bombas de distribuição de água fria.....	103
Figura 28 – Histograma de Poupanças.....	105
Figura 29 – Histograma do VAL.....	106

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Conceito de Eficiência Energética	22
Quadro 2 – Resumo método simulação MC e VaR	47
Quadro 3- Quadro sistemática das etapas metodológicas do estudo.....	49
Quadro 4- Resumo metodológico	50
Quadro 5 - Resultados dos indicadores determinístico e do Value at Risk.....	108
Quadro 6 - Resultados do indicador IR comparados com IRAR (1%, 5% e 10%).....	109
Quadro 7 - Resultados dos índices valor percentual do investimento em risco VPIR relativas à VaR (1%, 5% e 10%).	110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Os riscos do projeto baseado em CP	25
Tabela 2- Categorias de risco em investimentos em eficiência energética	30
Tabela 3 - Fluxograma das fases de implementação do projeto de eficiência energética	55
Tabela 4 – Níveis do projeto com vista a maximização do desempenho energético	58
Tabela 5 - Medidas que visam a otimização do consumo de energia nas principais áreas de consumo e soluções de produção autónoma.....	59
Tabela 6 - Dados para simulação de poupanças.....	64
Tabela 7 - Determinação de Cash Flows, VAL e TIR, com base nos valores estimados	72
Tabela 8 - Cálculo dos VaRs.....	74
Tabela 9 - Índice de rentabilidade planeado e ajustado	76
Tabela 10- Valor percentual do investimento em risco – VPIR (%).....	76
Tabela 11 - Dados para simulação de poupanças na medida	80
Tabela 12 - Cash Flows, VAL e TIR esperado	82
Tabela 13 - Cálculo dos VaRs.....	83
Tabela 14 - Índice de rentabilidade planeado e ajustado	84
Tabela 15 - VPIR (%)	84
Tabela 16 - Variáveis estimadas para cálculo de poupança	86
Tabela 17 - Cash Flows, VAL e TIR	88
Tabela 18 - VaRs.....	89
Tabela 19 - Índice de rentabilidade planeado e ajustado	89
Tabela 20 - VPIR (%)	89
Tabela 21 - Variáveis estimadas para cálculo de poupança	91
Tabela 22 - Cash flow, VAL esperado, TIR com base nos valores estimados.....	93
Tabela 23 - Resultado de VaRs.....	94
Tabela 24 - Índice de rentabilidade planeado e ajustado com o risco.....	94
Tabela 25- VPIR	94
Tabela 26 - Mapa de proposta de substituição de motores EFF2 por motores da classe IE3.....	97
Tabela 27 - Cash flow, VAL e TIR com base nos resultados esperados.....	100
Tabela 28 - Previsões de VaR	101
Tabela 29 - Índice de rentabilidade planeado-IR e ajustado com o risco-IRAR.....	101
Tabela 30 - Índice do VPIR (%).....	101
Tabela 31 - Fluxo de caixa, VAL e TIR com base nos valores estimados.....	106
Tabela 32 - VaRs da medida 6	107
Tabela 33 - Índice IR e IRAR (1%,5% e 10%).....	107
Tabela 34 - Cálculo do VPIR (%)	107

INTRODUÇÃO

Este trabalho debruça-se sobre o tema “Avaliação financeira de projetos ESCO baseada no *Value at Risk*: Estudo de caso numa unidade hoteleira”. De acordo com os peritos da área de energia, ESCOs (Energy Service Companies) são empresas que, através dum modelo de negócio inovador, irão desempenhar no futuro um papel preponderante no processo de melhoria da eficiência energética das organizações, o que por sua vez irá contribuir para a resolução do problema global da concentração dos gases de efeito de estufa. Em linha com esta abordagem, reconhece-se que o consumo energético é um assunto de elevada importância, tanto a nível económico como a nível ambiental. Uma preocupação que aponta para a atividade de ESCO como um fator essencial.

A redução dos consumos, a eficiência energética e o recurso às energias endógenas são atualmente objetivos prioritários na Europa face a sua segurança energética. Assim sendo, para a gestão e racionalização (poupança) energética nos edifícios é conveniente focar atenções em projetos de eficiência energética tipo ESCO, sendo este traduzido pela otimização do uso de energia, tanto a nível da sua produção, como a nível da redução do seu respetivo consumo.

As empresas ESCO desenvolvem e implementam projetos de eficiência energética em instalações de empresas (organizações) suas clientes, assegurando o respetivo investimento e sendo remuneradas em função das futuras poupanças energéticas ou mais-valias geradas. Estes projetos são desenvolvidos num contexto de significativa incerteza acerca dos fatores que afetam o desempenho energético e consequentemente os fluxos financeiros futuros.

O objetivo deste trabalho consiste em definir e explorar um método para analisar e compreender a viabilidade económica e o risco do investimento de projetos tipo ESCO, utilizando o método de Simulação de Monte Carlo (SMC) e a abordagem do conceito *Value at Risk* (VaR). Como metodologia, será utilizada uma pesquisa exploratória através da estratégia de estudo de caso. O estudo de caso incidirá sobre o desenvolvimento e avaliação da rentabilidade e de risco dum projeto tipo ESCO para a melhoria de eficiência energética dum hotel.

Os resultados do presente estudo contribuirão para o conhecimento e técnicas aplicáveis à avaliação da rentabilidade e do risco de atividades das empresas ESCOS.

Enquadramento

Atualmente a eficiência energética está a redirecionar-se para o aumento do interesse de credores e investidores, de forma a atingir objetivos climáticos e apoiar o crescimento económico do país.

De acordos com muitos ambientalistas, o fenómeno climático de aquecimento global é causado pelo aumento do nível de concentração na atmosfera de gases de efeito de estufa (nomeadamente dióxido de carbono), que por sua vez está associado ao consumo de energia. Neste sentido, a eficiência energética desempenha um papel importantíssimo na diminuição da produção de dióxido de carbono (CO₂) (ABB, 2012).

Por outro lado, a necessidade de reduzir a fatura energética é imperativa em todos os setores da economia, nomeadamente na indústria, transportes e edifícios. Neste contexto, reconhece-se que os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do consumo de energia na maioria dos países, principalmente para aquecimento, arrefecimento e alimentação de aparelhos eléctricos. Aumentar a eficiência energética dos edifícios pode ser um contributo considerável para a redução da procura de energia e das emissões de carbono (ABB, 2012).

Para tal, os diferentes países tiveram a necessidade de desenvolver políticas energéticas com o intuito de diminuir os consumos energéticos, fazendo cumprir metas de consumos de energia e emissões de poluentes (Cravo, 2015).

Neste âmbito, a União Europeia adotou o plano “Europa 2020”, que estabelece os grandes objetivos em destaques e em particular, reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa em 20% relativamente aos níveis de 1990 ou em 30 %, se estiverem reunidas as condições necessárias; aumentar para 20% a quota das energias renováveis no consumo energético final, e avançar no sentido de um aumento de 20% da nossa eficácia energética (European Comissão, 2014).

Na sequência da primeira crise do petróleo, na década de 1970, surgiu nos EUA o conceito ESCO (Energy Service Companies). As empresas ESCO têm como principal finalidade prestar serviços de energia e eficiência energética recorrendo a meios próprios, ou por si contratados (Hansen & Langlois, 2012).

As ESCOs são empresas que, através dum modelo de negócio inovador, irão desempenhar no futuro um papel preponderante no processo de melhoria da eficiência energética das organizações, o que por sua vez irá contribuir para a resolução do problema global da concentração dos gases de efeito de estufa (Capelo et al., 2018). As empresas ESCO desenvolvem e implementam projetos de eficiência energética em instalações de empresas suas clientes, assegurando o respetivo investimento e sendo remuneradas em função das futuras poupanças energéticas (Steinberger et al., 2009). Estes projetos são desenvolvidos num contexto de significativa incerteza acerca dos factores que afectam o desempenho energético e consequentemente os fluxos financeiros futuros (Mills et al., 2006).

Um dos grandes desafios das empresas consiste em encontrar formas de otimizar o consumo de energia, aumentando a eficiência e a competitividade, num contexto económico delicado e exigente. Presentemente, os projetos ESCO assumem um papel determinante no processo de otimização energética das empresas, contribuindo ainda para a reposição dos níveis de CO² em patamares sustentáveis.

Os investimentos em projetos de eficiência energética ESCO surgem então como uma boa alternativa para a resolução do problema da concentração dos gases de efeito de estufa, para além de melhorar a produtividade e a competitividade das empresas. Esta melhoria é obtida em consequência da diminuição do consumo de energia, que se reflete em menores custos e maior produtividade (Sorrel, 2007).

Os investimentos em projetos ESCO diferem de outros investimentos tendo em conta que as suas receitas são geradas pela poupança de energia e não pelas atividades que constituem os negócios principais das empresas. (Shang et al., 2017). Consequentemente, para obtenção das receitas necessárias à viabilização económica dos investimentos, é necessário efetuar uma rigorosa avaliação das medidas de eficiência energética.

Problemática e Questões de Investigação

O sucesso dos projetos tipo ESCO depende da efetiva concretização das poupanças de energia previstas nas respetivas medidas (Steinberger et al., 2009). Por sua vez, a redução de consumos de energia é condicionada por diversos fatores de risco que impactam no desempenho

das soluções e equipamentos instalados (Mills et al., 2006). Consequentemente, os fatores de risco devem ser adequadamente identificados e analisados de forma a permitir uma avaliação correta dos “economics” do projeto (Sorrel, 2007). Desta forma, para avaliar o potencial de criação de valor de projetos ESCO, torna-se necessário proceder a uma análise efetiva da rentabilidade e risco das medidas de eficiência energética e/ou produção de energia renovável, a qual constitui uma função extremamente importante e determinante para o sucesso da empresa ESCO (Mills et al., 2006).

A análise de risco sobre os investimentos em eficiência energética, deve permitir avaliar a volatilidade e viabilidade de implementação deste tipo de projetos, considerando a incerteza associada às variáveis que determinam a poupança de energia em cada uma das medidas identificadas (Lee et al., 2015).

Assim, torna-se premente desenvolver abordagens que suportem de forma efetiva a avaliação de rentabilidade e risco de projetos de eficiência energética tipo ESCO.

Tendo como objetivo contribuir para o preenchimento da lacuna de conhecimento referida anteriormente, o presente trabalho pretende encontrar um método capaz para analisar a rentabilidade e risco dos investimentos em eficiência energética ESCO. Desta forma, a aplicação de um método de gestão de riscos inerente a esta atividade empresarial vai permitir uma visão diferenciada no contexto do negócio e de tomada de decisão de investimento. Para isso, o método deverá facilitar a gestão dos eventos que possam ameaçar o alcance dos objetivos da ESCO, minimizando os impactos negativos desses eventos.

De acordo com Sain (2001), no início da década 90, duas abordagens surgiram como forma de mensurar risco. A primeira trata-se de uma abordagem estatística que envolve a previsão da distribuição de retornos de investimentos utilizando modelos probabilístico e estatísticos. A segunda refere-se à análise de cenários. No entanto o presente trabalho visa desenvolver detalhadamente o método de análise de risco cuja abordagem probabilística-estatística, o *Value at Risk* (VaR) combinado com o método de simulação Monte Carlo (MC).

Value at Risk (VaR) é um método baseado em técnicas estatísticas que informa a perda máxima esperada em certo horizonte de tempo dado um intervalo de confiança (Jorion, 1997).

De acordo com Oliveira, et al. (2006) a simulação de Monte Carlo é um método que simula o comportamento de fatores de risco e constrói n possíveis valores de fluxo de caixa para uma determinada data futura, e o valor em risco é estimado diretamente a partir da distribuição dos valores simulados.

A questão de investigação que baseia a presente pesquisa é a seguinte:

Como aplicar e qual o grau de adequação dos métodos VaR e MC para analisar a rentabilidade e risco de projetos de investimento tipo ESCO?

A relevância deste estudo, justifica-se pela iniciativa de uma pesquisa com caráter exploratório e descritivo, no sentido de identificar e avaliar um método para análise de risco de projetos ESCO. Considerando a importância de gestão de risco no mundo empresarial, e na projeção do crescimento e desenvolvimento económico das empresas e sociedades, o estudo visa encontrar um método adequado que possa permitir e facilitar os administradores/gestores de empresas ESCO, na tomada de decisão sobre projetos de investimentos.

Metodologia

Com vista ao tratamento da questão de investigação, foi adotada uma metodologia essencialmente indutiva e com um propósito exploratório, baseada na estratégia de investigação de estudo de caso. O referido estudo de caso incide sobre a avaliação da rentabilidade e risco dum projeto ESCO desenvolvido num Hotel para a melhoria da eficiência energética. Neste estudo de caso, é aplicado e avaliado um método de análise de risco e de rentabilidade baseado no conceito *Value at Risk* e método de simulação de Monte Carlo.

Estrutura do trabalho

A dissertação encontra-se organizada em 5 partes, a introdução, três capítulos que apresentam as várias fases do estudo e das análises desenvolvidas, e a parte da conclusão. A presente introdução baliza os temas que irão ser tratados ao longo do trabalho. O estudo começa

por apresentar, no Capítulo I, o referencial teórico sobre projetos ESCO e principais métodos para avaliação de rendibilidade e riscos de projetos de investimento. No Capítulo II, encontra-se a descrição detalhada da metodologia do estudo. O Capítulo III apresenta os resultados do estudo de caso desenvolvido.

Por fim, a parte da Conclusão, apresenta os principais resultados e conclusões do estudo, respetivas limitações e sugestão para trabalhos futuros.

CAPÍTULO I

REFERÊNCIAL TEÓRICO

1. Contextualização sobre as ESCOs

O conceito de Energy Service Companies (ESCO) apareceu pela primeira vez na Europa há mais de 100 anos (Bertoldi, Rezessy e Vine, 2006). Tal como é compreendido hoje, foi introduzido na América do Norte, após a crise do petróleo que levou ao aumento dos preços de energia (Ding, 2013; Jinrong e Enyi, 2011; Üрге-Vorsatz et al., 2007). Conforme a literatura:

“Interest in energy-efficiency improvements has been great since the first oil-price shock in the early 70’s. Energy end-users going through the first energy crises were looking for significant operation-cost reductions and new ways to manage and monitor their energy consumptions. Consequently, the ESCO concept was established in the North America at the beginning of 80’s. Recently interest in ESCOs has increased because of the global warming effects of high-energy use. ESCOs have strong transition impact as private-sector instruments in delivering energy improvements (saving, efficiency, conservation). An ESCO guarantees energy improvements to its clients, frequently on a turn-key basis, and ESCO’s remuneration is tied to the energy improvements achieved. ESCOs may finance, or assist in arranging financing, for the operation of an energy system by providing a savings guarantee. ESCOs operate under “energy performance contracting” arrangement, implement a project to deliver energy improvement and use the income from the cost savings, or the renewable energy produced, to repay the costs of the project” (Okay e Akman, 2010).

De acordo com, Vine (2005) e Goldman et al., (2002), as ESCOs foram criadas no final da década de 70 e no início dos anos 80. A maioria das atividades da ESCO ocorreram no final da década de 80 e década de 90, foram coletadas informações sobre a atividade da ESCO em 38 países fora dos Estados Unidos, constatou-se que o desenvolvimento da indústria ESCO se encontrava ainda em fase de infância em muitos desses países.

Estudos recentes demonstram o crescimento e o potencial mercado para a indústria ESCO nos Estados Unidos da América (EUA). Com base em bancos de dados de 1.500 estudos de caso de projetos de eficiência energética, as receitas da ESCO aumentaram a um crescimento

médio anual de taxa de 24% durante a última década (Goldman et al., 2002; Marino et al., 2010; Vine et al., 1999). Nesta perspetiva, é esperado que as ESCOs desempenhem um papel importante em promover a eficiência energética em países fora dos EUA (Vine et al., 2003).

O Centro Comum de Investigação (CCI) da Comissão Europeia tem vindo a mapear regularmente os mercados de serviço de energia da União Europeia (EU) desde 2005 e, mais recentemente, dos países vizinhos (Bertoldi e Boza-Kiss, 2017). Em 2007, o mercado ESCO dava os seus primeiros passos em países como a Grécia, Portugal, Irlanda, Roménia, Bulgária e Estónia, não se registando atividade significativa na Polónia, Eslovénia, Chipre e Malta (Bertoldi et al., 2007; Bertoldi et al., 2010). De 2010 e 2013 o CCI aponta que quase todos os mercados dos membros estados da EU registaram avanços significativos, com o crescimento mais forte experimentado na Dinamarca, França, Irlanda e Espanha. Apenas alguns permaneceram estáveis (Áustria, Bulgária, Finlândia, Luxemburgo), alguns permaneceram num estado embrionário e não mudaram, por exemplo, Malta, Chipre, Estónia, Lituânia, Letónia) ou declinaram (Hungria, Suécia e Países Baixos) (Bertoldi e Boza-Kiss, 2017).

1.1. Eficiência Energética

De acordo com a revisão da literatura, a eficiência energética apresenta diferentes definições, dependendo das perspetivas de análise que a define e do que privilegia (por exemplo, um ambientalista, um economista, um político, ou um engenheiro). Cada um sem dúvida terá sua visão sobre o tema em questão e o seu enquadramento (Gouveia, 2008).

Assim sendo, vamos apresentar vários conceitos de eficiência energética, sugeridos por diversas entidades e autores, levando em conta as diferentes perspetivas.

Quadro 1 - Conceito de Eficiência Energética

Autor	Conceitos de eficiência energética
Diretiva 2006/32/CE	È o rácio entre o resultado em termos do desempenho e dos serviços, bens ou energia gerados, e a energia utilizada para efeito.
Battles, 1999,	Os aumentos na eficiência energética têm lugar quando os inputs de energia são reduzidos para dado nível de produtos e/ou serviços ou existe um aumento dos bens e/ou serviços para um dado montante de inputs de energia
Pentti 2009	Eficiência energética está associada ao uso de menos energia para produzir a mesma quantidade de serviços ou produção útil.
WEC 2008	Eficiência energética são todas as mudanças resultantes na diminuição da quantidade de energia utilizada para um determinado serviço (aquecimento, iluminação, etc.) ou nível de atividade.
Limerick e Geller 2007	Corresponde a montante de energia necessária para executar uma tarefa particular.

Fonte: Elaboração própria

Neste âmbito, a aplicação de medidas de eficiência energética nas instituições pressupõe a implementação de estratégias e soluções para combater o desperdício de energia ao longo da cadeia de atividades. Assim, investimentos nas infraestruturas já existentes, tornam equipamentos mais eficientes, permitindo assim, menor consumo de energia (Gouveia, 2008).

1.2. Conceito de ESCO e Riscos Ligados a Contratos de Performance (CP)

A Diretiva 2012/27/EU (EU, 2012) do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética e aos serviços energéticos (Diretiva Serviços Energéticos), é definida a empresa de serviços de energia (ESCO) como:

"Uma pessoa natural ou jurídica que presta serviços de energia e / ou outras medidas de melhoria da eficiência"

energética nas instalações ou instalações de um usuário e aceita algum grau de risco financeiro ao fazê-lo. O pagamento dos serviços prestados baseia-se (total ou parcialmente) na realização de melhorias na eficiência energética e na reunião dos outros critérios de desempenho acordados " (EU, 2012).

De acordo com os autores (Bertold & Rezessy, 2005; Bertoldi, et. al., 2006; Bertoldi et al. 2007; ECEEE, 2003), uma ESCO é definida como uma entidade singular, ou coletiva que fornece serviços de energia a seus clientes, incluindo o fornecimento, instalação, manutenção e operação de equipamentos eficientes em energia, a renovação e gestão de edifícios, e fornecimento de energia (incluindo o calor).

As ESCOs, asseguram adicionalmente:

- “They guarantee the energy savings (as reflected in the contract),
- They can finance, or via energy savings guarantee assist in arranging financing for, the operation of an energy system, and;
- Their remuneration is directly tied to the energy savings achieved.” (Wagner, 2010, p.2)

ESCO é uma empresa que aceita algum grau de risco para a obtenção de eficiência energética, e tem seu pagamento pelos serviços prestados com base (no todo ou pelo menos em parte) na realização dessas melhorias de eficiência energética (ECS, 2003). Com base num acordo contratual, a ESCO suportará todos os riscos de desempenho e de conservação de energia (Larsen et al., 2012; Lee et al., 2015).

As ESCOs, operam em diferentes mercados para o desenvolvimento de negócios e implementação de projetos. Larsen et al. (2012) agruparam as empresas em quatro categorias de negócios de acordo com característica de negócio e propriedade de ESCO: (1) empresas pertencentes a equipamentos de construção ou controles de fabricantes; (2) empresas que são subsidiárias de serviços eléctricos ou de gás; (3) empresas de propriedade por outros tipos de empresas de energia, como produtores de gás e oleodutos, e; (4) empresas que fornecem serviços de engenharia, estas são independentes na medida em que não são de propriedade de empresas de serviços públicos, energia ou de equipamentos / controles de fabricantes (Larsen et al., 2012).

Os projetos de eficiência energética baseados num Contrato de Performance (CP), proporcionam garantia de desempenho para as medidas de eficiência energética implementadas. O CP é um acordo entre o utilizador, ou proprietário da instalação, e a empresa de serviços de energia (ESCO) (Capelo et al., 2018).

De acordo com a Diretiva 2012/27/EU (EU, 2012), é definido o CP como:

“Um acordo contratual celebrado entre o beneficiário e o fornecedor (geralmente, uma empresa de serviços energéticos) relativo a uma medida de melhoria da eficiência energética em que os investimentos nessa medida são pagos por contrapartida de um nível de melhoria da eficiência energética, definido contratualmente.” (EU, 2012).

O processo de aquisição baseado num CP, de acordo com Singh et al. (2010), envolve normalmente as seguintes etapas: auditoria energética; identificação das soluções e design de projeto; compras de equipamentos, instalação e comissionamento, e medição e verificação.

A obtenção de serviços e benefícios de eficiência energética de CP, envolvem um meio de financiamento e a gestão dos riscos associados. De acordo com Gurigard e Winther (2017), CP é uma forma particular de contrato de serviço, na medida em que o contratante promete, através de um compromisso vinculativo, que uma quantidade específica de energia será poupada através do projeto.

Rezessy e Bertold (2005) entendem o CP como uma forma criativa de financiamento para otimização do capital empregue na instalação, pois permite financiar os investimentos em eficiência energética com base na redução de custos, assim como a transferência de riscos técnicos do cliente para a ESCO com base nas garantias de desempenho concedidas pela ESCO.

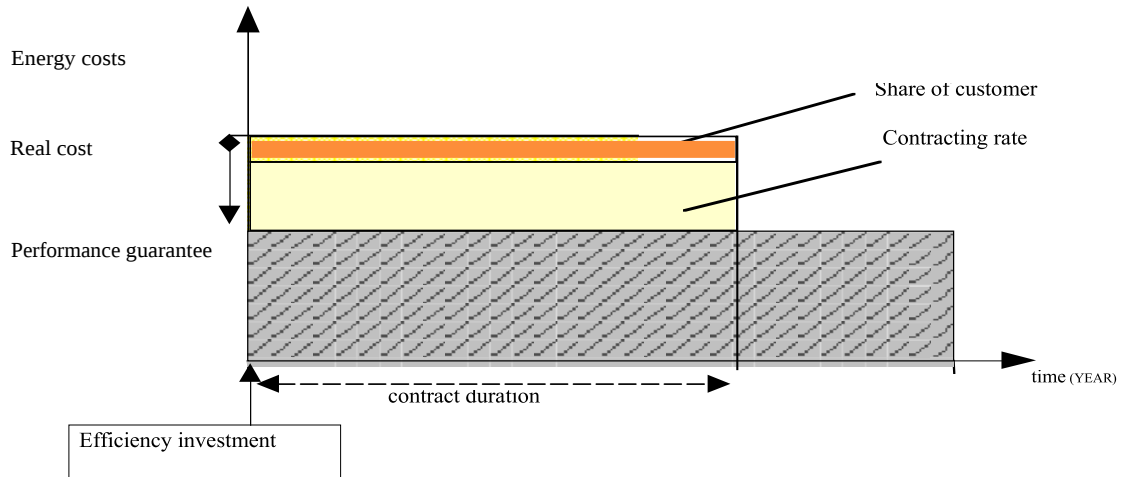
O projeto baseado em CP, é um serviço entregue pela ESCO com base num contrato de garantia de poupança energética (fig.1). Dessa forma, segundo ECEEE (2003), os projetos de EE e as suas implementações estão associados a riscos (tabela 1).

O risco, de acordo com Organização Internacional de Normalização (ISO), consiste em efeitos sobre objetivos causados por incertezas (Silva et al., 2013). O risco de engenharia do CP é o desvio desfavorável nos resultados reais em termos de poupança e/ou produção de

energia que é causado pelas incertezas associadas ao desenvolvimento e exploração do projeto. O mecanismo de CP proporciona risco zero no lado do cliente (Jinrong & Enyi, 2011).

Figura 1- Parâmetros básicos do CP

CP participation model



Fonte: ECEEE (2003, p. 2)

A tabela 1, descreve os riscos, causas e consequências no contexto da CP.

Tabela 1 - Os riscos do projeto baseado em CP

Riscos	Forma de Manifestação	Causas de risco	Consequências de riscos	Gestão de risco
Risco económico	O aumento dos custos de construção; A taxa de juros aumenta; Aumento do custo do combustível.	Volatilidade trabalhista/material; Volatilidade da taxa de juros no mercado de empréstimos; Volatilidade dos preços da electricidade / gás.	Redução de lucros de ESCO; Taxas de juros mais altas aumentarão o custo de financiamento; Redução da economia real de custos.	Ajuste de preços com base em índices; Troca de taxa de juros; Ajuste de linha de base dos custos de combustível.
Risco financeiro (se necessário financiar o projeto)	Padrão de pagamento.	Economia de energia não é alcançada como esperado.	Incapacidade de prestar serviço e eventual rescisão pelos bancos.	Garantia de poupança de energia; atuação ligada.
Risco de projeto	Informações insuficientes sobre instalações; Design inadequado.	Incompleto e má qualidade dos dados operacionais do sistema; Falha na designação e design incorrecta.	Linha base de energia imprecisa; Cálculo impreciso da economia de energia Queda de poupança de energia	Diligência devida; Visita ao site guiado Design cuidadoso; revisões de design
Risco de instalação	Atraso de conclusão.	Clima adverso; falta de trabalho; atraso nas aprovações de projetos.	Atraso no início da poupança de energia.	Cláusulas de extensão de tempo.

Risco tecnológico	Pobre sistema / desempenho do equipamento.	Deficiência do projeto; Dimensionamento incorreto do equipamento.	Redução da economia de energia real; Equipamentos que operam frequentemente em condições de carga parcial, resultando em redução de economia de energia.	Design cuidadoso; Testes de aptidão; Design cuidadoso; Testes de aptidão;
Risco operacional	Degradação de equipamento; Operação defeituosa; Desagregações frequentes; Padrão de consumo inesperado;	Taxa mais rápida de degradação do equipamento devido a uma manutenção fraca; Operação incorreta do sistema (por exemplo, o sistema geralmente está operando em condições de carga parcial); Improbado ou falta de manutenção; Alterações nas condições de linha de base, como clima, horas de operação, carga nas condições do sistema.	Consumindo mais energia para atingir o mesmo desempenho, resultando em redução de poupança de energia; Redução da economia de energia real; Redução dos lucros da ESCO e perturbação do hospedeiro; Mudança nas economias de energia medidas.	Monitoramento e diagnóstico; Treinamento da equipe de operações; Fornecimento de diretrizes de procedimento operacional do sistema; Manutenção planejada; Redação adequada do contrato, especialmente na consideração de fatores de ajuste de linha de base; siga as diretrizes estabelecidas de M & V.
Risco de medição e verificação	Pobre qualidade de dados; Erros de modelagem; Inconsistência de dados; Medição imprecisa.	Baixa resolução de dados operacionais; dados em faltas; Pressupostos incorretos em aspetos técnicos; Design incorreto de M & V (por exemplo, perder os fatores de gravação que afetam significativamente o uso de energia); Erro de medição.	Aumento da incerteza no cálculo da economia de energia; O modelo pode ser inválido para estimar o uso de energia de linha de base após o ajuste retroativo, levando a disputas sobre a poupança de energia real; Disputas sobre as economias reais de energia; Aumento da incerteza no cálculo da economia de energia.	Acordo prévio sobre a qualidade esperada dos dados; Realizar auditoria de energia de grau de investimento Acordo prévio sobre o uso do método de modelagem e suposição; Projeto de plano M & V apropriado; Calibração regular; Sub-medição.

Fonte: adaptado de Hu e Zhou (2006) e Mills et al. (2006)

Para uma análise qualitativa de risco, considerando o tempo de vida dum projeto de eficiência energética, é possível que a medida que o projeto avança aparecem novos riscos ou desaparecem os anteriormente identificados. Nesta perspetiva Jinrong e Enyi (2011) salientam que o processo de identificação de risco do CP requer atualização contínua, considerando que os riscos identificados podem mudar durante o processo do projeto.

1.2.1. Modelo de Negócio ESCO

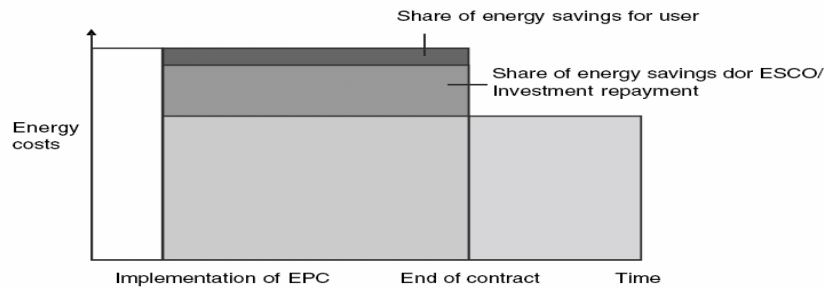
A modalidade ESCO define-se como sendo uma atividade de negócio, elaborado por empresas principalmente da área das energias renováveis e eficiência energética, que fornecem soluções para melhoria de eficiência energética das organizações. Este modelo de negócio

envolve o processo de elaboração destas modificações, isto é, desde a fase de projeto propriamente dito, até à implementação e funcionamento dessas alterações (RNAE, 2014).

O modelo de contrato ESCO mais usual é o CP (Energy Performance Contracting-EPC). Conforme Bertoldi et al. (2006) e Pätäri e Sinkkonen (2014), existem variações nas formas de operar ESCOs, mas a principal diferença envolve se fornecem ou não financiamento para a implementação do projeto. Existem basicamente três opções diferentes de financiamento: (1) Financiamento ESCO, (2) Financiamento de Terceiros e, (3) Financiamento de Clientes. O primeiro, refere-se ao uso dos fundos da ESCO, seja pelo seu próprio capital ou mecanismos de locação. O segundo, refere-se ao financiamento através de dívida de terceiros, o qual pode ser organizado pela ESCO ou pelo cliente. E o terceiro, envolve o uso dos fundos do cliente cobertos por uma garantia de poupança de energia fornecida pela ESCO.

De acordo com WEC (2008), identificam-se dois modelos principais para o contrato de desempenho energético em termos da divisão dos benefícios do projeto: (1) o modelo de poupança partilhada e, (2) o modelo de economia garantida. Sob o primeiro modelo, as economias de custos são partilhadas entre a ESCO e o cliente de acordo com percentagens pré-determinadas durante um certo número de anos, conforme ilustra a figura 2. No modelo de poupança garantida, a ESCO garante um certo nível de economia de energia para o cliente. A natureza deste tipo de contrato, baseia-se na transferência de riscos técnicos do cliente para a ESCO, de acordo com as garantias de performance dadas pela ESCO. Na perspetiva da ESCO, este modelo tem a vantagem de não exigir a aplicação de capital, assumindo a ESCO apenas o risco inerente à performance técnica das soluções implementadas. Em contraste, no modelo de poupança partilhada, a ESCO, através do contrato de performance, faz os investimentos acordados no projeto e assume ambos os riscos de desempenho técnico e de crédito (WEC, 2008). Para remuneração do capital empregue, a ESCO recebe do cliente uma percentagem das economias obtidas (fig.2).

Figura 2- Contrato de performance de Energia



Fonte: adaptado de ECS (2003, p.25)

Em mercados maduros, as ESCOs tornaram-se potenciais promotoras de projetos de eficiência energética, responsáveis por um espectro de tarefas excecionalmente amplo. Normalmente, elas podem identificar soluções, projetar instalações técnicas e assegurar e/ou ajudar a obter financiamento para o investimento, instalar, supervisionar a manutenção e exporação de equipamentos, medir e verificar as poupanças de energia, e assumir os riscos técnicos, garantindo que o projeto reduz os custos de energia e operação do cliente para um nível suficiente para remunerar o investimento (Langlois e Hansen, 2012).

1.3. Investimentos em projetos de eficiência energética

De acordo com Härus (2009), o investimento em eficiência energética apresenta um conceito num nível mais amplo, em que são incluídos todos os investimentos que melhoram o sistema de eficiência energética.

Os investimentos em eficiência energética geralmente produzem muitos outros benefícios, nomeadamente o eventual aumento da capacidade e/ou da produtividade dos processos produtivos. Jackson (2008) divide os investimentos em eficiência energética nos seguintes grupos:

1. A compra de novos equipamentos energeticamente mais eficientes para substituir equipamentos existentes;
2. A modificação de equipamentos existentes ou características estruturais para uma operação mais eficiente;

3. Reconfiguração dos sistemas existentes de gestão de energia;
4. Instalação de sistemas para otimizar a operação dos equipamentos existentes.

Esta categorização demonstra a clara variedade dos tipos de investimento em eficiência energética. Ainda, de acordo com Jackson (2008), tendo em conta as características dos investimentos em eficiência energética, estas devem ser analisados caso a caso, e as concetualizações gerais devem ser evitadas.

1.4. Risco de investimentos em eficiência energética

Os investimentos em eficiência energética são considerados como parte do processo de tomada de decisão no orçamento de capital (Härus, 2009). De acordo com Werner et al. (2012), muito embora a análise do Valor Atual Líquido (VAL) seja considerada a melhor técnica de suporte à decisão de investimento, a qual envolve a estimativa dos fluxos de caixas futuros, transmite uma falsa segurança aos empreendedores por estar associado a um certo grau de incerteza e de risco, podendo a previsão não se concretizar. Portanto, é necessário identificar fatores de risco possíveis que poderão levar ao fracasso do projeto, bem como definir e implementar medidas de mitigação que poderão ser tomadas para minimizar eventuais efeitos desfavoráveis.

Para Medina et al. (2013), o risco do investimento em EE está relacionado com a incerteza do preço de energia, e a incerteza dos consumos atuais e futuros, o que por sua vez depende da incerteza do clima, e dos níveis de operação e de desempenho dos equipamentos. No desempenho dos equipamentos, considera-se que os equipamentos antigos utilizados podem apresentar variações nos consumos ao longo do tempo, na medida em que envelhecem, enquanto para o novo equipamento pode não haver um registo de consumo bem estabelecido.

Segundo EPA (Environmental Protection Agency), o risco de investimentos em EE está relacionado com a estimativa dos custos futuros da energia e com os custos de operação e manutenção, ou suposições assumidas durante a vida do projeto (Medina et al., 2013).

De acordo com Mills et al. (2006), para conhecer os riscos que afetam os investimentos em EE é necessária uma análise robusta dos aspetos físicos da EE, ou seja, é necessária sua compreensão para a correta tradução dos dados físicos na linguagem dos investimentos.

Segundo Mills et al. (2006), diferentes fontes de risco podem ser encontradas nos investimentos em EE. A tabela 2 (Mills et al., 2006) mostra os fatores de risco associados a investimentos em eficiência energética, classificados em categorias (fatores económicos, contextuais, tecnológicos, operacionais e, de medição e verificação), e em cada categoria possui dimensões intrínsecas (controláveis) e extrínsecas (incontroláveis), assim como medidas de mitigação.

Tabela 2- Categorias de risco em investimentos em eficiência energética

Risk category	Examples of risks	Intrinsic factors	Risk management	Extrinsic factors	Risk management
Economic	Energy cost volatility, tariff structures, tariff levels, labour costs			Fuel costs	Hedges
				Demand charges	Hedges
				Cost of capital	Risk-based rates
				Exchange rates	Hedges
				Labour costs	Fixed price contracts
				Equipment costs	Fixed price contracts
Contextual	Quality and completeness of information, environmental concerns	Information on facility	Due diligence, surveys	Environment	Pre-project data analysis, weather hedges
		Applicability/feasibility	Careful design	Energy service levels	Contractual exclusions
Technology	Equipment performance and lifetime	Equipment performance	Design, specification, measurement	Equipment lifetime	Design, specifications, contractual exclusions
		System performance, equipment sizing	Measurement, design		
Operational	Poor maintenance, shifting operating hours	Degradation of savings	Monitoring and diagnostics	Persistence	End-user training, occupant incentives
		Baseline adjustments, indoor environmental quality	Contractual adjustments, liability insurance		
Measurement and verification	Measurement bias, metering inaccuracy	Data quality	Engineering review		
		Modeling errors, metering precision	Model validation, adequate measurement		

Fonte: Mills et al., (2006, p.5).

1.5. Análise de risco em projetos de investimento

A análise de projetos de investimento é comumente praticada num ambiente de incertezas. Desse modo, reconhece-se a importância da análise de risco, pois, à medida que o mercado evolui e se torna mais complexo e dinâmico, as alterações tornam-se cada vez mais difíceis de prever. Assim, para lidar de forma efetiva com a complexidade dinâmica da

envolvente, os gestores procuram novos métodos para analisar o risco dos seus negócios (Karibskii et al., 2003). Pode-se assim compreender, que a análise de risco é uma ferramenta indispensável no suporte à tomada de decisão de investimento num ambiente dinâmico e incerto.

Assim, para auxiliar a tomada de decisão, a literatura apresenta alguns métodos de análise de riscos, focados na quantificação do impacto de determinadas variações de parâmetros, no resultado final do projeto de investimento (Neto et al., 2010). Estes métodos podem ser classificados de duas formas: métodos qualitativos (de priorização ou de avaliação) e métodos quantitativos (determinísticos ou probabilísticos) (Classem et al., 2017). Os métodos qualitativos de priorização, focam na priorização dos riscos para análise ou ação subsequente por meio de avaliação e combinação de sua probabilidade de ocorrência e impacto. Isto é, trata-se de métodos que permitem qualificar e classificar os riscos em função do seu efeito potencial individual e priorizá-los para um projeto como um todo (Dinsmore e Cavalieri, 2005). Já os métodos qualitativos de avaliação têm como objetivo permitir a incorporação de aspetos subjetivos na análise, proporcionando, através da teoria da utilidade, a consideração do perfil de risco do projeto para agregar aspetos intangíveis na análise final (Neto et al., 2010). O princípio da utilidade esperada, estabelecido por Neumann e Morgenstern (1947), permite valorizar a distribuição de probabilidade dos possíveis resultados de uma decisão e estabelecer a preferência entre as decisões associadas a essas distribuições de probabilidade dos resultados.

Os métodos quantitativos fazem a medição da probabilidade e impacto dos riscos, assim como a estimativa de suas implicações nos resultados do projeto (Neto et al., 2010). Para Dinsmore e Cavalieri (2005), as análises quantitativas são caracterizadas por medição, análise de probabilidade e do impacto dos riscos no projeto, individualmente e globalmente. A disponibilidade de dados como informações históricas, entrevistas com especialistas e observações estatísticas são fundamentais para este tipo de análise.

Galesne et al. (1999) afirmam que os métodos quantitativos podem ser desdobrados em métodos determinísticos e métodos probabilísticos. Os métodos determinísticos pressupõem que os dados de entrada da análise sejam perfeitamente conhecidos, isto é, são informações sem variabilidade.

Neste contexto, a literatura mostra alguns métodos que podem ser utilizados para análise de risco. Por exemplo, Brealey et al. (2016) recomendam as técnicas de análise de sensibilidade, análise de cenários, árvore de decisão e análise dos pontos críticos.

A análise de sensibilidade consiste em analisar o impacto na criação de valor do projeto, de variações possíveis nos diferentes parâmetros económicos ou financeiros que constituem maior incerteza no futuro, identificando os fatores mais importantes para o sucesso do projeto (Teixeira, 2013). A identificação das variáveis que determinam o sucesso do projeto torna-se uma medida muito útil na redução do risco, pois permite reduzir a incerteza através de maiores investimentos de tempo e capital na monitorização dos fenómenos que são essenciais para o sucesso do negócio (Porfírio et al, 2004). Esta análise tem por finalidade, auxiliar na tomada de decisão ao examinar o impacto que a alteração em alguma variável do projeto causa no resultado final do mesmo (Hirschfeld, 2007).

A análise do ponto crítico, é um método que consiste em realizar uma análise de sensibilidade do projeto relativamente a um determinado parâmetro, em que pretendemos saber a partir de que valor (ponto crítico) desse parâmetro, o projeto deixa de ser viável (Brealey et al., 2016).

Segundo Xirimimbi (2018), apesar de a análise de sensibilidade ser uma das técnicas mais utilizadas, poderá ser complementada com a análise de cenários, ajudando a ampliar a capacidade de previsão de mudança na situação económica.

A análise de cenários, é uma técnica de análise de risco em que as circunstâncias financeiras de um projeto, são comparadas com uma ou mais situações passíveis de ocorrência (Weston e Brigham, 2000). Esta análise não consiste apenas em modificar algumas variáveis mantendo as restantes constantes, mas sim, reformular todo o estudo de modo a considerar como é que o projeto tenderia a evoluir considerando a possibilidade de uma evolução de mercado favorável e/ou desfavorável ao projeto (Xirimimbi, 2018). Para perceber o efeito destes acontecimentos sobre o projeto, é calculado para cada um deles um indicador de criação de valor em geral o VAL ou a TIR (Soares et al., 2015). De acordo com Teixeira (2013), podem ser criados cenários otimistas, cenário mais provável e pessimista. O cenário otimista, permite fazer modificações positivas nas principais variáveis críticas, assumindo valores segundo uma expectativa otimista, originando os resultados máximos do projeto, dentro do que está previsto.

O cenário pessimista é composto por alterações que trazem um impacto negativo nos resultados. Este cenário vai-nos mostrar o pior resultado que o projeto pode obter. Esses cenários em conjunto permitirão que os envolvidos no projeto tomem decisões com maior confiabilidade, dado que o resultado de possíveis variações já terá sido preliminarmente avaliado (Blank e Tarquin, 2008).

O método árvore de decisão é um instrumento de análise de risco que possibilita a visualização de várias opções do desenvolvimento dos projetos (Barros, 1995). Vale (1999) descreve a árvore de decisão como uma representação visual de uma dificuldade enfrentada, que demonstra as possibilidades decisivas, as consequências aleatórias que podem acontecer e os resultados a elas associados. De acordo com Porfírio et al. (2004), árvore de decisão é um meio de mostrar o esquema de um processo de decisão de investimento e de identificar a interação entre a decisão presente, variações possíveis, ações da concorrência e possíveis decisões futuras e respetivas consequências.

Em síntese, uma análise de investimento, baseada no método de fluxos de caixa descontados, que apresente um VAL positivo (Härus, 2009; Reis et al., 2015) e uma TIR superior à taxa mínima de atratividade (TMA) (Torres et al., 2000), podem encorajar os decisores a avançarem com a implementação do projeto. De acordo com Ingersol & Ross (1992), uma decisão baseada unicamente nesse tipo de indicadores, pode comprometer o sucesso do projeto, pois grande parte da informação tratada foi obtida num ambiente de incerteza. Os métodos de análise baseados em medidas determinísticas não são, pois, adequados para a avaliação de projetos em contexto incerto e dinâmico. Torna-se por isso necessário utilizar métodos que considerem a variabilidade de parâmetros críticos do projeto que estejam expostos à incerteza (Titman e Martin, 2014).

Mas, o uso de programas computacionais veio potenciar a aplicação de métodos de análise de risco que permitem o tratamento de grandes volumes de informação e consideram a variação combinada de diferentes fatores de risco, designadamente a simulação de Monte Carlo (MC) (Brealey et al., 2016) e o conceito de *Value at Risk* (VaR) (Hillier et al., 2012).

1.6. Método de Simulação de Monte Carlo na análise de risco

Canada et al. (1996) e Junqueira e Pamplona (2002) apontam o uso da Simulação de Monte Carlo (SMC) como uma solução adequada para avaliar riscos, uma vez que ela permite a simulação do resultado econômico do projeto (por exemplo, VAL), considerando-se que as variáveis do mesmo apresentam distribuições de probabilidade definidas.

A SMC recebeu esse nome devido a Monte Carlo (Mónaco) ser um lugar onde os casinos são a principal atração. Jogos como a roleta e dados, por exemplo, exibem um comportamento randômico (aleatório). Esse comportamento aleatório de jogos é similar à forma como se processa a SMC. Ela gera aleatoriamente inúmeros valores para variáveis consideradas incertas, simulando assim combinações de valores que levam a resultados que são o foco da análise (Moore e Weatherford, 2005). Os métodos combinados por SMC são considerados os mais completos, pois incorporam posições não lineares, distribuições não normais, parâmetros implícitos e, até mesmo, cenários definidos por utilizadores (Jorion, 1998)

Na perspectiva de Wu, et al., (2011), SMC é um tipo de método de simulação por computador, que é baseado em cálculo de números aleatórios, para gerar cenários de análise do mercado, e examinar o risco de liquidez dos projetos. Simula o comportamento de fatores de risco e constrói n possíveis valores de fluxo de caixa para uma determinada data futura. Dessa forma, o valor em risco é estimado diretamente a partir da distribuição dos valores simulados, (Oliveira et al., 2006).

De acordo com Dayananda et al. (2002), algumas das distribuições contínuas das variáveis envolvidas na análise, requerem a especificação de parâmetros ou valores, tais como a média e variância (distribuição normal), extremos inferior e superior (distribuição uniforme), ou níveis pessimistas, esperado e otimistas (distribuição beta, distribuição triangular). Em muitos casos, quando não se dispõe de conhecimento suficiente de variáveis de incerteza, é procedimento comum empregar a distribuição triangular (Figueiredo et al., 2006). Essa distribuição é definida por um nível médio, um nível mínimo e um nível máximo. Durante as simulações os valores das variáveis de incerteza são amostrados aleatoriamente e repetidamente para criar um grande conjunto de valores (Crundwell, 2008).

Assim, pode-se perceber que a SMC é a uma poderosa ferramenta no cálculo do valor em risco dos investimentos, (Jorion, 1998). O valor em risco ou *Value at Risk* (VaR) é um

indicador de perda potencial do valor de um investimento ao longo de um dado período de tempo e para um dado nível de confiança (Damodaran, 2009). Neste contexto, o método da SMC permite a identificação do VaR através da simulação do valor do projeto, considerando a variação combinada dos diversos parâmetros do projeto de acordo com as respetivas distribuições de probabilidade (Neto et al., 2010).

1.7. O método *Value at Risk* (VaR)

De acordo com Jorion (2003), o *Value at Risk* (VaR) foi inicialmente desenvolvido para lidar com os aspetos do risco do mercado e determinar a maior (ou pior) perda esperada dentro de um determinado período de tempo e para um certo nível de confiança. O VaR utiliza técnicas estatísticas para medir o risco, fornecendo aos utilizadores uma medida concisa do risco de mercado, permitindo assim que acionistas e gestores possam decidir com informação mais precisão sobre o investimento (Jorion, 2003).

O objetivo do VaR é fornecer uma medida de risco razoavelmente exata e a um custo aceitável (Aragón, et al. 2013). Para isso é necessário escolher entre as diversas metodologias disponíveis, aquela que melhor se adapte ao investimento em questão. Conforme Jorion (2000), as metodologias podem ser divididas em dois grupos: metodologia de avaliação local e metodologia de avaliação plena. Na metodologia de avaliação local, o risco é medido avaliando-se a carteira uma vez na posição inicial e depois usando-se os derivativos locais para inferir possíveis movimentos. Esta metodologia subdivide-se em duas técnicas: paramétrica ou delta-normal. A primeira tem como hipótese essencial a normalidade dos retornos, o que faz com que sua implementação seja fácil e possibilite flexibilidade na conversão do VaR para diferentes níveis de confiança e horizontes temporais (Jorion, 2000). A técnica de delta-gama que consiste em uma variação da delta-normal, sendo que esta considera as derivadas de primeira e segunda ordem.

Ainda, de acordo com Jorion (2000), a metodologia de avaliação plena, é um método em que o risco é medido reavaliando-se a carteira do investimento em vários cenários possíveis. Esta metodologia subdivide-se em Simulação Histórica e Simulação de Monte Carlo. O método baseado em simulação histórica consiste em usar a distribuição dos retornos dos ativos ou fatores de risco da carteira do investimento para simular os retornos futuros e a partir daí. O método baseado em SMC, cobre a grande amplitude de valores possíveis para as variáveis

financeiras e considera as correlações na sua amplitude. Este método consiste em simular várias vezes um processo aleatório, variando os fatores financeiros críticos.

Neste contexto, a literatura propõe o conceito do VaR como instrumento poderoso na análise, avaliação e quantificação dos riscos de projetos de investimentos (Hillier et al.; 2012). Segundo Oliveira, et al. (2006), o VaR pode ser definido como uma medida de risco para um dado horizonte temporal, a um nível de significância α . Considerando X como o retorno de uma série financeira e admitindo $f(x)$ como função de distribuição de probabilidade $f(x) = \text{Prob}(X \leq x)$. Assim, o VaR pode ser calculado através da seguinte equação:

$$\text{VaR}(\alpha)(X) = - \inf \{x | f(x) > \alpha\} \quad (\text{eq. 1})$$

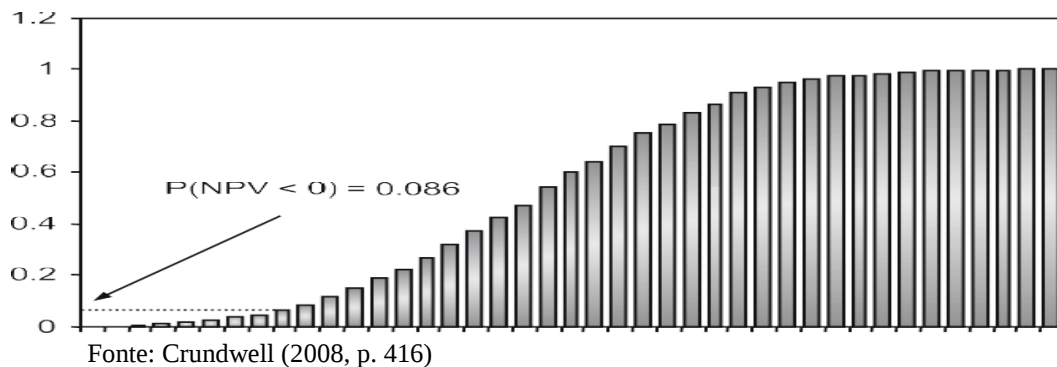
O sinal negativo é relativo ao fato do VaR ser definido como a diferença entre o ponto zero (assumindo que o VAL esperado mínimo é zero) e o valor da abcissa para o quantil é especificado.

Crundwell (2008) e Gotze, et al. (2015) descrevem uma alternativa de analisar o risco e avaliar as possibilidades de insucesso do projeto. No entendimento destes autores, a medida do VaR de um investimento corresponde à probabilidade do VAL ser inferior a zero, isto é $P(\text{VAL} < 0)$ ou seja conforme a seguinte equação:

$$\text{VaR}(X) = P(\text{VAL} < 0) \quad (\text{eq.2})$$

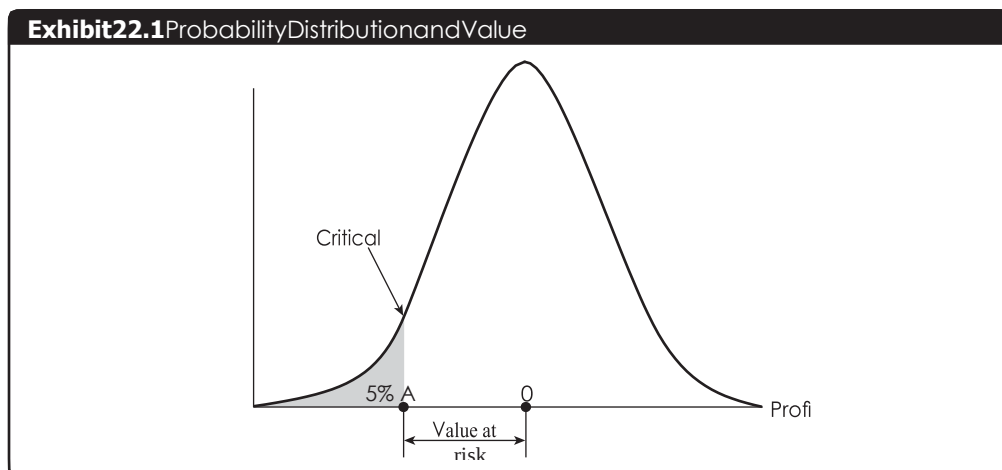
Considerando que esta probabilidade [$P(\text{VAL} < 0)$] pode ser determinada a partir dos resultados da simulação. A figura 3 ilustra a frequência acumulativa, e mostra a soma de todas as frequências e classes com valores abaixo do valor atual de referência. A frequência cumulativa é uma função de massa de probabilidade e que representa a probabilidade de um variável aleatória X ser inferior a um determinado valor, ou seja, $P(X < x)$. Para os autores esta é exatamente a medida necessária para a avaliar o risco dum projeto. Dando assim uma maior atenção a probabilidade do $\text{VAL} < 0$.

Figura 3- Distribuição cumulativa do VAL do projeto que ilustra o VaR.



Conforme Hillier et al, (2012), no contexto de avaliação dum projeto de investimento, VaR é definido como a máxima perda possível (em termos de VAL), em condições normais de mercado, para um determinado horizonte temporal e associada a um determinado nível de significância. Os autores, de acordo com a figura 4, (VaR para VAL esperado de zero e 5% de significância), sugerem a determinação do valor em risco, como a diferença entre zero (VAL mínimo esperado) e o VAL correspondente a x % percentil, supondo que o VAL segue uma distribuição normal de valores.

Figura 4- Distribuição de Probabilidade e VaR



Fonte: Hillier et al, (2012, p. 718)

Mas o VAL esperado mínimo pode ser diferente de zero. Nesta perspectiva, Pergler & Rasmussen (2014), sugerem a determinação do VaR, como a diferença entre o VAL esperado de um investimento e o VAL correspondente a x % percentil, conforme a equação seguinte.

$$\text{VaR com } x\% \text{ significância} = \text{VAL esperado} - \text{VAL (percentil } x\%) \quad (\text{eq. 3})$$

Na presente dissertação, o conceito de VaR, no contexto de avaliação financeira de projetos de investimento, é operacionalizado de acordo com as definições propostas por Hillier et al, (2012) e Pergler e Rasmussen (2014).

Em resumo, o método VaR confere um enorme potencial de aplicação na análise e avaliação do risco em projetos de investimento, pois proporciona um razoável controlo e gestão dos riscos financeiros (Machry, 2003). A combinação do conceito VaR com a técnica de SMC permite identificação do valor em risco (VaR) com base na distribuição de probabilidade gerada a partir de inúmeras validações de cenários (Mills et al., 2008). Assim, a literatura aponta a aplicação do método SMC como sendo adequado para o cálculo do VaR de projetos de investimento (Jorion, 1998).

2. O método *Value at Risk* (VaR) na análise de risco de projetos de eficiência energética

A eficiência energética (EE) por si só, tem sido promovida como uma ferramenta de gestão de risco para reduzir os efeitos da volatilidade do mercado energético (Naumoff e Shipley, 2007). Mas, investir em EE traz consigo incertezas sobre poupanças de energia que podem gerar, pois existem várias fontes de risco nos investimentos de EE que afetam a capacidade de criação de valor (Mills et al, 2006).

A análise de risco de projetos de investimento em eficiência energética é comumente praticada num ambiente de incerteza, em que a informação disponível é insuficiente para determinar o valor associado ao projeto (Karibskii et al. 2003). Desse modo, reconhece-se a importância de encontrar um método adequado para análise de rentabilidade e risco de projetos ESCO.

De acordo com Mills et al. (2008), a literatura financeira apresenta técnicas bem estabelecidas para avaliação de riscos e que muitas destas podem ser aplicadas à avaliação dos investimentos em EE, por exemplo: a combinação do conceito de VaR com o método de SMC.

De acordo com Pergler e Rasmussen (2014), para avaliar a economia de um projeto e seus riscos, colocando todos os projetos em pé de igualdade, é necessária uma abordagem consistente. Nesta perspectiva, Pergler e Rasmussen (2014) descrevem uma abordagem para avaliação de projetos de investimento que combina o conceito de VaR e o método SMC, a qual envolve três componentes principais a considerar: primeiro, o perfil de risco do retorno (VAL) do projeto definido pela respetiva distribuição de probabilidade, considerando os aspetos dinâmico e incerto das variáveis; segundo, uma visão geral das métricas de risco e retorno; e por último, uma descrição explícita das fontes de risco.

De acordo com Pergler e Rasmussen (2014), o VaR é determinado pela seguinte equação:

$$\text{VaR com } x\% \text{ significância} = \text{VAL (planeado ou baseline)} - \text{VAL (percentil } x\%) \quad (\text{eq. 4})$$

Tendo em vista o método de SMC, o VAL (percentil $x\%$), é o majorante do VAL de um conjunto de $x\%$ de ocorrência de simulações ordenadas crescentemente em função do VAL (considerando a variação dos parâmetros de variáveis críticos envolventes).

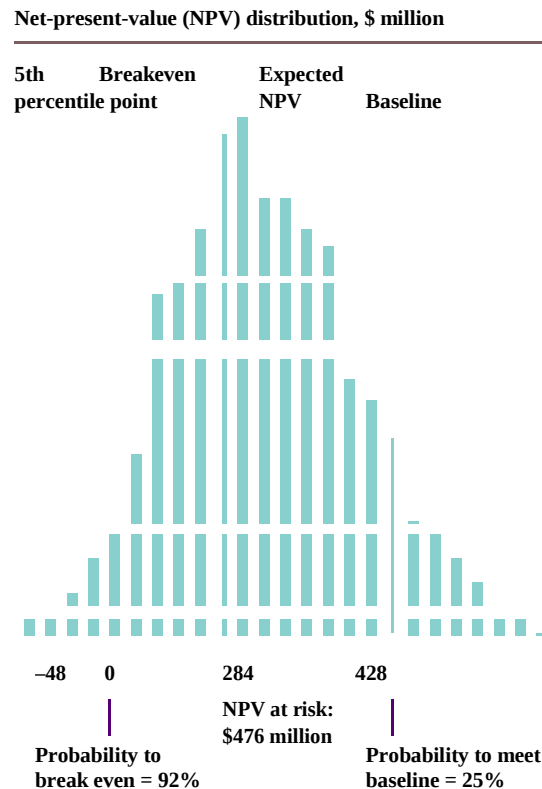
Pergler e Rasmussen, (2014), ilustra um exemplo de estimação do VaR de um projeto (figura 5): o VAL (planeado ou baseline) dum projeto numa empresa de exploração petrolífera é de 428 M€, consiste no VAL que é calculado de forma determinística com base nos valores estimados (sem considerar a variação provável de variáveis críticas). O VAL (percentil 5%), é o majorante do VAL de um conjunto de 5% de ocorrências simuladas (obtidas através do método SMC), ordenadas crescentemente em função do VAL (considerando a variação de variáveis críticas), que é igual a - 48 M€.

O VaR do projeto foi estimado conforme explicito na equação 4, assim, obtém-se:

$$\text{VaR (5\%)} (\text{M€}) = 428 - (- 48) = 476 \text{ M€}$$

No exemplo anterior, em 5% das iterações o VAL é inferior a -48 M€, então o Value at Risk, com 5% de significância, assume o valor de 476 M€, ou seja, corresponde á perda máxima associado àquele nível de significância. De outra forma, em 95% das iterações o VAL é superior a -48 M€, ou seja, existe 95% de probabilidade (nível de confiança) da empresa perder não mais do que 476 M€ face ao VAL planeado.

Figura 5- Distribuição de probabilidade de VAL



Fonte: Pergler e Rasmussen (2014, p.3).

Em síntese, o VaR é um indicador de perda potencial do valor do investimento dum projeto ao longo de um dado período e para um dado nível de confiança (Damodaran, 2009). Para análise de rentabilidade e riscos dos projetos de investimento, a literatura sugere a utilização do conceito VaR operacionalizado através do método SMC (Pergler e Rasmussen, 2014). A SMC permite a identificação do VaR dada uma distribuição de probabilidade do VAL gerada a partir das inúmeras validações de cenários (Crundwell, 2008; Mills et al., 2008). Assim, podemos assumir que a SMC é a uma poderosa ferramenta no cálculo do VaR dos projetos de investimentos, (Jorion, 1998).

O problema fundamental nesse estudo consiste no tratamento da seguinte questão de investigação:

Como aplicar e qual o grau de adequação dos métodos MC e VaR para analisar a rentabilidade e risco de projetos de investimento tipo ESCO?

Assim, considerando que a implementação e exploração de projetos de investimento tipo ESCO se desenvolvem num contexto dinâmico e incerto, interessa avaliar a efetiva utilidade duma abordagem de avaliação que combina o conceito de VaR e o método SMC.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA

2. Enquadramento e Questões de Investigação

A avaliação e decisão sobre projetos de investimento em eficiência energética do tipo ESCO, independentemente de sua dimensão, desenvolve-se num ambiente de incerteza. O investimento em projetos ESCO envolve incertezas significativas, existindo várias fontes de risco associadas nomeadamente à geração das poupanças futuras de energia, o que afeta a capacidade de gestão de risco deste tipo de projetos (Mills et al., 2006). Consequentemente, a análise de rentabilidade e risco deve ser realizada por abordagens e métodos adequados que tratem, nomeadamente, a volatilidade e efeitos dos fatores determinantes das poupanças associadas de energia.

A decisão de avançar com o desenvolvimento, implementação e exploração de projetos ESCO, é fortemente condicionada por um conjunto de medidas pertinentes e indispensáveis para redução sustentada de incerteza e de risco dos investimentos.

Desse modo, reconhece-se a necessidade de encontrar um método eficaz, capaz de analisar e tratar os riscos associados ao investimento em projetos ESCO, servindo assim como uma ferramenta útil no suporte de tomada de decisões para os gestores.

Neste contexto, uma abordagem que combine o conceito do *Value at Risk* (VaR) e o método de simulação de Monte Carlo (MC) pode proporcionar uma ferramenta rigorosa para avaliar a rentabilidade e risco de projeto ESCO.

Nesta ótica, o problema fundamental nesse estudo consiste no tratamento da seguinte questão de investigação:

Como aplicar e qual o grau de adequação dos métodos VaR e MC para analisar a rentabilidade e risco de projetos de investimento tipo ESCO?

2.1. Abordagem metodológica

O objetivo deste trabalho consiste em definir e explorar um método para analisar e compreender a viabilidade económica e o risco do investimento em eficiência energética tipo ESCO. Este estudo deverá permitir explorar na prática a aplicação do referido método assim como aferir o respetivo grau de adequabilidade.

A definição da abordagem metodológica inclui diversos aspetos, nomeadamente respeitantes à perspetiva filosófica (epistemologia), abordagem para desenvolvimento de teoria, estratégia de investigação, e forma de obtenção e análise de dados (Bryman e Bell, 2015; Saunders et al., 2016).

Por sua vez, a abordagem metodológica orienta a definição de todos os métodos e procedimentos da investigação. Para Bryman e Bell (2015), a metodologia de investigação proporciona uma estrutura completa para a condução da investigação, desde os princípios filosóficos até aos procedimentos concretos a aplicar na recolha e análise de dados, sendo que um método de investigação é um determinado procedimento ou técnica para recolha e tratamento de dados.

Tendo em consideração a natureza da questão de investigação, é estabelecido que o propósito do estudo assume um carácter essencialmente exploratório, não estando por isso condicionado à validação de proposições iniciais, e em que a finalidade principal consiste em contribuir para a clarificação e melhoria do conhecimento acerca da problemática associada (Bryman e Bell, 2015).

Em conformidade com o propósito referido anteriormente, para o tratamento da presente questão de investigação, estabeleceu-se uma abordagem metodológica com as seguintes características. Em termos epistemológicos, a abordagem estabelecida é norteada pelos princípios associados ao interpretativismo. De acordo com Saunders et al. (2016), interpretativismo estabelece que os seres humanos são diferentes de fenómenos físicos porque geram significados, e como tal sistemas sociais não podem ser estudados da mesma maneira que fenómenos físicos, existindo a necessidade de considerar a complexidade associada. No domínio da gestão das organizações, o enfoque principal da investigação orientada por este paradigma consiste na forma como as pessoas tentam compreender o mundo real que as envolve

e se comportam na vida das organizações, o que implica o envolvimento do investigador nas atividades do dia-a-dia com vista a compreender e explicar comportamentos (Kelemen e Rumens, 2008).

No que respeita à classificação em termos de construção de teoria, a abordagem é essencialmente indutiva (Bryman e Bell, 2015), na medida que o processo de investigação considera que eventual teoria emerge da interpretação da informação obtida. Segundo Saunders et al. (2016) o processo indutivo envolve a análise de informação qualitativa com o propósito de explorar, clarificar e compreender melhor determinado fenómeno.

Quanto à estratégia de investigação, a metodologia estabelecida considera a realização de estudos de casos. De acordo com Yin (2013), um estudo de caso consiste num inquérito aprofundado sobre um tópico ou fenómeno conduzido no seu contexto real, sendo que o caso de investigação pode referir-se a uma pessoa, grupo, organização, processo, evento, etc.

Na perspetiva da forma de obtenção e análise de dados, o estudo será essencialmente qualitativo, o que é consistente com o método indutivo e a estratégia de estudo de caso (Bryman e Bell, 2015; Saunders et al., 2016). O estudo de caso a desenvolver será baseado na recolha e tratamento de dados quantitativos e qualitativos, relacionados com a avaliação financeira dum projeto ESCO num contexto de aplicação real.

A componente empírica da presente investigação envolve a condução de um estudo de caso numa unidade hoteleira de Lisboa. O enfoque do estudo de caso consiste em explorar a aplicação e adequabilidade duma abordagem baseada no conceito VaR e método MC para a avaliação de risco e rendibilidade de projectos ESCO.

2.2. Métodos e Dados

O presente trabalho tem por objetivo definir e explorar um método para analisar e compreender a viabilidade económica e o risco do investimento em projecto de eficiência energética tipo ESCO. Genericamente, o método proposto combina o método de Monte Carlo (Brealey et al., 2016; Clark et al., 2010) e o conceito de *Value at Risk* (Hillier et al., 2012; Jorion, 2007; Pergler e Rasmussen, 2014), o qual envolve os seguintes passos:

Etapa 1 – Avaliação preliminar

a) Determinação das poupanças médias de energia associadas a cada uma das medidas de eficiência energética, com base nos respetivos parâmetros técnicos. Estas poupanças vão produzir os fluxos financeiros positivos do projeto.

b) Estimação dos valores médios associados aos restantes fluxos (negativos) financeiros do projeto, nomeadamente as despesas associadas à implementação das medidas, assim como operação e manutenção.

c) Determinação do VAL esperado (planeado ou “baseline”) do investimento associado a cada uma das medidas, considerando os valores anteriormente estimados de todos os fluxos financeiros associados.

Etapa 2 – Identificação e modelização dos fatores de risco

d) Para cada uma das medidas, identificar as variáveis que representam os fatores de incerteza que mais afetam o valor da poupança de energia, assim como de outras variáveis relevantes (como o caso do investimento). Para cada uma dessas variáveis, definir uma distribuição de probabilidade representativa do padrão de volatilidade.

e) Através das funções disponibilizadas pelo Excel, modelizar a geração aleatória das variáveis anteriores de acordo com as respetivas distribuições de probabilidade. Isto é, primeiramente, para cada uma das variáveis de risco, usa-se a função do Excel para geração de números aleatórios de distribuição uniforme de probabilidade. Seguidamente, através de formulação complementar apropriada (Clark et al., 2010), são gerados números aleatórios que respeitam a distribuição de probabilidade assumida para essa variável.

Etapa 3 – Determinação do Value at Risk

f) Aplicação do método de Monte Carlo, tal como proposto por Brealey et al. (2016) e Clark et al. (2010), para determinação da distribuição das poupanças, cash flows e VAL de cada uma das medidas. Neste passo, são gerados valores aleatórios conforme descrição no passo anterior.

g) Determinação do *Value at Risk* associado a cada medida, de acordo com a perspetiva de Hillier et al. (2012) e (Pergler e Rasmussen, 2014).

Para estudo da aplicabilidade e utilidade do método descrito anteriormente, foi aplicado um estudo exploratório, baseado na estratégia de investigação de estudo de caso, que incide sobre um projeto de investimento em EE tipo ESCO num Hotel em Lisboa. Por razões de sigilo acordado, não serão detalhadas as características do Hotel em questão.

Na perspetiva da forma de tratamentos de dados, foram aplicados métodos estatísticos quantitativos, que consistem em duas abordagens: em primeiro lugar, uma abordagem dos indicadores determinísticos, e em segundo lugar uma abordagem do método estatístico probabilístico. Estes métodos são considerados como uma das ferramentas ou técnicas mais utilizadas e dominantes no âmbito profissional para análise de rentabilidade e risco dos projetos de investimento (Classem, et al., 2017).

A análise de risco de investimento com VAL positivo e uma TIR superior à taxa mínima de atratividade (TMA), podem encorajar os responsáveis do projeto com esperança de que esse projeto seja viável (Härus, 2009; Torres, et al., 2000). Não obstante, considera-se que decisões baseadas apenas nestes tipos de indicadores (determinísticos) podem comprometer o projeto, visto que a maior parte das decisões baseadas neste método são tomadas num ambiente de incerteza e não consideram a volatilidade de alguns parâmetros em causa (Ingersol e Ross, 1992).

Dadas as limitações associado ao método determinístico na avaliação integral de incertezas associada ao projeto de investimento, adicionalmente foi aplicado o método estatístico probabilístico, nomeadamente através de uma abordagem que combina o conceito do *Value at Risk* (VaR) e o método de simulação de Monte Carlo (MC) que permite proporcionar uma ferramenta rigorosa para avaliação integral de incertezas e riscos associada às variáveis que determinam a poupança de energia e os seus efeitos sobre a rentabilidade do projeto (Mills et al. 2006; Faria e Guerra, 2009).

Sendo assim, o estudo busca apresentar o método de simulação MC e conceito do VaR para avaliação de projetos de investimento, como uma abordagem mais efetiva para capturar fontes de riscos e incorporando a volatilidade das variáveis de incertezas associadas (Jorion, 2007).

Resumidamente, o quadro abaixo vem ilustrar os significados, finalidades e vantagens dos métodos simulação MC e VaR.

Quadro 2 – Resumo método simulação MC e VaR

Autor	Método Simulação MC
Oliveira, Carmona e Júnior (2006)	Método que simula o comportamento de fatores de risco e constrói n possíveis valores de fluxo de caixa para uma determinada data futura. O valor em risco é estimado diretamente a partir da distribuição dos valores simulados.
Moore e Weatherford (2006)	É um dos vários métodos para análise da propagação da incerteza, onde a sua grande vantagem é determinar como uma variação aleatória, ou o erro, afetam o desempenho ou a viabilidade do sistema de negócios
Autor	Método VaR
Pergler e Rasmussen (2014)	É definido como a pior perda possível que, num determinado horizonte temporal, pode ocorrer num projeto de investimento, relativamente ao VAL planeado e considerando um certo nível de significância. $VaR \text{ com } x\% \text{ significância} = VAL \text{ (planeado ou baseline)} - VAL \text{ (percentil } x\%)$

Fonte: Elaboração própria

A fim de atingir os objetivos propostos, estruturou-se o processo de obtenção e tratamento de dados do presente estudo de caso em três etapas principais e respetivas subdivisões (quadros 3 e 4). Na primeira etapa, foi feita uma pesquisa exploratória e descritiva do projeto ESCO aplicado num Hotel, tendo sido obtidos parâmetros e previsões previamente levantados pelos técnicos do projeto, assim como as informações necessárias para avaliação financeira do projeto. Como resultado desta etapa, foram estimados os valores esperados do VAL e TIR de cada uma das medidas.

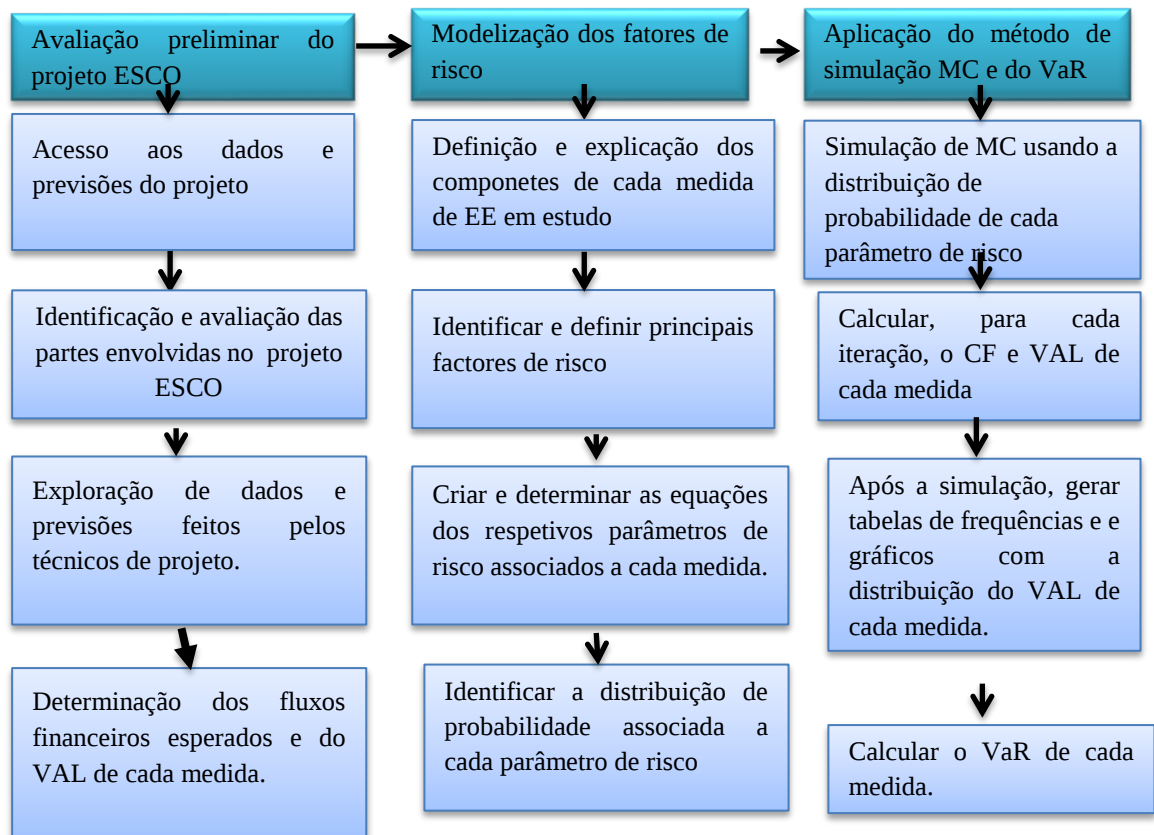
Na segunda etapa, com base na metodologia proposta por Etges (2015), procedeu-se à identificação e descrição das medidas de EE e dos principais fatores de incerteza e risco capazes

de impactar o resultado final do projeto ESCO no Hotel. Para isso, foi realizado um desenvolvimento explicativo detalhado de cada uma das medidas de EE identificadas no projeto em estudo. Uma vez feita a identificação de fatores de incerteza e risco, determinou-se as respectivas distribuições de probabilidade como forma de representar a volatilidade das variáveis incertas, conforme apresentado nos estudos de Tian e Yan (2013) e Sharma e Pratap (2013). Os riscos associados e os relatados no capítulo do referencial teórico foram comparados pareadamente dentro das categorias propostas por COSO (2007).

A elaboração da distribuição de probabilidade, foi realizada com base nos dados estimados do projeto. A identificação da probabilidade de ocorrência de riscos foi obtida através do método AHP (Analytical Hierarchy Process). Método esse usado para o levantamento da probabilidade relativa de ocorrência de riscos quando há falta de dados históricos conforme apresentado no estudo de Etges (2015). Dado a falta de dados históricos que possibilitassem a utilização de distribuições, realizou-se a estimativa dos parâmetros com distribuição de probabilidade normal e triangulares como forma de ilustrar as volatilidades das variáveis (Stevenson, 2001; Bruni, 2011; Miorando, 2010; Souza, 2011; Etges, 2015).

Na terceira etapa, fez-se a simulação de MC utilizando o Microsoft Excel, considerando a distribuição de probabilidade de ocorrência dos parâmetros incertos associados à avaliação de cada medida. A simulação envolveu 500 interações, sendo assim calculadas as distribuições *dos cash flows* e VAL para cada medida. De seguida, através da distribuição de probabilidade obtida para o VAL, foi possível calcular o *Value at Risk*–VaR, definido como uma abordagem probabilística para medir a potencial perda de valor no investimento de cada medida de EE (Allen et al., 2009, apud Classem, et al., 2017).

Quadro 3- Quadro sistemática das etapas metodológicas do estudo



Fonte: Elaboração própria

Em síntese, a condução do presente estudo de caso, seguiu o processo apresentado no quadro 4, o qual se baseou no modelo utilizado por Etges (2015).

Quadro 4- Resumo metodológico

Método Simulação de MC com determinação de VaR para análise de rendibilidade e risco de projetos de investimento em EE tipo ESCO aplicado num Hotel.			
PARTES	FASES	TÉCNICAS APLICADAS	ENVOLVIDOS
1.Avaliação preliminar do projeto ESCO aplicado num Hotel	1.1 Levantamento de dados.	Entrevistas com especialista, acesso aos dados e previsões do projeto ESCO aplicado num Hotel	Autor e especialistas do projeto.
	1.2 Exploração de dados e previsões do projeto ESCO.	Avaliação dos dados e das previsões do projeto ESCO	Autor e especialistas do projeto.
	1.3 Determinação do VAL estimado das medidas do projeto ESCO.	Determinação e atualização dos fluxos financeiros associados às medidas do ESCO	Autor.
2 Identificação e modelização dos fatores de risco de cada medida de EE.	2.1 Definição e explicação dos componentes de cada medida de EE em estudo.	Análise do Projeto ESCO	Autor e especialistas do projeto.
	2.2 Identificação, definição e avaliação de principais factores de riscos.	Observação, Projeto ESCO, entrevistas, revisão da literatura (COSO)	Autor e especialistas do projeto.
	2.3 Determinação de variáveis probabilística.	Metodo AHP, Etges, (2015).	Autor e especialistas do projeto.
	2.4 Definição da distribuição de probabilidade dos parâmetros incertos.	Stevenson, (2001); Bruni, (2011); Miorando, (2010); Souza, (2011); Etges, (2015), Opinião do especialista.	Autor e especialistas do projeto.
3.Aplicação do método simulação MC e VaR.	3.1 Simulação de MC usando a distribuição de probabilidade de cada parâmetro de risco	Brealey et al. (2016); Clark et al. (2010); Oliveira et al., (2006); Moore & Weatherford, (2006), e Software Microsoft Excel.	Autor.
	3.2 Cálculo, para cada iteração, dos indicadores de análise de viabilidade.	Cash flow e VAL	Autor.
	3.3 Cálculo do VaR	Pergler & Rasmussen (2014)	Autor.
	3.4 Análise de resultados		Autor.

Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO III

PROJETO DE INVESTIMENTO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (ESTUDO DO CASO)

3. Introdução

Este capítulo tem por objetivo analisar a aplicação e adequação da simulação de MC e abordagem VaR na análise de rendibilidade e de risco do investimento em projetos tipo ESCO. Considerando esse propósito, é aplicada uma pesquisa exploratória através da estratégia de estudo de caso. O estudo de caso incide sobre o desenvolvimento e avaliação da rendibilidade e do risco dum projeto tipo ESCO para a melhoria da eficiência energética dum Hotel.

A estrutura deste capítulo é a seguinte: primeiramente são introduzidas as partes envolvidas no projeto, em seguida é apresentada uma descrição das características do projeto, assim como das etapas da sua implementação. Finalmente, é apresentado um desenvolvimento detalhado de resultados e discussão da análise de rendibilidade e risco de cada medida de EE, através de uma abordagem que combina os métodos de simulação MC e VaR.

3.1. Partes Envolvidas

O projeto ESCO em estudo, é um projeto proposto pela GALP e Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), para implementar num Hotel.

3.1.1. A Galp

A Galp é uma empresa que fomenta a inovação e a Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (I&D) e procura constantemente desenvolver soluções, nomeadamente, ao nível da eficiência energética. A Galp investe o seu capital principalmente em projetos que permitam alcançar um aumento de valor e com exposição mínima e controlada a riscos. A Galp Soluções de Energia (GSE) é uma unidade orgânica da Galp que se dedica a projetos ESCO. Ou seja, esta unidade é especializada no desenvolvimento e implementação de soluções integradas de

eficiência energética, dando resposta a desafios colocados pelos seus clientes, e que incorporam constantes preocupações em termos de inovação e melhoria contínua.

De acordo com Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (BCSD Portugal), A Galp é hoje o único grupo integrado de produtos petrolíferos e gás natural de Portugal, por sua vez, incorpora os princípios e temas fundamentais da responsabilidade social no plano ético, social, económico e ambiental na cultura, na estratégia, nos atos de gestão e nas atividades. Estes princípios são também transversais à relação com os colaboradores, fornecedores, clientes e acionistas e com todos os que, direta ou indiretamente, são envolvidos ou dependem das atividades da empresa.

3.1.2. Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ)

O ISQ, é uma entidade privada e independente, que presta serviços de inspeção, ensaio, formação e consultoria técnica. Da análise e verificação de projetos, auditorias e diagnósticos, à realização de estudos de engenharia, cobrem ainda os aspetos relacionados com a segurança industrial, prestam serviços de assistência técnica permanente aos clientes na melhoria do seu desempenho e na redução do risco e consultoria na implementação de sistemas de gestão de qualidade, ambiente e segurança certificáveis.

3.1.3. O Hotel

Para assegurar a redução sustentada do consumo de energia e dos custos associados, assim como a redução da pegada de CO₂, o Hotel implementou um contrato de performance energética, em que a Galp Soluções de Energia ficou de assegurar a conceção, investimento e implementação das medidas necessárias, partilhando as poupanças geradas de energia e na fatura energética.

O Hotel integra um edifício em que a utilização de infraestruturas e alguns equipamentos no limite da duração económica e com perfis de eficiência energética baixos, tornam os custos de energia bastante elevados e com peso significativo e crescente nas contas de exploração do hotel.

O Hotel adota uma estratégia baseada na implementação de soluções tecnológicas adaptadas à sua realidade. As soluções baseiam-se na utilização de tecnologias inovadoras que potenciam as energias renováveis e promovem a utilização racional e eficiente da energia. Estas soluções contemplam processos de financiamento e uma avaliação das possibilidades de captação de fundos de apoios e incentivos. A sua implementação visa a otimização dos consumos energéticos e a redução da fatura energética sem quaisquer limitações à atividade e/ou à produção.

O custo de implementação dos investimentos do projeto, conta com o apoio fundamentalmente de empresa Galp e ISQ, empresas que normalmente, desenvolvem, projetam e até financiam projetos de eficiência energética, tendo a seu cargo a instalação e manutenção de equipamentos, assim como as medições e verificação das poupanças obtidas.

3.2. O projeto de eficiência energética

O projeto de eficiência inclui a realização de um diagnóstico preliminar, auditoria energética, projeto de eficiencia energética e posteriormente implementação.

O projeto Hotel Energeticamente Eficiente (HEE), tem a duração de 10 anos e resultou de uma parceria entre a GSE e o ISQ, com vista a maximizar a credibilidade, robustez e qualidade técnica. A parceria assegura também a capacidade de implementação e execução das ações (fig.6).

A GSE e ISQ, propuseram-se implementar todas as medidas de eficiência energética identificadas, com as seguintes condições comerciais:

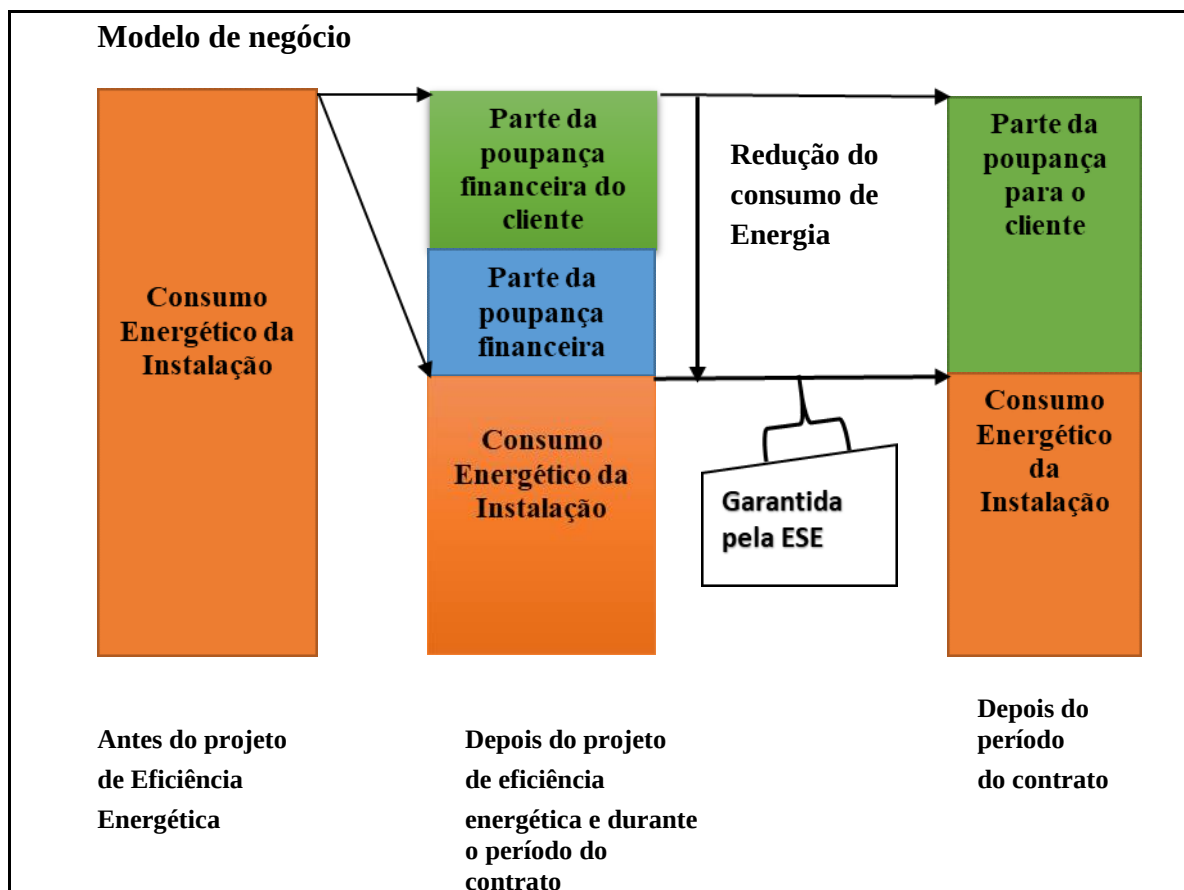
-  Duração do projeto: 10 anos;
-  Valor faturado ao Hotel: 85% das poupanças anuais medidas;
-  As tarifas de energia térmica e elétrica consideradas no decorrer do projeto são as atualmente suportadas pelo cliente (Energia elétrica: 0,07626€/kWh; Energia Térmica: sendo as mesmas revistas anualmente em função do IPC;
-  Faturação mensal;

✚ O pagamento pelos serviços prestados está vinculado a obtenção de economia através da introdução de medidas de poupança e eficiência energética;

✚ Toda a metodologia considerada na projeção e medição futura das poupanças de energia segue o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (IPMVP).

Galp e ISQ propõem-se implementar o projeto, investindo nas medidas e soluções técnicas identificadas e remunerando-se em 85% das poupanças durante 10 anos.

Figura 6 - Modelo de negócio do projeto de eficiência energética



Fonte: Elaboração própria

A implementação deste modelo do projeto no Hotel tem como principais objetivos:

✚ Aumentar a eficiência energética do hotel;

✚ Reduzir a fatura energética; e

✚ Aumentar a autonomia energética do hotel com a incorporação de medidas de produção de energia renovável.

Para Medina et al, (2013), as empresas têm interesse em investir em projetos de eficiência energética e obter seus benefícios económicos, porém estas enfrentam duas dificuldades: a correta identificação dos investimentos necessários para melhorar a eficiência energética; e a avaliação de risco para estes investimentos.

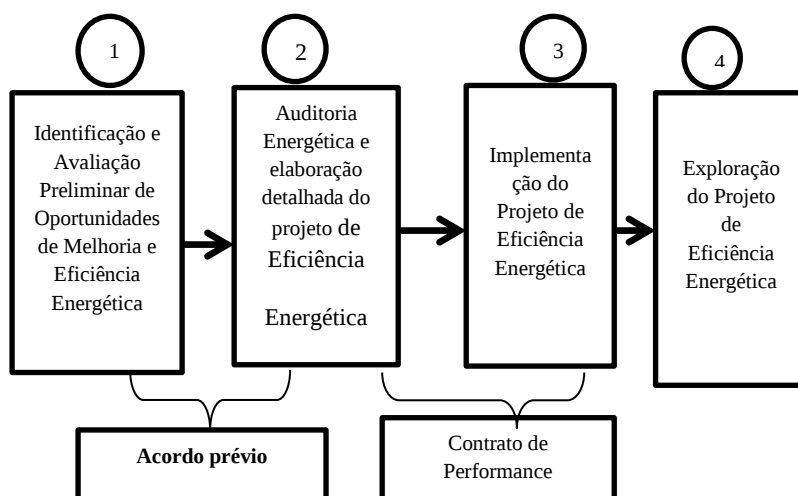
O projeto em causa, não considerou avaliação de riscos. A avaliação do projeto consistiu apenas na determinação do VAL e outros indicadores de rentabilidade através de estimativas dos valores determinísticos.

Tendo em vista o objetivo do presente estudo, procede-se seguidamente ao desenvolvimento de uma análise detalhada de rentabilidade e de risco de investimento em cada medida de EE, através de uma abordagem que combina os métodos de simulação Monte Carlo e *Value at Risk*.

3.3. Fases da implementação do projeto ESCO no hotel

O projeto ESCO, integrou conjuntos de atividades desenvolvidas pelos técnicos do projeto (tabela 3), que visam primordialmente encontrar medidas para redução dos custos e dos consumos de energia no hotel.

Tabela 3 - Fluxograma das fases de implementação do projeto de eficiência energética



Fonte: Elaboração Própria

Etapas 1

Nesta fase procedeu-se à avaliação técnico-económica preliminar das oportunidades de melhoria de eficiência energética. Onde foram desenvolvidas as seguintes tarefas:

-  Recolha de informação;
-  Visita técnica preliminar às instalações;
-  Avaliação energética;
-  Identificação inicial de soluções e medidas.

Etapas 2

Nesta etapa, desenvolveu-se as seguintes atividades:

-  Realização de auditoria energética detalhada;
-  Identificação e seleção das medidas e soluções de eficiência energética a integrar no Projeto;
-  Estimativa detalhada dos custos e benefícios totais do Projeto;
-  Preparação de lista integral de medidas, equipamentos e respetivas especificações técnicas detalhadas.

O acordo prévio define o âmbito e fases do desenvolvimento do projeto.

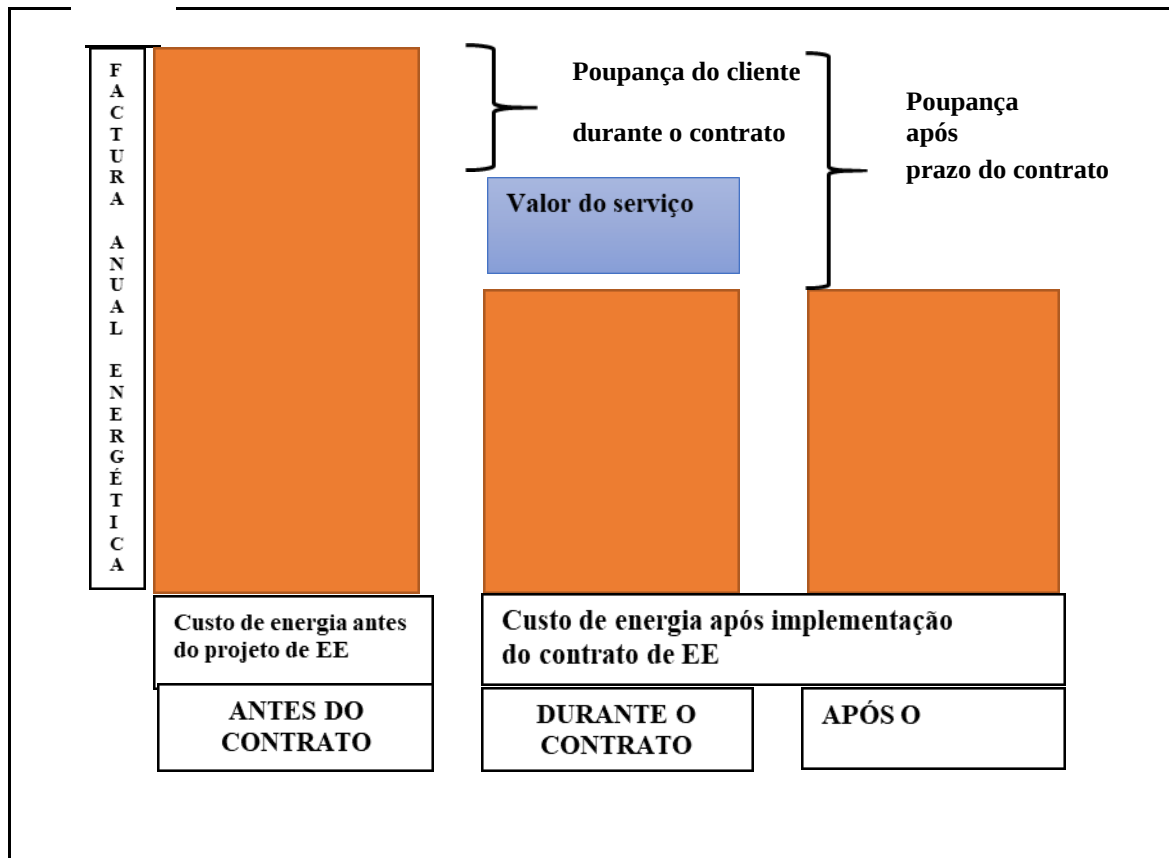
Etapas 3

Os técnicos do projeto procederam as seguintes atividades:

-  Definição do plano de implementação do Projeto;
-  Elaboração de projetos de engenharia;
-  Aquisição e instalação das soluções tecnológicas;
-  Desenho e implementação de sistema para medição e verificação das receitas/poupanças do Projeto.

Para a definição, financiamento, implementação e exploração do projeto que consiste entre o fornecedor do serviço de energia (ESCO) e o cliente (Hotel), e que garante ao cliente a concretização dos benefícios previstos, chama-se de Contrato de Performance (fig. 7).

Figura 7 - Modelo do Contrato de Performance a aplicar no Hotel



Fonte: Elaboração própria

Etapa 4

Esta é fase da exploração do projeto, caracterizado da seguinte forma:

- ✚ Operação e manutenção das soluções tecnológicas;
- ✚ Medição e verificação periódica das receitas/ poupanças do Projeto;
- ✚ Partilha de receitas/ poupanças do projeto.

3.4. Diagnóstico e avaliação dos investimentos em Eficiência Energética no Hotel

De acordo com Härus (2009) e Medina et al. (2013), é necessário aplicar ferramentas que permitam fazer uma correta análise de engenharia, ou seja, um correto diagnóstico energético para obter valores confiáveis sobre os consumos atuais e a economia de energia que pode ser atingida.

O diagnóstico é uma ferramenta base de suporte à análise dos processos consumidores de energia. A sua aplicação permitiu conhecer com fiabilidade a situação atual do Hotel, apurando os principais fatores de ineficiências energéticas e respetivas medidas de melhoria.

Com base na informação produzida pelo diagnóstico, foi possível identificar oportunidades de melhoria do desempenho energético, conceber medidas técnicas, assim como os respetivos investimentos necessários para melhorar a eficiência energética. A conceção do projeto desenvolveu-se em 4 níveis (tabela 4).

Tabela 4 – Níveis do projeto com vista a maximização do desempenho energético

Projeto de Eficiência Energética	1. Projeto Hotel Eficientemente Eficiente
	2. Conceção de Solução Técnica
	3. Medidas de Eficiência Energética
	4. Medidas de Produção autónoma de Energia

Fonte: Elaboração Própria

3. 4.1. Projeto Hotel Energeticamente Eficiente

De acordo com Cicone et al., (2007) e Medina et al, (2013), a eficiência energética é uma medida fundamental para manter um crescimento saudável nas empresas por meio de instalações mais eficientes.

A finalidade do projeto consistiu em criar uma identidade dum hotel energeticamente eficiente, que fosse uma referência na utilização eficiente de energia. Na tabela 5, foram identificadas medidas que visam a otimização dos consumos de energia e soluções de produção autónoma.

Tabela 5 - Medidas que visam a otimização do consumo de energia nas principais áreas de consumo e soluções de produção autónoma.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA Medidas que visam a otimização dos consumos de energia nas principais áreas de consumo: •Substituição de Chillers e bombas •Recuperação de energia térmica dos chillers para AQS e piscinas •Otimização consumo energia térmica AQS •Substituição sistema de bombagem de água fria •Substituição de motores elétricos de UTA's, UTANs, VEs e Vis •Substituição de iluminação por iluminação mais eficiente •Sistema de Gestão de Energia •Implementação de boas práticas na área de eficiência energética na gestão e ocupação do hotel; •Sensibilização dos colaboradores para as boas práticas de eficiência energética	Hotel Eficiente	PRODUÇÃO AUTÓNOMA DE ENERGIA Soluções de produção autónoma de energia nomeadamente, através de fontes de energia renováveis, com vista à redução da dependência energética: • Central Solar Térmica; • Cogeração a Gás Natural;

Fonte: Elaboração própria

3.4.2. Conceção de Solução Técnica

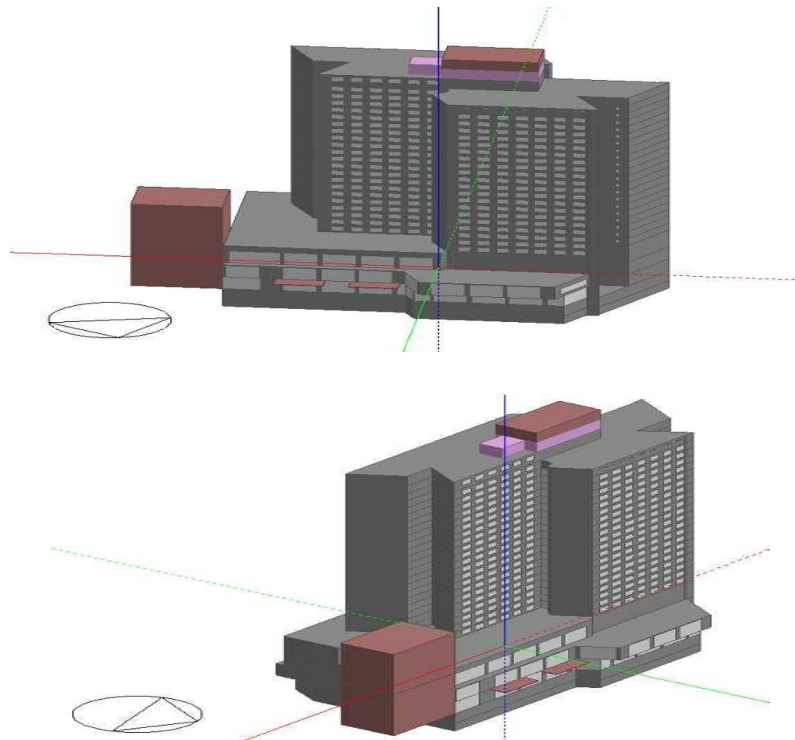
As soluções baseiam-se na utilização de tecnologias inovadoras que potenciam os sistemas, as energias renováveis e promovem a utilização racional e eficiente da energia.

De acordo com Mills et al., (2006), é necessária uma análise robusta de aspetos físicos da eficiência energética e uma correta tradução desses dados físicos na linguagem dos investimentos, pois muitos dos investimentos relacionados com a energia são feitos sem clara compreensão dos seus valores financeiros e riscos associados.

A implementação da auditoria energética ao hotel, tornou possível conhecer de uma forma detalhada a caracterização energética dos sistemas principais consumidores.

Os técnicos do projeto, através da realização de um modelo geométrico computacional do hotel, fizeram uma simulação do comportamento do edifício de forma a identificar a melhor solução técnica para o caso em concreto (fig. 8).

Figura 8 - Projeto design e engenharia do hotel



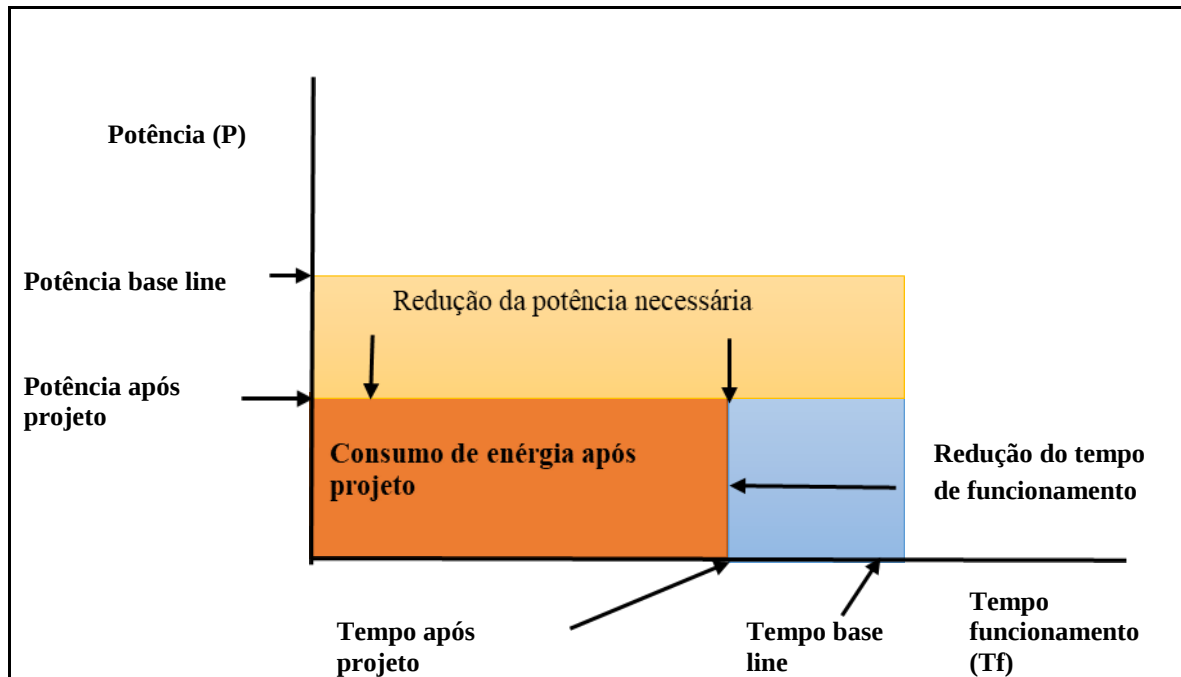
As soluções técnicas propostas pelos técnicos do projeto contemplam-se os seguintes:

- ✚ Alteração lay-out de central térmica (com redução significativa do espaço ocupado);
- ✚ Substituição da caldeira;
- ✚ Substituição de permutadores de calor;
- ✚ Substituição de bombas de circulação;
- ✚ Substituição de permutadores AQS;
- ✚ Traçado de rede de tubagens;
- ✚ Instalações elétricas e de comando associadas;
- ✚ Substituição de motores elétricos (UTA's, UTANs, Ves, Vis);
- ✚ Substituição de chillers;
- ✚ Efetuar a recuperação de calor dos chillers para AQS e piscinas;
- ✚ Substituição de Iluminação;
- ✚ Central Solar Térmica, e;
- ✚ Cogeração.

3.5. Análise de rendibilidade e risco das medidas de eficiência energética

As diversas medidas do projecto de EE em estudo, visam proporcionar poupanças energéticas, por via do aumento de eficiência dos equipamentos (redução da potência necessária) e pela minimização do desperdício (redução do tempo de funcionamento) (fig. 9). Estas soluções abrangem de uma forma transversal as necessidades do Hotel, oferecendo um aumento da eficiência dos sistemas e eliminação dos desperdícios, resultando na diminuição da fatura de energia desde o primeiro momento, e permitir o Hotel posicionar-se no mercado como uma referência em matéria energética e ambiental.

Figura 9- Impacto das medidas do projeto



Fonte: Elaboração própria

Como abordado anteriormente, a análise financeira do projecto não previa análise de risco. O presente estudo visa analisar a rentabilidade e risco do projeto, mediante uma abordagem que combina os métodos de simulação MC e conceito de VaR.

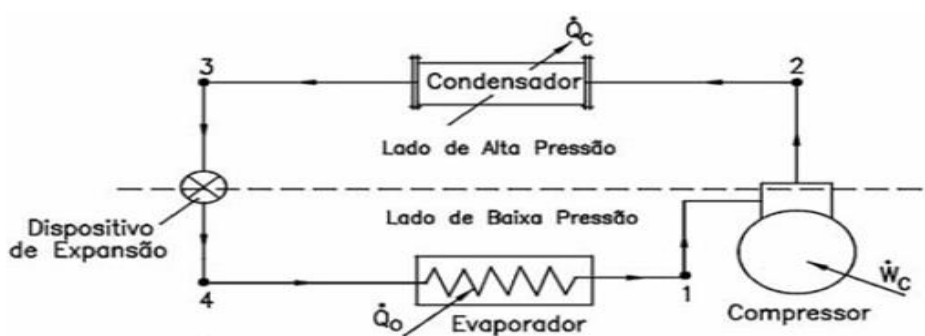
O projeto em estudo é constituído por doze (12) medidas de EE e duas (2) da produção autónoma de energia. O presente estudo de caso vai analisar um subconjunto de 6 medidas de eficiência energética. O estudo analisa de uma forma detalhada a rentabilidade e risco associados a cada uma dessas medidas, a saber:

- Medida 1 - Substituição de Chillers;
- Medida 2 - Otimização do consumo de energia térmica para AQS;
- Medida 3 - Recuperação de energia de condensação dos chillers para AQS;
- Medida 4 - Recuperação de energia térmica dos chillers para as piscinas;
- Medida 5 - Substituição de Motores de Ventiladores de UTAs;
- Medida 6 - Substituição sistema de bombagem de água fria.

3.5.1. Medida1: Substituição dos Chillers

De acordo com Medeiros e Barbosa (2009), *chiller* é uma máquina térmica que opera segundo o ciclo de refrigeração a vapor, onde o seu fluido de trabalho remove calor de um determinado meio a partir da mudança de fase. Para realizar este processo, quatro componentes principais são usados: compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador (fig. 10).

Figura 10 - Sistema de refrigeração a vapor



Fonte: Silva (2005, P.39)

Para a implementação desta medida, foi proposto a substituição dos *chillers* existentes por 2 *chillers* mais modernos e eficientes de 1Mw cada (fig. 11), perfazendo os 2 Mw de potência instalada, e a instalação de variadores de velocidade nas bombas de condensação dos chillers.

Para medir a eficiência de um equipamento deste tipo é usado o coeficiente de performance (COP), que é uma medida de eficiência fundamental e que relaciona a energia térmica transferida com o consumo de energia elétrica associado.

Figura 11 - Sistema actual de produção de água fria do hotel



A introdução de contadores de energia térmica e de energia eléctrica nos chillers, bombas do circuito de condensação e torres de arrefecimento, permitiu calcular os consumos associados aos equipamentos existentes.

Assim, de acordo com os dados em resumo da medida (tabela 6), foi definido um conjunto de variáveis e respetivos valores estimados para o cálculo de poupanças potenciais.

Tabela 6 - Dados para simulação de poupanças

Potência térmica	
Taxa média de ocupação (TO):	75%
Potência térmica média ($PTM=112*TO+163$)	247,0 Kw
Número horas referência por dia:	16 horas/dia
Situação anterior	
COP médio anterior:	1,8
Potência eléctrica média:	137,2 Kw
Consumo médio de energia eléctrica/ dia	2.196 Kwh/ dia
Consumo médio de energia eléctrica/ ano	801.378 Kwh/ ano
Situação após implementação da medida	
COP médio depois:	4,5
COP desvio padrão (6% valor médio):	0,27
Potência eléctrica média:	54,9 Kw
Consumo médio de energia eléctrica/ dia	878 Kwh/ dia
Consumo médio de energia eléctrica/ ano	320.551 Kwh/ ano

Fonte: Elaboração Própria

A tabela 6, ilustra um conjunto de dados estimados em duas situações: situação existente ou anterior e a situação após a implementação da medida. Seguidamente, detalha-se como foram feitos os cálculos de cada uma das variáveis na tabela.

A taxa de ocupação (TO) é uma variável incerta. Desta forma, assume-se a TO do hotel num valor médio de 75%. A definição de números de horas do funcionamento do aparelho do sistema proposto, é indispensável para eficiência e eficácia do sistema. Assim, foi estabelecido um período de 16 horas por dia para o funcionamento do aparelho do sistema.

A Potência Térmica (PT) é um indicador definido por um modelo de regressão linear fornecido pelos técnicos do projeto, cujos parâmetros foram obtidos através da análise de dados históricos relativos à taxa de ocupação e à potência exigida ao chiller do hotel, o qual é representado pela seguinte equação:

$$PT = 112 \times TO + 163 \quad (\text{eq. 5})$$

Substituindo a TO pelo valor médio indicado na tabela, obtém-se:

$$PT = 112 \times 0,75 + 163 = 247 \text{ Kw.}$$

COP (Coeficiente of Performance) do chiller existente (correspondente à situação anterior) é determinado através das medições efetuadas no período de diagnóstico, tendo sido determinado um valor médio de 1,8. Contudo, este parâmetro não é certo, dependendo de diversos fatores e condições de funcionamento, devendo-se por isso assumir alguma variabilidade na definição da situação após implementação da medida. Em conformidade, de acordo com as especificações dos novos equipamentos, é assumido um valor médio estimado para o COP de 4,50 e um desvio padrão correspondente a 6% do valor médio.

Sabendo o COP, e a potência térmica exigida ao chiller, podemos estimar a potência e consumo de energia elétrica para ambas as situações anteriores e depois, usando as equações seguintes:

$$\text{PE anterior} = \text{PT} / \text{COP anterior} \quad (\text{eq. 6})$$

$$\text{PEdepois} = \text{PT} / \text{COP depois} \quad (\text{eq. 7})$$

Note-se que a potência térmica exigida corresponde à necessidade do hotel e como tal é igual em ambas as situações anteriores e após implementação da medida.

Assim, substituindo os respetivos valores das variáveis na equação 6 e 7, obtém-se respetivamente:

$$\text{PE anterior} = 247 / 1,8 = 137,2 \text{ Kw}$$

$$\text{PEdepois} = 247/4,5 = 54,9 \text{ Kw}$$

O consumo médio depois (Cme depois) e anterior (Cme anterior) de energia elétrica por dia, são obtidos pelas seguintes equações:

$$\text{Cme anterior} = \text{PE anterior} \times \text{n}^\circ\text{hr} \quad (\text{eq.8})$$

$$\text{Cme depois} = \text{PE depois} \times \text{n}^\circ\text{hr} \quad (\text{eq.9})$$

Sendo “n°hr” o número de horas de utilização de referência por dia.

Assim, substituindo os valores das variáveis tem-se respetivamente:

$$\text{Cme anterior} = 137,2 \times 16 = 2196 \text{ Kwh/dia.}$$

$$\text{Cme atual} = 54,9 \times 16 = 878 \text{ Kwh/dia.}$$

O Consumo anterior (CA) e depois (CD) de energia elétrica em termos de Kwh, são obtidas pelas seguintes equações:

$$\text{CA} = \text{Cme anterior} \times 365 \quad (\text{eq.10})$$

$$\text{CD} = \text{Cme depois} \times 365 \quad (\text{eq.11})$$

Substituindo os respetivos valores das variáveis, obtém-se:

$$CA = 2196 \times 365 = 801.378 \text{ Kwh/ano.}$$

$$CD = 878 \times 365 = 320.551 \text{ Kwh/ano}$$

Desta forma, a poupança média esperada de energia elétrica (PpE) corresponde a:

$$\mathbf{PpE \text{ média} = CA - CD} \quad \mathbf{(eq. 12)}$$

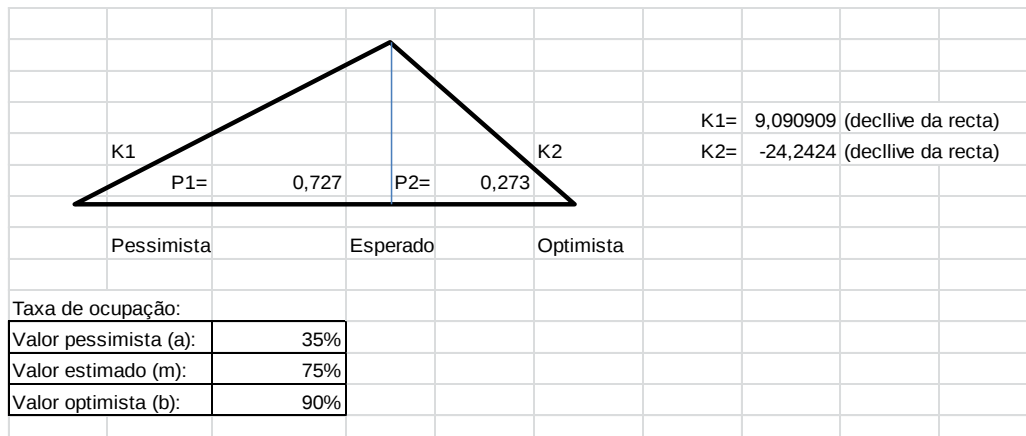
$$PpE \text{ média} = 801.378 - 320.551 = 480.827 \text{ Kwh/ano}$$

3.5.1.1. Determinação e análise das poupanças

As poupanças não são certas, na medida que dependem da TO e da COP que por sua vez variam de forma independente. Para sua estimação e aplicação na simulação de ocorrências de consumos e poupanças através do método de MC, foi assumido que a variável TO segue uma distribuição de probabilidade triangular, e que a variável COP segue uma distribuição de probabilidade normal.

Conforme a abordagem de Clark et al., (2010), a distribuição de probabilidades triangular é uma técnica comum em previsões financeiras que assume estimativas com base no pior caso ou pessimista, caso mais provável e melhor caso ou otimista. Nesta ótica, assume-se que a taxa de ocupação do hotel (TO) segue a distribuição triangular, definida por valores pessimista, mais provável e otimista. O gráfico da TO (figura 12), tem uma forma triangular que se inicia no valor pessimista ($a=35\%$), aumenta linearmente até o pico do valor esperado ($m=75\%$) e em seguida diminui linearmente até o valor otimista ($b=90\%$). Para a geração dos valores simulados de TO, são gerados valores que seguem uma distribuição uniforme de probabilidade com base na função “Rand ()” do Excel e que depois são transformados em valores de TO que seguem a distribuição estabelecida.

Figura 12 - Distribuição triangular da taxa de ocupação do hotel.



Fonte: Elaboração Própria

Na construção do gráfico da TO (figura 12), foi preciso determinar os declives das retas do gráfico. Assim, os declives foram estimados pelas seguintes fórmulas.

$$K1 = 2 / [(b-a)(m-a)] \quad (\text{eq. 13})$$

$$K2 = - 2 / [(b-a)(b-m)] \quad (\text{eq. 14})$$

Considerando que a poupança é incerta e influenciada pela TO e COP na medida que estas variam, são definidas as seguintes equações para cálculo de probabilidade e da TO do hotel:

$$P1 = (m-a) / (b-a) \quad (\text{eq. 15});$$

Em que P1 corresponde à probabilidade de TO ser inferior ao valor mais provável “m”.

$$P (TO \leq m) = P1 \quad (\text{eq. 16}).$$

Mediante a geração, através da função “Rand () ” do Excel, de valores aleatórios P (0-1) com distribuição de probabilidade uniforme, podemos obter valores de TO com distribuição de probabilidade triangular através das seguintes fórmulas:

$$\text{Se, } P \leq P1 \Rightarrow TO = \sqrt{\frac{2P}{K1}} + a \quad (\text{eq. 17});$$

$$\text{Se, } P > P1 \Rightarrow TO = b - \sqrt{\frac{2(1-P)}{-K2}} \quad (\text{eq. 18}).$$

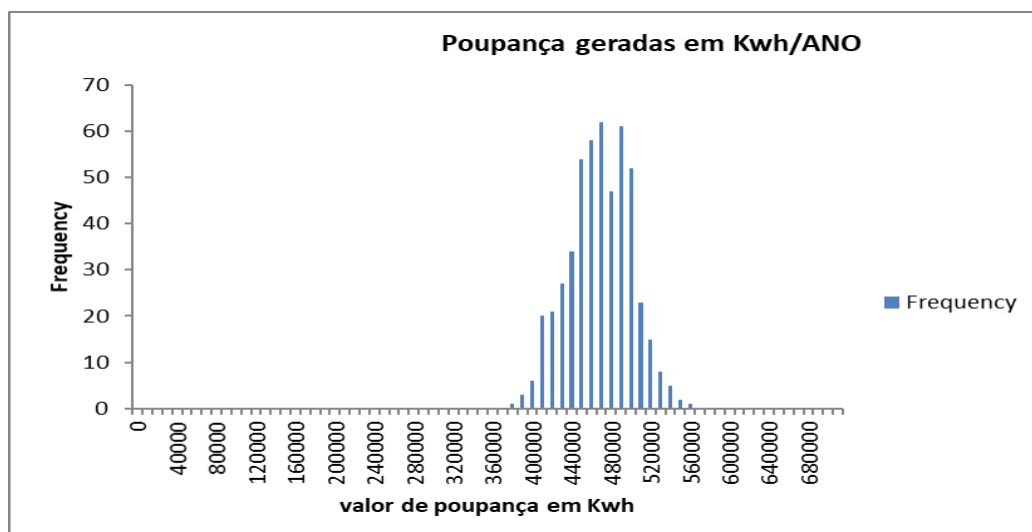
Em cada ocorrência simulada, é igualmente gerado um valor aleatório com distribuição uniforme (0-1), o qual é transformado através da função Excel “NORM.INV” num valor aleatório de COP, que segue uma distribuição normal de probabilidade, com valor médio de 4,5 e desvio padrão de 0,27 (tabela 6).

Desta forma, em cada ocorrência simulada são gerados valores aleatórios independentes de TO e COP que, através das equações 15 e 16, permitem determinar os consumos e poupança de energia elétrica (PpE) associados. Assim através do software Excel, após a simulação com 500 interações, os valores da poupança de energia elétrica (PE) associadas às ocorrências simuladas são calculadas pela diferença do valor do consumo anterior (CA) e o consumo após a implementação da medida (CD). De acordo com a equação.

$$PpE(\text{Kwh/ano}) = CA - CD \quad (\text{eq. 19})$$

O gráfico da fig. 13 mostra a distribuição dos valores das poupanças de energia elétrica em Kwh/ano resultante das simulações.

Figura 13 - Distribuição de poupanças elétrica em Kwh/ano geradas pela simulação



Fonte: Elaboração Própria

Pelo gráfico gerado, pode-se ver que a medida possui uma maior frequência de poupanças de 480.000 Kwh e um conjunto de poupanças com altas frequências situadas entre 440.000 Kwh a 500.000 Kwh.

3.5.1.2. Análise de Viabilidade

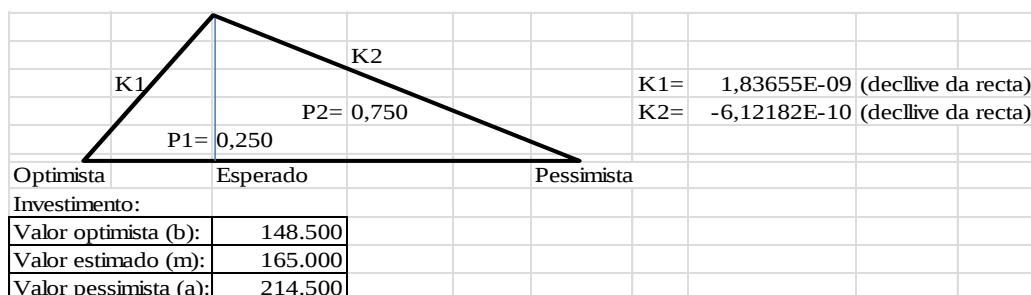
O projeto do investimento em estudo foi analisado num prazo de 10 anos. O investimento (I) neste estudo é tido como variável incerta. Para tal, foi assumido uma distribuição de probabilidade triangular para ilustrar a sua volatilidade através dos seguintes parâmetros: um valor otimista (b) de 148.500€ correspondente a 90% do investimento esperado (m), que é de 165.000€, e um valor pessimista (a) de 214.500€ correspondente a 130% do investimento esperado (fig. 14).

A fig.14 mostra a distribuição de probabilidade considerada para tratar a volatilidade do investimento. Os valores dos declives da reta K1 e K2, foram calculados mediante as equações 13 e 14 respetivamente. O valor de P1 é 25%, correspondente à probabilidade de I ser inferior ou igual ao valor “m” e é obtido pela equação 16. Substituindo nas equações 17 e 18, a variável TO por I, é possível determinar o valor do investimento a associar a cada interação da simulação.

$$\text{Se, } P \leq P1 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{2P}{K1}} + a \quad (\text{eq. 20});$$

$$\text{Se, } P > P1 \Rightarrow I = b - \sqrt{\frac{2(1-P)}{-K2}} \quad (\text{eq. 21});$$

Figura 14 - Distribuição de probabilidade triangular de variável investimento.



Fonte: Elaboração Própria

Deste modo, dado que as variáveis TO, COP e I são consideradas independentes, para cada iteração da simulação, são gerados três valores aleatórios com distribuição uniforme (0-1) que são transformados nos valores de TO, COP e I a considerar nessa iteração, em conformidade com as respetivas distribuições de probabilidade estabelecidas.

A determinação da receita anual da ESCO é obtida a partir do valor da poupança anual em energia elétrica (PpE) simulada, em kwh/ano, multiplicado pela tarifa média de eletricidade estipulada em 0,0762 €/Kwh e pela fração de 85% correspondente à receita da ESCO, conforme a seguinte fórmula.

$$\text{Receita ESCO (€)} = \text{Poupança simulada (Kwh)} \times 0,0762 \text{ (€/Kwh)} \times 85\% \quad (\text{eq. 22})$$

O custo anual de operação e manutenção, foi estimado em 0% do investimento, assumindo-se que nesta medida o custo respetivo fica a cargo do Hotel. Para o valor da amortização, foi considerado 10%/ano sobre o valor do investimento na implementação da medida (amortização anual = $0,1 \times I$).

Para taxa de desconto, ou seja, a taxa mínima de atratividade, utilizou-se o WACC real previamente calculado, estimado em 9,10 %/ano. Já em relação aos impostos é a taxa de IRC, projetada conforme a legislação vigente, a lei nº 55-A/2012, a taxa de IRC foi de 26,50% / ano.

Desta forma, o valor do cash flow (CF) para cada ano n (1 a 10) de exploração do projeto, é determinado através da seguinte equação:

$$\text{CF}(n) = \text{Receita ESCO} \times (1 - T) \times (1 - g)^n + 0,1 \times I \times T \quad (\text{eq. 23})$$

Para cálculo do VAL associado a cada iteração da simulação, é aplicada a seguinte fórmula, sendo a TIR associada o valor de WACC que anula o VAL.

$$\text{VAL} = -I + \sum \text{CF}_n / (1 + \text{WACC})^n \quad (\text{eq. 24})$$

Primeiramente, a viabilidade económica do projeto é analisada de uma forma determinística, sendo determinado o valor do VAL planeado com base nos valores estimados mais prováveis, não considerando a incerteza e variabilidade associadas a alguns dos parâmetros do projeto. A tabela abaixo mostra os resultados para a vida do projeto (10 anos) em termos de “cash flow”, VAL planeado e TIR.

Tabela 7 - Determinação de Cash Flows, VAL e TIR, com base nos valores estimados

Cash Flow											VAL esperado	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAL	TIR
-165,000	27,606	27,955	28,308	28,667	29,032	29,402	29,777	30,158	30,545	30,938	20,146.76 €	11.8%

Fonte: Elaboração Própria

Nesta perspetiva determinística e segundo o critério da TIR, a taxa mínima de atratividade (neste caso WACC), é a taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento. Caso o projeto seja atrativo, a TIR supera WACC, o que sucede neste caso, como pode ver-se na tabela 7 (Galesne, 1999; Firmino et al, 2012).

Segundo Reis et al. (2015), o método do VAL compara todas as entradas e saídas de dinheiro na data inicial do projeto, descontando todos os valores futuros do fluxo de caixa na taxa de juro (i) que mede o custo de capital.



VAL = 0 – é indiferente aceitar ou não;



VAL > 0 – o projeto é aceite;



VAL < 0 – o projeto é rejeitado.

Assim, de acordo com a tabela 7, obtém-se VAL positivo, pelo que o projeto é deve ser aceite.

Seguidamente, é analisada a distribuição provável do VAL do projeto considerando a variação esperada dos parâmetros sujeitos a incerteza e variabilidade. Desta forma, para cada uma de 500 iterações da simulação através do método MC (operacionalizado no software Excel), foram obtidos os valores de poupança de energia e de investimento, que por sua vez permitem calcular o cash flow anual e VAL associados. A figura 15, ilustra os outputs do gráfico VAL resultante das 500 iterações no Excel.

O *Value at Risk* dum projeto de investimento é o valor máximo que se pode perder, durante o prazo do projeto, considerando um certo nível de significância. Por exemplo, para o caso em concreto, é definido três níveis a saber: 1%, 5% e 10%.

De acordo com a equação 4, o VaR é a diferença entre o VAL planeado e o VAL máximo que corresponde a uma probabilidade acumulada de 1%, 5% e 10%, isto é: **VaR = VAL planeado – VAL (percentil 1%, 5% e 10%)**, em que VAL (percentil 1%, 5% e 10%) é o majorante de VAL do conjunto % de ocorrências de simulação (ordenadas crescentemente em função de VAL).

De acordo com a tabela de frequências absolutas e probabilidade acumulada do VAL (**anexo I**), os majorantes do VAL percentil de 1% e 5% podem ser identificados diretamente e assumem os valores de -35000€ e -22500€ respetivamente. Caso não exista um valor direto do VAL para o percentil desejado, terá que se proceder à interpolação linear com base nos valores das probabilidades imediatamente inferior e superior ao percentil, e respetivos valores do VAL, através da seguinte fórmula:

$$VAL(\text{percentil } X\%) = \frac{VAL(b\%) - VAL(a\%)}{b\% - a\%} (X\% - a\%) + VAL(a\%) \quad (\text{eq. 25});$$

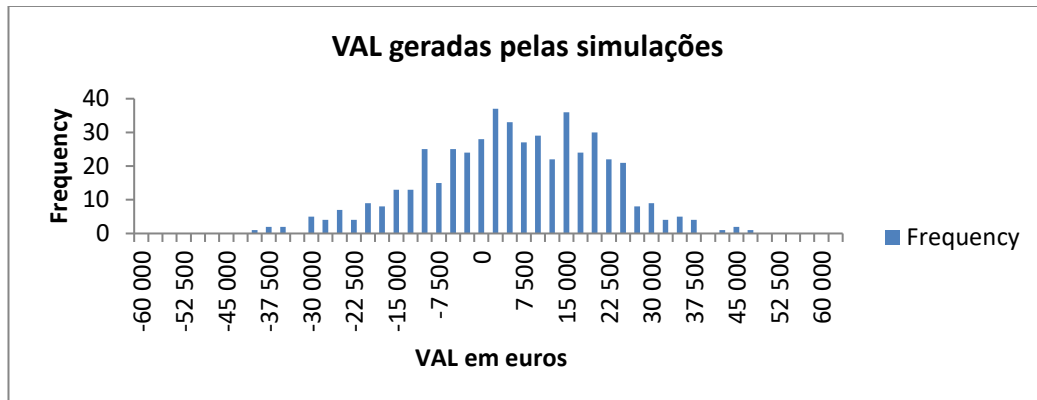
Sendo a% e b% respetivamente os valores das probabilidades imediatamente inferior e superior ao percentil X%, e respetivos valores do VAL, VAL (a%) e VAL (b%).

Assim sendo, por exemplo, o VAL (10%) será calculado da seguinte forma:

$$VAL(\text{percentil } 10\%) = \frac{-15000 - (-17500)}{11\% - 8,4\%} (10\% - 8,4\%) - 17500 = -15961,54.$$

A figura 15, ilustra os outputs através do histograma do VAL resultante de 500 interações no Excel.

Figura 15 – Histograma do VAL



Fonte: Elaboração Própria

Para estimar o VaR desta medida, é aplicada a equação 4, para cada nível de significância sugerida, como se segue:

- ✚ VaR (1%) = VAL médio – VAL (percentil 1%)
- ✚ VaR (5%) = VAL médio – VAL (percentil 5%)
- ✚ VaR (10%) = VAL médio – VAL (percentil 10%)

A abordagem probabilística dos valores gerados ao longo de simulações com 500 interações é o foco da análise do VaR para as medidas neste estudo. Saber quanto se pode perder na implementação de cada medida de eficiência energética, significa aplicar a equação 4 é a medida de estimação adequada para tal.

A tabela 8 ilustra o resumo dos resultados de cálculo dos VaRs conforme explicito nas abordagens anteriores.

Tabela 8 - Cálculo dos VaRs

VAL (1%) =	-35.000 €
VaR (1%) = 20.146,76 – (- 35.000) =	55.146,76 €
VAL (5%) =	-20.625,00 €
VaR (%) = 20.146,76 – (- 20.625,00) =	40.771, 76€
VAL (10%) =	-15.961,54 €
VaR (10%)=20.146,76 – (- 15.961,54) =	36.108,30 €

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a equação 4, o VaR é um valor calculado com base na diferença do VAL planeado e o VAL em percentil. Assim, pode-se avaliar o risco e a viabilidade económica e financeira de implementação da medida. Deste modelo, de acordo com o conceito de VaR, existe uma probabilidade de 99% de as perdas não serem superiores VaR 1% (55.146,76€), uma probabilidade de 95% de que as perdas sejam menores que VaR 5% (40.771, 76€) e uma probabilidade de 90% das perdas serem menores que VaR 10% (36.108,30€). De outra de forma pode ler-se que a medida possui a probabilidade de 1% de a perda ser superior a 55.146,54€, a probabilidade de 5% de uma perda superior a 40.772,00€ e uma probabilidade de 10% de perder mais do que 36.108,30€.

Considerando ter a avaliação de vários projetos em carteira, o interesse é descobrir quais medidas do projeto têm maior probabilidade de atender às expectativas. Uma abordagem melhor seria avaliá-los com base em uma taxa ajustada ao risco. O índice de rendibilidade planeado de um projeto (IR) é um critério de avaliação de projetos baseado no rácio entre o VAL esperado do investimento e o próprio investimento planeado (Porfírio et al., 2004), ou seja, mede a rendibilidade efetiva por unidade de capital investida (Silva, 1999). Face ao exposto, interessa calcular o índice de rendibilidade planeado (IR) para cada medida e o índice de rendibilidade ajustado com o risco (IRAR) e comparar, conforme recomendado por Pergler & Rasmussen (2014).

$$\text{IR} = \text{VAL esperado} / \text{Investimento planeado} \quad (\text{eq. 26})$$

$$\text{IRAR} = \text{VAL esperado} / (\text{Investimento planeado} + \text{VaR}) \quad (\text{eq. 27})$$

Quanto maior for o índice de rendibilidade ajustado o projeto é mais interessante, e de priorização. A tabela 9 ilustra os resultados dos respetivos índices de rendibilidade para esta medida.

Tabela 9 - Índice de rendibilidade planeado e ajustado

IR= 20146,76/165000	0,1221
VaR (1%) =	55.146,76 €
IRAR (1%) = 20146,76/(165000+55146,76)=	0,09152
VaR(5%) =	40771,76 €
IRAR(5%) = 20146,76/(165000+40771,76)=	0,09791
VaR (10%) =	36108,30 €
IRAR (10%) = 20146,76/(165000+36108,30)=	0,10018

Fonte: Elaborado própria

Tendo estes resultados, torna interessante calcular outro indicador de risco a que chamamos de Valor Percentual do Investimento em Risco (VPIR %), este indicador visa proporcionar uma avaliação relativa do risco de cada medida, e que vai ser útil para comparar o risco das medidas de eficiência.

$$\text{VPIR (\%)} = \text{VaR/Investimento planeado} \quad (\text{Eq. 28}).$$

A tabela 10, ilustra os resultados do VPIR% relativa aos níveis de significância do VaR (1%, 5% e 10%).

Tabela 10- Valor percentual do investimento em risco – VPIR (%)

VPIR (%) relativa a VaR (1%) =	0.33422297
VPIR(%) relativa a VaR (5%) =	0.24710158
VPIR (%) relativa a VaR (10%) =	0.21883818

Fonte: Elaboração própria

Em síntese, tomando a medida de VaR 5% (tabela 8), o investimento médio de 165.000 € nesta medida de eficiência energética proporciona um VAL planeado de 20.146,76€, mas tem um risco associado considerável que se traduz numa perda máxima de 40.771,76€ para uma probabilidade de 95% ou nível de significância de 5%. Comparando os índices de rendibilidades obtidos, observa-se que de acordo com os resultados da tabela 9, o IR para o investimento desta medida é de 12,21%, enquanto que os valores do IRAR para os níveis de

significância (1%, 5% e 10%), são consideravelmente inferiores, o que ilustra o impacto do risco na rendibilidade desta medida. A tabela 10, tomando valor para VPIR (%) relativa a VaR (5%), ilustra que o investimento para esta medida está associado a 24,71% do grau de risco. Comparando com o IR estimado (percentagem de criação de valor relativamente ao investimento) de 12,21%, podemos concluir que esta medida apresenta um risco elevado quando comparado com o potencial de criação de valor. Ou seja, existe uma perda potencial máxima de 24,71% do investimento e uma criação potencial de valor de apenas 12,21% do investimento.

3.5.2. Medida2: Otimização do consumo de energia térmica para AQS

A produção de águas quentes sanitárias (AQS) envolve elevados consumos de energia. Uma utilização eficiente destes sistemas possibilita a redução do consumo de eletricidade assim como a minimização dos impactos ambientais associados ao consumo.

De acordo com (Mota, 2014), a principal medida para redução dos consumos associados ao aquecimento de águas, reside diretamente da diminuição do consumo de água quente. Contudo nos estabelecimentos hoteleiros esta redução é difícil de controlar, pois além do consumo dos hóspedes existe ainda um consumo específico associado às cozinhas e lavandarias, pelo que existem outras medidas que podem ser tomadas para poupar a produção de AQS, sem que o conforto seja posto em causa.

Para implementação desta medida, os técnicos do projeto após o diagnóstico propuseram implementar um conjunto de soluções que devem ser aplicadas para poupar energia no sistema de produção de AQS:

-  Instalação de variadores de velocidade de bombas;
-  Controlo de temperatura do retorno AQS aos quartos;
-  Válvula de mistura modelante em função da temperatura;
-  Controlo da temperatura do retorno AQS à cozinha, vestiários, zonas públicas e SPA;
-  Comando por horário e temperatura.

3.5.2.1. Determinação e análise das poupanças

O consumo médio diário de energia elétrica após a implementação, estimado com base nas características dos variadores de velocidade das bombas, é de 13 Kwh/dia. Os consumos anuais depois (Cme depois) e anterior (Cme anterior) são obtidos pelas seguintes equações:

$$\text{Cme depois anual} = \text{Cme depois diário} \times 365 \quad (\text{eq. 29});$$

$$\text{Cme anterior anual} = \text{Cme anterior diário} \times 365 \quad (\text{eq.30}).$$

Substituindo os respetivos valores das variáveis na equação 29 e 30, obtem-se:

$$\text{Cme depois anual} = 13 \times 365 = 4.745 \text{ Kwh/ano.}$$

$$\text{Cme anterior anual} = 88 \times 365 = 32.120 \text{ Kwh/ano.}$$

No que respeita à energia térmica, as soluções previstas nesta medida visam essencialmente reduzir o consumo em vazio do sistema (CV). O CV é um indicador que indica a quantidade de energia térmica requerida pelo sistema durante o período de utilização com menos necessidade e que corresponde à situação de consumo mínimo ou nulo de AQS.

O valor do parâmetro consumo médio anterior da energia térmica por dia (Cmt anterior), foi definido a partir da medição e verificação no período de diagnóstico (introdução de contadores) de energia térmica, ao qual verificou-se que as bombas funcionam 24h, tendo registado para Cmt anterior um valor de 3.850 Kwh/dia, que inclui um consumo de vazio de 1260 Kwh/dia.

Conforme mencionado, as soluções previstas visam reduzir o consumo em vazio do sistema. Contudo este parâmetro não é certo, dependendo de diversos fatores e condições de funcionamento do sistema, devendo-se por isso assumir uma variabilidade após a implementação da medida. De acordo com as características dos novos equipamentos, é assumido um valor médio estimado para CV de 504 Kwh/dia que corresponde a 40% do CV anterior e um desvio padrão correspondente a 20% do valor médio do CV de 100,8 Kwh/dia.

O consumo médio de energia térmica por dia anterior (Cmt anterior), é um indicador definido por um modelo de regressão linear fornecido pelos técnicos do projeto, cujos parâmetros foram obtidos através da análise de dados históricos relativos a TO, CV e consumo de energia térmica para AQS, o qual foi representado pela seguinte equação:

$$\text{Cmt anterior diário} = 3500 \times \text{TO} + \text{CV} \quad (\text{eq. 31})$$

Na situação anterior, substituindo a TO e CV pelos valores médios indicados na tabela 11, obtém-se:

$$\text{Cmt anterior diário} = 3.500 \times 0,75 \times 1.260 = 3.885 \text{ Kwh/dia}$$

Note-se que o valor dado pelo modelo (3.885 Kwh/dia) é ligeiramente aproximado do valor médio medido na fase de diagnóstico (3.850 Kwh/dia).

O consumo médio da energia térmica diária após a implementação (Cmt depois), é calculado mediante a simulação dos valores da TO e de CV. A TO é estimada conforme detalhado na medida 1, assumindo uma distribuição de probabilidade triangular, conforme detalhado na medida 1 (equações 17 e 18). Para a simulação da variável CV, é gerado um valor aleatório com distribuição normal o qual é transformado através da função Excel “NORM.INV” num valor aleatório da CV, que segue uma distribuição normal de probabilidade, com valor médio de 504 e desvio padrão de 100,8 (tabela 11).

O consumo médio de energia térmica anual depois (Cmt anual depois) e anterior (Cmt anual anterior) é estimado pelas seguintes equações:

$$\text{Cmt anual depois} = \text{Cmt depois diário} \times 365 \quad (\text{eq.32}) .$$

$$\text{Cmt anual anterior} = \text{Cmt anterior diário} \times 365 \quad (\text{eq. 33}).$$

Substituindo os respetivos valores das variáveis, obtém-se:

$$\text{Cmt anual depois} = 3.129 \times 365 = 1.142.085 \text{ Kwh/ano}$$

$$\text{Cmt anual anterior} = 3.850 \times 365 = 1.405.250 \text{ Kwh/ano}$$

Desta forma, a Poupança anual de energia térmica (PpT), e energia elétrica (PpE) desta medida, são obtidas respetivamente, conforme as seguintes equações respetivamente:

$$\text{PpT (Kwh/ano)} = \text{Cmt anual anterior} - \text{Cmt anual depois} \quad (\text{eq. 34}).$$

$$\text{PpE (Kwh/ano)} = \text{Cme anual anterior} - \text{Cme anual depois} \quad (\text{eq.35}).$$

Substituindo os respetivos valores das variáveis na equação 34 e 35, obtém-se:

$$\text{PpT (Kwh/ano)} = 1.405.250 - 1.142.085 = 263.165 \text{ Kwh/ano}$$

$$\text{PpE (Kwh/ano)} = 32.120 - 4.745 = 27.375 \text{ Kwh/ano}$$

Assim, a tabela 11, ilustra os respetivos dados em resumo e que depois são transportados para sua simulação no Excel.

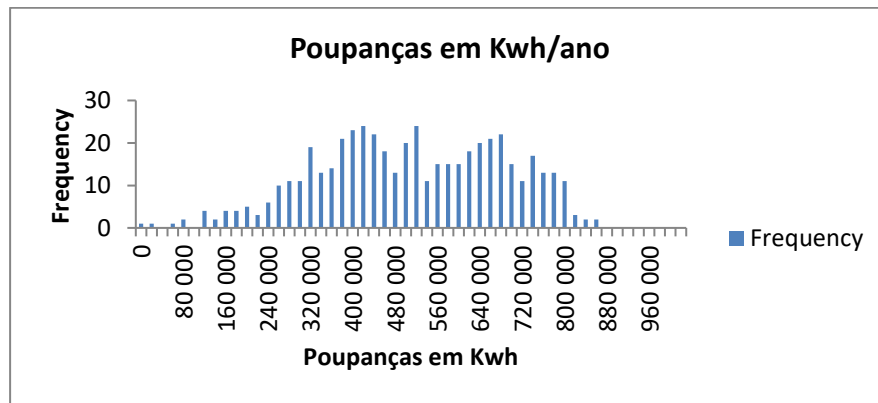
Tabela 11 - Dados para simulação de poupanças na medida

Situação anterior			
Consumo médio vazio anterior (CV):	1260,0	Kwh/ dia	
Consumo médio de energia térmica/ dia	3.850	Kwh/ dia	
Consumo médio de energia eléctrica/ dia	88	Kwh/ dia	
Consumo médio de energia térmica/ ano	1.405.250	Kwh/ dia	
Consumo médio de energia eléctrica/ ano	32.120	Kwh/ ano	
Situação após implementação da medida			
CV médio depois (40% CV anterior):	504	Kwh/dia	
CV Desvio padrão (20% valor médio):	100,8	Kwh/dia	
Taxa média de ocupação (TO):	75%		
Consumo médio de energia térmica/ dia = 3500*TO+CV	3.129	Kwh/ dia	
Consumo médio de energia eléctrica/ dia	13	Kwh/ dia	
Consumo médio de energia térmica/ ano	1.142.085	Kwh/ ano	
Consumo médio de energia eléctrica/ ano	4.745	Kwh/ ano	
Poupanças médias			
Poupança energia térmica	263.165	Kwh/ ano	
Poupança energia elétrica	27.375	Kwh/ ano	

Fonte: Elaboração Própria

Após a simulação no Excel dos parâmetros associados à poupança de energia térmica, gerou-se o gráfico com a distribuição de poupanças térmicas.

Figura 16 – Histograma de poupança em Kwh/ano geradas



Fonte: Elaboração Própria

O gráfico mostra valores máximos de poupança distribuídos com alguma dispersão entre 320.000Kwh e 800.000 Kwh.

3.5.2.2. Análise de Viabilidade

Tal como detalhados os parâmetros da receita ESCO, CF (n), e VAL na análise de viabilidade da medida 1, a determinação da receita anual da ESCO nesta medida é obtida a partir do produto da fração de 85% correspondente à receita da ESCO pela soma do valor da poupança anual em energia térmica (PpT) simulada, em kwh/ano, multiplicado pela tarifa média de gás natural estipulada em 0,0324 €/Kwh e o valor da poupança de energia elétrica (Kwh) (PpE) simulada e multiplicado pela tarifa média de eletricidade estipulado em 0,0762 €/Kwh, conforme a seguinte equação.

$$\text{Receita ESCO (€)} = [\text{PpT (Kwh)} \times 0,0324 (\text{€/Kwh}) + \text{PpE (Kwh)} \times 0,0762 (\text{€/Kwh})] \times 85\% \quad (\text{eq. 36}).$$

O Cash Flow é calculado conforme explícito na equação 23 e o VAL de acordo com equação 24. Em particular, como foi explícito anteriormente, na estimativa do investimento (I) para esta medida é assumida uma distribuição de probabilidade triangular para representar a sua

volatilidade através dos seguintes parâmetros: um valor otimista (b) correspondente a 90% do investimento esperado (m) que é de 20.542 euros, e um valor pessimista (a) correspondente a 130% do investimento esperado (Anexo II).

Primeiramente, a viabilidade económica do projeto é analisada de uma forma determinística, sendo determinado o valor do VAL planeado com base nos valores estimados mais prováveis, não considerando a incerteza e variabilidade associadas a alguns dos parâmetros do projeto. A tabela 12 mostra os resultados para a vida do projeto (10 anos) em termos de “cash flow”, VAL planeado e TIR.

Tabela 12 - Cash Flows, VAL e TIR esperado

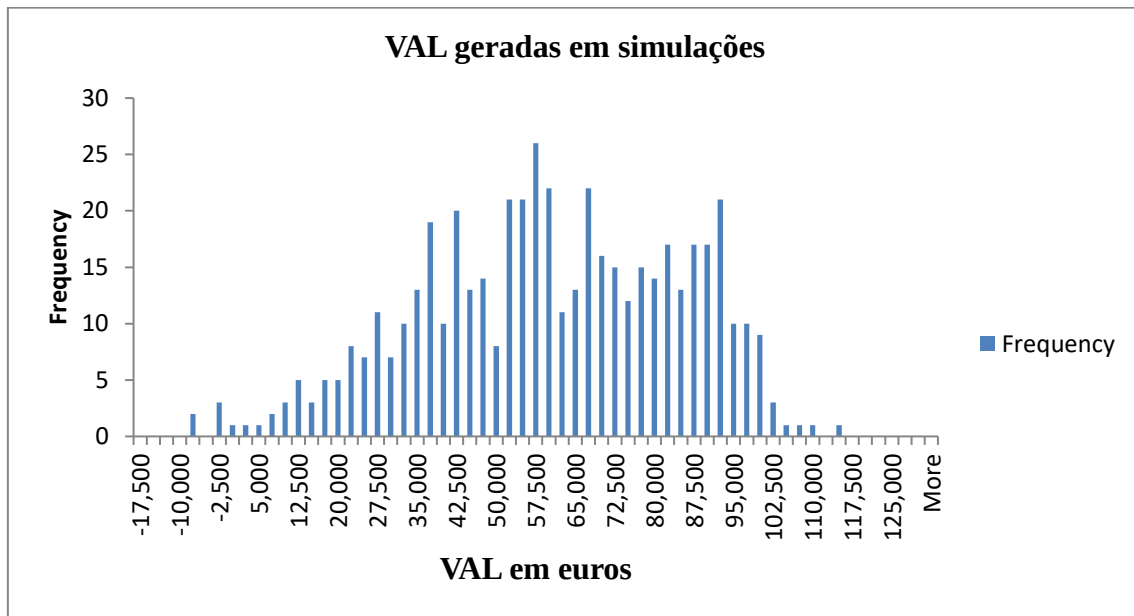
Cash Flow												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAL Esperado	TIR
-20,542	7,274	7,375	7,477	7,581	7,687	7,794	7,903	8,013	8,125	8,239	28,472 €	34.7%

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a tabela 12, nota-se que os resultados do VAL e da TIR são bastante atrativos, visto que, a TIR supera a WACC ($34,7\% > 9,1\%$), e um VAL positivo (28.472€), resultados estes que sugerem a viabilidade do projeto.

Seguidamente é aplicado o mesmo procedimento seguido na análise da medida 1, para determinação da distribuição provável do VAL desta medida, considerando a variação esperada dos parâmetros sujeitos a incerteza e variabilidade (TO, CV e I). Assim, para cada uma de 500 iterações da simulação, foram obtidos os valores de poupança de energia e de investimento, que por sua vez permitem calcular o cash flow anual e VAL associados. A figura 18 mostra o histograma do VAL resultante da simulação.

Figura 17 – Histograma do VAL



Fonte: Elaboração Própria

De acordo com os dados de tabela de frequências probabilidades (Anexo III), e por meio da equação 4, estima-se o valor em risco desta medida (tabela 13), e em seguida é calculado o índice de rendibilidade planeado (IR) e o índice de rendibilidade ajustado com o risco (IRAR) para efeito de comparação (tabela 14) e, finalmente através da equação 28, é estimado o valor percentual do investimento em risco (VPIR %) (tabela 15).

Tabela 13 - Cálculo dos VaRs

VAL (Probabilidade=1%) =	-2,500 €
Value at Risk (1%) =	30,972 €
VAL (Probabilidade=5%) =	17,000 €
Value at Risk (5%) =	11,472 €
VAL (Probabilidade=10%) =	25,909 €
Value at Risk (10%) =	2,563 €

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 14 - Índice de rentabilidade planeado e ajustado

IR =	$28472 / 20542 =$	1.38603836
VaR (1%) =		30,972
IRAR (1%) =	$28472 / (20542 + 30972) =$	0.552704119
VaR(5%) =		11,472
IRAR (5%) =	$28472/(20542+11472)=$	0.889360905
VaR (10%) =		2,563
IRAR(10%)=	$28472/(20542+2563)=$	1.232287384

Fonte: Elaboração própria

Tabela 15 - VPIR (%)

VPIR (%) relativa a VaR (1%) =	1.50774024
VPIR(%) relativa a VaR (5%) =	0.558465583
VPIR (%) relativa a VaR (10%) =	0.124768766

Fonte: Elaboração própria

De acordo com a tabela 13, a medida possui a probabilidade de 1% de a perda ser superior a 30,972 euros, a probabilidade de 5% de uma perda superior a 11,472 euros, e uma probabilidade 10% de perder mais do que 2,563 euros. Comparando os índices de rentabilidades obtidos, vê-se que de acordo com os resultados da tabela 14, o IR para o investimento desta medida é de 138,6%, o que mostra que esta medida confere um elevado potencial de criação de valor. Os valores do IRAR para os níveis de significância (1%, 5% e 10%), embora inferiores, apresentam valores atrativos, o que ilustra que o impacto do risco na rentabilidade desta medida, embora expressivo, é tolerável devido ao elevado potencial de criação de valor. Isto porque a forma de determinar a poupança é favorável à ESCO. O risco de existir menos hóspedes torna-se favorável para a ESCO porque há menos consumo e vai resultar numa poupança maior. Os resultados de poupanças esperadas não se devem ao aumento de eficiência, mas sim à redução do número de hóspedes. Na tabela 15, tomando valor para VPIR (%) relativa a VaR (5%), verifica-se que o valor de risco associado ao investimento desta medida é 55,85%, um valor relativamente alto, mas que é compensado pelo elevado potencial de poupança indicado pelo IR de 138,6%. Ou seja, existe uma perda potencial máxima de 55,85% do investimento, e um potencial de criação de valor de 138,6% do investimento. Deste modo podemos concluir que o

risco associado a esta medida, embora significativo, é aceitável face ao elevado potencial de poupança.

3.5.3. Medida 3: Recuperação de Energia de condensação dos Chillers para AQS

Segundo Vieira (2011), a energia térmica gerada nos condensadores dos chillers (rejeição de calor) é um subproduto do ciclo de refrigeração que pode ser aproveitado para soluções de reaquecimento ou pré-aquecimento do ar de insuflação, ou para apoio à produção de AQS.

A implementação de novos sistemas no hotel visa garantir uma maior eficiência nos sistemas de condensação dos chillers, assim como contribuir para a poupança de energia. Assim sendo, com base no diagnóstico, os técnicos do projeto propuseram que sejam implementadas as seguintes soluções:

-  Interligação de rede de condensação aos depósitos de AQS;
-  Adaptação dos depósitos existentes de AQS;
-  Instalação de componentes de controlo e comando.

Após a implementação desta medida, as poupanças de energia térmica serão determinadas através da medição da energia fornecida aos acumuladores de AQS com base em contadores de energia térmica a montar na ligação entre os sistemas.

3.5.3.1. Determinação e análise das poupanças

A poupança associada a esta medida corresponde à quantidade de energia rejeitada no sistema de condensação dos chillers que venha a ser consumida para aquecer água do sistema AQS. Desta forma, a poupança de energia é proporcional à taxa de ocupação do hotel.

A TO do hotel é uma variável incerta e o seu tratamento segue o procedimento explicitado na medida 1. Mediante as medições e cálculos efetuados na fase de diagnóstico, com base nas especificações dos equipamentos e considerando uma TO média de 90%, os

técnicos do projeto estimaram uma poupança térmica média nos acumuladores de AQS num valor de 256.704 Kwh/ano. A poupança associada, que corresponde ao consumo no sistema AQS da energia rejeitada na condensação dos chilres, é representada pela variável Cmt anual depois, que é estimada através da seguinte equação:

$$\text{Cmt anual depois} = 256.704 / 0,9 \times \text{TO} \quad (\text{eq. 37}).$$

Considerando um valor médio de TO de 75%, substituindo as respetivas variáveis na equação 35 obtém-se:

$$\text{Cmt anual depois} = 256.704 / 0,9 \times 0,75 = 213.920 \text{ Kwh/ano}$$

Desta forma, a Poupança anual de energia térmica desta medida (PpT), é obtida conforme a seguinte equação:

$$\text{PpT (Kwh/ano)} = \text{Cmt anual depois} - \text{Cmt anual anterior} \quad (\text{eq.38}).$$

Substituindo os valores das respetivas variáveis obtém-se:

$$\text{PpT média (Kwh/ano)} = 213.920 - 0,0 = 213.920 \text{ Kwh/ano}.$$

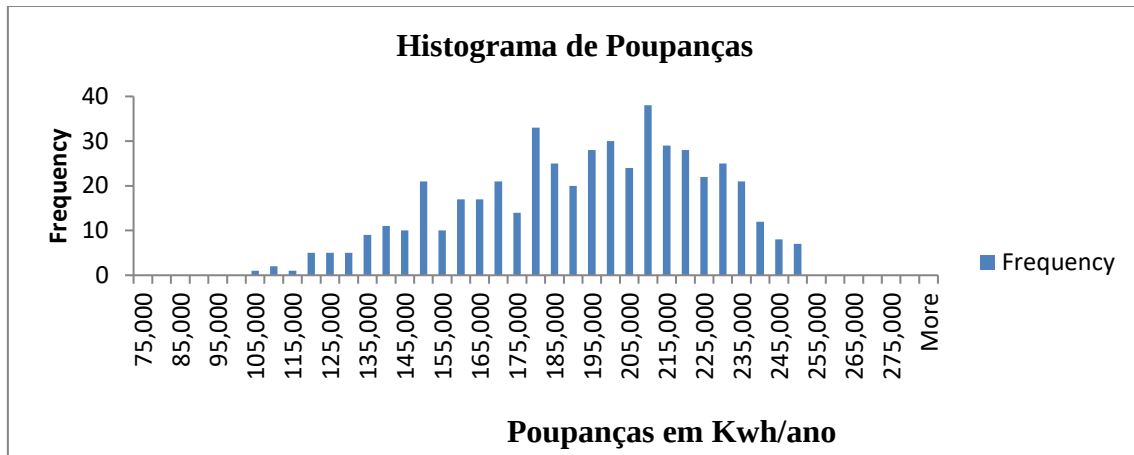
Tabela 16 - Variáveis estimadas para cálculo de poupança

Situação após implementação da medida	
Taxa de ocupação:	75%
Consumo médio de energia térmica/ ano = $256704/0,9 \times \text{TO}$	213.920 Kwh/ ano
Situação anterior	
Consumo médio de energia térmica/ ano	0 Kwh/ ano
Poupanças	
Poupança energia térmica	213.920 Kwh/ ano

Fonte: Elaboração Própria

Após a simulação com 500 interações, construiu-se o histograma das poupanças em Kwh/ano, representado na figura 20.

Figura 18 –Histograma de Poupanças



Fonte: Elaboração Própria

O histograma das poupanças (fig 20) mostra uma distribuição de forma triangular, refletindo a distribuição que é assumida para a variação da taxa de ocupação. Observa-se que os níveis de poupança com frequências maiores estão situados entre 175.000Kwh e 240.000Kwh.

3.5.3.2. Análise de viabilidade

Para análise da viabilidade, a determinação da receita anual da ESCO é obtida a partir do valor da poupança anual em energia térmica (PpT) simulada, em kwh/ano, multiplicado pela tarifa média de gás natural estipulada em 0,0324 €/Kwh e pela fração de 85% correspondente à receita da ESCO, conforme a seguinte equação.

$$\text{Receita ESCO (€)} = \text{PpT(Kwh) simulada} \times 0,0324 \text{ (€/Kwh)} \times 85\% \quad (\text{eq. 39}).$$

Em conformidade com o procedimento aplicado na medida 1, o Cash Flow- CF(n) é calculado conforme explícito na equação 23 e o VAL de acordo com equação 24 . De salientar que, conforme foi explícito nas medidas anteriores, o investimento (I) desta medida é considerado uma variável incerta, tendo assumido uma distribuição de probabilidade triangular através dos parâmetros: (b) valor otimista, correspondente a 90% do valor mais provável (m), que é de 34.520 €, e um valor pessimista (a) correspondente a 130% do investimento esperado (anexo IV).

Primeiramente, a viabilidade económica do projeto é analisada de uma forma determinística, sendo determinado o valor do VAL planeado com base nos valores estimados mais prováveis, não considerando a incerteza e variabilidade associadas a alguns dos parâmetros do projeto. A tabela 17 mostra os resultados para a vida do projeto (10 anos) em termos de “cash flow”, VAL planeado e TIR.

Tabela 17 - Cash Flows, VAL e TIR

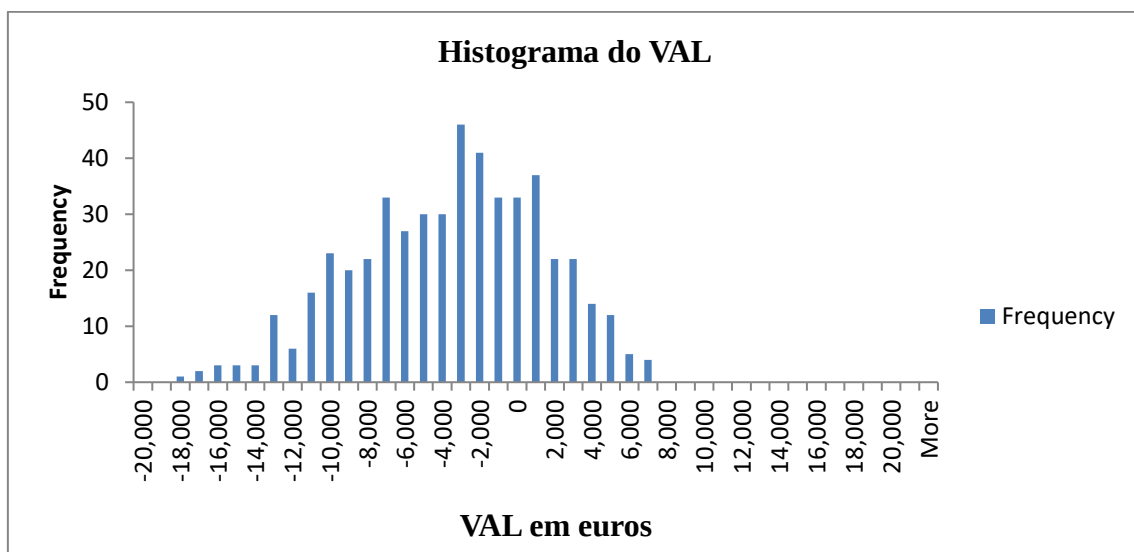
Cash Flow												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAL Esperado	TIR
-34,250	5,303	5,369	5,436	5,503	5,572	5,642	5,713	5,786	5,859	5,933	1,288 €	9.9%

Fonte: Elaboração Própria

A análise de viabilidade desta medida apresenta resultados não muito atrativos. Isto porque apesar do VAL ser positivo, a TIR que supera muito ligeiramente a WACC.

Após a simulação dos respetivos dados, considerando a variação esperada dos parâmetros sujeitos a incerteza TO e I, gerou-se os outputs para análise de risco resultando a distribuição de VAL representada no histograma da figura 21.

Figura 19 - Gráfico do VAL



Fonte: Elaboração Própria

Em conformidade com os dados do anexo V e pela equação 4, estima-se o VaR desta medida (tabela 18), e em seguida calcular o índice de rendibilidade planeado (IR) e ajustado (IRAR) para efeito de comparação (tabela 19).

Tabela 18 - VaRs

VAL (Probabilidade=1%) =	-16,333 €
Value at Risk (1%) =	17,622 €
VAL (Probabilidade=5%) =	-12,833 €
Value at Risk (5%) =	14,122 €
VAL (Probabilidade=10%) =	-10,826 €
Value at Risk (10%) =	12,115 €

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 19 - Índice de rendibilidade planeado e ajustado

IR =	1228/34520=	0.035573581
VaR (1%) =		17622
IRAR (1%) =	1228/(34520+17622) =	0.023551072
VaR (5%) =		14122
IRAR (5%) =	1228/(34520+14122) =	0.025245672
VaR (10%) =		12115
IRAR(10%)=	1228/(34520+12115) =	0.026332154

Fonte: Elaboração própria

A tabela 20, ilustra os resultados do valor percentual do investimento em risco –VPIR (%), estimado de acordo com a equação 28.

Tabela 20 - VPIR (%)

VPIR (%) relativa a VaR (1%) =	0.510486674
VPIR(%) relativa a VaR (5%) =	0.409096176
VPIR(%) relativa a VaR (10%) =	0.350955968

Fonte: Elaboração própria

De acordo com os resultados do VaR (tabela 18), pode ler-se: a medida possui a probabilidade de 1% de a perda ser superior a 17,622€, a probabilidade de 5% de uma perda

superior a 14,122€, e uma probabilidade de 10% de perder mais do que 12115€. Ainda pode-se constatar que de acordo com a tabela 19, o índice de rendibilidade planeado- IR estimado em 3,56% supera ligeiramente os valores do IRAR (1%, 5% e 10%). Os valores de IR e IRAR são consideravelmente baixos, o que demonstra o reduzido potencial de criação de valor desta medida. Ainda de acordo com a tabela 20, tomando valor para VPIR (%) relativa a VaR (5%), verifica-se que o valor em risco corresponde a 40,9% do investimento. Comparando com o IR estimado (percentagem de criação de valor relativamente ao investimento) de 3,557%, podemos concluir que esta medida apresenta um risco muito elevado quando comparado com o potencial de criação de valor. Ou seja, existe uma perda potencial máxima de 40,9% do investimento, e um potencial de criação de valor de 3,557% do investimento.

3.5.4. Medida 4: Recuperação de energia de condensação dos chillers para as Piscinas

Após a realização do diagnóstico e auditoria energética pelos técnicos do projeto, propuseram implementar um sistema de recuperação de energia através de condensação dos chillers para as piscinas. A implementação deste sistema visa reaproveitar no máximo a quantidade de energia libertada nos chillers para condensação de águas para piscinas, assim como contribuir para uma poupança de energia nos sistemas instalados no Hotel.

Após a implementação desta medida, as poupanças de energia termica (PpT) serão determinadas através da medição da energia fornecida às piscinas com base em contadores de energia térmica a instalar entre os sistemas.

3.5.4.1. Determinação e análise de poupanças

A poupança associada a esta medida corresponde à quantidade de energia rejeitada no sistema de condensação dos chillers que venha a ser consumida para aquecer água do sistema das piscinas. Desta forma, a poupança de energia esperada é proporcional à taxa de ocupação do hotel.

A TO do hotel é uma variável incerta e o seu tratamento segue o procedimento conforme explicitado na medida 1. Mediante as medições e verificações efetuados pelos

técnicos do projeto na fase de diagnóstico, com base nas especificações dos equipamentos instalados e considerando uma TO média de 90%, os técnicos estimaram uma poupança térmica média nos acumuladores do sistema das piscinas num valor de 118.911 Kwh/ano. A poupança associada, que corresponde ao consumo no sistema AQS de energia rejeitada na condensação dos chillers, é representada pela variável Cmt anual depois, que é estimada através da seguinte equação.

$$\text{Cmt anual depois} = 118.911 / 0,9 \times \text{TO} \text{ (eq. 40).}$$

Considerando um valor médio assumido de TO de 75%, substituindo a respetiva variável na equação 40 obtém-se:

$$\text{Cmt anual depois} = 118.911 / 0,9 \times 0,75 = 99.093 \text{ Kwh/ano.}$$

Desta forma, o cálculo da Poupança anual de energia térmica desta medida (PpT), é baseada na equação 38.

Assim, substituindo os valores das respetivas variáveis associadas a equação 38 obtém-se o PpT média para esta medida:

$$\text{PpT média (Kwh/ano)} = 99.093 - 0,0 = 99.093 \text{ Kwh/ano.}$$

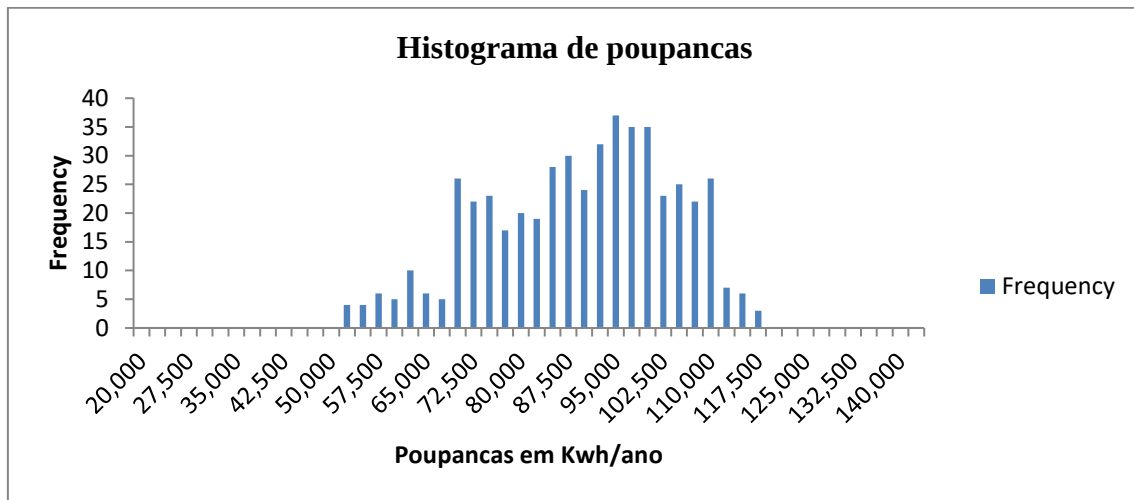
Tabela 21 - Variáveis estimadas para cálculo de poupança

Situação anterior		
Consumo médio de energia térmica/ ano	0	Kwh/ dia
Situação após implementação da medida		
Taxa de ocupação (TO):	75%	
Consumo médio de energia térmica/ ano = 118911/0,9*TO	99,093	Kwh/ ano
Poupanças médias		
Poupança energia térmica	99,093	Kwh/ ano

Fonte: Elaboração Própria

Após a simulação com 500 interações, contruiu-se o histograma das poupanças em Kwh/ano, representado na figura 22.

Figura 20 – Histograma de poupanças



Fonte: Elaboração Própria

O histograma das poupanças (fig 22) mostra uma distribuição de forma triangular, refletindo a distribuição que é assumida para a variação da taxa de ocupação. Observa-se que os níveis de poupança com frequência maiores estão situados entre 70.000 Kwh e 110.000 Kwh.

3.5.4.2. Análise de viabilidade

Para análise de viabilidade desta medida, a determinação da receita anual da ESCO é obtida conforme explícito na medida 3 (eq. 39). Os parâmetros de $CF(n)$ e VAL foram calculados em conformidade com o procedimento explicitado na medida 1, de acordo com as equações 23 e 24 respetivamente. O investimento (I) é considerado uma variável incerta e estimado conforme explícito nas medidas anteriores com base numa distribuição de probabilidade triangular através dos parâmetros: (a) valor pessimista, estimado em 130% do valor esperado (m) que é de 16.334 euros e optimista (b) correspondente a 90% do valor esperado (anexo VI).

De acordo com os procedimentos anteriores, primeiramente, a viabilidade económica desta medida é analisada de uma forma determinística, sendo determinado o valor

do VAL planeado com base nos valores estimados mais prováveis, não considerando a incerteza e variabilidade associadas a alguns dos parâmetros do projeto. A tabela 22 mostra os resultados para a vida do projeto (10 anos) em termos de “cash flow”, VAL planeado e TIR.

Tabela 22 - Cash flow, VAL esperado, TIR com base nos valores estimados

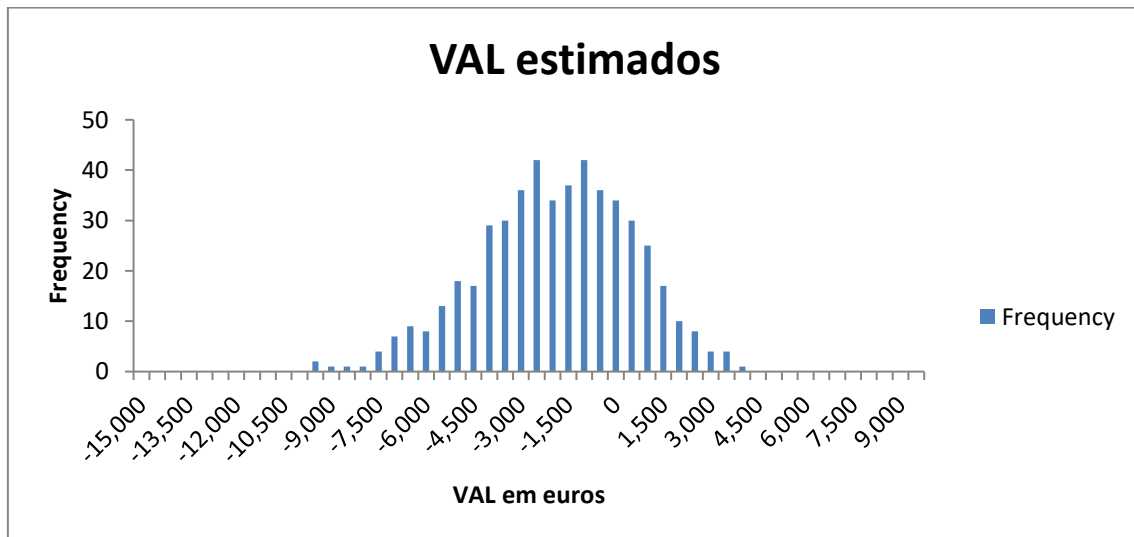
Cash Flow												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAL Esperado	TIR
-16,334	2,469	2,499	2,530	2,562	2,594	2,626	2,659	2,692	2,726	2,761	208 €	9.4%

Fonte: Elaboração Própria

A análise de viabilidade desta medida, de acordo com a tabela 22, apresenta resultados não muito atrativos. Isto porque apesar do VAL ser positivo, a TIR que supera muito ligeiramente a WACC.

Após a simulação dos respetivos dados, considerando a variação esperada dos parâmetros sujeitos a incerteza TO e I, gerou-se os outputs para análise de risco, resultando a distribuição de VAL representada no histograma da figura 23.

Figura 21 - Histograma do VAL



Fonte: Elaboração Própria

De acordo com os dados do anexo VII, através da equação 4, estima-se o VaR desta medida (tabela 23), e em seguida, estima-se o índice de rendibilidade planeada-IR e ajustado

com o risco-IRAR (tabela 24), e por fim o índice do valor percentual do investimento associado ao risco (tabela 25).

Tabela 23 - Resultado de VaRs

VAL (Probabilidade=1%) =	-8,000 €
<i>Value at Risk</i> (1%) =	8,208 €
VAL (Probabilidade=5%) =	-6,500 €
<i>Value at Risk</i> (5%) =	6,708 €
VAL (Probabilidade=10%) =	-5,389 €
<i>Value at Risk</i> (10%) =	5,596 €

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 24 - Índice de rentabilidade planeado e ajustado com o risco

IR =	$208/16334 =$	0.012734174
VaR (1%) =		16541
IRAR (1%)=	$208/(16334+16541)=$	0.006326996
VaR (5%)=		13041
IRAR (5%)=	$208/(16334+13041)=$	0.007080851
VaR (10%)=		11034
IRAR (10%)=	$208/(16334+11034)=$	0.007600117

Fonte: Elaboração própria

Tabela 25- VPIR

VPIR (%) relativa a VaR (1%) =	1.012673
VPIR (%) relativa a VaR (5%) =	0.798396
VPIR (%) relativa a VaR (10%) =	0.6755234

Fonte: Elaboração própria

De acordo com os resultados da tabela 23, a implementação desta medida possui 1% de probabilidade de a perda ser superior a 16.541€, a probabilidade de 5% de uma perda superior a 13.041€ e uma probabilidade de 10% de perder mais do que 11.034€. A tabela 24

mostra os resultados dos índices de rendibilidade planeado e ajustado com risco. O valor obtido para IR de 1,27% supera ligeiramente os valores obtidos para IRAR (1%, 5% e 10%). Estes resultados indicam um reduzido potencial de criação de valor relativamente ao investimento. Na tabela 25, tomando VPIR relativa a VaR (5%), pode-se observar que o valor em risco corresponde a 79,8% do investimento. Comparando com o IR estimado (percentagem de criação de valor relativamente ao investimento) de 1,27%, podemos concluir que esta medida apresenta um risco muito elevado quando comparado com o potencial de criação de valor. Ou seja, existe uma perda potencial máxima de 79,8% do investimento, e um potencial de criação de valor de 1,27% do investimento.

3.5.5. Medida 5. Substituição de Motores de Ventiladores

A União Europeia, através do organismo EU MEPS (European Minimum Energy Performance Standard) definiu um regime obrigatório para os níveis mínimos de eficiência dos motores eléctricos que sejam introduzidos no mercado europeu.

De acordo com ABB (2009), o organismo EU MEPS assenta em duas normas da Comissão Eletrotécnica Internacional (CEI). A norma CEI/EN 600034-2-1, disponível desde setembro de 2007, introduz regras relativas aos métodos de teste que devem ser usados na determinação das perdas e da eficiência dos motores eléctricos. E, a norma CEI/EN 600034-30, disponível desde outubro de 2008, especifica as classes de eficiência que devem ser adoptadas. De acordo com estas normas os motores passam a ser classificados por:

-  IE1-Eficiência Standard (equivalente a EFF2 na norma CEI/EN 600034-2:1996- do antigo sistema Europeu de classificação);
-  IE2- alta eficiência (equivalente a EFF1 na norma CEI/EN 600034-2:1996- do antigo sistema Europeu de classificação, e idêntico ao EPAAct nos EUA para 60 Hz);
-  IE3 - Eficiência Premium, (idêntico ao "NEMA Premium" nos EUA por 60 Hz);
-  IE4- futuramente o nível de eficiência superior a IE3 (ainda não aplicável a acionamentos assíncronos).

A implementação destas normas em cada estado membro de UE foi realizada em três fases:

✚ Fase 1: até 16 de julho de 2011. Todos os motores devem satisfazer o nível de eficiência IE2;

✚ Fase 2: até 1 de janeiro de 2015. Todos os motores com uma potência nominal entre 7,5 - 375 kW devem satisfazer o nível de eficiência IE3 ou o nível IE2 se equipados com um variador electrónico de velocidade;

✚ Fase 3: até 1 de janeiro de 2017. Todos os motores com uma potência nominal entre 0,75-375 kW devem satisfazer o nível de eficiência IE3 ou o nível IE2 se equipados com um variador electrónico de velocidade.

A figura a seguir estabelece uma correlação entre as diferentes classificações de eficiência mencionadas anteriormente.

Figura 22 - Correlação entre classificação de eficiência



Fonte: European Commission (2014, P.4)

Após o diagnóstico pelos técnicos do projeto, verificou-se que os motores dos ventiladores das unidades UTAs, UTANs, VEs, Vis do Hotel, são de classe de eficiência EFF2, equivalente à classe IE1. Para uma maior eficiência e poupança energética no sistema, os técnicos do projeto propuseram implementar a substituição dos motores EFF2 por motores da classe IE3, (tabela 24).

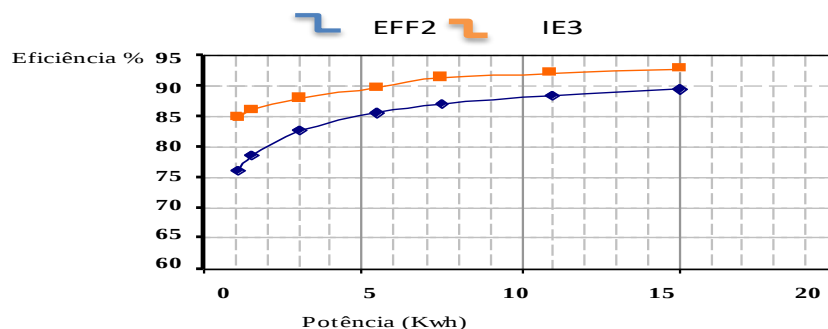
Tabela 26 - Mapa de proposta de substituição de motores EFF2 por motores da classe IE3

Designação	Marca	bModelo (s)	ÁreadeInfluência	Pot.Motor extracção(kW)	Pot.Motor insuflação(kW)	Horários		Nº horas
UTA2.9	Wolf	KG100/KG100	TempusBar	0.75	3	6:00	1:00	19,0
UTA2C.1	Wolf	KG160/KG160Gigant	Salastratamento	3	4	7:00	22:00	15,0
UTA2C.2	Wolf	KG200/KG200Gigant	Ginásio	3	7,5	7:00	22:00	15,0
UTAN2.1	Wolf	KG160	CozinhaP0		4	6:00	0:00	18,0
VI2.6	FranceAir	ModulysDPI15/15	AllDayDining - "Hote"		2,2	7:00	23:00	16,0
UTAN2.5	Wolf	KG63	Recepção		1,1	4:00	22:00	18,0
UTAN2.7	Wolf	KG63	VestiárioSPA		2,2	7:00	22:00	15,0
VI2.1	FranceAir	ModulysDPI10/10	Cozinha-Piso0- "Hote96"		1.1	6:00	22:00	16,0
VI2.2	FranceAir	ModulysDPI18/18	Cozinha-Piso0- "Hote91"		4	8:00	22:00	14,0
VI2.3	FranceAir	ModulysDPI18/18	Cozinha-Piso0- "2xHote59"		4	7:00	23:00	16,0
VEC.02	FranceAir	DéfumairXTR450T	Cozinha-Piso0- "Hote96"	1,5		5:00	23:00	18,0
VEC.03	FranceAir	DéfumairXTR710T	Cozinha-Piso0- "Hote91"	4		7:00	0:00	17,0
VEC.04	FranceAir	DéfumairXTR710T	Cozinha-Piso0- "2xHote59"	4		5:00	0:00	19,0
VEC.08	FranceAir	DéfumairXTR560T	f - "Hote"	3		7:00	23:00	16,0
VEC.09	FranceAir	ModulysDPI18/18	Cozinha-Piso0	4		5:00	0:00	19,0

Fonte: Elaboração própria

Paralelamente ao processo de implementação, foi efetuado um plano de medição e verificação da potência elétrica absorvida pelos motores antes e depois da substituição dos motores (figura 26), verificou-se que o desempenho do sistema varia pouco com a taxa de ocupação, e a poupança de energia depende muito da eficiência dos novos motores.

Figura 23 - Medição e verificação de medida

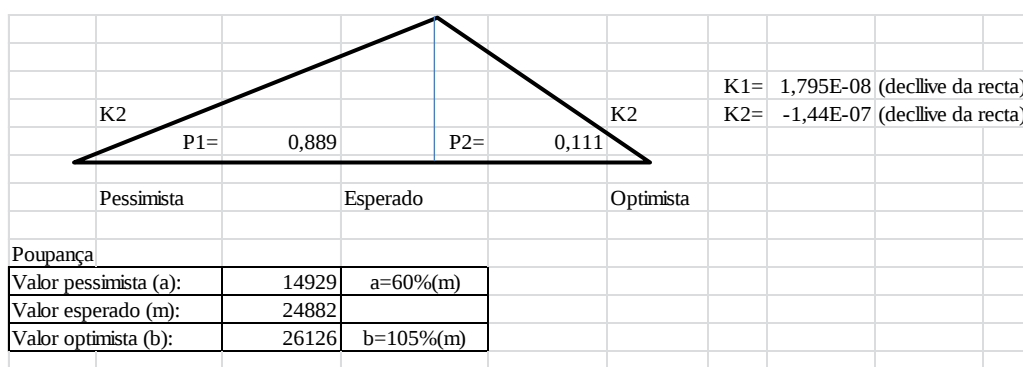


3.5.5.1. Determinação e análise das poupanças

A poupança associada a esta medida corresponde à quantidade de energia que vão-se desenvolvendo ao longo da cadeia do sistema dos novos motores montados que venha a ser consumida para fazer funcionar os motores dos aparelhos das unidades UTAs, UTANs, VEs, Vis do Hotel. Desta forma, a poupança de energia esperada é proporcional à eficiência dos novos motores.

Atendendo a variação associada aos motores montados no sistema, a poupança de energia elétrica (PpE) é considerada uma variável incerta e para o seu tratamento assumimos uma distribuição triangular para ilustrar a sua volatilidade, com os seguintes parâmetros: (a) um valor pessimista correspondente a 60% do valor planeado (m) de 24.882 Kwh e valor optimista (b) correspondente a 105% do valor esperado (m) respectivamente, (fig.27).

Figura 24 - Variação de poupança de energia elétrica em distribuição triangular

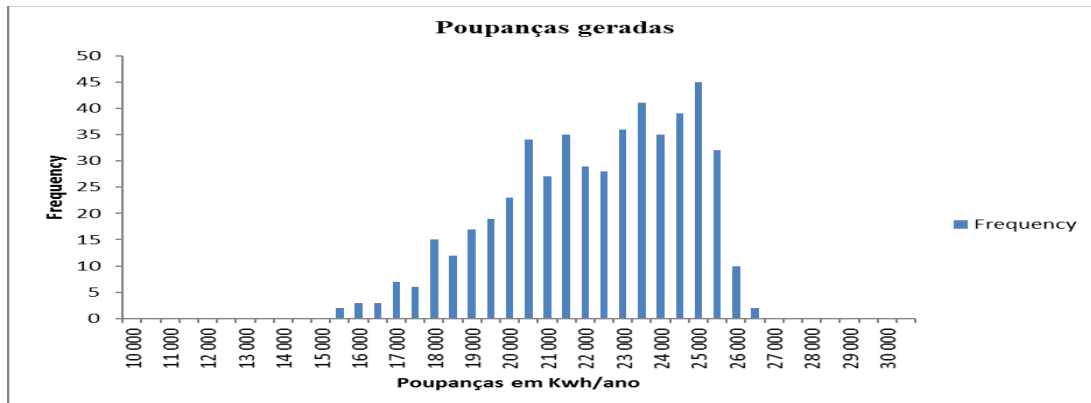


Fonte: Elaboração Própria

Os valores dos declives das retas (K1 e K2), foram calculados mediante as equações 13, 14 respetivamente. O valor de P1 é 88,9%, correspondente à probabilidade (P) de Poupança elétrica (PpE) ser inferior ou igual ao valor “m” e é obtido pela equação 16.

Após a simulação com 500 interações, contruiu-se o histograma das poupanças em Kwh/ano, representado na figura 28.

Figura 25 – Histograma de poupanças em Kwh/ano



Fonte: Elaboração Própria

De acordo com o histograma (fig 28), observa-se que esta possui uma distribuição de forma triangular, refletindo a distribuição que é assumida para a variação de poupança de energia elétrica (PpE). Ainda observa-se que os níveis de poupança com frequência maiores estão situados entre 20.000 Kwh e 25.500 Kwh.

3.5.5.2. Análise de viabilidade

Para análise de viabilidade desta medida, a determinação da receita anual da ESCO é obtida conforme explícito na medida 1 (eq. 22). Os parâmetros de $CF(n)$ e VAL foram calculados de acordo com as equações 23 e 24 respetivamente. O investimento (I) é considerado uma variável incerta e estimado conforme explícito nas medidas anteriores com base numa distribuição de probabilidade triangular através dos parâmetros: (a) valor pessimista, estimado em 130% do valor esperado (m) que é de 5.963 euros e otimista (b) correspondente a 90% do valor esperado (anexo VIII).

Primeiramente, a viabilidade económica desta medida é analisada de uma forma determinística, sendo determinado o valor do VAL planeado com base nos valores estimados mais prováveis, não considerando a incerteza e variabilidade associadas a alguns dos parâmetros do projeto. A tabela 25 mostra os resultados para a vida do projeto (10 anos) em termos de “cash flow”, VAL planeado e TIR.

Tabela 27 - Cash flow, VAL e TIR com base nos resultados esperados

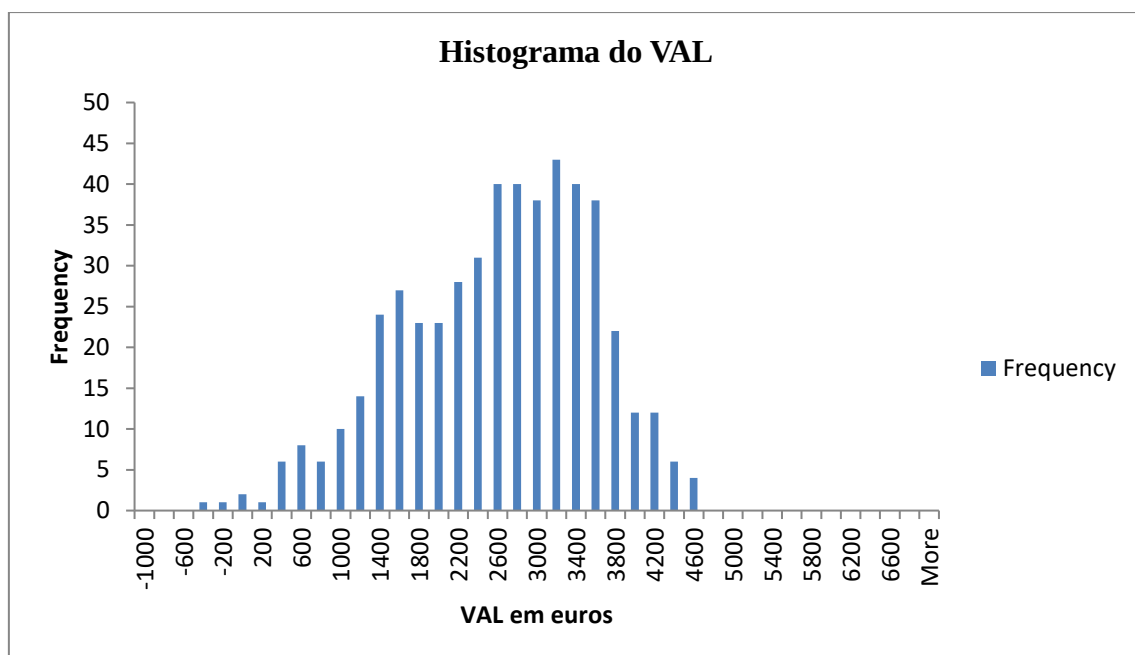
Cash Flow											VAL esperado	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAL	TIR
-5963	1360	1378	1397	1415	1434	1453	1473	1492	1512	1533	3,181.96 €	19.9%

Fonte: Elaboração Própria

A análise de viabilidade desta medida, de acordo com a tabela 25, apresenta resultados atrativos. Isto porque o VAL é positivo, e a TIR que supera a WACC.

Após a simulação dos respetivos dados, considerando a variação esperada dos parâmetros sujeitos a incerteza PpE (Kwh) e I, gerou-se os outputs para análise de risco, resultando a distribuição de VAL representada no histograma da figura 29.

Figura 26 – Histograma do VAL



Fonte: Elaboração própria

De acordo com os dados do anexo IX, através da equação 4, estima-se o VaR desta medida (tabela 26), e em seguida, estima-se o índice de rentabilidade planeada-IR e ajustado com o risco-IRAR (tabela 27), e por fim o índice do valor percentual do investimento associado ao risco (tabela 28).

Tabela 28 - Previsões de VaR

VAL (Probabilidade =1%)	200.00
VaR at Risk (1%)	2,981.96 €
VAL (Probabilidade 5%)	800.00
VaR at Risk (5%)	2,381.96 €
VAL (Probabilidade =10%)	1208.33
VaR at Risk (10%)	1,973.63 €

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 29 - Índice de rendibilidade planeado-IR e ajustado com o risco-IRAR

IR =	0.53362
IRAR(1%) =	0.35573
IRAR(5%) =	0.3813
IRAR(10%) =	0.40092

Fonte: Elaboração própria

Tabela 30 - Índice do VPIR (%)

VPIR (%) relativa a VaR (1%) =	50,01%
VPIR (%) relativa a VaR (5%) =	40,01%
VPIR (%) relativa a VaR (10%) =	33,01

Fonte: Elaboração própria

De acordo com a tabela 26, a medida possui 1% de probabilidade de a perda ser 2.981,96 euros ou 5% de probabilidade de uma perda superior a 2.381,96 euros e 10% de probabilidade de perder mais do que 1.973,63 euros. A tabela 27, observa-se que os valores do índice de rendibilidade ajustado ao risco-IRAR são inferiores ao valor do índice de rendibilidade planeado IR estimado em 53,36 %, o qual mostra um razoável potencial de criação de valor. Na tabela 28, tomando valor para VPIR relativa a VaR (5%), observa-se que o risco associado ao investimento desta medida é de 40,01%, um valor relativamente alto, mas que é compensado pelo elevado potencial de poupança indicado pelo IR de 53,36%. Ou seja, existe

uma perda potencial máxima de 40,01% do investimento, e um potencial de criação de valor de 53,36% do investimento. Deste modo podemos concluir que o risco associado a esta medida, embora significativo, é aceitável face ao elevado potencial de poupança.

3.5.6. Medida 6: Otimização das bombas de distribuição de água fria

Segundo Sánchez (2005), um sistema de bombagem é o transporte de um fluido para o ponto de consumo, armazenamento ou evacuação, vencendo uma certa altura geométrica e as perdas por atrito geradas no circuito de tubagens (queda de pressão). O consumo de energia da bomba depende das características do mecanismo utilizado para elevar o fluido, da altura a vencer do caudal e das perdas de carga do circuito.

Ainda de acordo com Sánchez (2005) e Inovenergy (2012), existem várias medidas de eficiência energética que são possíveis de implementar em sistemas de bombagem, reduzindo consideravelmente os consumos, isto porque a otimização do rendimento de um sistema de bombagem depende de um conjunto de ações na seleção dos diversos componentes do sistema, tais como: ao nível do motor e do seu controlo; ao nível da seleção da (s) bomba (s) e das condutas e ao nível da manutenção.

Após o diagnóstico e auditoria, os técnicos do projeto propuseram implementar um sistema de otimização de distribuição de água fria (temperatura ambiente) com um conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos destinados ao abastecimento dos pontos de utilização de água em quantidade suficiente e mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

A implementação do sistema, tem ação na componente ao nível do motor e do seu controlo. A utilização de motores de alto rendimento e de novos variadores eletrónicos de velocidade (VEVs) com automatismos para regulação do caudal e/ou da pressão, irão proporcionar uma maior eficiência.

No sistema montado (fig. 30), mediante a regulação da velocidade de rotação dos motores, os VEVs proporcionarão uma melhoria das condições de funcionamento dos processos, um menor desgaste dos componentes mecânicos e, fundamentalmente, uma substancial poupança de electricidade.

Figura 27 - Aparelho de otimização das bombas de distribuição de água fria



A utilização dos VEV's montados permitirá obter um vasto potencial economia de energia, para além de benefícios técnicos e económicos, nomeadamente o controlo de velocidade e o aumento de vida útil do motor, com consequentes reduções de custos energéticos e de manutenção.

3.5.6.1. Determinação e análise das poupanças

A poupança de energia elétrica, associada à introdução dos VEVs, será determinada na seguinte forma:

- ✚ Medição da potência absorvida pelas bombas atuais.
- ✚ Introdução de analisadores de energia elétrica para a contabilização do consumo e do número de horas de operação.
- ✚ A poupança será a diferença entre o consumo de energia das bombas atuais (para o mesmo número de horas de operação) e o consumo das bombas com os VEVs instalados.

Com base nas especificações técnicas dos VEVs e das bombas, assim como do número esperado de horas de operação, é assim possível estimar a poupança associada a esta medida.

A poupança desta medida depende da quantidade de energia dispendida ao longo do período de funcionamento dos motores do sistema de distribuição de água, que, por sua vez,

depende da quantidade de água consumida no hotel. Desta forma, assume-se que a poupança de energia esperada é proporcional à taxa de ocupação do hotel.

A TO do hotel é uma variável incerta e o seu tratamento segue o procedimento explicitado na medida 1. Mediante as medições efetuados pelos técnicos do projeto na fase de diagnóstico, com base nas especificações dos equipamentos das bombas instaladas e considerando uma TO média de 90%, os técnicos estimaram uma poupança elétrica média nos acumuladores do sistema das bombas num valor de 37.306 Kwh/ano.

Desta forma, o cálculo da Poupança anual de energia elétrica desta medida (PpE), é estimada através da seguinte equação.

$$\text{PpE (Kwh/ano)} = 37.306 / 0,9 \times \text{TO} \quad (\text{eq. 41})$$

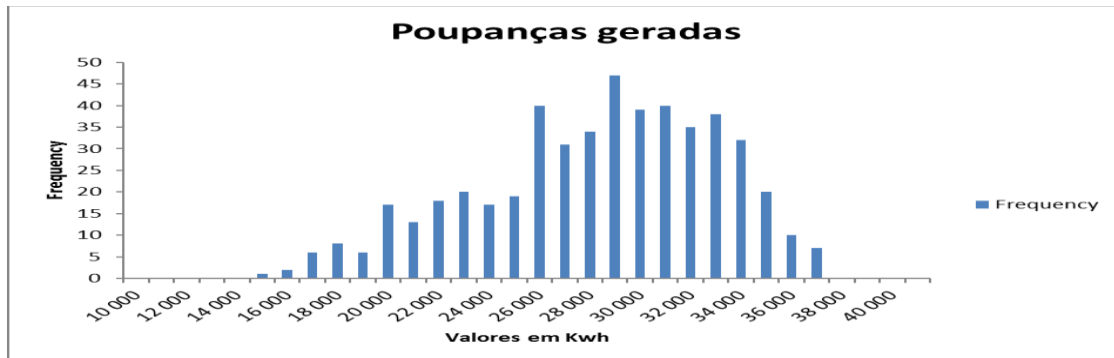
Considerando um valor médio assumido de TO de 75%, substituindo as respetivas variáveis na equação 41 obtém-se:

$$\text{PpE (Kwh/ano)} = 37.306 / 0,9 \times 0,75 = 31.088 \text{ Kwh/ano.}$$

A utilização de VEVs permitiu responder as alterações nas condições de carga do motor através da variação da sua velocidade e, proporcionou uma melhoria nas condições de funcionamento dos processos e, fundamentalmente, uma significativa poupança de electricidade. Note-se que o valor da poupança dado pelo modelo (31.088 Kwh/ano) é aproximado do valor médio medido na fase de diagnóstico (37.306 Kwh/ano).

Após a simulação com 500 interações, contruiu-se o histograma das poupanças em Kwh/ano, representado na figura 31.

Figura 28 – Histograma de Poupanças



Fonte: Elaboração Própria

O histograma (fig 31) apresenta-se na forma de uma distribuição triangular, refletindo a distribuição que é assumida para a variação de TO. Ainda observa-se que os níveis de poupança com maiores frequência estão situados entre 26.000 Kwh/ano e 35.000 Kwh/ano.

3.5.6.2. Análise de viabilidade

Para a análise de viabilidade desta medida, a determinação dos parâmetros da receita anual da ESCO, CF(n) e VAL foram obtidos conforme explícito na medida 1, e pelas (eq. 22), (eq.23) e (eq. 24) respetivamente. O investimento (I) é uma variável incerta e estimado conforme explícito nas medidas anteriores com base numa distribuição de probabilidade triangular através dos parâmetros: (a) valor pessimista, estimado em 130% do valor esperado (m) que é de 11.800 euros e otimista (b) correspondente a 90% do valor esperado (anexo X).

Conforme os procedimentos aplicados nas medidas anteriores, é determinado primeiramente a viabilidade económica, e analisada de uma forma determinística, sendo determinado o valor do VAL planeado com base nos valores estimados mais prováveis, não considerando a incerteza e variabilidade associadas a alguns dos parâmetros da medida. A tabela 29 mostra os resultados para a vida do projeto (10 anos) em termos de “cash flow”, VAL planeado e TIR.

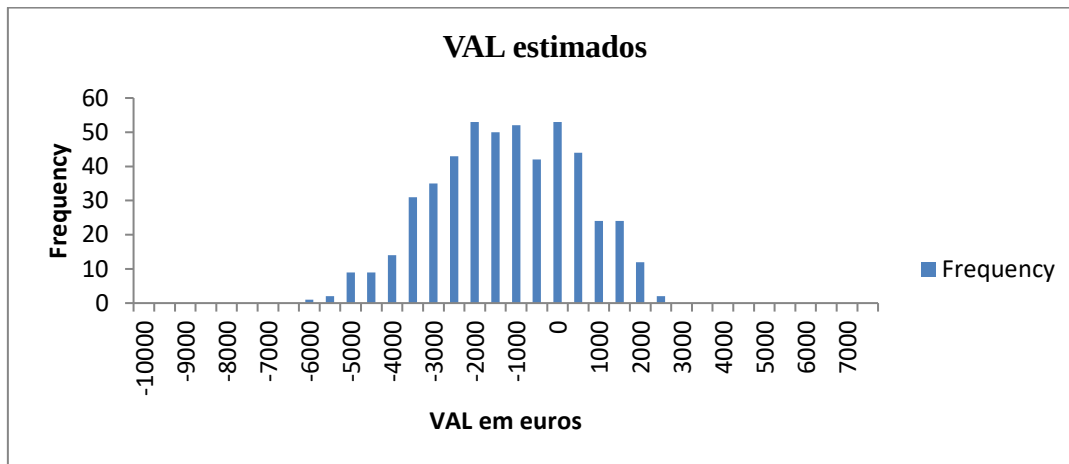
Em segundo lugar, após a simulação dos respetivos dados, considerando a variação esperada dos parâmetros sujeitos a incerteza TO e I, gerou-se os outputs para análise de risco, resultando a distribuição de VAL representada no histograma da figura 29.

Tabela 31 - Fluxo de caixa, VAL e TIR com base nos valores estimados

Cash Flow												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAL esperado	TIR
-11800	1815	1837	1860	1884	1907	1931	1955	1980	2005	2030	362.48 €	9.8%

Fonte: Elaboração Própria

Figura 29 – Histograma do VAL



Fonte: Elaboração Própria

A análise de viabilidade desta medida, de acordo com a tabela 29, observa-se apresenta resultados não muito atrativos. Isto porque apesar do VAL ser positivo, e a TIR que supera ligeiramente a WACC.

A análise de risco, de acordo com a tabela de frequência de probabilidades (Anexo XI), através da equação 4, permitiu estimar os respetivos *Value at Risk* (1%, 5% e 10%). (tabela 30) e de seguida são calculados os índices IR e IRAR (1%, 5% e 10%) e comparados (tabela 31). E por fim determinado o valor percentual do investimento em risco (VPIR %) (tabela 32).

Tabela 32 - VaRs da medida 6

VAL (Probabilidade 5%) =	-4357.143
VaR at Risk (5%) =	4,719.63 €
VAL (Probabilidade =1%) =	-5388.89
VaR at risk (1%) =	5,751.37 €
VAL (Probabilidade =10%) =	-3758.06
VaR at Risk (10%) =	4,120.55 €

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 33 - Índice IR e IRAR (1%,5% e 10%)

IR=	$362,48/11800=$	0,030719
VaR (1%) =		5751,37
IRAR (1%) =	$362,48/ (11800+5751,37) =$	0,020653
VaR (5%) =		4719,69
IRAR (5%) =	$362,48/ (11800+4719,69) =$	0,021942
VaR (10%) =		4120,55
IRAR (10%)=	$362,48/(11800+4120,55)$	0,022768

Fonte: Elaboração própria

Tabela 34 - Cálculo do VPIR (%)

VPIR (%) relativa a VaR (1%) =	48,74%
VPIR (%) relativa a VaR (5%) =	40,00%
VPIR (%) relativa a VaR (10%) =	34,92%

Fonte: Elaboração própria

De acordo com a tabela 30 de previsões de VaRs, ilustra-se que a medida possui a probabilidade de 1% de perder mais de 5.751,37 euros, 5% de probabilidade de perda ser superior a 4.719,63 euros e 10% de probabilidade de perder mais do que 4.120,55 euros. Na tabela 31, observa-se que o valor do índice IR é muito baixo, superando ligeiramente os índices IRAR (1%, 5% e 10%), o que indica um potencial de criação de valor muito reduzido. Na tabela

32, tomando valor para VPIR relativa a VaR (5%), pode-se observar que o valor em risco corresponde a 40% do investimento. Comparando com o IR estimado (percentagem de criação de valor relativamente ao investimento) de 3,07%, podemos concluir que esta medida apresenta um risco muito elevado quando comparado com o potencial de criação de valor. Ou seja, existe uma perda potencial máxima de 40% do investimento, e um potencial de criação de valor de 3,07% do investimento.

3.6. Discussão de resultados

Nos quadros 5, 6 e 7 a seguir são demonstrados os resultados dos indicadores de viabilidade e de análise de risco para o método utilizado neste estudo.

Quadro 5 - Resultados dos indicadores determinístico e do Value at Risk

		Indicadores determinístico		Value at Risk (VaR) esperado		
		VAL	TIR	VaR (1%)	VaR (5%)	VaR (10%)
Medidas de EE	Investimento Planeado					
Medida 1	165,000	20 146,76 €	11,80%	55 146,76 €	40 771,76 €	36 108,30 €
Medida 2	20,542	28 472 €	34,70%	30 972,00 €	11 472,00 €	2 563,00 €
Medida 3	34,250	1 288,00 €	9,90%	17 622,00 €	14 122,00 €	12 115,00 €
Medida 4	16,334	208 €	9,40%	8 208,00 €	6 708,00 €	5 596,00 €
Medida 5	5,963	3 181,96 €	19,90%	2 981,96 €	2 381,96 €	1 973,63 €
Medida 6	11,800	362,48 €	9,80%	5 751,37 €	4 719,63 €	4 120,55 €

Fonte: Elaboração própria

De acordo com os resultados do quadro 5, verifica-se que todos os resultados dos indicadores determinísticos para avaliação da viabilidade possuem valores favoráveis ($VAL > 0$ e $TIR > WACC$), isto é, revelam condições para aceitação do projeto. Mas, no entanto, pode-se constatar que os resultados determinísticos das medidas 3, 4 e 6, não são muito atrativos. Isto porque, apesar dos seus VAL's serem positivos, as suas TIR's superam ligeiramente a WACC (9,10%). No quadro da coluna VaR, considerando a avaliação de riscos associados a cada medida, foi aplicado o conceito *Value at Risk* para estimar, em cada medida, a perda máxima associada aos níveis de significância de 1%, 5% e 10%.

Assim, tomando valores para VaR (5%), verifica-se que, apesar dos indicadores para análise de viabilidade serem favoráveis ($VAL > 0$ e $TIR > WACC$) pesa sob cada medida um considerável grau de risco associado, que se traduz em perdas máximas (VAL deduzido da perda máxima) para a medida 1 de 40.771,76€ ($VAL - \text{perda máxima} = 20.146,77 - 40.771,76 = -20625€$), para medida 2 de 11.472,00€ ($VAL - \text{perda máxima} = 28.472 - 11.472 = 17.000€$), para medida 3 de 14.122,00€ ($VAL - \text{perda máxima} = 1.288 - 14.122 = -12.834€$), na medida 4 de 6.708,00€ ($VAL - \text{perda máxima} = 208 - 6.708 = -6.500€$), na medida 5 de 2.381,96€ ($VAL - \text{perda máxima} = 3.181,96 - 2.381,96 = 800€$) e finalmente na medida 6 de 4.719,69€ ($VAL - \text{perda máxima} = 362,48 - 4.719,63 = -4.357€$). Desta forma, considerando um nível de risco de 5%, apenas as medidas 2 e 5 asseguram a criação de valor, ou seja, um valor positivo do VAL menos a perda máxima.

Existindo a possibilidade de avaliar quais as medidas que, em termos de rentabilidade e risco, proporcionam maior vantagem para a sua implementação, foram calculados o índice de rentabilidade (IR) e o índice de rentabilidade ajustado com o risco (IRAR), cujos resultados são apresentados no quadro 6:

Quadro 6 - Resultados do indicador IR comparados com IRAR (1%, 5% e 10%).

		Índice IR e IRAR comparados			
Medidas de EE	Investimento Planeado	IR	IRAR (1%)	IRAR(5%)	IRAR(10%)
Medida 1	165,000	0,12	0,09	0,10	0,10
Medida 2	20,542	1,39	0,55	0,89	1,23
Medida 3	34,250	0,04	0,02	0,03	0,03
Medida 4	16,334	0,01	0,01	0,01	0,01
Medida 5	5,963	0,53	0,36	0,38	0,40
Medida 6	11,800	0,03	0,02	0,02	0,02

Fonte: Elaboração própria

Uma das principais vantagens do indicador IR, consiste em proporcionar um critério para ordenar projetos de investimento de acordo com o respetivo potencial para criação de valor por euro investido. O indicador IRAR permite igualmente estabelecer a ordem de prioridade de investimentos em termos de valor por euro, mas considerando o conceito de risco VaR.

De acordo com os resultados apresentados no quadro 6, a aplicação do indicador IRAR, resulta na mesma ordem de prioridade das medidas do que considerando o indicador IR.

Podemos observar que as medidas 3, 4 e 6 possuem valores de IR e IRAR (1%, 5% e 10%) significativamente baixos. O que demonstra que estas medidas estão associadas a um reduzido potencial de criação de valor e um grau de risco considerável, e que nas condições de prioridade de financiamentos aparecem em desvantagem relativamente às restantes medidas 1, 2 e 5.

De seguida, foram estimados os índices do valor percentual do investimento em risco (VPIR), que relaciona o VaR (1%, 5% e 10%) com o investimento respetivo. Comparando o VPIR com o IR de cada medida, podemos avaliar o nível de risco face ao respetivo potencial de criação de valor.

Quadro 7 - Resultados dos índices valor percentual do investimento em risco VPIR relativas à VaR (1%, 5% e 10%).

Medidas de EE	Investimento Planeado	Índice IR(%)	Índice de VPIR relativas à VaR (1%, 5% e 10%)		
		IR(%)	VPIR (VaR 1%)	VPIR (VaR 5%)	VPIR (VaR 10%)
Medida 1	165.000	12%	33.42%	24.71%	21.88%
Medida 2	20.542	139%	150.77%	55.85%	12.48%
Medida 3	34.250	4%	51.05%	40.91%	35.10%
Medida 4	16.334	1%	101.27%	79.84%	67.55%
Medida 5	5.963	53%	50.01%	40.01%	33.01%
Medida 6	11.800	3%	48.74%	40.00%	34.92%

Fonte: Elaboração própria

De acordo com os resultados do quadro 7, tomando valores para VPIR relativamente a VaR (5%), verifica-se que as medidas 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam graus de risco consideravelmente altos, mostrando valores superiores a 40%. Nos casos das medidas 2 e 5, o risco associado é compensado pelo elevado potencial de criação de valor. Isto é, na medida 2 o IR de 139% (potencial de criação de valor correspondente a 139% do investimento) permite acomodar o risco de VPIR de 55,85% (perda máxima correspondente a 55,85% do investimento), assim como a medida 5 o IR de 53% permite acomodar o VPIR de 40%. Por outro lado, embora a medida 1 seja aquela que apresenta um indicador VPIR menor (VPIR=33,42%), o valor reduzido do IR de 12% sugere um elevado grau de risco na medida que, relativamente ao investimento, a perda máxima é significativamente superior ao potencial de criação de valor.

Em síntese, podemos concluir que apesar de todas as medidas se revelarem viáveis à luz dos indicadores VAL e TIR, a avaliação do risco associado através do conceito VaR indica que, nas presentes condições, a implementação das medidas 1, 3, 4 e 6 deverá ser reequacionada.

CONCLUSÃO

Atualmente as ESCOs posicionam-se como parceiros estratégicos no mercado da eficiência energética, fornecendo medidas de melhoria de eficiência energética e/ou de produção autónoma de energia renovável nas instalações dos seus clientes, assumindo o risco inerente ao desempenho daquelas medidas, assim como um certo grau de risco financeiro. O modelo de contrato mais usual pela ESCO é o EPC, o qual contempla para a totalidade das medidas, o processo de avaliação de desempenho em termos de poupança e/ou produção de energia, as garantias de desempenho assumidas pela ESCO, assim como a forma de partilha dos ganhos associados entre a ESCO e o cliente.

A Diretiva Europeia relativa aos serviços energéticos considera uma necessidade de melhoria da eficiência na utilização final de energia, de gestão da procura de energia e de promoção da produção de energia a partir de fontes renováveis, e que essa melhoria vai contribuir para uma redução do consumo de energia primária e de emissões de CO₂ e de outros gases com efeito de estufa, e ainda permitirá explorar potenciais economias de energias numa perspetiva de custo-eficácia, de uma forma eficiente em termos económicos.

Neste contexto de necessidade premente de melhorar a eficiência energética e de incrementar a produção autónoma de energia renovável a nível global, as empresas (ESCOs) são apontadas como uma solução inadiável, pois promovem a implementação de medidas para controlo e/ou redução dos consumos e de produção renovável através de investimentos direcionados, assim como apoiam na obtenção do respetivo financiamento. A ESCO surge então como uma entidade que audita e faz o balanço energético, identifica medidas e soluções, desenvolve o projeto, assume a responsabilidade de implementação e operação do projeto, assegura a instalação e manutenção de equipamentos associados, assim como a medição e verificação das poupanças, demonstra capacidade técnica, garante resultados e assume os riscos, e até financia o projeto.

A avaliação e decisão sobre projetos de investimento em eficiência energética do tipo ESCO, independentemente de sua dimensão, desenvolve-se num ambiente de incerteza. O investimento em projetos ESCO envolve incertezas significativas, existindo várias fontes de risco associadas que impactam nomeadamente na geração das poupanças futuras de energia, o que dificulta a gestão de risco deste tipo de projetos.

Neste âmbito, o objetivo do presente estudo consiste em definir e explorar um método para analisar e compreender a viabilidade económica e o risco do investimento em projetos de eficiência energética tipo ESCO, servindo como uma ferramenta útil de tomada de decisões para os gestores. O método proposto combina o conceito de *Value at Risk* (VaR) e simulação de Monte Carlo (MC), tendo sido formulada a seguinte questão de investigação: “como aplicar e qual o grau de adequação dos métodos *Value at Risk* (VaR) e simulação de Monte Carlo (MC) para analisar a rentabilidade e risco de projetos de investimento tipo ESCO?”

Para investigar a aplicabilidade e utilidade do método descrito, foi aplicada uma metodologia com propósito exploratório, baseado na estratégia de investigação de estudo de caso, que incide sobre um projeto de investimento em eficiência energética tipo ESCO numa unidade Hotelira.

O projeto ESCO estudado contempla um conjunto de medidas de eficiência energética, as quais foram analisadas e avaliadas detalhadamente em termos de rentabilidade e risco. Para o tratamento das variáveis de incerteza associadas a cada uma das medidas, foram adotadas as distribuições de probabilidade normal e triangular como forma de representar a volatilidade das respetivas variáveis.

A análise e avaliação dos resultados associados a cada medida, num horizonte temporal de 10 anos, foram obtidos pela aplicação do Microsoft Excel, simulando 500 iterações, considerando as variações esperadas dos parâmetros sujeitos a incerteza.

De acordo com a avaliação de resultados, pode-se constatar que, de acordo com os resultados determinísticos (indicadores VAL e TIR), todas as medidas são economicamente viáveis.

Considerando o *Value at Risk* (5%) de cada medida (a perda máxima associada a um nível de significância de 5%), verifica-se que apenas as medidas 2 e 5 asseguram a criação de valor, ou seja, o VAL esperado supera a perda máxima.

Na avaliação dos resultados dos indicadores IR e IRAR, pode-se observar que as medidas 3, 4 e 6 possuem valores de IR e IRAR significativamente baixos, o que demonstra que estas medidas estão associadas a um grau de risco considerável e um reduzido potencial de

criação de valor, o que nas condições de prioridade de investimentos se encontram em desvantagem relativamente às restantes medidas.

De acordo com os resultados dos índices do VPIR, que relaciona o VaR com o investimento respetivo, pode-se verificar e compreender que as medidas 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam graus de risco consideravelmente altos, mostrando valores superiores a 40%. Contudo, nas medidas 2 e 5, os valores de VPIR (5%) são inferiores aos valores correspondentes de IR, ou seja, o risco associado é compensado pelo elevado potencial de criação de valor. Por outro lado, embora a medida 1 seja aquela que apresenta um indicador VPIR menor, o valor reduzido do IR sugere um elevado grau de risco desta medida, pois a perda máxima é significativamente superior ao potencial de criação de valor.

Da análise de resultados, podemos concluir que apesar de todas as medidas se revelarem viáveis à luz dos indicadores VAL e TIR, a avaliação do risco associado através do conceito VaR indica que, nas presentes condições, a implementação das medidas 1, 3, 4 e 6 deverá ser reequacionada.

Do presente estudo, e em resposta à questão de investigação, podemos concluir que a abordagem proposta, que combina o método simulação de Monte Carlo com o conceito Value at Risk, se revela adequada para o processo de avaliação de rentabilidade e risco de projetos de investimento em eficiência energética do tipo ESCO. Isto porque, conforme demonstrado no estudo de caso, a abordagem trata os riscos envolvidos de forma objetiva e proporciona informação precisa acerca do impacto dos factores de incerteza no potencial de criação de valor do projeto.

Limitações do estudo

Sempre que nos propomos fazer algo novo, partimos de uma ideia pré-concebida. No entanto, durante o percurso outras vão surgindo e com estas novas possibilidades que vão sendo tratadas ou não, dependendo das limitações temporais e da informação disponível. Ao longo deste estudo, foram surgindo algumas limitações que poderão ser colmatadas em estudos futuros. Desde logo, devido às limitações de prazo não foi possível dedicar muito tempo à análise empírica. Outra limitação respeita ao âmbito do projeto. O estudo analisou 6 medidas

de eficiência energética, enquanto o projeto contempla 14 medidas, sendo 12 sobre medidas de EE e 2 sobre medidas produção autónoma de energia. Considerando que cada medida do projeto possui características independentes e específicas, não podemos concluir globalmente sobre a rentabilidade e risco do projeto. Portanto os resultados obtidos neste estudo aplicam-se apenas às respetivas medidas estudadas. Uma outra limitação importante está relacionada com a dificuldade em obter dados históricos para a determinação da distribuição de probabilidade dos parâmetros de incerteza das medidas.

Trabalho futuro

Investigação futura poderia avaliar projetos tipo ESCO que incluam medidas de eficiência energéticas e de produção autónoma de energia. Isto porque a combinação destes tipos de medidas pode ter um efeito de diversificação do risco do projeto. Além disso, seria também pertinente que os trabalhos futuros incluíssem outros parâmetros não considerados neste estudo tais como: potência contratada e potência hora de ponta.

Em suma, mais que um trabalho concluído, esta dissertação deve ser entendida como uma génese de investigação que pretendo concluir num futuro próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB, (2009). Low Voltage Industrial Performance Motors. Catálogo ABB.

ABB, (2012). Os benefícios da eficiência Energética – *Fazendo mais diminuindo os custos e as Emissões*. ABB, S.A Power and Productivity for a better world.

Barros, C. (1995). Decisões de Investimentos e Financiamento de Projetos. Lisboa: Edições Sílabo.

Battles, S. (1999). Definig Energy Efficiency and its Measurement. Energy Information Administration.

BCSD Portugal, Galp Energia., (2013). Corinthia Hotel Lisbon – Hotel Energeticamente Eficiente. Retirado em: <http://www.bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2013/10/2014-CS-GalpEnergia-EE-HotelCorinthia.pdf> . consultado em 29-03-2018.

Bertoldi, P., Rezessy, S. (2005). Energy Service Companies in Europe. European Commission, DG JRC.

Bertoldi, P., Rezessy, S., Vine, E. (2006). Energy service companies in European countries: current status and a strategy to foster their development. Energy Policy 34 (14), 1818–1832.

Bertoldi, P.; Rezessy, S.; Boza-Kiss, B. (2007). Latest Development of Energy Service Companies across Europe: *A European ESCO Update*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, EUR 22927 EN.

Bertoldi, P.; Rezessy, S.; Boza-Kiss, B.; Marino, A. (2010). Energy Service Companies Market in Europe: *Status Report 2010*, Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities, EUR 24516 EN.

Bertoldi, P., Boza-Kiss, B. (2017). Analysis of barriers and drivers for the development of the ESCO markets in Europe. Energy Policy 107 (2017) 345–355.

- Blank, L.; Tarquin, A. (2008). *Engenharia Econômica*. 6ed. São Paulo: McGraw-Hill.
- Brealey, R., S. Myers, F. Allen (2016). *Principles of Corporate Finance*. 12ed, MCGraw Hill.
- Bruni, A. L. (2011). *Estatística Aplicada a Gestão Empresarial*. São Paulo: Atlas.
- Bryman, A; E. Bell; (2015). *Business Research Methods*, 4ed, Oxford University Press.
- Canada, J. R.; Sullivan, W. G; White, J. A. (1996). *Capital Investment Analysis for Engineering and Management*. 2.ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River.
- Capelo, C., Dias, J., Pereira R. (2018). A system dynamics approach to analyse the impact of energy efficiency policy on ESCO ventures in European Union countries: a case study of Portugal. *Energy Efficiency*, 11, 1-33.
- Clark, V., Reed, M., Stephan J. (2010). Using Monte Carlo Simulation for a Capital Budgeting Project, *Management Accounting Quarterly*, 12(1), pp 20-31.
- Classen, P. L., Sousa de, S. J., Amorin, W. L.A., Corrêa, F. G. R. (2017). Simulação de montecarlo incorporada ao método de fluxo de caixa descontado para a determinação de valuation. XXIV Congresso Brasileiro de Custos – Florianópolis, SC, Brasil.
- COSO (2007). Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission: *Gerenciamento de Riscos Corporativos – Estrutura Integrada*, 2 ed.
- Cravo, N.D. (2015). Eficiência energética na indústria: auditoria energética e análise de propostas de melhoria. Projeto apresentado ao departamento da Engenharia da Energia e do Ambiente da Escola superior de tecnologia e gestão – Instituto Politécnico de Leiria (IPL) para obtenção do grau de mestre, orientado por Helder Manuel Ferreira Santos, Leiria. Retirado em: https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/1584/1/Diana%20Cravo_Projeto%20MEENA-ESTG.pdf. Consultado em maio de 2018.
- Crundwell, K. F., (2008). *Finance for Engineers: Evaluation and Funding of Capital Projects*. Springer-Verlag London Limited.

- Damodaran, A. (2009). *Gestão Estratégica do Risco*. Bookman, p.384,
- Dayananda. D., Irons, R., Harrison. S., Herbohn. J., Rowland.P. (2002). *Capital Budgeting: Financial Appraisal of Investment Projects*. Cambridge University Press.
- De la Fuente Sánchez F. (2005). Manual de boas práticas de Manual de boas práticas de implementar o desenvolvimento sustentável nas empresas. Retirado em: http://eficiencia-energetica.com/images/upload/manual_boas_praticas_EE.pdf. Consultado em maio de 2018.
- Decreto-Lei n.º 55-A/2012 de 29 de outubro. Altera o Código do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Singulares, o Código do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Coletivas, o Código do Imposto do Selo e a Lei Geral Tributária.
- Ding, M. (2013). *Energy Service Companies (ESCOs) in China: Barriers and drivers from ESCOs' perspective*. Master's Thesis Approved in the Department of Information and Service Economics of Aalto University School of Business, China. Retirado em: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/10290/hse_ethesis_13204.pdf?sequence=1. Consultado em maio de 2018.
- Dinsmore, P. C.; Cavalieri, A. (2005). *Como se transformar em um profissional em Gerenciamento de Projetos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Directiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 e abril de 2006, relativo à eficiência na utilização final de energia e os serviços energéticos e que revoga a Directiva 93/76/CEE do Conselho.
- EC (2006). *Action plan for energy efficiency: Realising the potential*. EC 19.10.2006 COM (2006) 545 final. European Commission: Brussels.
- EC (2007). *An energy policy for Europe*. EC 10.1.2007 COM (2007) 1. European Commission: Brussels.
- ECEEE (2003). *Energy performance contracting: success in Austria and Germany – dead end for Europe?* Summer Study, Stockholm.

ECS (2003). *Third-party Financing: Achieving its Potential*, Brussels.

Etges, A.P.B.S. (2015). *Análise do Impacto Corporativo de Riscos a Partir de um Modelo de Gestão de Riscos Orientado a Ambientes Inovadores*. Tese apresentada ao departamento da Engenharia e Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS para obtenção do grau de mestre, orientado por Marcelo Nogueira Cortímgia, Porto Alegre. Retirado em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/127879/000973739.pdf?sequence=1> . consultado em novembro de 2018.

EU (2012). Diretiva de Eficiência Energética 2012/27/EU do Parlamento Europeu de 25 outubro 2012.

European Commission (2014), Comissão Europeia. Retirado em: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en . Consultado em maio de 2018.

European Commission (2014). Guidelines accompanying: *Commission Regulation (EC) N° 640/2009 of 22 July 2009 implementing Directive 2005/32/EC with regard to eco-design requirements for electric motors and n° 4/2014 of 4 January 2014 amending Regulation (EC) N° 640/2009* Retirado em: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20141211_GuidelinesElectricMotors%20cover.pdf. Consultado em maio de 2018.

Faria, C.A., Guerra, S. A. (2009). The Instrument Value at Risk – VaR in the Assessment of Risk of the Accounting Audi Activity. *Gestão & Regionalidade* – vol. 25 – n. 75.

Figueiredo, M. A.; Dos Santos, A. P.; Santolin, R., Reis, S. B. (2006). Integração na criação de frangos de corte na microrregião de Viçosa – MG: viabilidade econômica e análise de risco. *RER*, Rio de Janeiro, Vol.44, no. 04, p. 713-730.

Firmino, M; Dantas, F; Cândido, J; Costa, E. A; Paula de, A. G., Paula, S.L.G (2012). Método Monte Carlo Para Análise de Risco. *Book of Proceedings – TMS Algarve*. vol. 3.

Galesne, A.; Fensterseifer, J. E.; Lamb, R. (1999). *Decisões de Investimentos da Empresa*. São Paulo: Atlas.

- Gardial, R.R.; Oliveira, J. A, J; Cason, V; Dantas, C. A., Corrêa, S. L.N. (2015). Análise do Risco e Incerteza no Retorno dos Investimentos em Projetos. REFICONT – v. 1, n. 2.
- Goldman, A. C., Osborn, G. J., Hopper, C. N., Singer, E. T., NAESCO. (2002). *Market trends in the US ESCO industry: results from the NAESCO Database Project*. University of California Berkeley, CA 94720
- Götze, U., Northcott, D., Schuster, P. (2015). *Investment Appraisal: Methods and Models*. Second Edition. Springer Texts in Business and Economics.
- Gouveia, B.L. C. P. J. (2008). *Certificados Brancos: Análise e Contributos para a sua Aplicação em Portugal*. Dissertação. UNL.
- Hansen, S., Langlois, P. (2012). *World ESCO Outlook*, The Fairmont Press.
- Härus, N. (2009). Analyzing energy efficiency investments in the process industry - case Sachtleben Pigments Oy. 119 f. Tesis (Maestria)-Helsinki School of Economics, Helsinki.
- Hillier, D., Grinblatt, M., Titman, S. (2008). *Financial Markets and Corporate Strategy*. Second European Edition. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hillier, D., Grinblatt, M., Titman, S. (2012). *Financial Markets and Corporate Strategy*. Second European Edition. McGraw-Hill Education.
- Hirschfeld, H. (2007). *Engenharia Econômica e Análise de Custos*. São Paulo, 7 ed., Editora Atlas.
- Ingersol, J., Ross, S. (1992). “Waiting to Invest: Investment and Uncertainty”, *Journal of Business*, January, Vol. 65, No. 1, pp.1-29.
- Inovenergy, (2012). Estado da arte do setor do frio por fileira. Retirado em: http://inovenergy.inovcluster.pt/media/25615/Relatorio_estado_da_arte_UBI.pdf consultado em 30-01-2019.

- Jackson, J. (2008). *Energy budgets at risk (EBaR): A risk management approach to energy purchase and efficiency choices*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Jinrong, H., Enyi, Z. (2011). Engineering Risk Management Planning in Energy Performance Contracting in China. *Systems Engineering Procedia* 1. P. 195–205
- Jorion, P, (1997). *Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk*. Homewood, IL.
- Jorion, P. (1998). *Value at Risk: A Nova Fonte de Referência para a Gestão do Risco Financeiro*. São Paulo: Bolsa de Mercadoria & Futuros.
- Jorion, P. (2003). *Value at Risk*, 2ª Edição., São Paulo: BMF.
- Junqueira, K. C.; Pamplona, E. O. (2002). Utilização de simulação de Monte Carlo em estudo de viabilidade econômica para a instalação de um conjunto de rebeneficiamento de café na cocadrive. *Anais XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Curitiba, PR.
- Karibskii, A.V; Shishorin, R.; Yurchenko, S.S. (2003). “Financial and Economic Analysis and Efficiency Evaluation of Investment Projects and Programs. Part I.”, *Automation and Remote Control*, June, Vol. 64, No. 6, pp. 886-904.
- Kelemen, M., Rumens, N. (2008) *An Introduction to Critical Management Research*. London: Sage.
- Langlois, P., Hansen, J. S. (2012). *World ESCO Outlook*. London SW15 2NU, UK Taylor & Francis Ltd.
- Larsen, H. P., Goldman, A. C., Satchwell, A. (2012). Evolution of the U.S. Energy Service Company Industry: *Market Size and Project Performance from 1990-2008*. *Energy Policy* 50, 802–820.
- Lee, P, Lama, P., Leeb, W. (2015). Risks in Energy Performance Contracting (EPC) projects. *Energy and Buildings*, 92, 116–127.

- Lima, P.C.E; Viana, C.J; Levino, A.N; Mota, M.M.C. (2008). Simulação de Monte Carlo Auxiliando a Análise de Viabilidade Econômica de Projetos.IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niteroi, RJ, Brasil.
- Limerick, P., Geller, H. (2007). What Every Westerner Should Know About Energy Efficiency and Conservation. Center of the American West and Southwest Energy Efficiency Project.
- Machry. S. M. (2003). O uso do Value at Risk (VaR) como medida de risco para fundos de pensão. Tese apresentada ao departamento da Administração Contabil e Financeira da Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo – FGV/EAESP, para obtenção do grau do mestre, orientado por Flávio Marcílio Rabelo, São Paulo.
- Marino. A., Bertoldi. P., Rezessy. S, (2010). Energy Service Companies Market in Europe. Status Report Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Medeiros, G.S, P., Barbosa, F, R, C. (2009), Análise do coeficiente de performance de um chiller doméstico operando com o r-401a em regime transiente. Retirado em: **file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrator/My%20Documents/VEVS,%20Consultar.pdf**. Consultado em maio 2018
- Mediana, V.R.J; Pamplona, E., Aragón, S. C. (2013). Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco. Gest. Prod., São Carlos, v. 20, n. 3, p. 525-536
- Mills, E., Kromer, S., Weiss, G., Mathewd, P. (2006). From volatility to value: analysing and managing financial and performance risk in energy savings projects. Energy Policy, 34, 188–199.
- Miorando, R.F. (2010). Modelo economico probabilistico de analise de risco em empresas de TI. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande Sul – UFRGS. Porto Alegre.

- Monteiro, A. C., Dos Santos, S. L., Werner, L. (2012). Simulação de Monte Carlo em Decisão de Investimento para Implantação de Projeto Hospitalar. Bento Gonçalves, RS, Brasil.
- Moore, J.; Weatherford, L.R. (2006). *Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas*. 6ª Edição. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora.
- Mota, S. L. V. (2014). Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros. Caso de Estudo: Estalagem Casa João Chagas – Constância. Tese apresentada ao departamento ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do Grau de mestre, orientado por Daniel Aelenei, Lisboa.
- Naumoff, C., Shipley, M.A. (2007). Industrial Energy Efficiency as a Risk Management Strategy. Washington D.C: American Council for an Energy-Efficient Economy.
- Neto, K. J. F., Souza, S.J., Carmon, M.U.C., Marqueron, C., Rangel, A. D., Abensur, O. E., et al. (2010). A Gestão de Riscos como Ferramenta para Aumento da Competitividade das Empresas. Retirado em, https://www.researchgate.net/publication/305221662_A_GESTAO_DE_RISCOS_COMO_FERRAMENTA_PARA_AUMENTO_DA_COMPETITIVIDADE_DAS_EMPRESAS, consultado em dezembro de 2018.
- Neumann, V. J., Morgenstern, O. (1947). Theory of games and economic behavior. Princeton University.
- Okay, N., Akman, U. (2010). Analysis of ESCO Activities Using Country Indicators. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 2760–2771.
- Oliveira, G. R. M., Carmona, M. U. C., Junior T. L. J. (2006). Value at Risk Dinâmico: *Um Estudo Comparativo entre os Modelos Heterocedásticos e a Simulação de Monte Carlo*. Revista Brasileira de Finanças, 4 (2), p.181-202.
- Pentti, E. (2009). Managing energy efficiency in the process industry with performance measurement and rewarding - Case Borealis Polymers Oy. Helsinki School of Economics.

- Pergler, M., Rasmussen, A. (2014). Corporate finance practice: *Making better decisions about the risks of capital projects*. McKinsey & Company. London office
- Ponciano, J. N., De Souza, M. P., Mata, C. T. H., Vieira, R. J., Morgado, F. I. (2004). Análise de Viabilidade Econômica e de Risco da Fruticultura na Região Norte Fluminense. RER, Rio de Janeiro, vol. 42, nº 04, p. 615-635.
- Porfírio, J. A., Couto, G., Lopes, M. M. (2004). Avaliação de Projetos de investimentos da análise Tradicional às opções reais. Publisher team, Lisboa
- Rede Nacional de Associação das Agências de Energia e Ambiente (RNAE). (2014). Contratos de Performance de Energia (CPE): Eficiência Energética na Empresa. Retirado em, http://www.enerdura.pt/images/stories/Documentos/Eficiencia_Energetica_Setor_Empresarial/Contratos_de_Performance_low.pdf, consultado em dezembro de 2018.
- Reis, V.V., Valverde, R. A., Mendonça De, S. R. R. (2015). Viabilidade Econômica de um Projeto de Micro geração Fotovoltaica Residencial no Ambiente de Compensação de Energia Elétrica. Business Conference. Convibra.
- Sain, S. K. P, (2001). Estudos Comparativos dos Modelos de Value at Risk para Instrumentos Pré-Fixados. Dissertação mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo. Retirado em: <file:///C:/Users/aulas.ULHT-CTT24-PC13/Downloads/EstudoVaR.pdf>. Consultado em dezembro de 2018.
- Sánchez, de la Fuente. F (2005). Manual de boas práticas de Eficiência Energética: *Implementar o desenvolvimento sustentável nas empresas*. BCSD Portugal e ISR– Dep. de Eng. Electrotécnica e de Computadores, Universidade de Coimbra
- Saunders, M., Lewis., P; Thornhill, A. (2016). Research Methods for Business Students 7ed, Prentice Hall.
- Shang, T., Zhanga, K., Liub, P., Chena, Z. (2017). A review of energy performance contracting business models: Status and recommendation. Sustainable Cities and Society, 34, 203–210.

- Sharma, S., Pratap, R. (2013). A Case study of risk optomozation using AHP metod. International Journal of Scientific and reasearch Publications, Vol.3
- Silva, G.P.N; Leão, C.R.P; Almeida, R.O.J; Ferreira, A. A B. (2013). Risk Management in Projects: *A Comparative Analysis of Standard ISO 31000 And PMBOK GUIDE®*, 2012. Revista de Gestão e Projetos - GeP, São Paulo, v. 4, n. 3, p 46-72.
- Silva, M. N. (2005.) da. Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial. Rio de Janeiro: Eletrobrás,
- Silva, P. P. (1999). Técnicas de análise de investimentos: *do VAL às opções reais*. Coimbra: Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra.
- Singh, J., Limaye, D.R., Henderson, B., Shi, X. (2010). Public Procurement of Energy Efficiency Services. Lessons from International Experience. The World Bank.
- Soares, I., Moreira, J., Pinho, C., Couto, J. (2015). Decisões de Investimentos - Análise Financeira de projetos. Edições Sílabo, Lisboa.
- Sorrel, S. (2007). The economics of energy service contracts. *Energy Policy*, 35, 507–521.
- Souza, J.S. (2011). Modelo para Identificacao e Gerenciamento do Grau de Risco de Empresas – MIGGRI. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.
- Steinberger, J., Niel, J., Bourg, D. (2009). Profiting from negawatts: *Reducing absolute consumption and emissions through a performance-based energy economy*. *Energy Policy*, 37, 361–370.
- Stevenson, W.J. (2015). Estatística Aplicada a administração. São Paulo: Harbra.
- Teixeira, N. (2013). Avaliação do Risco e da Criação de Valor no contexto Empresarial, Empreendedorismo, Coesão Social e Dinâmicas Empresariais. Caderno da Sociedade e Trabalho nº 17, GEP/MSESS

- Tian, J.; Yan, Z. (2013). Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Risk Assessment to General assembling of Satellite. *Journal of Applied Research and Technology*. V. 11, n.4, p. 568-577.
- Titman, S.; Martin, J.H. (2014). *Valuation: The Art and Science of Corporate Investment Decisions*, 3e, Prentice-Hall.
- Torres, L. V.; Oliveira Neto, D. J.; Kassai, R. J.; Kassai, S (2000). Gestão de Custos na Cafeicultura: Uma Experiência na Implantação de Projetos. Texto para Discussão – Série Contabilidade, n. 5: VII Congresso Brasileiro de Custos – Recife, PE, Brasil
- Ürge-Vorsatz, D., Köppel, S., Liang, C., Kiss, B., Nair, G G., Celikyilmaz, G, et. al., (2007). WEC ADEME project on energy efficiency policies. *An Assessment of on Energy Service Companies (ESCOs) Worldwide*. Central European University
- Vale, J. L.V. (1999). Análise de decisão: uma abordagem comparativa entre modelagem por árvore de decisão e teoria de precificação de opções aplicada a "opções reais". São Paulo: EAESP/FGV, 87p
- Vieira. R. V. M., (2011). Dissertação. Influência das recuperações térmicas (ar e água) no dimensionamento de sistemas energéticos centralizados em Grandes Edifícios de Serviço.
- Vine, E. (2005). An international survey of the energy service company (ESCO) industry. *Energy Policy* 33, p. 691–704.
- Vine, E., Hamrin, J., Eyre, N., Crossley, D., Maloney, M., Watt, G., et al., (2003). Public policy analysis of energy efficiency and load management in changing electricity businesses. *Energy Policy* 31, p. 405–430.
- Vine, E., Nakagami, H., Murakoshi, C. (1999). The evolution of the US energy service company (ESCO) industry: from ESCO to Super ESCO. *Jyukankyo Research Institute*, Tokyo, Japan, p. 479–492
- Wagner, L., (2010). *Energy Service Companies (ESCO). Monetization of energy efficiency*. Mora Associates Ltd.

- Weston, J. F.; Brigham, E. F. (2000). *Fundamentos da Administração Financeira*. 10ª Ed. São Paulo: Makron Books.
- Winther, T., Gurigard, K. (2016). Energy performance contracting (EPC): *a suitable mechanism for achieving energy savings in housing cooperatives? Results from a Norwegian pilot project*. *Energy Efficiency*10. p.577–596.
- World Energy Council (WEC) (2008). *Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation*. World Energy Council. London.
- Wu. D. D., Birge. R. J., Olson. L. D., (2011). *Computational Risk Management. Quantitative Financial Risk Management*. Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
- Xirimimbi, P.L.A. (2018). Avaliação de Projetos de Investimentos em Contexto de Risco e Incerteza. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Contabilidade e Finanças, Instituto Politécnico de Setubal (IPS).
- Yin, W., Robert, K. (2013). Case Study Research: *Design and Methods*: 005 (Applied Social Research Methods), Sage.

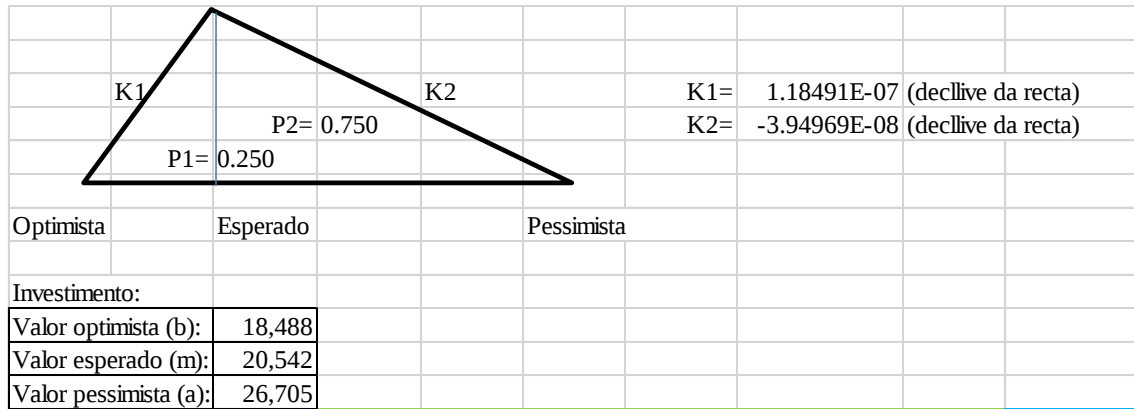
ANEXOS

AnexoI: Medida 1 - Frequência absoluta e acumulada, e probabilidades do VAL

VAL	<i>Frequency</i>	Freq Acum	Probabilidade
-60.000	0	0	0,0%
-57.500	0	0	0,0%
-55.000	0	0	0,0%
-52.500	0	0	0,0%
-50.000	0	0	0,0%
-47.500	0	0	0,0%
-45.000	0	0	0,0%
-42.500	0	0	0,0%
-40.000	1	1	0,2%
-37.500	2	3	0,6%
-35.000	2	5	1,0%
-32.500	0	5	1,0%
-30.000	5	10	2,0%
-27.500	4	14	2,8%
-25.000	7	21	4,2%
-22.500	4	25	5,0%
-20.000	9	34	6,8%
-17.500	8	42	8,4%
-15.000	13	55	11,0%
-12.500	13	68	13,6%
-10.000	25	93	18,6%
-7.500	15	108	21,6%
-5.000	25	133	26,6%
-2.500	24	157	31,4%
0	28	185	37,0%
2.500	37	222	44,4%
5.000	33	255	51,0%
7.500	27	282	56,4%
10.000	29	311	62,2%
12.500	22	333	66,6%
15.000	36	369	73,8%
17.500	24	393	78,6%
20.000	30	423	84,6%
22.500	22	445	89,0%
25.000	21	466	93,2%
27.500	8	474	94,8%
30.000	9	483	96,6%
32.500	4	487	97,4%
35.000	5	492	98,4%
37.500	4	496	99,2%
40.000	0	496	99,2%
42.500	1	497	99,4%
45.000	2	499	99,8%
47.500	1	500	100,0%
50.000	0	500	100,0%
52.500	0	500	100,0%
55.000	0	500	100,0%
57.500	0	500	100,0%
60.000	0	500	100,0%
More	0		
	500		

Fonte: Elaboração própria

Anexo II: Medida 2 - Distribuição de probabilidade triangular do investimento



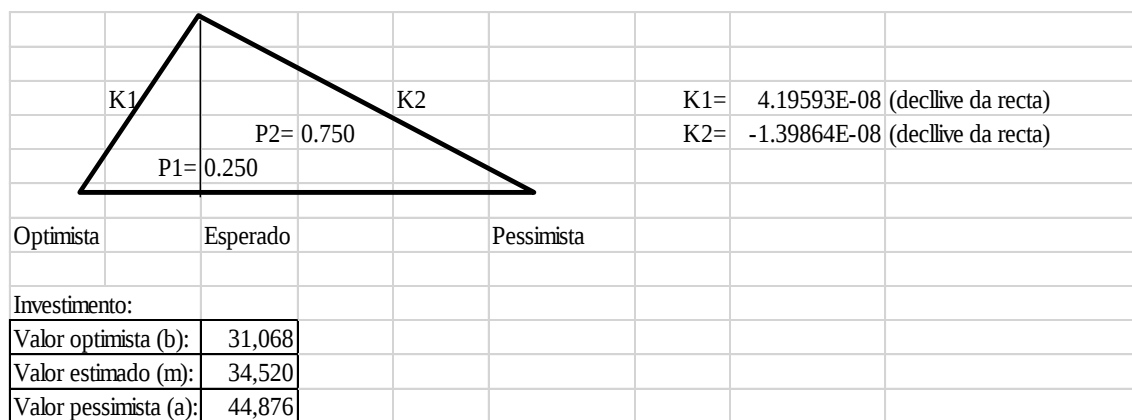
Fonte: Elaboração própria

Anexo III: Medida 2 -Frequência absoluta e acumulada, e probabilidades do VAL

VAL	Frequency	Freq Acum	Probabilidade
-25000	0	0	0,0%
-20000	0	0	0,0%
-15000	0	0	0,0%
-10000	0	0	0,0%
-5000	1	1	0,2%
0	1	2	0,4%
5000	0	2	0,4%
10000	1	3	0,6%
15000	2	5	1,0%
20000	2	7	1,4%
25000	2	9	1,8%
30000	6	15	3,0%
35000	5	20	4,0%
40000	1	21	4,2%
45000	5	26	5,2%
50000	2	28	5,6%
55000	8	36	7,2%
60000	6	42	8,4%
65000	12	54	10,8%
70000	8	62	12,4%
75000	9	71	14,2%
80000	14	85	17,0%
85000	14	99	19,8%
90000	11	110	22,0%
95000	11	121	24,2%
100000	17	138	27,6%
105000	13	151	30,2%
110000	16	167	33,4%
115000	8	175	35,0%
120000	19	194	38,8%
125000	12	206	41,2%
130000	15	221	44,2%
135000	12	233	46,6%
140000	16	249	49,8%
145000	14	263	52,6%
150000	20	283	56,6%
155000	15	298	59,6%
160000	12	310	62,0%
165000	10	320	64,0%
170000	14	334	66,8%
175000	15	349	69,8%
180000	14	363	72,6%
185000	15	378	75,6%
190000	18	396	79,2%
195000	7	403	80,6%
200000	15	418	83,6%
205000	15	433	86,6%
210000	12	445	89,0%
215000	11	456	91,2%
220000	11	467	93,4%
225000	9	476	95,2%
230000	7	483	96,6%
235000	7	490	98,0%
240000	2	492	98,4%
245000	3	495	99,0%
250000	4	499	99,8%
255000	0	499	99,8%
260000	1	500	100,0%
265000	0	500	100,0%
270000	0	500	100,0%
275000	0	500	100,0%
280000	0	500	100,0%
285000	0	500	100,0%
290000	0	500	100,0%
295000	0	500	100,0%
300000	0	500	100,0%
More	0		
	500		

Fonte: Elaboração própria

Anexo IV: Medida 3 - Distribuição de probabilidade triangular do investimento.



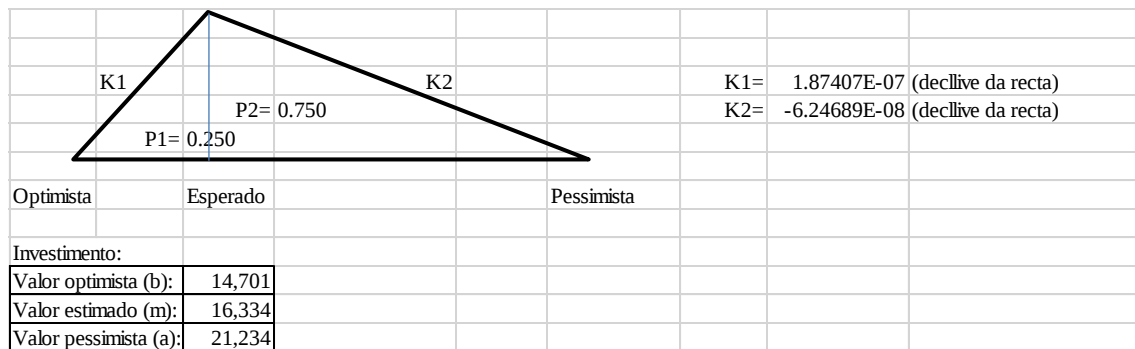
Fonte: Elaboração própria

Anexo V: Medida 3 - Frequências absolutas, acumuladas e probabilidades do VAL

VAL	Frequency	Freq Acum	Probabilidade
-15000	0	0	0,0%
-13000	0	0	0,0%
-11000	0	0	0,0%
-9000	0	0	0,0%
-7000	0	0	0,0%
-5000	0	0	0,0%
-3000	0	0	0,0%
-1000	0	0	0,0%
1000	1	1	0,2%
3000	0	1	0,2%
5000	2	3	0,6%
7000	4	7	1,4%
9000	12	19	3,8%
11000	6	25	5,0%
13000	6	31	6,2%
15000	12	43	8,6%
17000	13	56	11,2%
19000	22	78	15,6%
21000	12	90	18,0%
23000	26	116	23,2%
25000	33	149	29,8%
27000	23	172	34,4%
29000	23	195	39,0%
31000	24	219	43,8%
33000	32	251	50,2%
35000	29	280	56,0%
37000	29	309	61,8%
39000	53	362	72,4%
41000	33	395	79,0%
43000	32	427	85,4%
45000	28	455	91,0%
47000	18	473	94,6%
49000	13	486	97,2%
51000	10	496	99,2%
53000	4	500	100,0%
55000	0	500	100,0%
57000	0	500	100,0%
59000	0	500	100,0%
61000	0	500	100,0%
63000	0	500	100,0%
65000	0	500	100,0%
67000	0	500	100,0%
69000	0	500	100,0%
71000	0	500	100,0%
More	0		
	500		

Fonte: Elaboração própria

Anexo VI: Medida 4 - Distribuição de probabilidade triangular do investimento



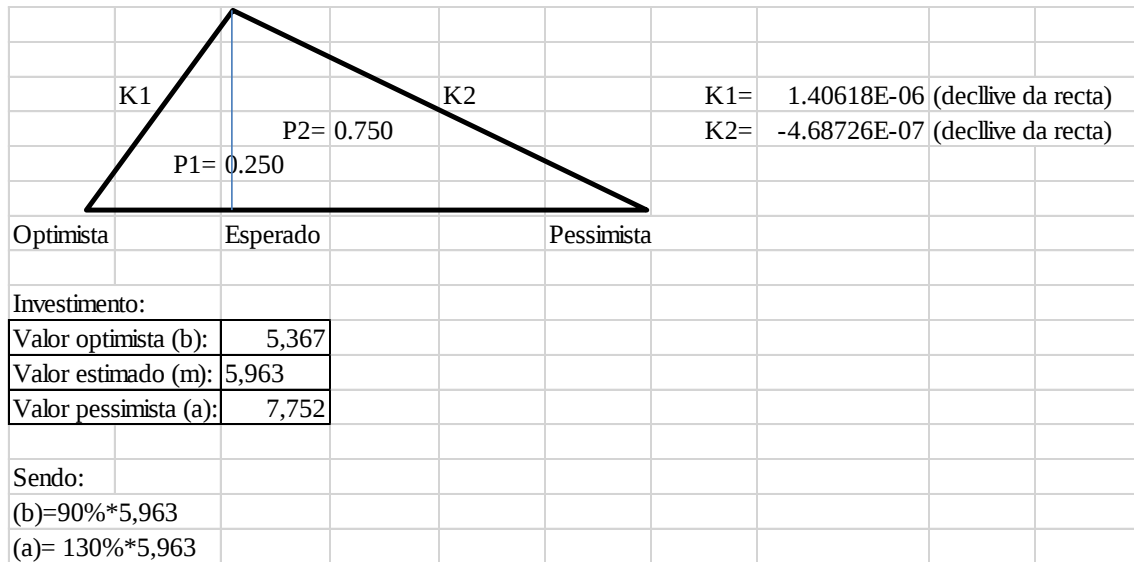
Fonte: Elaboração própria

Anexo VIII: Medida 4 - Distribuição de probabilidade obtida para VAL mediante a simulação

VAL	Frequency	Freq Acum	Probabilidade%
-10000	0	0	0,0%
-8000	0	0	0,0%
-6000	0	0	0,0%
-4000	0	0	0,0%
-2000	0	0	0,0%
0	0	0	0,0%
2000	2	2	0,4%
4000	8	10	2,0%
6000	24	34	6,8%
8000	28	62	12,4%
10000	39	101	20,2%
12000	58	159	31,8%
14000	72	231	46,2%
16000	74	305	61,0%
18000	67	372	74,4%
20000	69	441	88,2%
22000	34	475	95,0%
24000	21	496	99,2%
26000	4	500	100,0%
28000	0	500	100,0%
30000	0	500	100,0%
32000	0	500	100,0%
34000	0	500	100,0%
36000	0	500	100,0%
38000	0	500	100,0%
40000	0	500	100,0%
42000	0	500	100,0%
44000	0	500	100,0%
46000	0	500	100,0%
48000	0	500	100,0%
50000	0	500	100,0%
More	0		
	500		

Fonte: Elaboração própria

Anexo IX: Medida 5 - Distribuição de probabilidade triangular do investimento



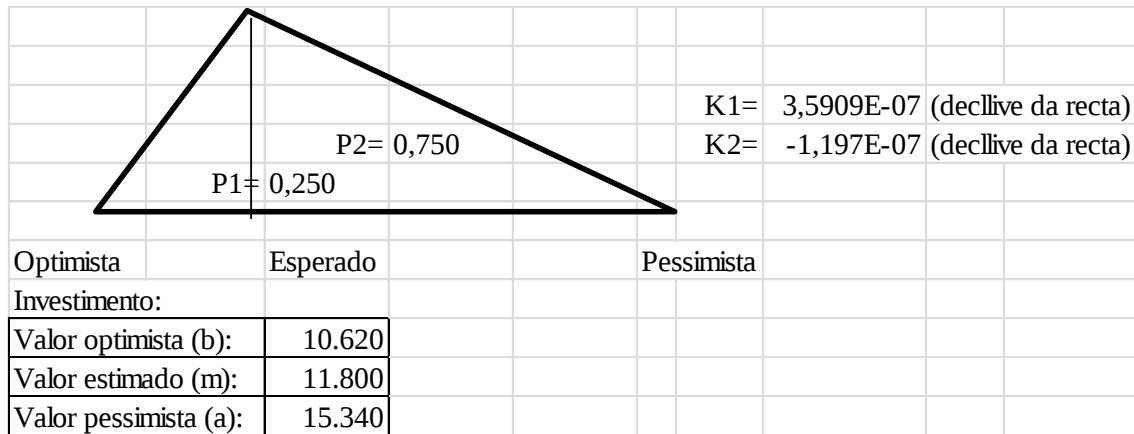
Fonte: Elaboração própria

Anexo X: Medida 5- Frequências absolutas e acumuladas e probabilidades do VAL

VAL	Frequency	Freq Acum	Probabilidade
-10000	0	0	0,0%
-9000	0	0	0,0%
-8000	0	0	0,0%
-7000	0	0	0,0%
-6000	0	0	0,0%
-5000	0	0	0,0%
-4000	0	0	0,0%
-3000	0	0	0,0%
-2000	0	0	0,0%
-1000	0	0	0,0%
0	4	4	0,8%
1000	31	35	7,0%
2000	113	148	29,6%
3000	182	330	66,0%
4000	145	475	95,0%
5000	25	500	100,0%
6000	0	500	100,0%
7000	0	500	100,0%
8000	0	500	100,0%
9000	0	500	100,0%
10000	0	500	100,0%
More	0		
	500		

Fonte: Elaboração própria

Anexo XI: Medida 6 - Distribuição de probabilidade triangular do investimento



Fonte: Elaboração própria

Anexo XII: Medida 6- frequências absolutas, acumuladas e probabilidades do VAL

VAL	Frequency	Frq Acum	Probabilidade
-10000	0	0	0,0%
-9500	0	0	0,0%
-9000	0	0	0,0%
-8500	0	0	0,0%
-8000	0	0	0,0%
-7500	0	0	0,0%
-7000	0	0	0,0%
-6500	0	0	0,0%
-6000	1	1	0,2%
-5500	2	3	0,6%
-5000	9	12	2,4%
-4500	9	21	4,2%
-4000	14	35	7,0%
-3500	31	66	13,2%
-3000	35	101	20,2%
-2500	43	144	28,8%
-2000	53	197	39,4%
-1500	50	247	49,4%
-1000	52	299	59,8%
-500	42	341	68,2%
0	53	394	78,8%
500	44	438	87,6%
1000	24	462	92,4%
1500	24	486	97,2%
2000	12	498	99,6%
2500	2	500	100,0%
3000	0	500	100,0%
3500	0	500	100,0%
4000	0	500	100,0%
4500	0	500	100,0%
5000	0	500	100,0%
5500	0	500	100,0%
6000	0	500	100,0%
6500	0	500	100,0%
7000	0	500	100,0%
More	0		
	500		

Fonte: Elaboração própria