

UTILIZAÇÃO DE METODOLOGIAS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO COMO FERRAMENTA DE SUPORTE NUMA EMPRESA DE SERVIÇOS ENERGÉTICOS

Rui Filipe Pona da Costa



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2012

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Rui Filipe Pona da Costa, N° 1090042, 1090042@isep.ipp.pt

Orientação científica: Maria Eduarda Pinto Ferreira, epf@isep.ipp.pt

Coorientação científica - Susana Nicola de Araújo, sca@isep.ipp.pt



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização de Telecomunicações

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

29 de Outubro de 2012

Dedico esta tese à minha mulher por toda a paciência e confiança demonstrada em mim ao longo desta caminhada.

Agradecimentos

Às professoras doutora Maria Eduarda Pinto Ferreira e Susana Nicola Araújo pela sua inteira e total disponibilidade aquando da existência de dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo do desenvolvimento da tese. Por sempre terem fornecido muitas sugestões, exemplos e críticas construtivas as quais foram fundamentais para a realização adequada da tese.

A todos os professores, colegas e amigos que ajudaram com novas ideias e conceitos que foram transmitidos.

Finalmente, e apesar da distância que nos separa, um agradecimento muito especial aos meus Pais, Irmão, e Avós que sempre me apoiaram nos bons e maus momentos que foram surgindo ao longo do curso.

Resumo

Atualmente e devido às conjunturas sócio económicas que as empresas atravessam, é importante maximizar tanto os recursos materiais como humanos. Essa consciência faz com que cada vez mais as empresas tentem que os seus colaboradores possam desempenhar um papel importante no processo de decisão. Cada vez mais a diferença entre o sucesso e o fracasso depende da estratégia que cada empresa opte por envergar. Sendo assim cada atividade desempenhada por um seu colaborador deve estar alinhada com os objetivos estratégicos da empresa.

O contexto em que a presente tese se insere tem por base uma pesquisa aos vários métodos multicritério existentes, de forma a que o serviço que seja adjudicado possa ser executado de forma transparente e eficiente, sem nunca descorar a sua otimização. O método de apoio à decisão escolhido foi o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). A necessidade de devolver aos decisores/gestores a melhor solução resultante da aplicação de um método de apoio à decisão numa empresa de serviços energéticos foi a base para a escolha da tese.

Dos resultados obtidos conclui-se que a aplicação do método AHP foi adequada, conseguindo responder a todos os objetivos inicialmente propostos. Foi também possível verificar os benefícios que advêm da sua aplicação, que por si só, ajudaram a perceber que é necessário haver uma maior entejuda e consenso entre as decisões a tomar.

Palavras-Chave

O processo de tomada de decisão, Sistemas de apoio à decisão, Métodos multicritério, Auditorias/Certificações energéticas, Método AHP.

Abstract

Nowadays, and due to socio economic conjunctures that companies go through, it is important to maximize both material and human resources. This awareness makes that companies try more and more that their employees can play an important role in decision making. The difference between success and failure increasingly depends on the strategy that each company chooses. Thus each activity performed by a collaborator must be aligned with the strategic objectives of the company.

The context in which this thesis is based is part of a survey to several existing multicriteria methods, so that the service adjudicated can be executed transparently and efficiently without ever overlooking its optimization. The support method chosen to the decision was the Analytic Hierarchy Process (AHP). The need to return to the makers / managers the best solution resulting from the application of a support method for decision in an energy service company was the basis for choosing the thesis.

From the results obtained it is concluded that the application of AHP was adequate, managing to respond all of the objectives initially proposed. It was also possible to verify the benefits that came from its application, which by itself helped to realize that there needs to be a greater and mutual consensus between the decisions to make.

Keywords

The process of decision making, decision support systems, multicriteria methods, Audits/Certifications energy, AHP.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ACRÓNIMOS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO.....	2
1.2. ESTRUTURA DA TESE	3
2. A TOMADA DA DECISÃO	5
2.1. O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO	8
2.2. OS VÁRIOS MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO EXISTENTES	11
2.3. AS ARMADILHAS DAS DECISÕES.....	13
2.4. SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO	14
2.4.1 CARACTERÍSTICAS E FUNCIONALIDADES	17
2.4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SAD	20
2.4.3 ARQUITETURA E COMPONENTES DOS SAD	22
2.4.4 TÉCNICAS DE APOIO À DECISÃO	23
2.4.5 IMPACTO DOS SAD/SSD	25
2.5 PRINCIPAIS MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	28
2.6 MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSO (AHP)	32
3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	37
3.1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	39
3.2 A CONJUNTURA ATUAL	40
3.3 AUDITORIA ENERGÉTICA	41
3.3.1 ÂMBITO, NATUREZA E IMPORTÂNCIA.....	41
3.3.2 OBJETIVOS	43
3.3.3 TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS	43
3.3.4 A AUDITORIA ENERGÉTICA - SGCIE.....	44
3.3.5 ACOMPANHAMENTO DO PREN E ELABORAÇÃO DO REP.....	49
3.4 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE UMA AUDITORIA.....	50
3.4.1 RECOLHA DE DADOS DOCUMENTAIS E PLANEAMENTO DA INTERVENÇÃO	53

3.4.2	INTERVENÇÃO NO LOCAL (TRABALHO DE CAMPO).....	53
3.4.3	FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS DE MONITORIZAÇÃO E REGISTO	55
3.4.4	TRATAMENTO E ANÁLISE DA INFORMAÇÃO	56
3.4.5	ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO.....	57
3.5	RECURSOS.....	57
3.6	REUNIÕES PERIÓDICAS	58
4	APLICAÇÃO INFORMÁTICA	59
4.1	DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO	59
4.1.1	EXEMPLO DE PACOTE	60
4.1.2	PEDIDO DE SERVIÇO	60
4.1.3	MARCAÇÃO DO SERVIÇO	61
4.1.4	FUNCIONALIDADES	61
4.1.5	UTILIZAÇÃO PRÁTICA.....	62
4.1.6	ADAPTAÇÃO DO MÉTODO AHP AO CASO PRÁTICO	63
4.2	DESENVOLVIMENTO/CONCEÇÃO DA APLICAÇÃO INFORMÁTICA	64
4.2.1	REGISTO DO CLIENTE NA BD DA EMPRESA	65
4.2.2	BASE DE DADOS PARA AUXÍLIO AOS CÁLCULOS.....	65
4.2.3	FOLHA DE CÁLCULO DOS CUSTOS	69
4.3	OTIMIZAÇÃO DA ROTA	73
4.4	COMPARAÇÕES ENTRE AS PREFERÊNCIAS E CRITÉRIOS DO PROBLEMA	77
5	EXEMPLO DE APLICAÇÃO	81
6	CONCLUSÃO	89
6.1	IMPACTOS PARA A EMPRESA – VANTAGENS E DESVANTAGENS	90
6.2	TRABALHO FUTURO.....	91
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....	93

Índice de Figuras

Figura 1 – Contexto e tipo de tomada de decisão (Boddy, 2005)	7
Figura 2 – Processo de tomada de decisão (Harrison, 1987)	8
Figura 3 – Características típicas dos SAD/SSD (Harrison, 1987).....	18
Figura 4 – Fluxograma geral do método AHP (Vilas Boas, 2006).....	29
Figura 5 – Fluxograma geral do método MACBETH (Vilas Boas, 2006).....	30
Figura 6 – Hierarquias do AHP (Satty, 1991).....	33
Figura 7 – Instalações consumidoras intensivas de energia registadas (Adene, 2012).....	45
Figura 8 – Numero de registos – principais distritos e atividades económicas (Adene, 2012).....	45
Figura 9 – Registos de entidades no SGCIE (Adene, 2012)	46
Figura 10 – Principais fontes de energia utilizadas (Adene, 2012).....	46
Figura 11 – Potencial acumulado da isenção das taxas de ISP (Adene, 2012)	47
Figura 12 – Número de registos de PREn (Adene, 2012).....	48
Figura 13 – Planos de racionalização aprovados até fevereiro de 2012 (Adene, 2012).....	48
Figura 14 – Contabilização e variação dos indicadores apresentados nos REP (Adene, 2012).....	50
Figura 15 – Hierarquia do caso prático utilizando o método AHP	63
Figura 16 – Relação dos subpacotes para cálculo do custo.....	64
Figura 17 – Funcionamento para angariação de clientes	73
Figura 18 – Ferramenta utilizada para cálculo das rotas (<i>Optimaps google</i>).....	74
Figura 19 – Exemplo de otimização de rotas (<i>Optimaps google</i>).....	74
Figura 20 – Distância e tempo a percorrer entre a origem e o destino (<i>Optimaps google</i>).....	75
Figura 21 – Ferramenta utilizada para cálculo das portagens (Brisa)	76
Figura 22 – Exemplo de otimização de rota (Porto-Braga-Famalicão).....	83
Figura 23 – Cálculo das portagens (Porto-Braga sul)	84

.

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Atividades dos gestores – tomada de decisão (Dessler, 2004)	7
Tabela 2 – Comportamento de acordo com o meio que envolve a decisão (Marakas, 1998)	10
Tabela 3 – Modelo de matriz de prioridades dos critérios (Satty, 1991).....	33
Tabela 4 – Modelo de matriz de prioridades dos subcritérios (Satty, 1991)	34
Tabela 5 – Modelo de matriz de prioridades das alternativas (Satty, 1991)	34
Tabela 6 – Níveis de importância de comparações binárias (Satty, 1991).....	34
Tabela 7 – Modelo de matriz das prioridades para as várias alternativas existentes (Satty, 1991).	35
Tabela 8 – Registo da marcação do serviço	61
Tabela 9 – Base de registo das empresas	65
Tabela 10 – Configuração dos pacotes.....	65
Tabela 11 – Base de dados técnicos (Engenheiros juniores).....	66
Tabela 12 – Base de dados Engenheiros (Engenheiros séniores).....	66
Tabela 13 – Veículos existentes na empresa XPTO.....	67
Tabela 14 – Preços dos combustíveis.....	67
Tabela 15 – Preços dos trabalhos e respetiva duração	67
Tabela 16 – Pontuação dos dias da semana.....	68
Tabela 17 – Configuração de pacotes em subpacotes	68
Tabela 18 – Custo do veículo a utilizar	69
Tabela 19 – Custo do trajeto a efetuar.....	69
Tabela 20 – Seleção do serviço a adjudicar.....	70
Tabela 21 – Cálculo dos custos de cada tipo de trabalho	70
Tabela 22 – Seleção do cliente/empresa.....	71
Tabela 23 – Seleção do engenheiro que prestará o serviço	71
Tabela 24 – Custos totais do pacote selecionado	72
Tabela 25 – Cálculo do custo de cada pacote (seleção cliente/empresa)	76
Tabela 26 – Classificação dos critérios	77
Tabela 27 – Comparações dos critérios.....	78
Tabela 28 – Propriedades dos subpacotes	78
Tabela 29 – Análise quantitativa	79
Tabela 30 – Matriz de seleção do melhor serviço	79
Tabela 31 – Empresas selecionadas	81
Tabela 32 – Serviço adjudicado pela empresa Imago	82
Tabela 33 – Serviço adjudicado pela empresa Avaclimat.....	82
Tabela 34 – Serviço adjudicado pela empresa Energeco	82

Tabela 35 – Veículo selecionado.....	83
Tabela 36 – Cálculo do custo de transporte.....	84
Tabela 37 – Demonstração dos custos para o serviço prestado (Empresa: Avaclimat)	85
Tabela 38 – Definição dos critérios utilizando o método AHP (Empresa: Avaclimat).....	85
Tabela 39 – Comparação entre os critérios definidos.....	86
Tabela 40 – Demonstração das possibilidades existentes para o serviço contratado	86
Tabela 41 – Análise quantitativa do serviço contratado	86
Tabela 42 – Matriz seleção do serviço a prestar.....	87

Acrónimos

AHP – *Analytic hierarchy process*

ARCE – Acordo de racionalização de energia

BI – *Business intelligence*

CI – Índice de coerência

CIE – Consumidores intensivos de energia

DDC – Diagramas de carga

DDD – *Decision support systems*

EDP – *Electronic data processing*

ELECTRE – *Elimination et choix traduisant la réalité*

ESCO – *Energy service company*

ESS – Sistemas de suporte executivo

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

IA – Inteligência artificial

ISP – Imposto sobre produtos petrolíferos

MACBETH – *Measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique*

MCDM – *Multi-criteria decision making methods*

MIS – *Management information systems*

MIS – Sistemas de gestão de informações

MS – *Management sciences*

ORC – Oportunidades de racionalização de consumos

PNAEE – Plano nacional de ação para eficiência energética

PREn – Plano de racionalização do consumo de energia

PRI – Período de retorno de investimento

PROMETEE – *Preference ranking organization method for enrichment evaluations*

QREN – Quadro referência estratégico nacional

RC – Razão de consistência

RCCTE – Regulamento das características do comportamento térmico dos edifícios

REP – Relatório de execução e progresso

RGCE – Regulamento geral dos consumos de energia

RSECE – Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios

SAD – Sistemas de apoio à decisão

SADG – Sistemas de apoio à decisão grupo

SCE – Sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior nos edifícios

SGCIE – Sistema de gestão dos consumos intensivos de energia

SI – Sistemas de informação

SIAD – Sistemas inteligentes de apoio à decisão

TEP – Toneladas equivalentes de petróleo

TI – Tecnologias de informação

TR – Técnico reconhecido

TSP – *Traveling salesman problem*

VAB – Valor acrescentado bruto

1. INTRODUÇÃO

A negociação está presente de forma intensa na vida contemporânea. A crescente competição e a necessidade permanente de resultados cada vez melhores e eficazes, acelerados pelo processo de globalização, despertam nas empresas a necessidade de assegurar a sua sobrevivência num panorama cada vez mais complexo e competitivo.

Sempre que abordada, a negociação, pressupõe o alcançar de um objetivo estando pelo menos duas partes envolvidas. É assim indispensável que ambos estejam dispostos a realizar uma troca, uma venda ou uma disputa por forma a alcançar um resultado satisfatório (Lourenço, 2006).

Entende-se negociar como um processo complexo do ponto de vista racional, emocional e comunicacional. Envolve necessidades que, para serem cumpridas, estão dependentes de ações de outras entidades e as partes envolvidas pressupõem que, para alcançar os seus objetivos, terão de obter um compromisso.

Saber negociar é fundamental para qualquer empresa. Quando um cliente afirma que recebeu uma proposta melhor da concorrência e pressiona para baixar os preços ou melhorar as condições contratuais, implica negociar. Quando pretende contratar um fornecedor, implica negociar. Quando recruta um novo empregado e discute com ele horários, folgas e remuneração, implica negociar (Lourenço, 2006).

Ser um bom negociador não significa só possuir determinadas características de personalidade. Tem de ter prática e conhecer algumas regras e princípios fundamentais sobre preparação, condução e avaliação de um processo de negociação.

O princípio fundamental para conduzir uma boa negociação é a orientação que o negociador escolhe. Aqui tem duas opções: orientação para os seus objetivos e necessidades e/ou orientação para os dos outros. Na maioria das situações o mais adequado é a orientação para ambos os interlocutores, pois é assim que se garantem boas relações comerciais a médio e longo prazo e a satisfação de ambas as partes (Lourenço, 2006).

Esta tese tem como finalidade dar cumprimento ao referido na ficha de disciplina da Unidade Curricular tese/dissertação, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores - Sistemas e Planeamento Industrial.

O tema escolhido aborda a questão levantada nos últimos anos sobre a importância da negociação. Com este trabalho pretende-se que seja maximizada a rentabilidade do produto ou serviço prestado dentro das organizações.

1.1. OBJETIVO

O objetivo da presente tese é criar uma aplicação informática que permita à empresa XPTO, durante o processo de negociação otimizar e selecionar rapidamente de forma automatizada quais os recursos a disponibilizar de forma a maximizar a rentabilidade do produto ou serviço prestado.

Dada a complexidade inerente a este objetivo, sentiu-se a necessidade de o subdividir em múltiplas tarefas de realização mais simples, tais como:

Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho incide no desenvolvimento de uma aplicação informática baseada no método AHP, que visa apoiar a negociação de serviços de eficiência energética, tendo como objetivos facilitar a comunicação, promover a compreensão e fundamentalmente oferecer suporte para a geração e avaliação de alternativas.

Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Enquadrar o caso de uma empresa prestadora de serviços no sistema de negociação;
- Contextualizar os processos de tomada de decisão;
- Propor um processo para dar apoio às tomadas de decisão;
- Identificar e caracterizar os principais sistemas de apoio à decisão;
- Indicação e descrição do método multicritério de Apoio a decisão;
- Implementar o sistema de apoio.

1.2. ESTRUTURA DA TESE

Para que o presente trabalho seja de fácil leitura, a estrutura foi dividida em 6 capítulos que se encontram organizados com o seguimento lógico da investigação. Nestes são abordados os seguintes pontos:

- O capítulo 1 introduz o âmbito do estudo, os objetivos da tese e, por último, a estrutura do trabalho;
- O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura em que são referidos documentos científicos, livros e estudos académicos relacionados com os temas em estudo;
- O capítulo 3 faz uma breve introdução ao âmbito em que a empresa como prestadora de serviços se insere, descrevendo também pormenorizadamente quais os serviços prestados pela empresa;
- O capítulo 4 contempla o desenvolvimento da aplicação informática e apresenta a estrutura de todas as variáveis diretas ou indiretas utilizadas para otimização do problema. Faz-se também uma análise e interpretação dos dados da fase empírica do presente estudo;
- O capítulo 5 é utilizado para descrever um exemplo tendo por base a aplicação informática desenvolvida;

- O capítulo 6 refere as conclusões da presente tese, sendo apresentados os impactos para a empresa bem como sugestões de trabalho futuro.

2. A TOMADA DA DECISÃO

Tomar decisões como qualquer outra atividade faz parte do nosso cotidiano. Constantemente vemos-nos na obrigatoriedade de tomar decisões, tenham elas um impacto insignificante na nossa vida a médio e longo prazo (a roupa que vestimos, o perfume que escolhemos, a comida que escolhemos para jantar, etc.), ou possam estas influenciar o nosso “destino” (a escolha de um curso ou profissão, casar, ter filhos, emigrar, comprar casa, etc.).

Podemos assim afirmar que nem todas as decisões são de fácil resolução, pois algumas acarretam grandes riscos, negociações, custos e insatisfações. O senso comum diz-nos que a maior parte das vezes a tomada de decisão é feita na relação entre a emoção e a razão. Funciona como uma balança entre as emoções positivas ou negativas, que nos fazem avançar para, ou evitar certas situações. Decisões mais lógicas, apelam a métodos mais racionais, enquanto decisões emocionais são geralmente mais rápidas.

Decisões carecem da existência de conhecimentos, que são difíceis de mensurar ou avaliar, mas podem ser fulcrais para determinar o sucesso ou insucesso da decisão. Tomar decisões regesse por uma atividade que interpreta uma ação como uma escolha racional. Trata-se de, através da otimização dos recursos disponíveis, alcançar os objetivos instituídos.

Vários setores de atividade levam a que as decisões sejam tomadas com base em dois critérios, o económico e/ou financeiro recorrendo a técnicas como, por exemplo, as de otimização utilizando a investigação operacional e ferramentas de matemática financeira como apoio para uma escolha final. É difícil considerar a presença e a importância de fatores subjetivos, sejam eles mensuráveis ou não, levando-nos muitas vezes a optar por uma alternativa menos adequada por forma a responder à conjuntura e prioridades socioeconómicas que a comunidade atravessa.

Atualmente, a nível empresarial e no que concerne ao planeamento das organizações, o gestor é a pessoa responsável por se certificar que a organização atinge os seus objetivos e fá-lo através da realização daquelas que são as quatro funções da gestão – planejar, organizar, liderar e controlar o trabalho dos outros. Independentemente do seu nível (hierárquico), implica sempre tomar decisões relacionadas diretamente com a sua área de trabalho, que podem ser decisões de rotina ou decisões que resultem de situações inesperadas de maior ou menor complexidade (Segurado, 2009).

As decisões diferem consoante sejam decisões programadas ou não programadas. As decisões programadas são decisões de rotina e, por isso, resolúveis através do estabelecimento de um conjunto de procedimentos, regras e políticas. Já as não programadas são inesperadas e únicas (Dessler, 2004).

Outras categorias podem ser atribuídas à decisão, como, por exemplo, serem estratégicas ou operacionais (consoante a grandeza dos objetivos e implicações para a organização e as subjacentes); dependentes ou independentes (consoante seja influenciadas por decisões anteriores ou as suas consequências sejam antecipadas) (Boddy, 2005).

Também o contexto em que as decisões são tomadas (certeza, risco, incerteza e ambiguidade) influencia todo o processo de tomada de decisão, conforme demonstrado na figura 1.

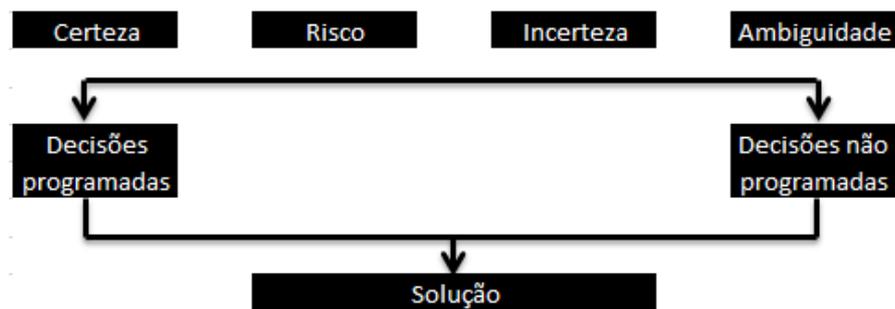


Figura 1 – Contexto e tipo de tomada de decisão (Boddy, 2005)

Numa organização, a tomada de decisão é um processo que ocorre a todos os níveis ou áreas de trabalho, não só ao nível dos gestores, pois um membro do *staff* pode, em qualquer momento tomar uma decisão.

Tabela 1 – Atividades dos gestores – tomada de decisão (Dessler, 2004)

Funções da gestão	Decisões representativas
Planear	O que queremos alcançar? Quais os objetivos? Quais as oportunidades e riscos presentes? Qual a estratégia competitiva que deve ser adotada?
Organizar	Quais as principais tarefas a concretizar? Como dividir o trabalho que falta realizar? Devo tomar estas decisões ou permitir que alguém o faça por mim? Como garantir a coordenação do trabalho?
Liderar	Que decisão devo tomar em situações similares? Está determinado um colaborador desempenhar só uma tarefa? Como motivar os colaboradores? Como conseguir que uma equipa consiga obter um melhor desempenho?
Controlar	Como controlar uma atividade? Os objetivos planeados já foram alcançados? É necessário proceder a ações corretivas?

Como já referido, a tomada de decisão é o processo de desenvolver, analisar e escolher alternativas de entre várias. No entanto, o processo de tomada de decisão não termina com a escolha de uma alternativa e a sua implementação. É necessário que se proceda à avaliação e monitorização de todo o processo (Harrison, 1987).

Quer a teoria quer a prática, demonstram-nos que a condição necessária para se iniciar um processo de tomada de decisão numa organização, não tem necessariamente a ver com a definição de objetivos organizacionais, podendo igualmente ter início com o surgimento de determinado problema ou oportunidade. Trata-se assim, de um processo cíclico, pois a avaliação pós-implementação pode produzir resultados pouco satisfatórios, ou que fiquem aquém dos objetivos estabelecidos, e todo o processo começa novamente. Todas as pessoas

tomam decisões com o intuito de alcançar um objetivo estabelecido, tal acontece quando tomam consciência da existência de um problema ou de uma oportunidade, para que possa haver lugar a uma decisão é necessário o desenvolvimento de alternativas através do recurso a diferentes fontes de informação, quer internas quer externas ao contexto em que a decisão vai ser tomada (ex: organização). Essas alternativas são comparadas e avaliadas, é feita uma escolha, é tomada uma decisão que é implementada e cuja implementação deve ser monitorizada e controlada, podendo ser necessário que todo o processo seja repetido (ver Figura 2).

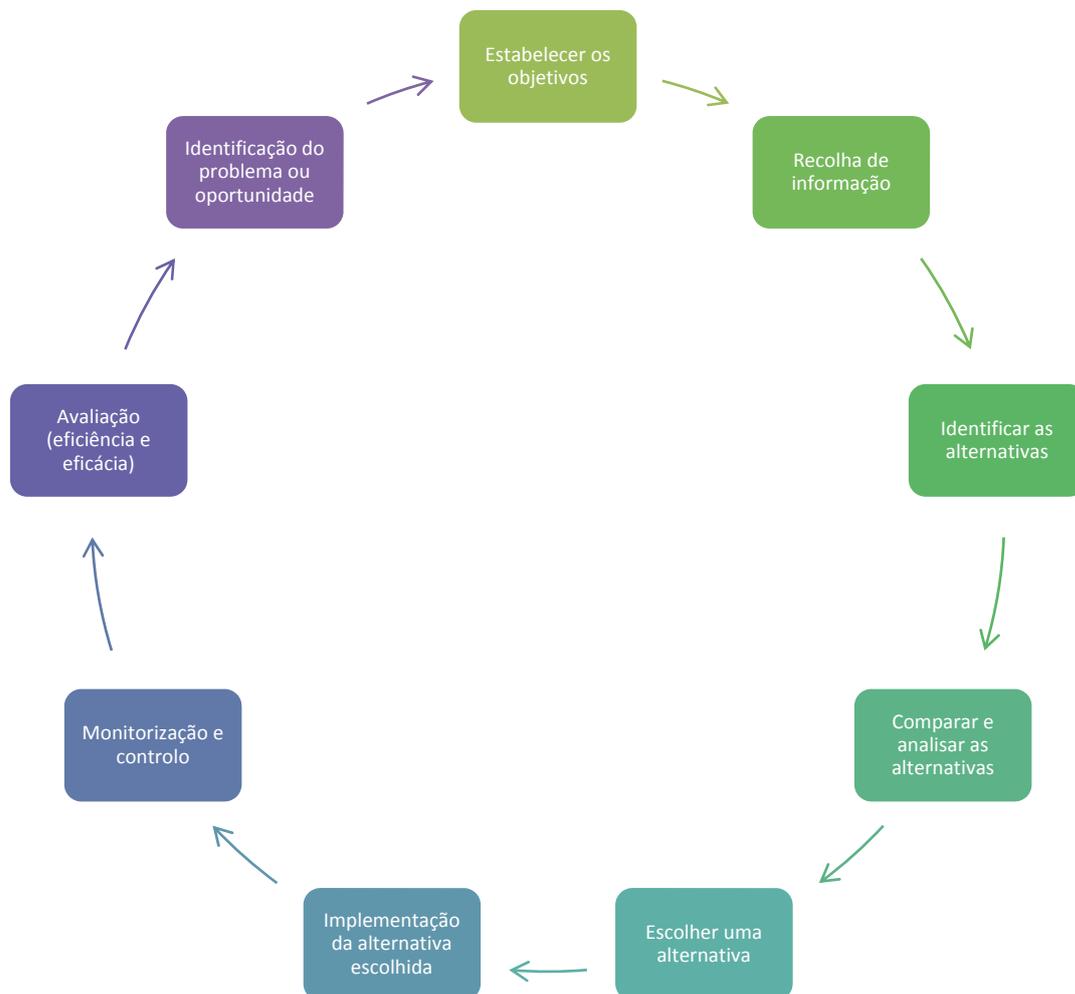


Figura 2 – Processo de tomada de decisão (Harrison, 1987)

2.1. O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO

Podemos afirmar que as pessoas são a parte lógica do processo de decisão. As decisões têm início no estabelecimento dos objetivos, pois o propósito final da decisão é atingir o

objetivo preconizado (Rowe e Luecke, 2006). Para que o resultado final vá de encontro aos objetivos propostos, existem cinco etapas a ter em conta:

- **Estabelecer um argumento de sucesso:** Esta etapa tem como finalidade a criação de condições favoráveis para que a decisão possa ser tomada. A decisão tende a ser influenciada mediante a opção que mais nos convém. Por forma a tomar a melhor decisão devem ser estimadas todas as expectativas resultantes da decisão final;
- **Obter as informações adequadas:** Para que uma decisão possa produzir o resultado esperado, a mesma, está dependente das informações disponíveis e de como podem influenciar os seus objetivos. Na eventualidade de não ser possível determinar qual o problema a ser resolvido, não será possível optar pela melhor decisão, logo esta deve ser considerada como uma etapa crítica;
- **Existirem alternativas:** Depois de obtidas e analisadas todas as informações resultantes do problema a ser resolvido, os gestores devem analisar todas as alternativas existentes;
- **Avaliar as alternativas:** Posteriormente devem ser analisadas as implicações e riscos que cada alternativa acarrete à resolução do problema. Atualmente já são utilizados softwares para resolução desta etapa, um dos mais utilizados é o *Expert Choice®*;
- **Escolher a melhor alternativa:** Após findas as etapas referidas anteriormente e existir consonância quanto aos objetivos preconizados, nesta última etapa os gestores poderão avaliar cada uma das alternativas existentes. Espera-se então que, nestas condições, e dentro do tempo estabelecido, o decisor possa escolher a decisão mais adequada. Por vezes e mesmo depois de selecionadas as melhores opções, não é fácil decidir pela opção final. Felizmente, atualmente existem técnicas que facilitam a decisão, que asseguram as vantagens e desvantagens de cada uma das opções.

Apesar de compreendida toda lógica resultante das cinco etapas mencionadas, em certas ocasiões, não são capazes de garantir que a decisão tomada foi a mais assertiva. Se a equipa envolvida no processo permita que sejam criadas perturbações no processo de decisão, tal facto poderá resultar numa decisão errónea.

Existem autores que para além das possibilidades mencionadas anteriormente, propõem as seguintes etapas para descrever um processo de decisão (Marakas, 1998):

- Estimulo;
- Participantes da decisão;
- Definição do problema;
- Seleção das alternativas;
- Implementação.

Um fator relevante no que concerne a tomar uma decisão, é o conhecimento dos estilos de decisões existentes. Estes estilos podem ser diferentes mediante os grupos de decisão viventes, sendo então importante, conhecer todos os estilos existentes de forma a nos focarmos nas necessidades e estratégias da empresa. De seguida serão apresentados todos os comportamentos resultantes das características a ter em conta para os vários estilos de decisão existentes (Marakas, 1998).

Tabela 2 – Comportamento de acordo com o meio que envolve a decisão (Marakas, 1998)

Estilo básico	Comportamento sobre pressão	Motivação	Estratégia para resolver problemas	Forma de pensar
Diretivo	Explosivo, volátil	Poder e <i>status</i>	Criação de procedimentos	Focalizada
Analítico	Focalizado nas regras	Objetivos	Análise e perspicácia	Lógica
Conceitual	Imprevisível	Reconhecimento	Intuição e julgamento	Criativa
Comportamental	Retirada	Aceitação	Sentimento e instinto	Emocional

A constante globalização do mercado e das informações, a competição e a exigência dos clientes por produtos e serviços mais acessíveis e eficientes, obrigam a que as empresas cada vez mais aperfeiçoem e melhorem os seus produtos e serviços. Esse aperfeiçoamento deve ser visto como forma de aumento das suas margens podendo então permanecer no mercado.

Como uma das consequências da velocidade a que se propaga toda a informação, as empresas têm de conseguir acompanhar esta competição saudável, pois, essa informação pode ser recebida e percebida pelos concorrentes.

O receio de escolher a opção errada pode levar a que os gestores tentem a todo o custo fundamentar essa mesma decisão, exigindo mais informação ou apreciações, podendo a decisão tornar-se dispendiosa, tanto em tempo como financeiramente. Está visto que uma decisão errada pode prejudicar o nome de uma organização, fazendo com que o seu decisor possa vir a responder pelos seus atos, passando por vezes pela sua demissão.

É neste cenário que as decisões devem ser tomadas o mais rápido eficiente possível. Optar por uma ou outra decisão é um dos trabalhos mais importantes de qualquer gestor, assim como, também, o mais difícil e arriscado (Simon, 1960).

2.2. OS VÁRIOS MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO EXISTENTES

Diariamente numa organização são tomadas várias decisões, sendo que algumas possam ser até imponderadas, podendo ter um grande peso no produto ou serviço a prestar (Asimow, 1968). Admitindo-se que um projeto tenha à sua disposição um conjunto alargado de soluções possíveis, todas as soluções têm associadas a si vantagens e benefícios, que são esperadas caso venham a ser adotadas, no entanto, cada solução significa seguir por um caminho particular, levando-o a que dificuldades ou contrariedades possam ser superadas com maior ou menor dificuldade.

Entre os vários métodos de apoio à decisão podem-se destacar os seguintes (Asimow, 1968):

- **Métodos clássicos** – Métodos caracterizados por possuírem uma função objetivo, restrições e um domínio próprio. Entre os métodos destacam-se:
 - **Programação linear** – Tanto a função objetivo como as restrições são lineares. Para este tipo de programação, podemos destacar o método Simplex;
 - **Programação não linear** - A função objetivo e as restrições não são lineares. Em programação não linear podemos destacar o método de Fibonacci, o método de Newton, entre outros;

- **Cálculo natural (Teoria do caos)** – Um dos conceitos chave desta teoria é demonstrar que é impossível fazerem-se previsões a médio, longo prazo, pois, a sua resposta é extremamente sensível quanto às conjunturas iniciais, tanto internas como externas. Além disso, ela propõe-se a modelar e reconhecer padrões qualitativos dentro da série infinita resultante dos vários estados previstos. Desta forma, o estudo de sistemas desconexos leva-nos a pensar e lidar com o futuro de outra maneira, especialmente dentro das organizações;
- **Inteligência artificial** – A inteligência artificial procura criar sistemas que recriem comportamentos associados ao ser humano, tais como, raciocínio, percepção, adaptação e aprendizagem. Dentro dos métodos existentes destacam-se os seguintes:
 - **Redes neuronais artificiais** – É um método capaz de solucionar problemas de inteligência artificial. Consiste na implementação de uma rede de circuitos que simule o funcionamento do cérebro humano (processamento de informação, reconhecimento de erros, aprendizagem). Este modelo foi inspirado na estrutura neuronal de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência (Sousa, Teófilo, Silva, Costa, 2008);
 - **Lógica difusa ou lógica *fuzzy*** – A lógica difusa ou lógica *fuzzy* é uma extensão da lógica booleana que admite valores lógicos intermediários entre o falso (0) e o verdadeiro (1), por exemplo, o valor médio talvez (0,5). Isto significa que um valor lógico difuso é um valor qualquer no intervalo de valores entre 0 e 1. As implementações da lógica difusa permitem que estados indeterminados possam ser tratados por dispositivos de controlo. Desse modo, é possível avaliar conceitos não-quantificáveis. Casos como, avaliar a temperatura (quente, morno, médio), o sentimento de felicidade (radiante, feliz, apático, triste), a veracidade de um argumento (corretíssimo, correto, contra argumentativo, incoerente, falso, totalmente erróneo, etc.). A lógica *fuzzy* deve ser vista como uma área de pesquisa sobre tratamento da incerteza, ou uma família de modelos matemáticos dedicados ao tratamento da incerteza (Abreu, 2011);

- **Algoritmos genéticos** – Os algoritmos genéticos são técnicas poderosas, e amplamente adaptáveis que apoiando-se na ciência computacional conseguem encontrar soluções aproximadas em problemas de otimização. A designação resulta de que os aspetos a descobrir são apresentados numa estrutura de dados, sobre a qual irão acontecer operações como cruzamento e mutação, para que, iteração após iteração, a estrutura vá codificando valores melhores para os objetivos do problema.

2.3. AS ARMADILHAS DAS DECISÕES

Durante todo o processo que uma decisão acarreta, a mente pode ser o nosso pior inimigo (Hammond, Keeney e Raifa, 1998). Esta frase sintetiza os problemas resultantes da tomada de decisões. Clemen e Reilly (2001) afirmam que muitas decisões são tomadas sem saber o que acontecerá no futuro ou que resultado será obtido com a decisão tomada. Ninguém pode negar que existe um fator comum que abrange todas as decisões: a incerteza.

Como só conseguimos saber qual a consequência e importância de uma decisão no futuro, alguns gestores acreditam que a experiência adquirida é suficiente para prever o que acontecerá. No entanto, as experiências vividas só nos ajudam a apressar ou não uma decisão. Rowe e Luecke (2006) apresentam três fases para evitar as incertezas associadas a uma decisão:

- **Identificar as áreas da incerteza:** Quando se elege uma decisão, é difícil possuir todas as informações resultantes da mesma. Existirá sempre uma oportunidade para identificar novas incertezas;
- **Identificar quais as incertezas que poderão prejudicar a decisão:** Além de quantificar as incertezas principais, é necessário perceber qual o impacto que cada uma delas poderá ter na decisão. Algumas são aparentemente pequenas, mas sempre que não sejam devidamente avaliadas, podem resultar num grande prejuízo;
- **Identificar as incertezas para as quais existem recursos para serem trabalhadas:** Desta forma podem ser alocados os recursos necessários, para resolver o problema denominado incerteza.

Autores como, Hammond (1998) e Shimizu (2001), entre outros, afirmam existir infundadas armadilhas inerentes à decisão. De seguida serão enumeradas algumas dessas incertezas:

- **Excesso de confiança:** Acreditar demais e rejeitar evidências que poderiam alterar a decisão;
- **Previsão:** Prever resultados que podem antecipar a avaliação;
- **Comparação:** Experiências vividas podem prejudicar e impedir uma correta análise do panorama atual;
- **Status-Quo:** Os gestores não estão interessados em mudar as relações, ambiente e métodos;
- **Estimativa:** Efetuar estimativas recostando-se na experiência e acontecimentos recentes;
- **Âncora:** Ficar amarrado às primeiras imagens ou informações;
- **Certeza dada como certa:** Prejuízo que procura evidências para justificar a decisão.

2.4. SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO

Com o avanço da tecnologia e aumento da concorrência, é cada vez mais importante que os gestores das empresas possam decidir pela opção mais acertada, de forma a rentabilizar e aumentar a eficiência das decisões tomadas. Desta forma, o risco associado a cada decisão é cada vez mais reduzido.

Com a necessidade de aumentar a eficiência das decisões, foram desenvolvidas novas ferramentas para auxiliar os gestores a decidir pela mais eficiente, sendo conhecidos por Sistemas de apoio à decisão (SAD). Os SAD são ferramentas normalmente utilizadas pelos gestores/negociadores em processos de negociação, estando estruturados desde os elementos de gestão de topo (decisores individuais) como por analistas e outros intermediários da cadeia de negociação.

Os SAD têm como função auxiliarem no processo de tomada de decisão oferecendo informações nas áreas de planeamento estratégico, controle tático ou de gestão e controle

operacional para utilizadores finais. O facto de um sistema de apoio à decisão fornecer informação e suporte que contribua para o processo de tomada de decisão, diferencia-o dos demais tipos de sistemas de informação (SI).

Os SAD inserem-se num contexto bastante amplo dos SI e das ciências de gestão (*MS-Management Sciences*). Os SI evoluíram a par da tecnologia sendo conhecidos por várias designações. Os meios de processamento eletrónico de dados (EDP – *Electronic data Processing*) foram melhorados através dos sistemas de informação aplicados à gestão (MIS – *Management Information Systems*), da burótica (*office automation*) e finalmente através dos sistemas de apoio à decisão (*Decision Support Systems*).

Ao mesmo tempo, muito do esforço inicialmente desenvolvido sob títulos como ciências de gestão, investigação operacional, simulação, técnicas quantitativas e análise estatística, convergiu para os SI, pois tal análise é, agora, impensável sem recurso a meios de cálculo automático. De forma a aperfeiçoar os resultados finais têm como objetivo estruturar as várias decisões a tomar durante uma cadeia de negociação.

Sendo o SAD uma ferramenta eficaz está cada vez mais a enraizar-se como sendo um instrumento obrigatório de trabalho. Como consequência desta necessidade, as ferramentas utilizadas têm vindo a evoluir o suficiente, tendo a evolução tecnológica responsabilidades nesse fenómeno.

Dois artigos escritos nos anos 70 por J.D. Little (*Models and Managements: The concept of a decision Calculus*) e Gorry e Scott Morton (*A Framework for Management Information Systems*) foram os responsáveis pela génese dos SAD. Os artigos aqui referenciados tiveram como base o trabalho desenvolvido por Herbert Simon (1960), no qual propõe que as decisões sejam classificadas como programadas ou não programadas.

Com a finalidade de evitar decisões que pudessem levar ao insucesso, foram-se desenvolvendo novas teorias estatísticas associadas à investigação operacional. Esta nova abordagem científica tem início na formulação do problema e termina no desenho do modelo matemático, representando todas as decisões possíveis. As soluções resultantes deste modelo obriga à atribuição de valores para as diferentes variáveis formuladas. Como benefício deste modelo pode-se referir a capacidade para permitir que seja efetuada uma análise de sensibilidade dos resultados obtidos, para permitir uma avaliação de coerência dos resultados das avaliações dos critérios acordados.

O processo de decisão, é pela natureza, um processo cognitivo, envolvendo diferentes tarefas cognitivas, com recolher informações, avaliar a situação, gerar e selecionar alternativas e implementá-las. A decisão nunca é à prova de erros.

Assim sendo, uma das possíveis definições dos SAD são SI computacionais complexos que permitem acesso total à base de dados da organização, modelação de problemas, simulações, possuem um interface amigável, e além disso, auxiliam os gestores em todas as fases do processo de tomada de decisão, principalmente, nas etapas de conceção, comparação e classificação de riscos, além de suportar a escolha de uma boa alternativa.

Os sistemas de apoio à decisão, também conhecidos como sistemas de suporte à decisão (SSD), que deriva da tradução direta do termo original em Inglês *Decision Support System* (DSS), surgiram no início dos anos 70: Com o aumento da competição entre as organizações, o seu surgimento incidiu na necessidade de obter informações mais rápidas e precisas. O conceito estimulou grande interesse na investigação e nas suas aplicações. Gorry e Scott-Morton (1971) definem SAD/SSD/DSS/ como “*interactive computer-based systems which help decision makers utilized data and models to solve illustructured problems*”. Uma definição subsequente de Keen e Scott-Morton (1978), diz que os SAD juntam os recursos intelectuais do indivíduo com as capacidades do computador para melhorar a qualidade das suas decisões.

Inicialmente estes sistemas eram executados em grande parte em *mainframes*, sendo vistos como uma nova geração nos sistemas de gestão de informação (SIG), que na altura, eram “armazéns” de dados inflexíveis.

Os SAD, são destinados a apoiar, ao contrário de substituir, o papel de decisão dos gestores na resolução de problemas. As capacidades dos decisores são estendidas através do uso de sistemas SAD particularmente em situações de decisões mal estruturadas. Neste caso uma resolução satisfatória em detrimento de uma ótima, pode ser a meta do processo de decisão. Resolver e solucionar problemas mal estruturados, com frequência depende da interação repetida entre o decisor e os SAD.

O processo de decisão num SAD desenrola-se através da interação do utilizador com um ambiente de apoio à decisão especialmente criado para dar suporte às decisões a serem tomadas. Os gestores criam as informações que necessitam para vários tipos de decisões num sistema interativo de informação computadorizado que utiliza modelos de decisão e

bases de dados especializadas para auxiliar os processos de tomada de decisão. Um SAD também serve para auxiliar a resolução de problemas estruturados.

Outro conceito relacionado com os SAD, é o dos sistemas interativos, que auxiliam na resolução de problemas não estruturados por um conjunto de decisores que trabalham juntos como um grupo. Este tipo de SAD, denomina-se sistemas de apoio à decisão a grupos (SADG). Este sistema auxilia grupos, especialmente grupos de gestores, na análise de situações problemáticas e na realização de tarefas de tomada de decisão do grupo.

Também, se falarmos em SAD com a capacidade de classificação cognitiva nas funções de decidir e baseadas em inteligência artificial (IA) ou tecnologias agentes de inteligência estamos a falar de sistemas inteligentes de apoio à decisão (SIAD).

2.4.1 CARACTERÍSTICAS E FUNCIONALIDADES

As funções e características dos SAD variam significativamente e com diferenças dependendo do domínio onde o sistema é aplicado. Turban e Aronson (1998) resumiram a dez as características comuns dos sistemas SAD:

- Lidam com problemas de decisão não estruturados e sub especificados pois conseguem aliar a informação humana e computadorizada;
- Apoiarem os gestores em níveis diferentes;
- Apoiarem indivíduos (decisores) e grupos de decisão. Certos problemas menos estruturados podem necessitar do envolvimento de várias pessoas ou departamentos;
- Suportarem uma variedade de estilos de decisão e processos;
- Adaptabilidade e flexibilidade para levarem a cabo as tarefas de apoio à decisão, a aproximação com os utilizadores e acompanharem as mudanças do domínio de aplicação e dos processos de decisão;
- Interatividade e utilização amigável para permitir a interação fácil por decisores não familiarizados com informática;
- Combinarem o uso de técnicas analíticas e modelos com funções de acesso a dados;

- Combinarem o uso de bases de conhecimento e inteligência artificial;
- Acederem a uma larga variedade de bases de dados. Devem permitir o acesso a varias fontes, tipos e formatos de dados;
- Integração e ligação “Web”.

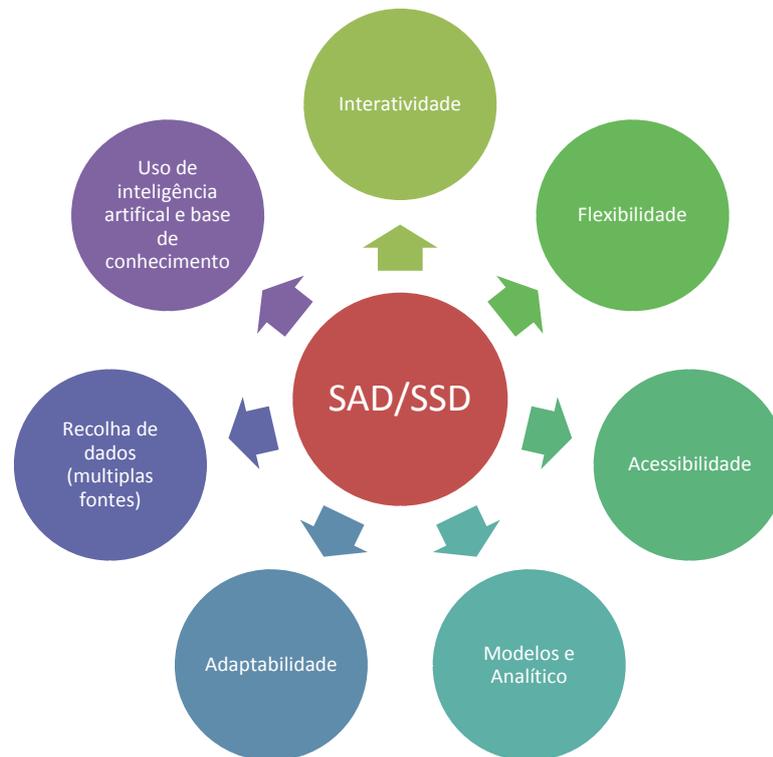


Figura 3 – Características típicas dos SAD/SSD (Harrison, 1987)

Às características típicas referenciadas anteriormente, juntam-se outras mencionadas na literatura investigada (Turban e Aronson, 1998), consideradas também fundamentais e desejáveis para caracterizar os SAD/SSD:

- O decisor deve ter o controlo absoluto sobre todos os passos do processo de tomada de decisão quando está a resolver um problema. O objetivo do SAD é apoiar e não substituir o decisor;
- Construção de modelos e resolução e otimização de problemas;
- Devem permitir várias decisões independentes ou sequenciais;

- Devem abranger todas as fases do processo de decisão: identificação, desenho, seleção e implementação;
- Possibilidade de desenvolvimento rápido, com a participação ativa do utilizador em todo o processo;
- Facilidade para incorporarem novas ferramentas de apoio à decisão, novas aplicações e novas informações;
- Flexibilidade na recolha, procura, visualização e manipulação das informações;
- Individualização e orientação para o individuo que toma as decisões, com flexibilidade de adaptação ao estilo pessoal de tomada de decisão do utilizador;
- Pertinência real ao processo de tomada decisão, ajudando o utilizador a decidir através de informações relevantes;
- Facilidade para que o utilizador que o utiliza e entenda, use e modifique de forma interativa com fortes capacidades gráficas e com um interface utilizador-máquina amigável e que possa aumentar a sua eficiência;
- Devem tentar melhorar a eficiência das suas decisões (ao nível da qualidade, tempo, exatidão) em vez de se preocupar com o custo dessas decisões;
- Tentam combinar modelos ou técnicas analíticas com as funções tradicionais de processamento de dados, como acesso e a recuperação de informações;
- Os sistemas de apoio à decisão devem acompanhar as tendências, sendo mais flexíveis e adaptáveis a mudanças;
- Devem fornecer suporte para um rápido encaminhamento e implementação dos resultados obtidos a partir da tomada de decisão;
- O Apoio à decisão é necessário em todos os níveis de gestão da empresa.

A seleção das funcionalidades e características acima identificadas, depende dos requisitos do utilizador. Um SAD/SSD pode ser tão simples como uma folha de cálculo em Excel, ou extremamente complexo como um sistema com base num *Data Warehouse*.

2.4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SAD

De acordo com diferentes critérios, os SAD podem ser classificados em vários tipos, tais como SAD pessoais, de grupo SADG, institucionais, *Ad-hoc*, sistemas de suporte executivo ESS, *SAD Web, desktop* DSS, SAD estratégicos e de planeamento e finanças, entre outros (Arnott e Pervan 2005).

Golden, Hevner e Power (1986) diferenciam os SAD pela forma como fornecem e recolhem a informação:

- **Orientados a Modelos (*model-driven* DSS-MDSS):** Os SAD orientados a modelos, enfatizam a criação e manipulação da otimização estatística, financeira, ou modelos de simulação (Power, 2002). O modelo de otimização com base em programação linear é de um dos modelos mais utilizados pelos SAD. Este tipo de SAD exige que os utilizadores (decisores) especifiquem os parâmetros do modelo de acordo com os seus problemas de decisão. As saídas (*outputs*) do modelo são usadas para ajudar a avaliar as suas alternativas de decisão. Sistemas multiobjetivo (MODSS) são um caso particular deste tipo de SAD, onde modelos de decisão multicritério são adotados;
- **Orientados à comunicação e Grupo (*communication-driven and Group* DSS):** Este tipo de SAD orientados por comunicação oferecem suporte à tomada de decisão dentro de um grupo de decisores, através da troca eficiente de informações (Power, 2002). Também são chamados SAD de grupo (SADG/GDSS). A troca de informações e de integração, que promove decisões baseadas no consenso entre diferentes decisores. Exemplos deste tipo, são sistemas de e-mail e sistemas de reunião eletrónicos, sistemas de *bulletin board*;
- **Orientados a dados (*data-driven* DSS):** Um SAD orientado a dados concentra-se no acesso e manipulação de uma grande quantidade de dados da organização a partir de fontes internas e externas (Power, 2002). A tomada de decisão baseia-se em perceber e compreender a saída (*output*) de informações integradas pelo sistema. Exemplos deste tipo de DSS são ferramentas estatísticas, sistemas de gestão de informações (MIS) e sistemas de BI;

- **Orientados a documentos (*document-driven DSS*):** Este tipo de SAD, está preocupado com a gestão e manipulação de informações não-estruturadas numa variedade de ficheiros eletrónicos, tais como e-mails e relatórios. Exemplos deste tipo de SAD são sistemas de gestão de bibliotecas, motores de busca e sistemas de recuperação de documentos;
- **Orientados ao conhecimento (*knowledge-driven DSS*):** OS SAD orientados ao conhecimento geram sugestões de decisão com base na experiência humana (conhecimentos). As formas comuns de conhecimento resultam de negócios, regras e factos. Normalmente, estes sistemas baseados no conhecimento são projetados para verificar grandes volumes de dados e identificar padrões ocultos nesses dados e apresentar recomendações com base nos padrões encontrados. Exemplos deste tipo, são os sistemas de *Data-Mining*, sistemas inteligentes e sistemas de pergunta resposta;
- **Baseados em folhas de cálculo (*spreadsheet-driven DSS*):** OS SAD que foram ou serão implementados com o uso de sistemas de folha de cálculo podem ser definidos como SAD baseados em folhas de cálculo (Power, 2002). Ou seja, por exemplo, os SAD orientados a modelos e/ou de dados podem ser construídos com o uso de folhas de cálculo. As folhas de cálculo oferecem aos decisores, representações de grandes quantidades de dados fáceis de interpretar e entender. Além disso, os dados nas folhas de cálculo são organizados de modo a tornar mais fácil a conversão dentre os dados e a visualização da informação para auxiliar ainda mais os decisores;
- **Baseados na web (*Web-based DSS*):** Qualquer tipo de DSS pode ter como base a *Web*. O termo que os distingue e classifica, simplesmente descreve qualquer sistema de apoio à decisão, em que o seu acesso é feito através do interface de um navegador *Web* (ex: *firefox*), mesmo que os dados usados para suporte à decisão permaneçam confinados a um sistema como um *data warehouse*.

Um SAD específico é geralmente a combinação de alguns dos sete tipos diferentes de sistemas referidos em cima. No entanto, o SAD orientado a modelos (*model-driven DSS*) domina a investigação e a aplicação tradicional (Arnott e Pervan, 2005). Como resultado, na prática muitos SAD são desenvolvidos com a inclusão de um componente de gestão de

modelos, apesar de também suportarem outras funções, ex. comunicação em grupo e análise analítica intensiva de dados.

2.4.3 ARQUITETURA E COMPONENTES DOS SAD

Tal como para a definição de SAD, também para o conceito da arquitetura existem algumas perspectivas por parte de investigadores temporalmente diferentes mas conceptualmente semelhantes. Ou seja, apesar das diferenças significativas, criadas pela tarefa específica e o âmbito de aplicação, todos os sistemas de apoio à decisão possuem componentes técnicos e conceptuais semelhantes e partilham um propósito comum: apoiar a tomada de decisões. Na prática, a arquitetura dos SAD é baseada na diferente ênfase dada aos componentes quando os sistemas são desenvolvidos e que devido à diversidade de aplicações reais, não há uma arquitetura única, mas sim uma arquitetura válida em domínios diferentes.

Daniel J. Power (2002), considera que os investigadores e estudantes que utilizam os SAD, tipicamente desenvolvem os sistemas com base nos quatro componentes seguintes:

- Interface do Utilizador;
- Base de dados;
- Modelo e as ferramentas de análise;
- Arquitetura e rede dos SAD/SSD.

No entanto, outros autores, entre eles, George M. Marakas (1999), Turban e Aronsos (2001), Serrano (2004) propõem uma arquitetura comum semelhante, também composta por quatro componentes à que Marakas (2003) junta um quinto – os utilizadores:

- O Subsistema gestor de dados;
- O Subsistema gestor de modelos;
- O Motor de conhecimento;
- O interface de utilizador e os utilizadores.

Independentemente da composição considerada pelos diversos autores, a arquitetura de um SAD depende assim da complexidade do sistema, engloba um planejamento de hardware, software, uma estrutura de rede e um interface com o utilizador que deve ir ao encontro das exigências e possibilidades da organização e com a sua cultura. Os sistemas de apoio à decisão, para concretizarem o seu objetivo principal (apoiar a decisão), devem por isso, ser constituídos por um conjunto de componentes ou subsistemas, com a finalidade de garantir a sua aplicabilidade, desenvolvimento e funcionalidade.

Depois da análise das arquiteturas consideradas, com base nas suas semelhanças e dos componentes que as distinguem, e do que foi dito no parágrafo anterior, pode-se considerar que a arquitetura mais adequada dos SAD, é a que resulta da união das mencionadas anteriormente e assim composta pelos seguintes componentes:

- Gestão de dados;
- Gestão de Modelos;
- Gestão de conhecimento;
- Gestão de comunicação e rede;
- Interface com o utilizador;
- O utilizador.

2.4.4 TÉCNICAS DE APOIO À DECISÃO

Algumas das técnicas aqui enunciadas já existem antes dos SAD, outras destinam-se exclusivamente ao apoio à decisão, e outras têm objetivos mais amplos. De algumas não se conhecem todas as suas potencialidades uma vez que são relativamente recentes.

Os sistemas de Apoio à decisão baseiam-se em diversas técnicas de apoio à decisão, incluindo modelos, métodos, algoritmos e ferramentas. Wayne Zachary (1986) propôs uma taxonomia baseada em cognição de suporte de decisão, incluindo seis classes básicas:

- **Modelos de Processo:** São modelos computacionais que auxiliam a projeção de processos complexos reais e fornecem hipóteses sobre o processo e uma decisão hipotética. Um modelo de processo típico é o caso dos modelos probabilísticos que

calculam a distribuição probabilística dos resultados de uma probabilidade das condições de entrada de um tratamento analítico de um modelo de processo probabilístico;

- **Modelos de Escolha:** Modelos que apoiam a integração dos critérios de decisão entre alternativas para selecionar a melhor alternativa de um conjunto discreto ou espaço de descrição contínua das alternativas de decisão. Um modelo de escolha típico é o modelo multicritério de tomada de decisão;
- **Técnicas de controlo de informação:** Fornece funções de representação, manipulação, acesso e monitorização de dados e conhecimento. As técnicas típicas incluem ferramentas de gestão de base de dados, e técnicas de recuperação de dados e de conhecimento, *Data Warehouse*, *Data Mining* e agregação automática;
- **Técnicas de análise e raciocínio:** Aplicações que suportam procedimentos de raciocínios peritos em problemas específicos, tais como programação matemática, inferência orientada a objetivos, inferência orientada a processos e inferência orientada a dados. Programação de objetivos, raciocínio de provas, raciocínio baseado em casos e análise de sensibilidade;
- **Ajudas de representação:** Suporta, a expressão e a manipulação de uma representação específica de um problema de decisão. Técnicas típicas desse tipo incluem processamento de linguagem natural, interface gráfico do utilizador e técnicas de processamento cognitivo humano. Alguns exemplos são árvores de decisão, tabelas de decisão e mapeamento cognitivo;
- **Técnicas para amplificar/aperfeiçoar a capacidade de julgamento humano:** Auxiliam os decisores na quantificação de julgamentos heurísticos. Os decisores são capazes de resolver problemas heurísticamente ou intuitivamente com resultados que geralmente são muito bons, mas quase nunca verdadeiramente ideias (Zachary, 1986). Técnicas típicas nesta classe incluem a otimização de ajuda humana (*Human-aided optimization*), modelagem do utilizador adaptável e previsão, bem como atualização *Basesiana*.

A classificação das técnicas de apoio à decisão, baseadas no conhecimento, fornece uma orientação para a seleção das técnicas para a resolução de problemas de decisão e para o

desenvolvimento dos SAD. Na prática, um SAD frequentemente usa duas ou mais das técnicas apresentadas anteriormente para resolver um problema de decisão.

Qualquer que seja a técnica utilizada, é necessário lidar com a incerteza. As fontes de dados e os ambientes de decisão possuem vários fatores incertos, que resultam em incertas relações entre os objetivos de decisão e entidades. Entretanto, os dados em si possuem incertezas. Por exemplo, as preferências de um indivíduo por soluções alternativas e o julgamento de critério são muitas vezes expressas por termos linguísticos, tais como baixa e alta, o que implica uma incerteza. Abordagens matemáticas e inferências precisas não são eficientes para combater tais variáveis incertas.

2.4.5 IMPACTO DOS SAD/SSD

Um sistema de apoio à decisão bem concebido, desempenha um papel muito importante ao compilar informação útil a partir de dados brutos, documentos, conhecimento pessoal, e modelos com o objetivo de auxiliar na resolução de problemas. Permite aos decisores efetuar um número elevado de processamentos. Assim, a implementação de um SAD nas organizações, que se deparam com muitos problemas de decisão e complexos, é cada vez maior e o seu uso é vantajoso.

Em todas as organizações que não utilizem SAD, todos os processos de tomada de decisão são feitos apenas com base em dados históricos e em experiências individuais. No entanto, quando se utiliza um SAD para apoiar o(s) decisor(es) no processo de tomada de decisão, as informações fornecidas pelo sistema são incorporadas nos dados históricos e nas experiências individuais, e com este processo, disponibiliza melhores condições para a tomada de decisão. Sendo que a saída ou a mudança do decisor pode causar grande impacto na organização, devido à perda da história de como as decisões foram tomadas.

Apesar da reconhecida vantagem no uso dos SAD nas organizações, o impacto nas organizações da sua implementação e dos sistemas de informação associados e tecnologias associadas, é alvo de muitos estudos. De acordo com Rockart e De Long (1988) a utilização de sistemas computacionais por parte de gestores é no mínimo controversa. Esta controvérsia é tanto maior quanto mais elevada for a posição hierárquica dentro da organização.

Os executivos debatem-se com múltiplas questões, normalmente estratégicas, num ambiente não estruturado, complexo e em constante mutação. Para lidar com este ambiente necessitam de informação atualizada e orientada para o exterior, na sua maior parte informação não quantitativa e genérica. A melhor forma de obter este tipo de informação é através de empregados, ou outros, quer pessoalmente quer através do telefone. Os sistemas computacionais fornecem tipicamente dados quantitativos e detalhados, históricos e orientados para o interior da organização. Parecem portanto pouco plausíveis como substitutos de fontes de informação humanas.

Apesar do ceticismo, a utilização de ferramentas informáticas no apoio à gestão aumenta de ano para ano. A tecnologia quer em termos de *hardware* quer de *software*, tem melhorado consideravelmente. Computadores com custo reduzido e grande capacidade juntam-se atualmente a aplicações de fácil utilização. Algumas aplicações que se pensava serem de impossível implementação, são nos dias que correm fáceis de ser implementadas.

Além disso, cada vez mais os gestores têm formação na área das TI. Para muitos deveu-se a um desejo de saber mais, outros sentiram a necessidade de saber como os seus subordinados utilizavam as TI e finalmente há também os que a consideram como uma questão estratégica em termos organizacionais (dependência da utilização de computadores nos lugares de gestão).

Em suma, os SAD e ferramentas computacionais são hoje em dia incontornáveis para gerir a informação que se destaca como um importante recurso organizacional, mas levantam duas grandes questões à investigação nestas áreas:

- Quais as tarefas mais apropriadas para serem apoiadas computacionalmente?
- E como construir sistemas tentando minimizar os aspetos negativos?

É reconhecido que o sucesso de um sistema depende de quão é aceitável para os utilizadores alvo, para os potenciais compradores e para todos aqueles que são afetados pela sua introdução e utilização numa organização.

A utilidade e a facilidade de utilização no caso de plataformas tecnológicas são consideradas fatores primordiais na aceitação e utilização de um sistema SAD. Por utilidade entende-se normalmente o grau segundo o qual uma pessoa acredita que a utilização de um determinado sistema vai melhorar a prestação do seu trabalho. Por

facilidade de utilização, entende-se normalmente o grau segundo o qual uma pessoa acredita que a utilização de um determinado sistema será livre de esforço. As definições apresentadas evidenciam claramente o caráter subjetivo dos termos. Mas, mais importante, é a constatação que por muito que se melhore o *interface* de um sistema se a sua utilidade for baixa, ele continuará a não ser utilizado, sendo que os utilizadores continuarão a afirmar que o sistema não é de fácil utilização.

Vantagens inerentes à utilização de SAD:

- Rapidez e qualidade (obtenção do valor ótimo mais próximo dos objetivos);
- Decisões mais eficazes e mais eficientes;
- Melhor comunicação entre os decisores;
- Melhor utilização do processo de aprendizagem;
- Diminuição de custos com *software*: administração e suporte;
- Alinhamento de informações estratégicas e operacionais;
- Facilidade de controlo de acesso, com definição de níveis;
- Recolha de informações precisas e atualizadas;
- Vantagem competitiva.

Desvantagens inerentes à utilização de SAD:

- Custo elevado das soluções;
- Limitação de recursos e pouca flexibilidade dos resultados obtidos (ex.: relatórios);
- Os relatórios são apenas informação resumida da atividade operacional;
- Por vezes existem dúvidas sobre quem é o proprietário ou autor da informação;
- Orientação para a escolha de alternativas/soluções;
- Torna-se mais complicado atribuir responsabilidade.

2.5 PRINCIPAIS MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Um método de decisão multicritério recorre a técnicas numéricas que auxiliam os decisores a escolher uma opção de um conjunto discreto de alternativas. Este processo é efetuado com base no cruzamento das alternativas com os critérios existentes.

Um critério representa uma regra na qual um julgamento ou decisão pode ser assente. As alternativas, que representam as opções disponíveis para o decisor têm que ser representáveis, quantificáveis e classificáveis.

De uma forma geral, um problema que envolva a necessidade de optar por uma decisão que envolve critérios de importância, ou pesos variáveis para o decisor. A variação desses pesos para cada critério pode ter diferentes motivos, podendo por exemplo, depender de políticas adotadas, hierarquias adotadas ou existentes, ou mesmo de outras opções com carácter subjetivo.

Cada opção tomada na determinação dos pesos reflete os diferentes graus de importância para cada critério segundo os interesses do decisor. Um peso consiste num valor numérico que está associado a um critério de avaliação e indica a importância deste critério relativamente a outros perante uma situação de decisão. Quanto maior for o peso maior é a importância do critério. Os pesos associados aos critérios podem ser determinados através de um processo de seleção das preferências do decisor que garante a consistência das opções tomadas.

Os problemas de decisão são normalmente representados em formato matricial. Cada elemento da matriz de decisão indica o desempenho da respetiva alternativa quando avaliada segundo um critério de decisão, estando este associado a um peso de desempenho relativo. A seleção de um modelo de decisão multicritério depende das características e objetivo do problema em análise (Vieira, 2006).

Cada método pode ser classificado dependendo de elementos como o tipo de dados ou o número de decisores envolvidos no processo de decisão, entre outros. (Chen e Hwang,1991). De seguida serão enunciados alguns dos métodos MCDM (*Multi-criteria decision making methods*) mais utilizados:

AHP (Analytic hierarchy process):

A origem do AHP remonta aos anos 70, quando o Dr. Thomas L. Saaty trabalhava no departamento de defesa dos EUA (Estados Unidos da América). Esta metodologia é baseada em matemática e psicologia e fornece um quadro abrangente e racional de estruturação de um problema de decisão, permitindo a representação e quantificação dos seus elementos, de forma a relacionar esses elementos com objetivos gerais e avaliar soluções alternativas.

Trata-se de uma metodologia estruturada para lidar com decisões complexas, que ajuda a encontrar, dentro das possíveis alternativas, a que melhor se adequa às necessidades e compreensão do problema, não definindo, portanto, uma decisão correta. A figura seguinte ilustra através de um fluxograma as várias etapas que caracterizam o funcionamento do método AHP.

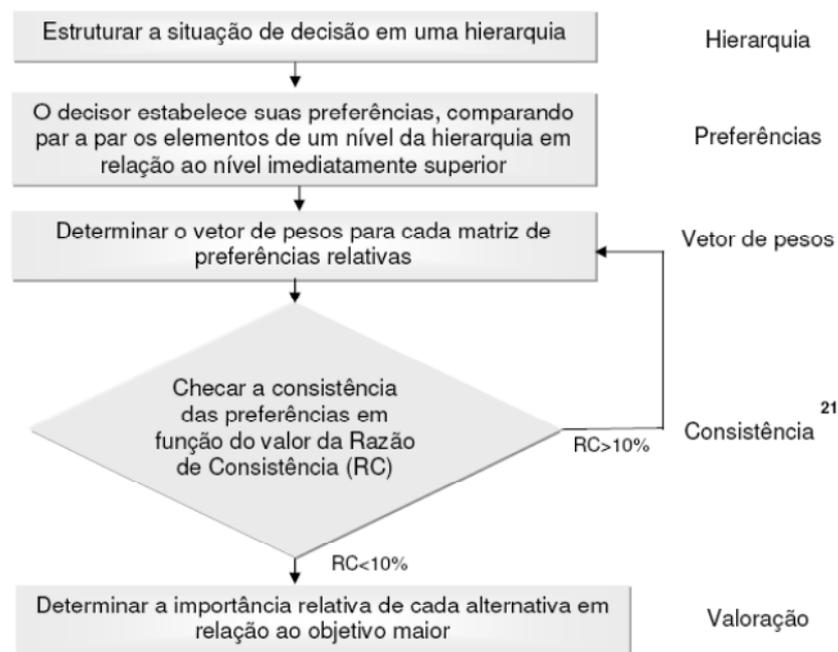


Figura 4 – Fluxograma geral do método AHP (Vilas Boas, 2006)

MACBETH (Measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique):

O método MACBETH teve a sua gênese em 1994, tendo sido desenvolvido por Carlos Bana e Costa e Jean Claude Vansnick. De um ponto de vista genérico e como resposta do método, é criada uma função objetivo que relaciona os parâmetros definidos com a informação adquirida (Bana e Costa, 1999).

Trata-se de uma abordagem que requer a análise de juízos qualitativos sobre diferenças de valor para ajudar o decisor a quantificar o interesse das opções existentes (Bana e Costa e Chagas, 2002). O MACBETH quantifica o grau de preferência que o decisor tem sobre um conjunto de alternativas, sendo que dessa forma, permite verificar a inconsistência dos resultados, permitindo assim a sua revisão. A interatividade é assim uma das suas vantagens.

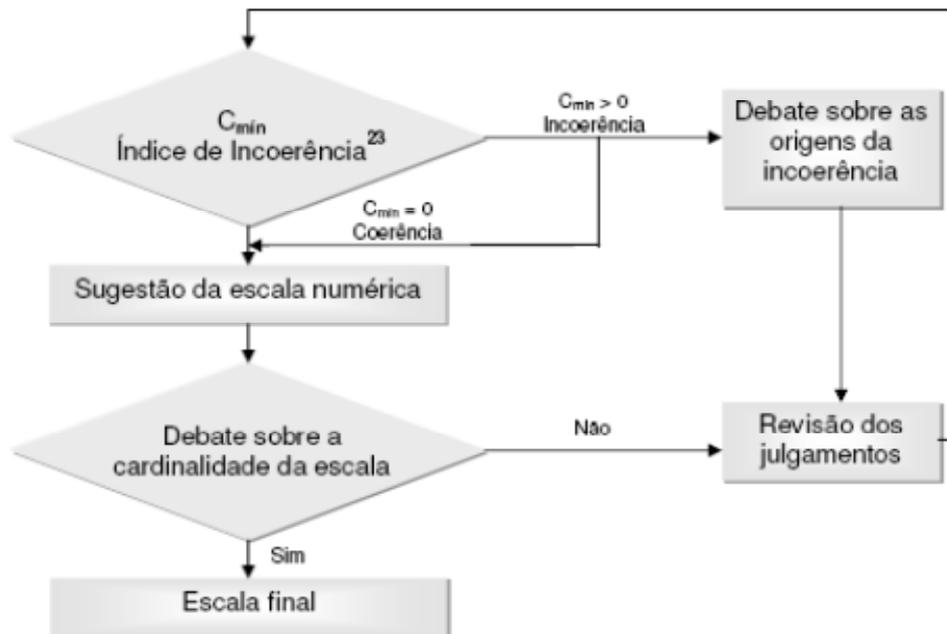


Figura 5 – Fluxograma geral do método MACBETH (Vilas Boas, 2006)

PROMETEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluations):

Os métodos PROMETEE têm como objetivo proporcionar aos decisores uma melhor percepção da ferramenta de apoio à decisão utilizada. (Gartner, 2001). Tendo por base a construção de relacionamentos fortes, incorpora conceitos e parâmetros que têm interpretações físicas ou económicas facilmente entendidos pelo decisor.

Esta abordagem utiliza o conceito de critério abstrato, já que arquiteta a relação de cada par de ações tendo em conta a diferença de pontuações que essas ações possuem a respeito de cada atributo (Flament, 1999). Aconselha-se a sua utilização para resolução de problemas constituídos por um número finito de alternativas e por vários critérios de decisão, que devem ser maximizados ou minimizados de acordo com o objetivo (Santos, 2005).

Existem várias versões do PROMETEE. O PROMETEE I devolve-nos uma alternativa considerando os fluxos mensuráveis de cada alternativa. Outras versões dos métodos servem para analisar situações de decisão mais complexas, particularmente problemas com características estocásticas. Dessa forma foram aparecendo as versões PROMETEE III, PROMETEE IV e PROMETEE V (Flament, 1999).

ELECTRE (*Elimination et choix traduisant la réalité*):

Os métodos ELECTRE baseiam-se em relações de superação para determinar uma solução, que mesmo não sendo ótima pode ser considerada satisfatória, obtendo assim uma hierarquização das ações a desempenhar (Flament, 1999).

Podemos afirmar que existem três conceitos basilares ao método: consonância, divergência e valores máximos, sendo que são utilizados intervalos divididos por escalas no estabelecimento de relações na comparação às alternativas (Gonçalves, 2001). Atualmente existem as seguintes versões do método: ELECTRE I, II, III, IV, IS e ELECTRE TRI.

Tendo como origem a escola francesa, estes métodos têm como objetivo resolver problemas de teoria de decisão das mais diversas áreas (Flament, 1999). Podendo ser aplicados na resolução de problemas de gestão de recursos hídricos, caracterizados por alternativas avaliadas e critérios preferencialmente qualitativos (com especial interesse por parte dos decisores). São também utilizadas variáveis contínuas sob critérios quantitativos (Gonçalves, 2001).

Gartner (2001) afirma que os métodos ELECTRE utilizam conceitos complexos. Além disso, requerem a utilização de muitos parâmetros para a construção dos conceitos basilares ao método: consonância, divergência e valores máximos.

Depois de analisados e estudados os métodos anteriormente enunciados, verificou-se que o método AHP converte as avaliações em valores numéricos que podem ser processados e comparados, em toda a extensão do problema. Um peso numérico, uma cotação ou uma prioridade, é atribuído a cada elemento da hierarquia, permitindo que elementos diversos, e muitas vezes não mensuráveis, possam ser comparados uns com os outros de uma forma racional. Esta capacidade distingue o AHP de outras técnicas de tomada de decisão e torna-a adequada a este estudo. De seguida serão enumeradas algumas das suas principais características (Vieira, 2006):

- Oferece uma interpretação e análise do problema com baixa complexidade. Ao apresentar um baixo nível de complexidade contribui para mais fácil interpretação do processo analítico pelas partes intervenientes;
- Usa procedimentos dedutivos rigorosos e sistemáticos como mais uma forma de reduzir a ambiguidade na análise de problemas;
- Permite analisar compromissos para resolver de conflito, alterando os parâmetros do modelo analítico. Que dizer, o processo de resolução de uma situação de conflito passa pela negociação com os *stakeholders* do sistema para rever as prioridades ou julgamentos envolvidos;
- Promove a negociação e determinação de compromissos entre critérios;
- Permite estimar o nível de satisfação de cada alternativa e determinar a ordem de importância de cada assunto, o que constitui o principal objetivo da aplicação do processo AHP;
- Disponibiliza meios para determinar a consistência lógica dos julgamentos efetuados que são posteriormente utilizados na determinação das prioridades;
- Permite determinar o resultado final baseado na síntese dos diferentes julgamentos efetuados pelos diferentes intervenientes no sistema em análise.

2.6 MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSO (AHP)

Para se tomar uma decisão de forma organizada e determinar prioridades é necessário desdobrar a decisão nos seguintes passos:

- Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento pretendido;
- Estruturar a decisão de forma hierarquizada, contendo, no início, o objetivo da decisão, seguido dos critérios (de uma perspectiva mais ampla); nos níveis intermédios dispõem-se os critérios dos quais os elementos subsequentes dependem e no nível inferior dispõem-se as alternativas;

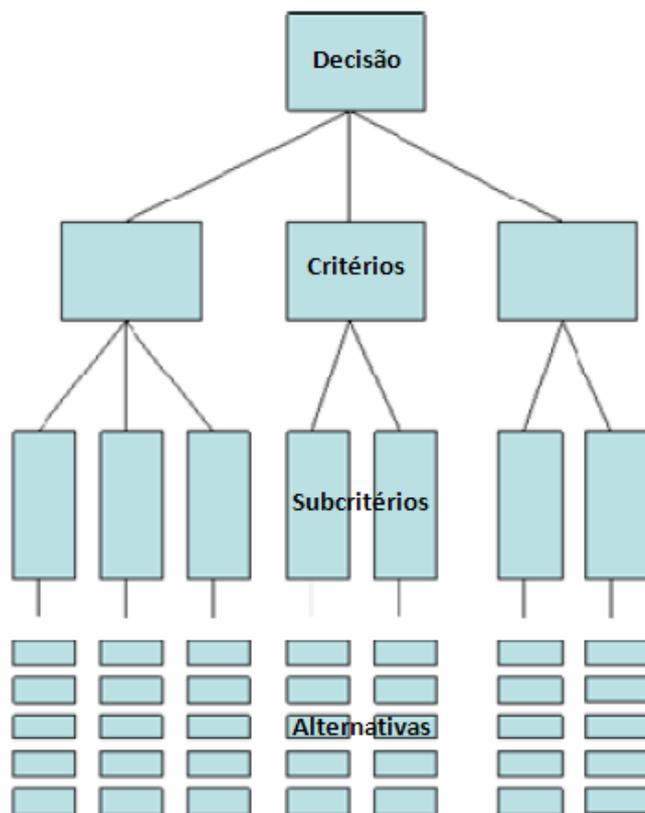


Figura 6 – Hierarquias do AHP (Satty, 1991)

- Construir um conjunto de matrizes de comparação de pares de elementos, em que cada elemento num nível superior é utilizado para comparar os elementos imediatamente abaixo, aos quais dizem respeito. Recai assim na comparação das alternativas com os critérios. Uma vez que o problema é decomposto e a hierarquia é construída, começa o processo de ordenar por critérios a fim de determinar a importância relativa dentro de cada nível. A comparação e atribuição de importância começa no segundo nível e termina no nível mais baixo.

Tabela 3 – Modelo de matriz de prioridades dos critérios (Satty, 1991)

	Critério 1	Critério 2	Critério 3
Critério 1	1		
Critério 2		1	
Critério 3			1

Tabela 3 - Nível de importância igual a 1 indica que as duas atividades contribuem igualmente para o objetivo (ver tabela 6).

Tabela 4 – Modelo de matriz de prioridades dos subcritérios (Satty, 1991)

	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
SC1	1					
SC2		1				
SC3			1			
SC4				1		
SC5					1	
SC6						1

Tabela 5 – Modelo de matriz de prioridades das alternativas (Satty, 1991)

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1		
Alternativa 2		1	
Alternativa 3			1

- Estabelecem-se as prioridades e atribuem-se as cotações, através da elaboração de vários julgamentos baseados em comparações de pares de elementos, de modo a obter uma prioridade global. Para realizar as comparações é necessária uma escala de números que indica quantas vezes um elemento é mais importante ou dominante relativamente a outro elemento, de acordo com o critério referente ao qual estão a ser comparados. Assim, a cotação é atribuída de acordo com a seguinte tabela.

Tabela 6 – Níveis de importância de comparações binárias (Satty, 1991)

Nível de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Muito forte importância	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Se $C = \{C_j \mid j = 1, 2, \dots, n\}$, é o conjunto de critérios, o resultado das comparações de importância em n critérios pode ser resumida numa matriz $A(n \times n)$ em que cada

elemento a_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) é o quociente dos pesos dos critérios, como podemos ver na equação seguinte (Satty, 1991).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, a_{ii} = 1, a_{ji} = 1/a_{ij}, a_{ij} \neq 0$$

Tabela 7 – Modelo de matriz das prioridades para as várias alternativas existentes (Satty, 1991).

	Alternativa 1	Alternativa 2	...	Alternativa n
Alternativa 1	1	Alt.1 vs Alt.2	...	Alt.1 vs Alt.n
Alternativa 2	Alt. 2 vs Alt.1	1	...	Alt.2 vs Alt.n
...	1	...
Alternativa n	Alt.n vs Alt.1	Alt.n vs Alt.2	...	1

- De seguida é necessário criar um processo matemático para normalizar e definir os pesos relativos para cada matriz. Os pesos relativos (w) são obtidos pela divisão dos elementos que corresponde à maior importância (λ_{max}), onde λ , corresponde ao grau de importância de cada alternativa como:

$$Aw = \lambda_{max}w$$

Se as comparações das importâncias são completamente coerentes, a matriz A tem classe 1 e $\lambda_{max}w = n$. Neste caso os pesos podem ser obtidos por normalização de uma linha ou coluna da matriz A (Wang & Yang, 2007).

É de notar que a consistência dos julgamentos obtidos através do AHP está estritamente relacionada com as comparações das importâncias.

A coerência é definida pela relação entre as entradas de:

$$A: a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$$

O índice de Coerência (CI) é dado por (Satty, 1991):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

- Finalmente o RC (razão de consistência), tendo em conta o que se pode concluir se as avaliações forem suficientemente coerentes, é calculado como a relação de CI e o RI (índice aleatório), como indicado na equação abaixo (Satty, 1991):

$$RC = \frac{CI}{RI}$$

O valor 10% é o limite superior aceite para RC. Se o RC exceder esse valor, o procedimento de avaliação tem de ser repetido para melhorar a coerência.

A medida da coerência pode ser usada para avaliar a coerência do decisor bem como a coerência de toda a hierarquia. É importante referir que não foram analisados os CI para o presente caso prático. Na aplicação informática desenvolvida a matriz de comparações entre critérios não considera os valores recíprocos para determinar a importância dos critérios.

Tal facto deve-se a que qualquer que seja o critério escolhido a sua importância relativa é sempre a mesma em relação a todas as alternativas (subpacotes), por esse motivo não foi possível definir qual a alternativa mais importante na comparação em relação a um determinado critério, daí a não aplicação das regras das matrizes comparações de critérios.

Como as alternativas são procedentes de um pacote, então fez-se uma única comparação de critérios (ou importâncias relativas), sendo essas importâncias aplicadas a todas alternativas.

- Por fim chegar a uma decisão baseada nos resultados do processo.

3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa XPTO reúne colaboradores experientes nas áreas da gestão, energia, indústria e ambiente. Desde a sua génese a empresa tem disponibilizado soluções de engenharia, para promover a eficiência energética e a competitividade dos seus parceiros e clientes. O *know-how* acumulado pelos promotores, em resultado da sua formação académica de topo e da sua experiência profissional alavancou uma visão estratégica empresarial muito distinta e bem mais evoluída da que neste momento o mercado tem para oferecer.

As valências da equipa permitem oferecer aos seus clientes serviços de auditoria e certificação energética, auditoria e consultoria de processo, bem como, *power savings consulting* em consumidores intensivos de energia, aliados a pacotes financeiros que permitem atuar numa dinâmica *pay as you save* ou ESCO.

Conjuntamente promove a eficiência energética dos seus clientes através da procura das melhores soluções relacionadas com a utilização, produção e gestão de energia, primando pelo dinamismo, inovação, rigor, qualidade e adaptação às reais necessidades dos seus clientes.

A sua posição verticalizada no mercado permite acompanhar o cliente desde a identificação de oportunidades de racionalização de consumo, projeto, fornecimento de soluções chave-na-mão e verificação de resultados de poupança atingida.

Esta empresa propõe reduzir a faturação energética das empresas através de soluções "pague enquanto poupe" ou de partilha de poupanças. A criação de uma reputação sólida baseada na satisfação de cliente e soluções de alto valor acrescentado é o seu principal objetivo.

Dirigindo o foco da sua atuação às médias e grandes empresas, cresceu ao longo dos anos e expandiu a sua área de atuação a todo o Norte e Centro de Portugal.

Os serviços prestados pela XPTO ao mercado dividem-se pelas seguintes áreas:

Auditoria e certificação energética

- Auditorias Energéticas (SGCIE, SCE/QAI);
- Planos de Racionalização de Energia (PREn);
- Acompanhamento PREn;
- Diagnósticos Energéticos.

Serviços de energia

- Consultoria para ao aumento da eficiência energética e redução dos custos energéticos;
- Gestão de Consumos Energéticos / Gestor de Energia;
- Monitorização energética;
- Análise de viabilidade técnica e económica;
- Promoção de projetos de eficiência energética sem investimento do cliente.

Este trabalho incidirá na descrição e desenvolvimento de um serviço que propicie e promova a eficiência energética, já que é com base nesse serviço que a empresa atua no mercado, sendo também um dos mais importantes no que diz respeito ao volume de negócios para a XPTO.

3.1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

As questões ambientais são hoje uma prioridade da agenda política mundial, da comunicação social e do público em geral. O objetivo principal de produção e consumo sustentável traduz-se na quebra da habitual correlação positiva entre o crescimento económico e os impactos negativos no ambiente. Temos consciência de que nas últimas décadas produzimos e crescemos muito. Mas cresceu também a poluição atmosférica, degradou-se a qualidade da água e aumentaram os resíduos produzidos com base na exploração dos recursos. Os países mais desenvolvidos estão perfeitamente conscientes desse facto e com maior frequência têm apresentado políticas mais verdes, incentivando a utilização de energias alternativas, estimulando a informação e sensibilização ambiental e promovendo a eficiência energética, como uma das formas mais eficazes no combate ao desperdício.

A energia, mais do que nunca, tornou-se um bem económico decisivo no desenvolvimento económico e social e por isso obriga os organismos internacionais, nacionais e locais a uma maior atenção às novas formas de negócio, à sua utilização eficiente e aos efeitos provocados pela emissão de CO₂. As questões energéticas estão intimamente relacionadas com as questões ambientais e, desde logo, obriga a uma concertação ao nível político entre os responsáveis destas duas áreas temáticas (Gouveia, 2009).

A aposta na eficiência energética, quer do lado da oferta, quer da procura, é uma prioridade estratégica nacional, com vista à redução dos impactes ambientais e da intensidade energética. O Estado Português tem elaborado uma série de diplomas legais para estimular e regulamentar a Eficiência Energética, muitos deles decorrentes da transposição de normas europeias. Com a aprovação do plano nacional de ação para eficiência energética serão implementadas medidas de redução de 10% do consumo de energia até 2015, ultrapassando as metas previstas na diretiva 2006/32/CE, de 5 de abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos.

De seguida, serão apresentados os principais documentos em vigor:

- Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética 2007-2012 (PNAEE) – Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008;

- Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) – Decreto-lei N.º 71/2008, de 15 de Abril;
- Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) – Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril;
- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) – Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril;
- Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) – Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril;
- Desempenho energético dos edifícios – Diretiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro;
- Eficiência na utilização final de energia e serviços energéticos – Diretiva 2006/32/CE de 5 de Abril.

No âmbito do QREN evidenciamos os seguintes documentos:

- Sistema de Incentivos ao Investimento das Empresas – Decreto-Lei n.º 287/2007 de 17 de Agosto (alterado pelo Decreto-Lei n.º 65/2009 de 20 de Março);
- Regulamento do Sistema de Incentivos à Inovação – Portaria n.º 1464/2007 de 15 de Novembro;
- Aviso para Apresentação de Candidaturas n.º 18/SI/2009.

3.2 A CONJUNTURA ATUAL

Portugal é um país com escassos recursos energéticos fósseis, não obstante mais de metade do consumo de energia tem por base o petróleo. Acresce que Portugal é pouco eficiente na forma como utiliza a energia. Contudo, tem um consumo de energia final por habitante ainda reduzido quando comparado com os outros países da UE – 1,7tep/habitante contra uma média europeia (UE-25) de 2,5tep/habitante (ADENE, 2012). A tendência é, portanto, para o seu aumento, embora pesem períodos de retração geralmente associados a fases baixas do ciclo económico.

Foi essa necessidade que levou a empresa a promover uma alteração de padrões de produção e de consumo de energia para aumentar a eficiência energética e ambiental dos seus clientes reduzindo a sua vulnerabilidade em relação ao comportamento face aos mercados internacionais.

Nos últimos anos têm registado um esforço importante na promoção e sensibilização da problemática da energia em Portugal, que se têm vindo a concretizar em dois sentidos:

- a) Uma melhor valorização dos recursos endógenos (renováveis) e;
- b) Uma maior sensibilização para um uso mais racional da energia - aumento da eficiência energética.

Com a implementação das medidas preconizadas, o sector energético tem vindo a conhecer importantes alterações no sentido da eficiência energética e da racionalidade do uso da energia.

A pressão política imposta pelas legislações em vigor, os acordos celebrados com o objetivo de reduzir a intensidade energética, a crescente consciência e sensibilização social para a temática da eficiência energética e a maior exigência no aproveitamento dos recursos por parte das diversas organizações, tornaram a eficiência energética numa prioridade nacional, pelo menos no discurso político. Ao nível privado faz-se sentir, sobretudo pela atual legislação (SGCIE), Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril, que obriga ao cumprimento de metas de redução.

3.3 AUDITORIA ENERGÉTICA

3.3.1 ÂMBITO, NATUREZA E IMPORTÂNCIA

O peso da fatura energética nos custos de exploração em empresas do setor industrial é habitualmente baixo, quando comparado com o peso de outros fatores de produção, nomeadamente mão-de-obra e matéria-prima. A gestão de energia é por isso frequentemente negligenciada, facto que gera significativos desperdícios de energia e contribui para a redução da competitividade das empresas (Gaspar, 2004).

Adicionalmente, continua presente na mente de alguns industriais a ideia de que o crescimento económico acarreta necessariamente um aumento dos consumos de energia. O

conceito de utilização racional de energia, surgido no seguimento dos chamados choques petrolíferos, veio alterar decisivamente a forma de encarar a energia, demonstrando ser possível crescer sem aumentar os consumos ou afetar a qualidade da produção. A chave da questão designa-se gestão de energia. Como qualquer outro fator de produção, a energia deve ser gerida contínua e eficazmente.

Embora o argumento da competitividade continue naturalmente a ser aquele que mais sensibiliza a generalidade dos industriais, a crescente pressão ambiental veio reforçar a necessidade de utilizar eficientemente a energia. Seja por imposição legal, seja pela necessidade de cumprir requisitos ambientais como forma de aceder a sistemas de apoio ou simplesmente por uma questão de imagem ou pressão da opinião pública, cada vez mais a eficiência energética está na ordem do dia. É para além disso unanimemente aceite que, mais cedo ou mais tarde, instrumentos políticos de mercado, como taxas ou impostos ambientais, introduzirão finalmente o princípio do poluidor pagador, penalizando fortemente as empresas menos preparadas (Rios, 2008).

É assim que assumem particular importância o levantamento e a auditoria energética. Com efeito, qualquer processo de gestão de energia terá necessariamente que começar pelo conhecimento da situação energética da instalação. O princípio é óbvio: para gerir é indispensável conhecer o objeto de gestão (Gaspar, 2004).

O levantamento energético pode interpretar-se como a primeira radiografia ao desempenho energético da unidade fabril. Através dele, avalia-se quanta energia é efetivamente consumida e de que forma é essa energia utilizada, estabelecem-se os principais fluxos e identificam-se os setores ou equipamentos onde é prioritário atuar.

Por auditoria energética entende-se o exame detalhado das condições de utilização de energia na instalação. A auditoria permite conhecer onde, quando e como a energia é utilizada, qual a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia, indicando igualmente soluções para as anomalias detetadas (Gaspar, 2004).

A auditoria energética pode também constituir uma obrigação legal. Com efeito, estão abrangidas pelo (SGCIE), Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril, todas as empresas ou instalações consumidoras intensivas de energia.

A auditoria energética surge assim como um instrumento fundamental, que o gestor de energia possui para contabilizar os consumos de energia, a eficiência energética dos seus equipamentos e as perdas que se verificam, tendo como finalidade última reduzir essas perdas sem afetar a produção, isto é, economizar energia através do uso mais eficiente da mesma.

3.3.2 OBJETIVOS

Analisar, técnica e economicamente, as soluções encontradas, analisando qual o efeito na produção, utilidades ou serviços que o novo projeto pode acarretar, assim como impactos ambientais ou externalidades que advêm da sua implementação:

- a) Analisar a tecnologia utilizada no processo e em função do contexto empresarial propor a substituição de equipamentos do processo por outros mais eficientes;
- b) Propor a alteração de fontes energéticas, caso se justifique;
- c) Propor uma estratégia de aplicação das ações e investimentos a empreender – PReN;
- d) Propor um esquema operacional de gestão de energia na Empresa.

3.3.3 TIPOS DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS

Dependendo do grau de complexidade da instalação e do fim a que se destina a auditoria energética existem vários tipos de auditorias. Existe uma relação direta entre a complexidade da instalação e o número de oportunidades de economias de energia encontradas.

- a) Auditoria sintética (síntese dos consumos e encargos energéticos por vetores energéticos);
- b) Auditoria genérica/deambulatória (visita e análise das condições de funcionamento dos principais equipamentos ou processos, *check-list* resumida, algumas medições);
- c) Auditoria analítica (análise dos consumos por tipo de equipamento ou processo, *check-list* exaustiva);
- d) Auditoria tecnológica (alterações nos processos).

A função deste tipo de auditorias é a de apoiar o empresário ou gestor de energia na seleção tecnológica mais adequada para possíveis investimentos para uma utilização racional da energia. Os dados recolhidos numa auditoria energética permitem estabelecer um conjunto de medidas conducentes à redução dos consumos energéticos da empresa.

3.3.4 A AUDITORIA ENERGÉTICA - SGCIE

As empresas e operadores de instalações consumidores intensivas de energia (CIE), com consumos anuais iguais ou superiores a 500 toneladas equivalentes de petróleo (500/tep/ano), têm de efetuar o registo *online* em <http://www.adene.pt/SGCIE> de acordo com o quadro geral.

Esta obrigatoriedade resulta do decreto-Lei n.º 71/2008, publicado a 15 de abril, que regula o SGCIE, uma das medidas previstas no PNAEE de 2008-2015. O SGCIE vigora desde 15 de junho de 2008 para todos os setores de atividade e tem como objetivo promover a eficiência energética no parque empresarial português através da utilização de fontes de energia e de recursos endógenos.

Para tal, O SGCIE define um conjunto de medidas regulamentares, a ser implementado nas CIE após a primeira fase de registo no *site* da agência para a energia (ADENE). São, assim, obrigatórias a realização de auditorias energéticas periódicas e a elaboração de planos de racionalização de energia (PREn) e dos respetivos relatórios de execução e progresso (REP).

A ADENE é a entidade gestora operacional do SGCIE e assegura o seu bom funcionamento e o acompanhamento dos intervenientes em todas as fases do processo. Até março de 2012, registaram-se 901 instalações consumidoras intensivas de energia.

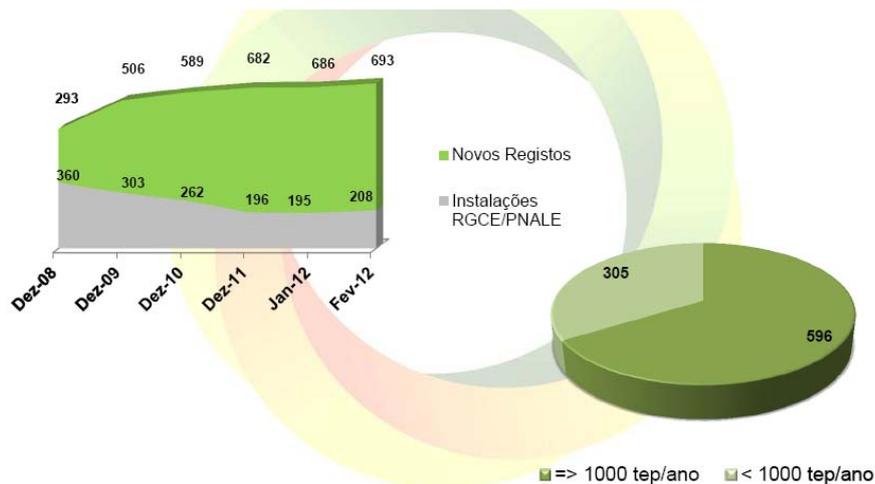


Figura 7 – Instalações consumidoras intensivas de energia registadas (Adene, 2012)

O número de instalações com consumo energético igual ou superior a 100 tep é dominante tendo em conta também os registos dos operadores que estão a concluir o RGCE.

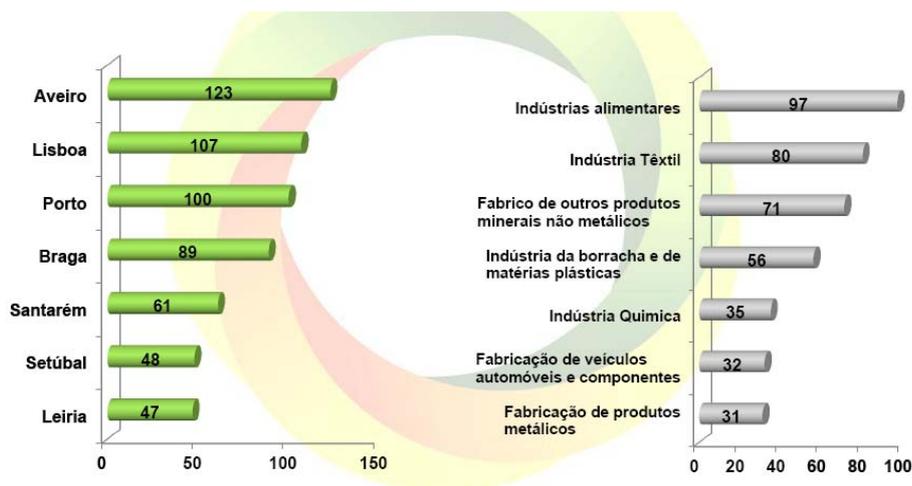


Figura 8 – Numero de registos – principais distritos e atividades económicas (Adene, 2012)

Os registos no SGCIE equivalem a 1407 ktep e representam 24% do consumo de energia final dos setores da agricultura e pescas, industria extrativa, indústria transformadora e obras públicas e construção (sem petróleo não energético) – balanço energético 2010.

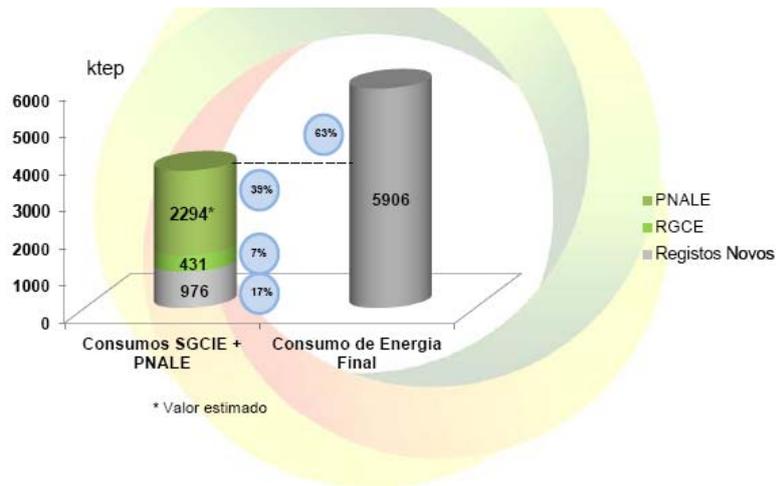


Figura 9 – Registos de entidades no SGCIE (Adene, 2012)

No que diz respeito aos benefícios fiscais do SGCIE, a portaria n.º1530/2008, de 29 de dezembro, com efeito a partir de março de 2009, fixa as taxas do ISP para determinados combustíveis por empresas ou instalações que não estejam abrangidas pelo PNALE ou pelos ARCE.

Aquela portaria estabelece a isenção de ISP para empresas que outorguem acordos de racionalização de consumos de energia ao abrigo do SGCIE e para os combustíveis industriais classificados pelos códigos NC 2701, 2702, 2704 e 2713, ao fuelóleo com teor de enxofre igual ou inferior a 1%, classificado pelo código NC2710 19 61 e aos gases de petróleo classificados pelo código 2711.

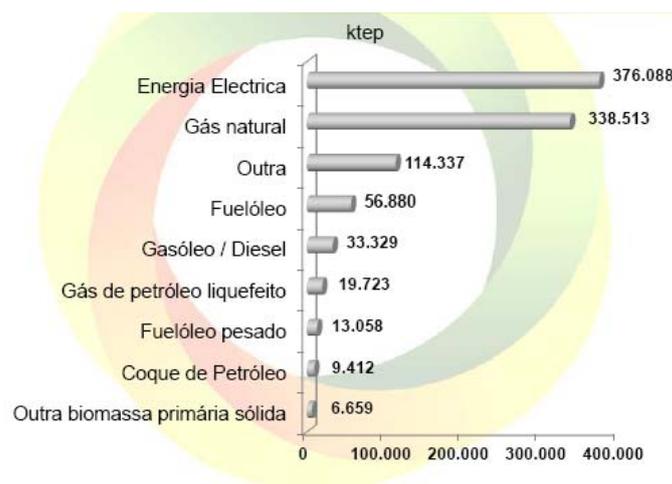


Figura 10 – Principais fontes de energia utilizadas (Adene, 2012)

O valor acumulado do potencial da isenção das taxas de ISP ascende à data a um montante de 1286keuro/ano com maior impacto nos consumos de fuelóleo.

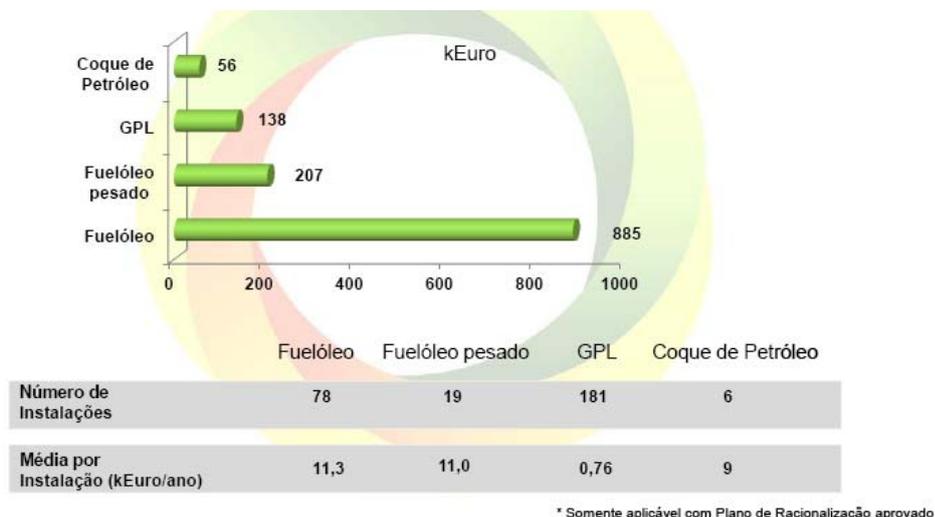


Figura 11 – Potencial acumulado da isenção das taxas de ISP (Adene, 2012)

O PREn é elaborado com base nos relatórios das auditorias energéticas obrigatórias, devendo prever a implementação, nos primeiros três anos, de todas as medidas identificadas com um período de retorno do investimento (PRI) inferior ou igual a cinco anos, no caso das instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000tep/ano, ou com um PRI inferior ou igual a três anos no caso das restantes instalações.

O PREn deve ainda estabelecer metas relativas à intensidade energética e ao consumo específico de energia que, no mínimo devem diminuir 6%, em seis anos, quando se trate de instalações com consumo intensivo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou 4% em oito anos para as restantes instalações e, a manutenção dos valores históricos da intensidade carbónica em ambas as situações. A entrega online dos PREn iniciou-se em fevereiro de 2009 (Adene, 2012).

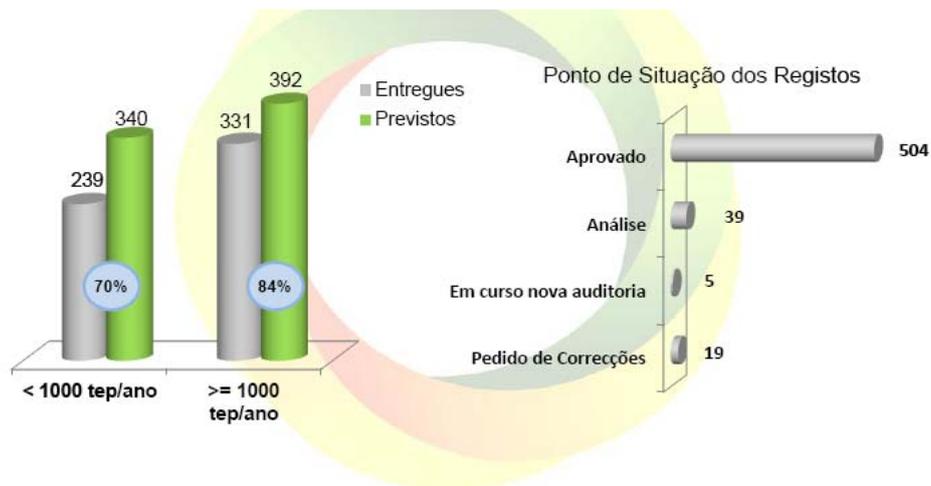


Figura 12 – Número de registos de PReN (Adene, 2012)

Os planos de racionalização aprovados (504) irão contribuir para uma redução do consumo de energia final em 59252 tep e as emissões em 214531 tCO₂.

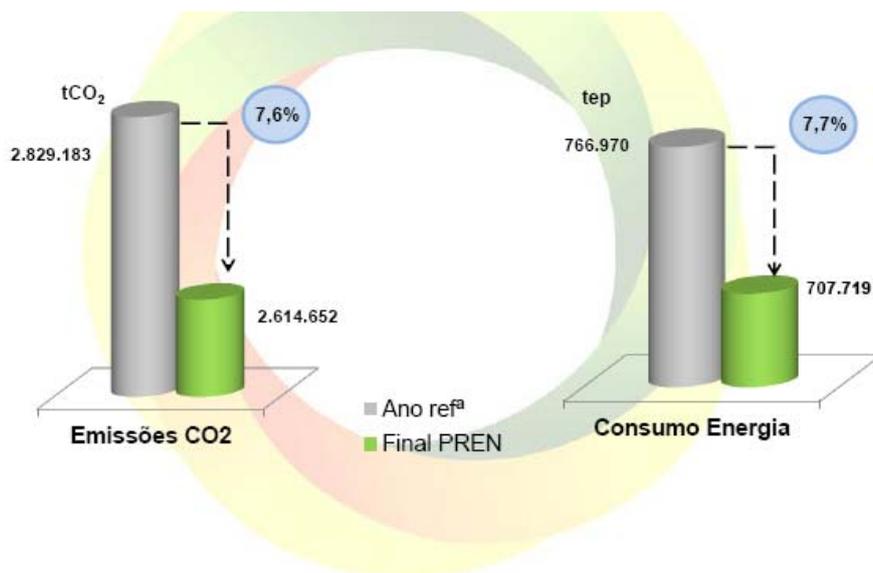


Figura 13 – Planos de racionalização aprovados até fevereiro de 2012 (Adene, 2012)

Para cumprimento das obrigações previstas no presente decreto-lei deve o operador recorrer a técnicos ou entidades devidamente habilitadas para a elaboração de auditorias energéticas e planos de racionalização, e para o controlo da sua execução e progresso, incluindo a elaboração dos relatórios de execução e progresso.

Os técnicos interessados em se credenciar devem apresentar os pedidos de credenciação à ADENE, demonstrando que preenchem os requisitos mínimos de habilitação académica e profissional e a experiência adequados aos objetivos em causa. Em fevereiro de 2012

estavam reconhecidos 380 técnicos e entidades. A partir de abril de 2010 surgiram os primeiros relatórios de execução.

3.3.5 ACOMPANHAMENTO DO PREN E ELABORAÇÃO DO REP

Após submissão e validação do relatório de auditoria energética, bem como seu respectivo PREn, a empresa será notificada por parte da ADENE que o PREn apresentado cumpre todos os requisitos legais estabelecidos pelo Decreto -Lei n.º 71/2008.

Como já referido o PREn deverá indicar as modificações e alterações a introduzir nos equipamentos ou nas instalações existentes, quantificando as reduções de consumo subsequentes, o respectivo programa de implementação e o impacto na redução dos indicadores de eficiência energética da instalação.

Neste sentido, o PREn apresentado pelo TR ou entidade devidamente habilitada, passa a ARCE, responsabilizando a empresa no que diz respeito à não implementação das medidas preconizadas durante o período de vigência estabelecido no PREn.

Será da responsabilidade de um TR:

- Manter um registo atualizado pelo qual se possam verificar mensalmente os desvios em relação às metas estabelecidas;
- Apresentar um REP, a cada 2 anos de vigência do ARCE sobre o seu estado de implementação, no período a que respeita o relatório. Em cada um deles devem constar:
 - Metas e objetivos alcançados;
 - Desvios verificados e respetiva justificação;
 - Medidas tomadas ou a tomar para a sua correção.

Em fevereiro de 2012 a evolução das principais variáveis e indicadores dos REP foram de 206 instalações.

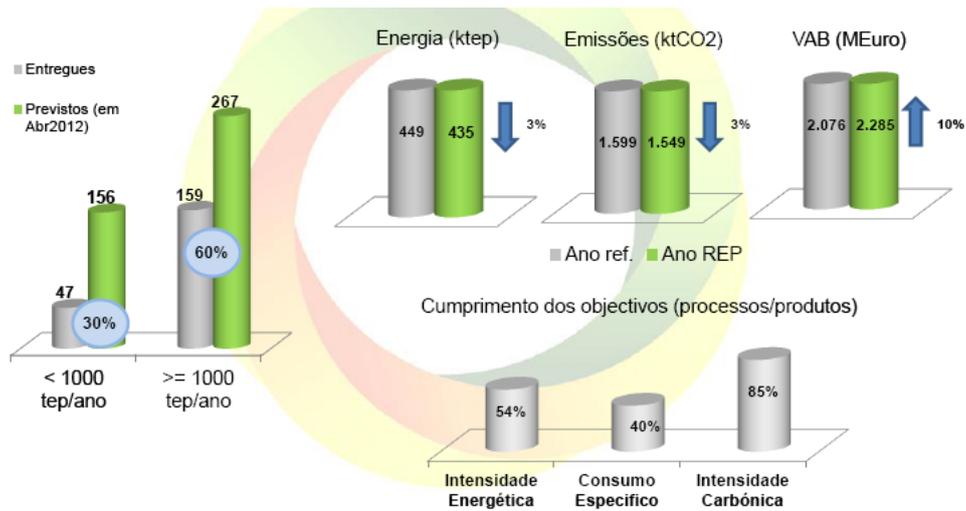


Figura 14 – Contabilização e variação dos indicadores apresentados nos REP (Adene, 2012)

3.4 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE UMA AUDITORIA

A Auditoria Energética, conforme definida no artigo 6.º do Decreto -Lei n.º 71/2008, consiste num levantamento detalhado de todos os aspetos relacionados com o uso da energia, ou que de alguma forma contribuam para a caracterização dos fluxos energéticos.

Tem por objetivo a caracterização energética dos diferentes equipamentos e sistemas existentes numa instalação consumidora intensiva de energia (incluindo o estabelecimento de correlações entre consumos de energia e produções e cálculo dos correspondentes consumos específicos de energia e de indicadores de eficiência energética global da instalação tal como definidos no n.º 2 do artigo 7.º do Decreto -Lei n.º 71/2008) e a identificação das medidas com viabilidade técnico-económica possíveis de implementar, de modo a aumentar a eficiência energética e ou a reduzir as faturas energéticas associadas às atividades da instalação em questão.

A auditoria energética incidirá sobre a conceção e o estado das instalações, devendo ser recolhidos os elementos necessários à elaboração do plano de racionalização do consumo de energia, bem como à subsequente verificação do cumprimento deste. Despacho n.º 17449/2008.

A condução eficaz de uma auditoria energética é um processo que envolve algumas tarefas a desenvolver por ordem e sequência corretas, que vai desde a análise detalhada das faturas de energia do ano que antecede a auditoria, passando pela análise física detalhada aos equipamentos geradores/consumidores de energia térmica e elétrica existentes na

instalação, suas condições de operação e controle, assim como os cuidados de manutenção e o seu tempo de funcionamento, até à fase final do estudo no qual são indicados os resultados e medidas a tomar para a redução dos consumos energéticos em áreas específicas.

Deste modo, as auditorias energéticas permitem fornecer informações específicas e identificar as possibilidades reais de economias de energia, consistindo basicamente num exame crítico da forma como é utilizada a energia com base nos registos, tanto quanto possível rigorosos, dos consumos e custos.

Uma auditoria energética a uma instalação consumidora de energia tem por objetivos:

- Quantificar os consumos energéticos (por instalação e principais secções e/ou equipamentos) e sua importância no custo final do(s) produto(s);
- Efetuar uma inspeção visual dos equipamentos e/ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- Esclarecer como é transformada a energia e quais os seus custos;
- Efetuar um levantamento e caracterização detalhados dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, quer elétrica, quer térmica;
- Obter diagramas de carga (DDC) elétricos dos sistemas considerados grandes consumidores de eletricidade;
- Determinar a eficiência energética de geradores de energia térmica eventualmente existentes, pelos métodos das perdas ou direto;
- Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de energia;
- Verificar a existência do bom funcionamento dos aparelhos de controle e regulação do equipamento de conversão e utilização de energia;
- Realizar balanços de massa e de energia aos principais aos principais equipamentos consumidores de energia térmica;

- Determinar consumos específicos de energia durante o período de realização da auditoria, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais e deteção de eventuais variações sazonais;
- Determinar o quociente entre o consumo energético total e o valor acrescentado bruto (kgep/VAB) da atividade empresarial diretamente ligada à instalação CIE, bem como, o consumo específico de energia (kgep/unidade de produção);
- Identificar e quantificar as possíveis áreas onde as economias de energia são variáveis, como resultado das situações encontradas/anomalias detetadas e medições efetuadas;
- Definir intervenções com viabilidade técnico-económica, conducentes ao aumento da eficiência energética e/ou à redução da fatura energética;
- Definir as linhas orientadoras para a implementação ou melhoria de um esquema operacional de Gestão de Energia. Despacho n.º 17449/2008.

Para a execução de uma auditoria energética é de extrema importância definir e calendarizar todas as ações que permitam adquirir com alguma exatidão e profundidade um conhecimento da instalação analisada, de modo a detetar, quantificar e tentar corrigir as perdas de energia existentes.

A calendarização de uma auditoria energética depende do seu âmbito, dimensão, do tipo de instalação, bem como, do seu enquadramento legal. Podem de uma forma geral considerar-se as seguintes fases:

- Recolha de dados documentais e planeamento da intervenção;
- Intervenção no local;
- Tratamento e análise da informação;
- Elaboração do relatório da auditoria energética;
- Elaboração do plano de racionalização de consumos de energia (PREn).

3.4.1 RECOLHA DE DADOS DOCUMENTAIS E PLANEAMENTO DA INTERVENÇÃO

- Recolha de informação de consumos energéticos e de produção;
- Quantificação da fatura energética;
- Quantificação das utilizações de energia por tipo de combustível;
- Caracterização global do desempenho energético ao longo do tempo;
- Identificação e quantificação dos vários tipos de produtos executados;
- Avaliação de variações, periódicas ou não, de consumo de energia;
- Identificação de valores extremos das taxas de consumo e respetiva localização no tempo;
- Análise integral do processo produtivo e energético;
- Recolha de informação relativa a tecnologias disponíveis no mercado e respectivos custos;
- Preparação das obras de investimento e da intervenção no local.

3.4.2 INTERVENÇÃO NO LOCAL (TRABALHO DE CAMPO)

- Recolha, ou confirmação, de informação de consumos de energia e produção;
- Análise do processo produtivo e sistemas auxiliar, e.g.:
 - Sistema elétrico - receção/transformação, distribuição e utilização final;
 - Vapor/água/termofluido - produção, rede de distribuição e equipamentos consumidores;
 - Ar comprimido; Quantificar os consumos e identificar as fugas.
 - Água industrial e de refrigeração;
 - Sistemas de despoeiramento;

- Redes de distribuição de energia e combustíveis;
- Outros sistemas (ETAR, climatização, etc.)
- Caracterização do equipamento:
 - Descrição;
 - Código de identificação do sistema de manutenção
 - Tipo de combustível utilizado;
 - Potência nominal;
 - Regime de carga médio;
 - Número médio de horas de utilização, ou dados verosímeis que permitam fazer uma estimativa e fechar balanços.
- Estabelecimento dos fluxos de energia;
- Medições de grandezas energéticas e de produção:
 - Balanços energéticos;
 - Rendimentos energéticos;
 - Diagrama de carga global da instalação;
 - Diagrama de carga por aplicação;
 - Consumos específicos.
- Instalação de equipamento de monitorização e registo, e criação das condições para que não ocorram “acidentes” que desviem a monitorização ou a falseie;
- Identificação de oportunidades de racionalização de consumos (ORC):
 - Práticas correntes de utilização e/ou funcionamento;
 - Consumos desnecessários;

- Perdas por utilização negligente, veículo de reclamação do colaborador;
- Má utilização dos equipamentos por deficiente formação do operador, ou de espírito de colaboração;
- Manutenção deficiente ou inexistente.

3.4.3 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS DE MONITORIZAÇÃO E REGISTO

Como referido anteriormente, a intervenção no local (trabalho de campo) compreende a recolha de toda a informação possível e útil para a elaboração do relatório, devendo ser efetuadas todas as medições necessárias à identificação das possibilidades reais de economias de energia. Assim, a necessidade de determinar os consumos de energia sob diferentes formas, constitui um requisito básico para a realização de uma auditoria energética. Controlar os fluxos de energia que entram, circulam e saem da empresa é extremamente importante para quantificar as perdas de energia.

As diversas formas de energia adquiridas pela empresa auditada são conhecidas, uma vez que são medidas e analisadas as faturas pela empresa fornecedora. No entanto a desagregação dos consumos por utilização, secção ou equipamento e a avaliação das perdas de energia necessita ser contabilizada, ou seja, medida (Rios, 2008).

Para cada situação de medição existem diversas soluções, mas para a escolha da mais apropriada é imprescindível conhecer as possibilidades e as características dos equipamentos de medição.

Como normalmente as empresas não dispõem de equipamentos de medição/contadores, são utilizados equipamentos portáteis de medição de gases, temperatura, humidade, rotação, grandezas elétricas, etc. De seguida serão apresentados os equipamentos típicos utilizados para recolha de dados sobre o consumo energético de um ou de um conjunto de equipamentos produtivos.

- Analisador de energia elétrica;
- Luxímetro;
- Analisador de gases de combustão;

- Medição de temperaturas, humidade, pressão, etc;
 - Termopar;
 - Termoresistências;
 - Termistor;
 - Termómetros sem contacto (infravermelhos);
 - Emissividade;
 - Humidade.

- Medidor de caudal;
 - Através da pressão diferencial:
 - Tubo de pitot;
 - Através da velocidade:
 - Anemómetro de turbina;
 - Anemómetro térmico.

3.4.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DA INFORMAÇÃO

Depois de recolhidos todos os *inputs* necessários para iniciar o tratamento e análise da informação, proceder-se-á da seguinte forma:

- Determinação dos consumos globais e específicos;
- Determinação de balanços energéticos e mássicos;
- Determinação de diagramas de carga - global e dos principais setores;
- Desagregação de consumos pelos principais setores;
- Identificação do potencial de economias de energia existente - identificação de ORC;

- Análise da viabilidade técnica e económica das ORC.

3.4.5 ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

Finalmente e como última fase de uma auditoria energética, inicia-se a elaboração do relatório, local onde será referenciada toda a informação fornecida ou adquirida pela empresa auditora e que caracteriza a empresa cliente.

- Apresentação organizada dos seguintes elementos:
 - Informação sobre a empresa;
 - Contabilidade energética;
 - Análise da utilização de energia por produto, processo ou serviço;
 - Cálculo e apresentação de todos os indicadores de eficiência energética (consumo específico, intensidade energética e intensidade carbónica);
 - Medidas de racionalização de energia.
- O PREn deverá conter um conjunto de medidas de utilização racional de energia, calendarizadas ao longo do período de vigência do plano, e cujos resultados globais, permitirão que, o consumo específico da instalação, se situe abaixo dos objetivos preconizados no relatório.

3.5 RECURSOS

Em termos de logística, para além dos escritórios devidamente equipados para a realização de testes e verificações locais, existem três consultores energéticos (engenheiros séniores) e quatro estagiários (engenheiros juniores) a tempo inteiro.

Possui todos os equipamentos de monitorização e registo necessários para se poder realizar uma auditoria energética/diagnóstico energético, bem como, três veículos ligeiros em regime de aluguer (*renting*).

3.6 REUNIÕES PERIÓDICAS

A coordenação da equipa a nível interno (XPTO) tem duas componentes:

- **Esporádicas:** Os membros da equipa de prestação de serviço trocam informação por telefone ou via *e-mail* ou propõem uma reunião. A empresa XPTO dispõe de um sistema de marcação informatizado que permite facilitar esse processo.
- **Periódicas:** Depois de definidas as reuniões periódicas para a planificação e acompanhamento do serviço prestado em cada cliente. O número de reuniões estará diretamente relacionado com a dimensão da empresa e especificidade do serviço a prestar.

A nível interno, cada setor tem uma reunião interna quinzenal para planificar e acompanhar o serviço prestado.

4 APLICAÇÃO INFORMÁTICA

Este capítulo divide-se em vários subcapítulos, descrevendo todo o processo de classificação e desenvolvimento do sistema prático de aplicação do modelo AHP desenvolvido para a seleção da melhor alternativa de serviço para o cliente.

Depois de descrito em capítulo próprio o modo operando da empresa XPTO, é proposto neste trabalho a elaboração de uma sistema de apoio à negociação de serviços de consultoria e gestão energética, com ferramentas que facilitem e permitam uma melhor escolha dos serviços e com custo mais otimizado para o cliente e para a empresa.

4.1 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

Pretende-se desenvolver um sistema de apoio à gestão numa empresa de prestação de serviços de consultoria e gestão energética. A aplicação pretende dar suporte (inicialmente) aos seguintes serviços.

- Elaboração/realização de auditorias/diagnósticos energéticos;
- Elaboração/realização de relatórios de eficiência energética;
- Visitas comerciais para divulgação dos serviços.

A prestação de serviços pode ser desenvolvida nas:

- Instalações da Empresa XPTO;
- Instalações da Empresa Cliente.

Para facilitar a segmentação dos serviços disponíveis, cada um deles foi organizado segundo o tipo de pacote. Cada pacote terá como objetivo descrever os serviços a prestar, os equipamentos associados, bem como, os recursos humanos necessários. Para melhor percepção do descrito, de seguida será apresentado um exemplo.

4.1.1 EXEMPLO DE PACOTE

- Medições Elétricas
 - Serviços prestados: Levantamento e medições elétricas;
 - Recursos materiais: Automóvel + equipamento de medição necessário;
 - Recursos humanos: Engenheiro + Técnico.

Aquando da adjudicação do trabalho o cliente pode optar por um pacote já tabelado e definido e ajustá-lo mediante as suas necessidades.

O preço base do pacote é calculado com base no preço de serviço a prestar, no preço dos recursos materiais e preço dos recursos humanos. Custo adicional (CA) é calculado com base na razão entre:

$$CA = \left(\frac{\text{Combustível} \times \text{Consumo (p/100km)} + \text{Manutenção (p/100km)}}{100} \right) \times \text{Distância}$$

O custo final é calculado com base no preço do pacote e nos custos adicionais

$$CF = \text{Custo do pacote} + CA$$

4.1.2 PEDIDO DE SERVIÇO

O pedido de serviço está dividido em três fases:

- a) O cliente escolhe o pacote predefinido;

- b) O cliente pode ajustar o pacote conforme as suas necessidades;
- c) Antes da marcação do serviço o cliente pode visualizar os pacotes solicitados tendo sempre a possibilidade de eliminá-lo e/ou voltar à fase anterior para que possa ser alterado.

4.1.3 MARCAÇÃO DO SERVIÇO

Nesta fase o serviço já foi pedido, ficando a cargo do utilizador reservar a data e hora que ficou previamente acordada. A marcação do serviço é feita com base nas datas disponíveis, assim como, limitada pelo raio de ação que a empresa ache razoável. Com tudo isto a ferramenta desenvolvida procurará otimizar a rota de acordo com as solicitações feitas numa determinada área geográfica.

O cliente poderá sugerir uma data para a prestação do serviço, no entanto, se esta não for uma das disponíveis, só será validada se a procura para essa área geográfica aumente. Se não houver procura durante o tempo de espera, a prestação do serviço pode e deve ser feita. A título de exemplo a tabela 8 enuncia a marcação de serviços das seguintes empresas:

Tabela 8 – Registo da marcação do serviço

Empresa	Empresa	Agenda
	Tipo Actividade	Localidade
	Colaboradores	Dia
ENERGY	Vendas	13 Aveiro 5-Set
Glorifonte Comércio de Carvão-Vegetal UNIP. LDA.	Produção	25 Braga 9-Set
luzitextil	Energia	13 Braga 4-Set
Aroma 24 - Prestação de Serviços de Limpeza	Limpeza	15 Braga 24-Set
Tipografia Grafica do Minho	Tipografia	10 Braga 17-Set
IMAGO	Engenharia	9 Famalicão 5-Out
METALOGAL	Produção	14 Braga 5-Set
AVACLIMAT	Electronica	15 Braga 5-Out
TINTAR	Transporte	17 Guilhufe 9-Out
ENERGECO	Energia	20 Braga 5-Out
France Air	Energia	16 Maia 14-Set
CONSTRUSON	Energia	16 Maia 16-Set

4.1.4 FUNCIONALIDADES

- Calcular custos por tipo de pacote em função das características da empresa;
- Calcular a disponibilidade de recursos de acordo com as marcações existentes, de forma a minimizar os custos para a empresa (verificar se a prestação de serviço é sustentável);

- Sugestão/recomendação no que diz respeito à otimização dos serviços a prestar (Seleção da melhor rota nos dias em que existam mais do que um serviço).

4.1.5 UTILIZAÇÃO PRÁTICA

Marcação do serviço

- Como é escolhida a data para a prestação do serviço? Selecionar uma data específica? Selecionar através de datas disponibilizadas pela empresa?
 - R: Data Especifica – O cliente assumirá o custo final, sendo calculado através do Preço base + Custos adicionais;
 - R: Data disponível – O custo final será calculado através do Preço base + Custos Adicionais – Desconto;
- Qual é o critério para a seleção de transporte?
 - Aquando da marcação e mediante o pacote selecionado é verificada a disponibilidade do transporte;
 - Sempre que a empresa se situe nas proximidades da empresa XPTO, não é necessário afetar os custos de transporte;
- Qual é o critério utilizado na afetação dos recursos qualificados?
 - Aquando da marcação, será consultada a base de dados para afetar o pessoal disponível;
- Como é feita a negociação com o cliente? Síncrona? Assíncrona?
 - Síncrona. Sendo que todos os dados poderão sofrer alterações. Pode ser feito por telefone e ser registado no contrato;
- Como é confirmada a data definitiva para a prestação de serviço?
 - 72 horas depois da marcação do serviço, o cliente recebe uma mensagem a confirmar ou não a data do serviço.

4.1.6 ADAPTAÇÃO DO MÉTODO AHP AO CASO PRÁTICO

Como se pode verificar através da figura 15, a hierarquia construída teve o cuidado de ter pelo menos três níveis, como recomendam Albayrak e Erensal (2004). Todos os níveis abrangem o objetivo final do problema, bem como, critérios que definem as alternativas intermédias e alternativas de decisão da base.

Os critérios de seleção deste problema são os seguintes:

- **Custo final:** É o resultado da soma do preço base do pacote e o custo adicional, como já explicado em capítulo próprio.
- **Experiência do responsável pelo serviço:** Serão classificados os responsáveis em função dos seus anos de experiência. Um técnico com uma vasta experiência na área permitir-lhe-á analisar e executar o serviço com um sentido crítico que outro não conseguirá.
- **Dia de semana:** Os dias da semana são classificados mediante a disponibilidade das empresas, ou seja, os dias são classificados mediante uma tabela definida e aprovada internamente. A classificação será feita através de pontos. No próximo capítulo será descrita a utilidade da tabela, sendo que, para uma empresa quantos mais pontos angarie melhor posicionada estará.

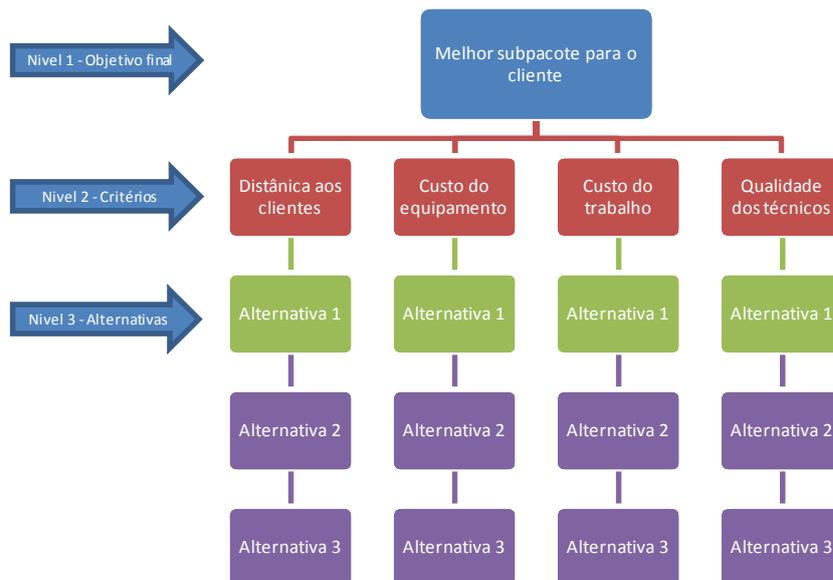


Figura 15 – Hierarquia do caso prático utilizando o método AHP

Depois de caracterizados todos os parâmetros associados aos critérios, esses serão sujeitos a comparações entre si e avaliadas as suas alternativas (pacotes). Como descrito anteriormente, o custo total dos subpacotes é composto por três itens. A figura 16 ilustra essa relação entre *inputs* da ferramenta.

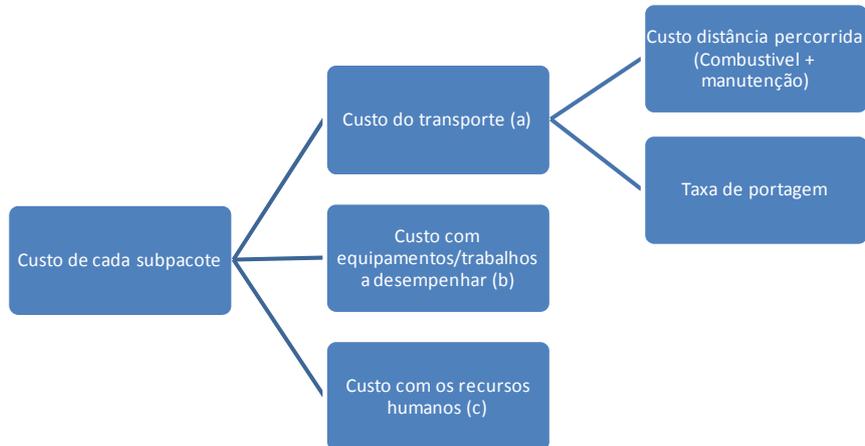


Figura 16 – Relação dos subpacotes para cálculo do custo

- a) O custo do transporte (composto pelo custo da distância percorrida) que relaciona o custo do combustível por km e sua respetiva taxa de manutenção, a taxa a pagar nas portagens (sempre que necessário);
- b) O custo com os equipamentos/trabalhos a desempenhar;
- c) O custo com os recursos humanos associados ao trabalho, podendo estes ser engenheiro e técnico, só engenheiros ou só técnicos, dependendo do pacote escolhido.

4.2 DESENVOLVIMENTO/CONCEÇÃO DA APLICAÇÃO INFORMÁTICA

Foi escolhido para desenvolvimento da aplicação o Microsoft Excel 2007. Por forma a facilitar e otimizar a preferência pela melhor solução, foram criadas folhas de cálculo auxiliares que permitissem selecionar com dinâmica e brevidade a preferência pelo melhor pacote. Nos subcapítulos seguintes serão explicadas todas as fases que levaram ao desenvolvimento da aplicação.

4.2.1 REGISTO DO CLIENTE NA BD DA EMPRESA

A tabela 9, representa a lista das empresas registadas na aplicação. Nesta tabela são inseridos dados referentes à respetiva instituição. Alguns dos dados inseridos serão posteriormente utilizados para calcular o percurso e distância a percorrer.

Tabela 9 – Base de registo das empresas

Empresa	Tipo Actividade	laborad	Localidade	CP	Morada	Telefone
XPTO	Comercio	12	Porto	4200		229802209
EMP. DE CONFECÇÕES, SA	Confecções	14	Matosinhos	4450 - 291	Sousa Aroso Matosinhos 4450-291 Ma	229802209
papel decisivo lda	Industria		Lisboa	1908		229802209
FaustoDecor - PORTUGAL	Energia	10	Vila Nova de Gaia	4400 - 166	Av. Gil Vicente	229802209
Tartampion	Construção		Lisboa	1892		229802209
MFR Aluminios	Vendas		Santarem	3899		229802209
Glorifonte Comércio de Carvão-Vegeta	Produção		Braga	5653		229802209
Duplomonte-Unipessoal Lda	Electronica		Bragança	8983		229802209
Adicional Logistics	Energia		Lisboa	1346		229802209
Manuel de Sousa Barosa Lda.	Transporte		Leiria	3890		229802209
HHO PLUS LDA	Energia		Leiria	3576		229802209
France Air	Energia	16	Maia	4470	Zona Industrial da Maia 1 - Sector IX,	229479710

A título de exemplo podem-se observar alguns dos dados inseridos, tais como: Nome da empresa, tipo de atividade, colaboradores da empresa, localidade, código postal, morada e telefone.

4.2.2 BASE DE DADOS PARA AUXÍLIO AOS CÁLCULOS

Tipo de pacotes de serviços:

Consultando a tabela 10 podemos observar quais os pacotes disponíveis, bem como, os recursos humanos e materiais necessários para poderem realizar a tarefa com sucesso.

Tabela 10 – Configuração dos pacotes

Pacote				
Pacote 1	Técnico	Engenheiro	Equipamentos	Carro da empresa
Pacote 2	Técnico	Equipamentos	Carro da empresa	
Pacote 3	Técnico	Carro da empresa		
Pacote 4	Engenheiro	Carro da empresa		

Os 4 pacotes disponíveis serão os serviços que os clientes poderão adjudicar. Por exemplo, se o cliente optar pelo pacote 1, serão alocados a esse serviço, 1 técnico, 1 engenheiro, os equipamentos necessários a desempenhar esse serviço e a necessidade de recorrer à utilização de um carro da empresa. Se optar pelo pacote 4 serão alocados a esse serviço, 1 engenheiro e um carro da empresa.

Técnicos registados:

A tabela 11 apresenta a base de dados dos técnicos que prestam serviços na empresa XPTO. Consultando a tabela podemos verificar o nome, custo mensal, preço/hora e anos de experiência dos técnicos da XPTO.

Tabela 11 – Base de dados técnicos (Engenheiros juniores)

Engenheiros				
Nome	Custo mensal	Preço/hora	Ano de Exp.	Observações
Ricardo	1.375 €	7,81 €	11	
Mário	1.300 €	7,39 €	8	
Faria	1.340 €	7,61 €	7	
Daniel	1.295 €	7,36 €	9	

Engenheiros registados:

Analogamente a tabela 12 apresenta a base de dados dos engenheiros que prestam serviços na empresa XPTO. Também esta tabela apresenta o nome, custo mensal, preço/hora e anos de experiência dos engenheiros da XPTO.

Tabela 12 – Base de dados Engenheiros (Engenheiros séniores)

Técnicos				
Nome	Custo mensal	Preço/hora	Ano de Exp.	Observações
Pedro	835 €	4,74 €	2	
Luís	755 €	4,29 €	1	
Filipe	825 €	4,69 €	4	
Rui	800 €	4,55 €	3	

Consultando a tabela 11 e 12 podemos observar que um técnico ou engenheiro com menos anos de experiência pode ganhar mais por hora que os que tem mais anos de experiência. Esta diferença pode estar relacionada com o facto de o técnico ou engenheiro ter uma especialização numa determinada área.

Frota de veículos:

De seguida e na tabela 13 são expostas algumas das características dos veículos existentes na empresa. Dessas características e porque tem interferência nos custos de transporte, podemos destacar, a matrícula, categoria, manutenção por 100km, consumo por 100km, e o custo a cada 100km percorrido pelo veículo em questão.

Tabela 13 – Veículos existentes na empresa XPTO

Matricula	Categoria	Marca	Modelo	Frota			
				Combustivel	Manutenção por 100 km	Consumo por 100km	Custo por 100km
05-JP-43	Ligeiro	Renault	Megane 1.5Dci	Gasoleo	1,75	7	12,31 €
05-JP-42	Ligeiro	Renault	Megane 1.5Dci	Gasoleo	1,5	7,5	12,82 €
12-HI-98	Ligeiro	Citroen	C5 1.6Hdi	Gasoleo	2,5	8	14,57 €
24-EF-23	Ligeiro comercial	Ford	Fiesta 1.5TDci	Gasoleo	1,25	6,5	11,06 €

Preços dos combustíveis:

Os preços indicados na tabela 14 são meramente indicativos. Os preços dos combustíveis são atualizados constantemente através do link <http://www.maisgasolina.com/>.

Tabela 14 – Preços dos combustíveis

Tipo Combustivel	€/Litro
Gasoleo	1,509
Gasolina s/chumbo 95	1,699
Gasolina s/chumbo 98	1,845
GPL	0,844
Biodiesel	1,35

Trabalhos a serem realizados:

A tabela 15 representa os trabalhos disponíveis e os preços praticados de cada um, bem como a duração despendida para a sua realização.

Tabela 15 – Preços dos trabalhos e respetiva duração

Tipo de trabalho	Preço unitário	Tempo (min.)	Observações (horas)
Reunião/visita	15	90	1,50
Reunião	10	60	1,00
Levantamento (Equip. elétricos)	30	15	0,25
Levantamento (Equip.Térmicos)	25	10	0,17
Medições elétricas	65	60	1,00
Medições térmicas	45	30	0,50
Apresentação de Relatório + PREn	50	90	1,50
Reuniões periódicas (Gestão Energia)	25	90	1,50

Os custos associados aos trabalhos disponíveis dependem do tipo de trabalho e quantidade de trabalhos requeridos pelo cliente. Se, por exemplo, o cliente adjudicar como trabalho 4 reuniões periódicas (Gestão de energia) o valor a cobrar será de 100€

Pontuações dos dias da semana mediante disponibilidade:

Como referido anteriormente, e sendo os dias da semana um dos critérios de seleção da aplicação, a tabela 16 expõe a pontuação dos dias de semana classificados pela disponibilidade que melhor satisfaz os requisitos das empresas. A escala varia de 0 a 25 pontos e o dia da semana que tiver o maior o número de pontos é o melhor para o cliente. Uma pontuação igual a zero significa que é impossível a realização do serviço.

Tabela 16 – Pontuação dos dias da semana

	Dia semana	Pontuações (Qt. mais melhor)
Segunda-feira	2	25
Terça-feira	3	20
Quarta-feira	4	10
Quinta-feira	5	15
Sexta-feira	6	20
Sábado	1	0

Na aplicação desenvolvida a função que utiliza as pontuações dos dias da semana terá como formato uma matriz, matriz essa, que otimizará as deslocações consoante o dia de semana selecionado.

Subpacotes gerados pelos pacotes principais:

Os subpacotes precedem dos pacotes originais. A sua escolha dependerá das preferências feitas pelos colaboradores. A tabela 17 expõe as possibilidades existentes.

Tabela 17 – Configuração de pacotes em subpacotes

Pacote 1	Pacote 1A	Pacote 1B	Pacote 1C	Pacote 1D
Pacote 2	Pacote 2A	Pacote 2B	Pacote 2C	Pacote 2D
Pacote 3	Pacote 3A	Pacote 3B	Pacote 3C	Pacote 3D
Pacote 4	Pacote 4A	Pacote 4B	Pacote 4C	Pacote 4D

Como descrito anteriormente as preferências dos clientes terão influência no subpacote que lhes será associado. Por exemplo no pacote 1A o cliente pode optar que o serviço seja efetuado numa data alternativa à inicialmente solicitada, ser efetuado pelo técnico Rui, e engenheiro Ricardo. Analogamente essas seleções podem influenciar a opção final pelo subpacote 1B, 1C ou 1D. A mesma explicação serve como exemplo para o pacote 2, 3 e 4.

Na tabela 23 podem verificar o que foi anteriormente descrito.

4.2.3 FOLHA DE CÁLCULO DOS CUSTOS

De seguida serão abordados os passos e informações utilizadas para aferir os custos inerentes a cada pacote. O custo ou preço é um dos critérios de seleção que mais influência ou importância tem para os clientes.

Seleção dos veículos:

A tabela 18 apresenta alguma informação dos veículos a utilizar. Posteriormente essa informação será utilizada por forma a estimar o custo inerente à utilização de cada veículo selecionado.

Tabela 18 – Custo do veículo a utilizar

Tipo de carro	Ligeiro comercial
Marca	Ford
Modelo	Fiesta 1.5TDci
Matrícula	24-EF-23
Custo por 100km	11,06 €

De salientar que o custo por cada 100km tem associado a si o tipo de combustível que cada veículo consome, bem como, o custo de manutenção do mesmo. A informação aqui representada serve como exemplo para a escolha de um veículo ligeiro.

Seleção do trajeto:

A tabela 19 está diretamente relacionada com a tabela 18, ou seja, o custo total do transporte é obtido através da soma do produto entre a distância e o custo por cada 100 km, mais o custo das taxas das portagens, calculadas de forma automática para as auto estradas A3, A4, A32, A41 e A43. O custo do transporte será posteriormente dividido pelo número de cliente/empresa a servir.

Tabela 19 – Custo do trajeto a efetuar

De (Origem)	Maia pv
Para (Destino-Saída)	Cruz
Caminho	A3
Custo Portagem	2,00 €
Total	13,06 €

Custo do serviço:

As tabelas 20 e 21 demonstram quais os procedimentos a seguir por forma a calcular os custos inerentes à realização dos serviços a contratar. O custo total do serviço resulta da soma do produto entre a quantidade de cada exame pelo seu respetivo custo.

Tabela 20 – Seleção do serviço a adjudicar

Pacote	Custo desloc.	Tipo de trabalho	Nº trabalhos	Custo unitário por trabalho	Custo total trabalho	Total
		Reuniões periódicas (Gestão Energia)	1	25	25,0 €	25,0 €
Pacote 1	13,06 €	Reunião	1	10	10,0 €	10,0 €
Pacote 2		Reunião/visita	2	15	30,0 €	30,0 €
Pacote 3						
Pacote 4						
						65,0 €

Tipo de carro	Ligeiro comercial
Marca	Ford
Modelo	Fiesta 1.5TDci
Matrícula	24-EF-23
Custo por 100km	11,06 €

De (Origem)	Maia pv
Para (Destino-Saída)	Cruz
Caminho	A3
Custo Portagem	2,00 €
Total	13,06 €

Tabela 21 – Cálculo dos custos de cada tipo de trabalho

Pacote	Custo desloc.	Tipo de trabalho	Nº trabalhos	Custo unitário por trabalho	Custo total trabalho	Total
Pacote 1	13,06 €	Reuniões periódicas (Gestão Energia)	1	25	25,0 €	25,0 €
		Reunião	1	10	10,0 €	10,0 €
		Reunião/visita	2	15	30,0 €	30,0 €
						65,0 €

Tipo de carro	Ligeiro comercial
Marca	Ford
Modelo	Fiesta 1.5TDci
Matrícula	24-EF-23
Custo por 100km	11,06 €

De (Origem)	Maia pv
Para (Destino-Saída)	Cruz
Caminho	A3
Custo Portagem	2,00 €
Total	13,06 €

Para cálculo do seu custo o utilizador deverá proceder da seguinte forma:

No campo “pacote” selecionar o pacote de serviço pretendido (tabela 20), seguido, da seleção do tipo de trabalho como referencia a tabela 21. Por fim o utilizador deverá quantificar os serviços a prestar no cliente.

Os restantes campos, custo unitário por trabalho e custo total do trabalho são preenchidos automaticamente resultantes dos preços dos trabalhos e sua respetiva duração (ver tabela 15).

Seleção do cliente/empresa e recursos humanos:

Na coluna “Cliente/Empresa”, seleciona-se a empresa ou cliente que pretende adjudicar o serviço, conforme ilustra a tabela 22. Não será demais referir que as empresas disponíveis

e o dia/agenda apresentados estão registadas na base de dados existente para inserção de clientes. Como já descrito o critério de otimização (distância) resulta do dia de semana a que diz respeito o dia da marcação do serviço (ver tabela 16).

Tabela 22 – Seleção do cliente/empresa

Subpacote	Cliente/Empresa	Dia / Agenda	Dia Semana	Critério de otimização (distância)	Nº procura	Distância (percurso a pagar)
Pacote 1A	ENERGY	18-Set-12	terça-feira	20	3	43,3
Pacote 1B	ENERGY	21-Set-12	sexta-feira	20	2	65,0
Pacote 1C	METALOGAL AVACLIMAT	26-Set-12	quarta-feira	15	1	130,0
Pacote 1D	CONSTRUSON TINTAR QUIMICA AWART ENERGECO	04-Out-12	quinta-feira	5	0	130,0

	Engenheiros	Técnicos	Tempo dispendido no serviço	Custo total (€)	Melhor resultado
Pacote 1A	Ricardo 31,25 €	Filipe 18,75 €	240	115,00 €	Pacote 1A
Pacote 1B	Mário 29,55 €	Luís 17,16 €	240	82,16 €	
Pacote 1C	Faria 28,07 €	Rui 18,18 €	240	83,18 €	
Pacote 1D	Daniel 30,23 €	Pedro 17,95 €	240	82,95 €	

Tabela 23 – Seleção do engenheiro que prestará o serviço

Subpacote	Cliente/Empresa	Dia / Agenda	Dia Semana	Critério de otimização (distância)	Nº procura	Distância (percurso a pagar)
Pacote 1A	ENERGY	18-Set-12	terça-feira	20	3	43,3
Pacote 1B	ENERGY	21-Set-12	sexta-feira	20	2	65,0
Pacote 1C	ENERGY	26-Set-12	quarta-feira	15	1	130,0
Pacote 1D	ENERGY	04-Out-12	quinta-feira	5	0	130,0

	Engenheiros	Técnicos	Tempo dispendido no serviço	Custo total (€)	Melhor resultado
Pacote 1A	Ricardo 31,25 €	Filipe 18,75 €	240	115,00 €	Pacote 1A
Pacote 1B	Mário 29,55 €	Luís 17,16 €	240	82,16 €	
Pacote 1C	Faria 28,07 €	Rui 18,18 €	240	83,18 €	
Pacote 1D	Daniel 30,23 €	Pedro 17,95 €	240	82,95 €	

De todos os campos já descritos e com exceção dos campos “Clientes/empresas”, “Critério de otimização”, “Engenheiros” e “Técnicos”, todos os restantes são de preenchimento automático. Como referido anteriormente, nestes campos podemos selecionar qual a empresa a prestar o serviço, raio de ação em relação à empresa selecionada, e escolher o engenheiro ou técnico que queiramos que preste o serviço.

A alocação de um engenheiro ou técnico pode ser uma exigência da empresa que contrate o serviço, ou seja, o cliente pode exigir que independentemente do trabalho a desempenhar o engenheiro a prestar o serviço seja sempre o Mário, e o técnico Filipe.

Tabela 24 – Custos totais do pacote selecionado

Subpacote	Cliente/Empresa	Dia / Agenda	Dia Semana	Critério de otimização (distância)	Nº procura	Distância (percurso a pagar)
Pacote 1A	ENERGY	18-Set-12	terça-feira	20	3	43,3
Pacote 1B	ENERGY	21-Set-12	sexta-feira	20	2	65,0
Pacote 1C	ENERGY	26-Set-12	quarta-feira	15	1	130,0
Pacote 1D	ENERGY	04-Out-12	quinta-feira	5	0	130,0

	Engenheiros		Técnicos		Tempo dispendido no serviço	Custo total (€)	Melhor resultado
Pacote 1A	Ricardo	31,25 €	Filipe	18,75 €	240	115,00 €	Pacote 1A
Pacote 1B	Mário	29,55 €	Luís	17,16 €	240	82,16 €	
Pacote 1C	Faria	28,07 €	Rui	18,18 €	240	83,18 €	
Pacote 1D	Daniel	30,23 €	Pedro	17,95 €	240	82,95 €	

Consultando a tabela 24 podemos verificar o custo total de cada subpacote, ou seja, o custo do pacote escolhido através da seleção das mais variadas configurações possíveis. Essas configurações consistem em alterar o dia da semana e os responsáveis pela prestação de serviço. A tabela anteriormente referenciada interage de forma automática com todas as tabelas de custos anteriormente apresentadas.

Uma das exceções anteriormente mencionadas é a coluna “Nº procura”. O preenchimento dos campos é feito de forma automática, tendo por base a data solicitada pelo cliente e o raio de busca selecionada por forma a otimizar a distancia a percorrer. O objetivo desta restrição é visitar no mesmo dia o maior número de clientes possível.

A figura 17 ilustra como são associados o maior número de clientes possível dentro do raio de ação que for estabelecido. Para tal a ferramenta utilizará os registos criados das empresas, bem como, o número de empresas que se encontram na base de dados e cumprem todos os critérios estabelecidos. Tendo em conta os critérios estabelecidos, o objetivo é juntar no mesmo percurso e no mesmo dia o maior número possível de clientes.

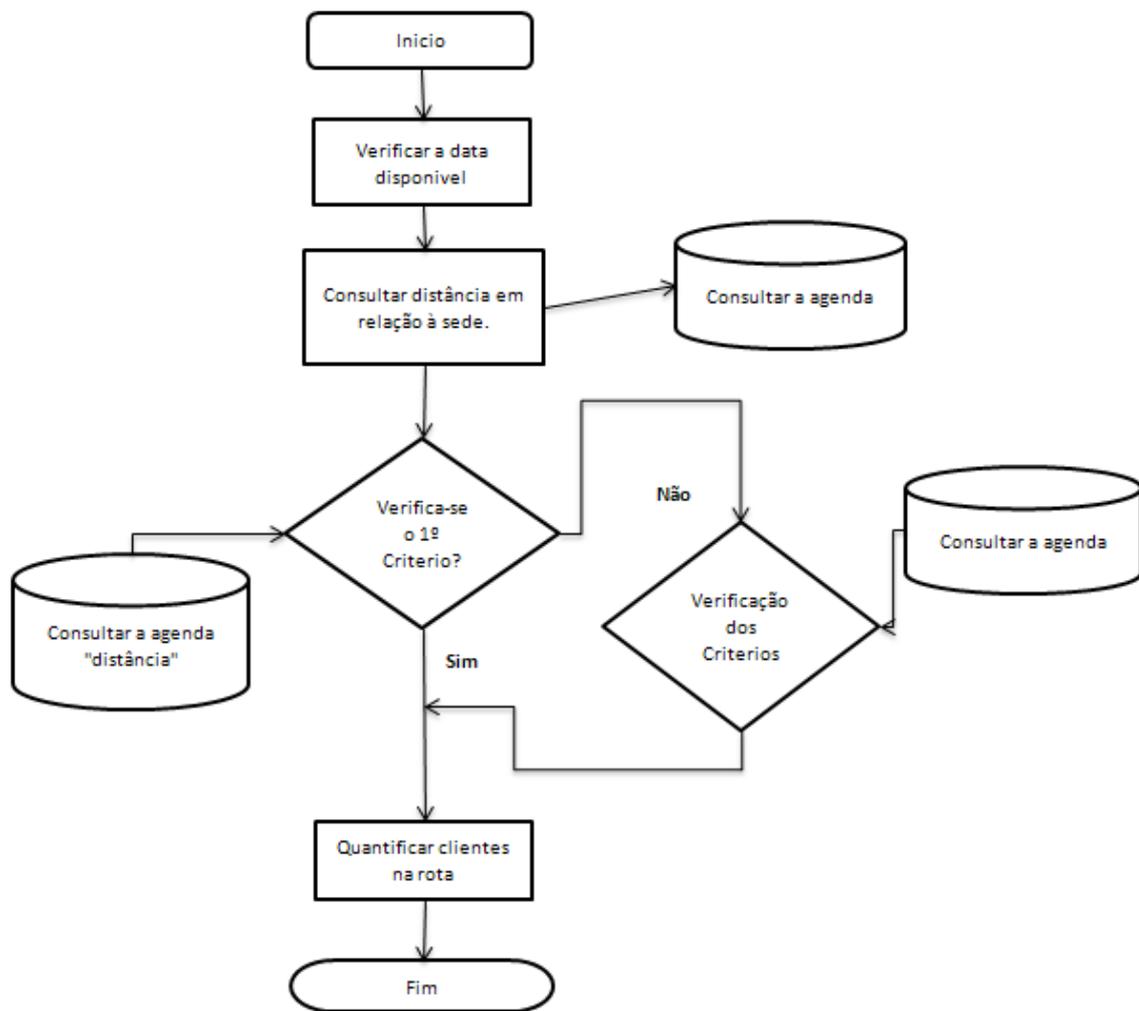


Figura 17 – Funcionamento para angariação de clientes

De forma a agregar o maior numero de clientes consideram-se todas as empresas que tenham em comum o dia da prestação do serviço, num raio de:

- 5km onde se insere a empresa em questão;
- 10km onde se insere a empresa em questão;
- 15km onde se insere a empresa em questão;
- 20km onde se insere a empresa em questão.

4.3 OTIMIZAÇÃO DA ROTA

A otimização da rota tem como consequência direta a otimização dos custos. Recorrendo ao *optimap* do *googlemaps*, uma aplicação *online* que utiliza o API (*application*

programming interface), a otimização utiliza um algoritmo de programação dinâmica para o TSP (*traveling salesman problem*), em que é considerado o problema TSP com $N+1$ pontos seleccionados (procura, neste caso qual o cliente a visitar) podendo ser $0,1,\dots,N$. À origem é associado o ponto 0. A distância entre um ponto i e j dada por $dist[i][j]$.

Com a utilização de programação dinâmica, procura-se resolver um problema começando por otimizar distâncias mais curtas. Começa-se por perceber qual o tamanho real do problema: Qual é a melhor para visitar apenas um dos destinos? Assumindo que temos N destinos há $N-1$ problemas, um para cada N destinos. A melhor forma de visitar cada um é o caminho mais curto do nó 0 ao nó N . A figura 18 mostra o interface da aplicação em execução dos cálculos das direcções conforme explicado anteriormente.



Figura 18 – Ferramenta utilizada para cálculo das rotas (*Optimaps google*)

Inicialmente e como exemplificado pela figura 18, é necessário inserir no mapa as localizações que pretendemos visitar. Essa inserção é fácil e intuitiva não levantando nenhuma limitação a quem utiliza esta ferramenta pela primeira vez. Neste exemplo foram inseridos 7 locais, sendo que todos se situam na área metropolitana do Porto.



Figura 19 – Exemplo de otimização de rotas (*Optimaps google*)

A Figura 19 exemplifica a otimização de uma rota para os 7 locais inseridos. É visível que a numeração dos locais a visitar na figura 18 e 19 não coincide. Essa alteração só acontece depois de indicarmos na aplicação *optimaps* que pretendemos otimizar a rota dos locais inseridos. Apesar do local 2 (Rio Tinto) ser o segundo a ser inserido, a aplicação sugere que seja a ultima localidade a ser visitada.

1	Porto	
	Seguir sudeste em frente Rua Álvaro de Castelões em direcção a Rua Maria Pia	
	Virar à esquerda em direcção a Rua Costa Cabral	0,2 km
	Virar à direita em direcção a Av. Combatentes da Grande Guerra	0,3 km
	Seguir pela 1.ª à direita em direcção a Rua Alegria	30 m
		2,2 km
• • •		
2	(41.14651000000001, -8.604440000000068)	
	Seguir oeste em frente Rua Passos Manuel em direcção a Rua de Santa Catarina	
	Virar à direita em direcção a Rua Sá da Bandeira	0,4 km
	Virar à direita em direcção a Rua Formosa	0,2 km
	Virar à direita em direcção a Rua Alegria	0,3 km
	Virar à direita em direcção a Rua Santo Ildefonso	0,1 km
		31 m

Figura 20 – Distância e tempo a percorrer entre a origem e o destino (*Optimaps google*)

Consultando a figura 20, verificamos que o *optimaps* estimará a distância total do percurso bem como o tempo a despendido. Nesta estimativa a aplicação descreverá detalhadamente qual a rota a seguir, a distância a percorrer e o tempo despendido entre os 7 locais inicialmente inseridos.

Nem sempre é utilizada a informação da figura 20 de forma minuciosa. Esta informação serve para orientação dos seus colaboradores se for necessário. Salienta-se a importância da figura 19, para que os seus colaboradores possam inserir por ordem nos GPS disponíveis em cada viatura os locais a visitar

Depois de definida a rota, será calculado através do *site* da Brisa o trajeto a seguir de forma a chegar ao destino pretendido. Este cálculo servirá para seleccionar na ferramenta desenvolvida qual a origem, destino e a auto estrada a utilizar (se for necessário), sendo que o custo total do trajeto é devolvido de forma automática.

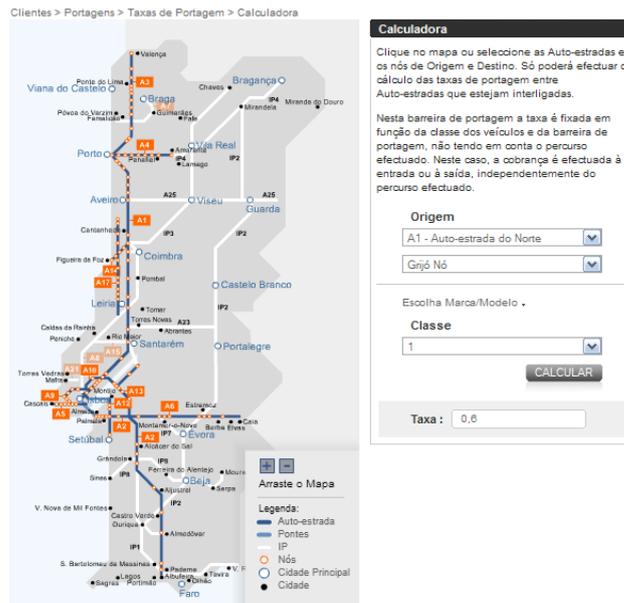


Figura 21 – Ferramenta utilizada para cálculo das portagens (Brisa)

A figura 21 tem como finalidade apresentar a interface disponível na Brisa para cálculo das portagens de todas as auto estradas existentes em Portugal.

Para obter os custos de cada subpacote o utilizador deverá seguir os seguintes passos:

- Na coluna “Cliente/Empresa”, escolher a empresa ou cliente que adjudicou o serviço (pacote), conforme apresenta a tabela 25. É importante referir que o cliente/empresa foi previamente registado na base de dados existente para registo dos clientes.

Tabela 25 – Cálculo do custo de cada pacote (seleção cliente/empresa)

Subpacote	Cliente/Empresa	Dia / Agenda	Dia Semana	Critério de optimização (distância)	Nº procura	Distância (percurso a pagar)
Pacote 2A	ENERGECO	05-Out-12	sexta-feira	20	3	37,3
Pacote 2B	ENERGECO	09-Out-12	terça-feira	10	2	56,0
Pacote 2C	Manuel de Sousa Barosa Lda. HHO PLUS LDA	11-Out-12	quinta-feira	10	1	112,0
Pacote 2D	papel decisivo lda Tartampion	17-Out-12	quarta-feira	15	2	56,0

Depois de seleccionados e preenchidos todos os campos referentes aos custos de transporte de cada pacote, temos a certeza que os custos dos subpacotes estão corretamente calculados.

Como referido anteriormente o custo do trabalho, qualidade dos técnicos e dia da semana constituem os critérios utilizados na ferramenta desenvolvida utilizando o método AHP.

4.4 COMPARAÇÕES ENTRE AS PREFERÊNCIAS E CRITÉRIOS DO PROBLEMA

Depois de calculados todos os custos inerentes à seleção do pacote a contratar, bem como do trajeto a seguir, estão reunidas todas as condições para selecionar o melhor pacote de serviço a prestar.

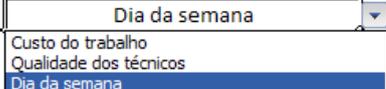
Definição dos critérios:

A definição dos critérios tem por base uma hierarquia de acordo com os requisitos de cada cliente. Esses requisitos podem ser definidos da seguinte forma:

- Custo do trabalho;
- Qualidade dos técnicos;
- Dia da semana.

Tabela 26 – Classificação dos critérios

Ponderação de atributos	
1º critério com maior relevância	Custo do trabalho
2º critério com maior relevância	Qualidade dos técnicos
3º critério com maior relevância	Dia da semana



Consultando a tabela 26 verifica-se que existe a possibilidade de selecionar o critério com maior relevância, ou seja, se ficar decidido que o custo do trabalho é mais relevante que a qualidade dos técnicos e simultaneamente o dia da semana, o 1º critério a colocar será o custo do trabalho seguido da qualidade dos técnicos e dia da semana. Para os restantes critérios funciona analogamente ao descrito anteriormente.

Comparações das importâncias dos critérios:

Os critérios anteriormente definidos pelo utilizador são comparados entre si, e assim, calculado o peso que cada um terá na solução final. A tabela 27 apresenta os pesos atribuídos a cada um dos critérios.

- C1 – Custo do trabalho
- C2 – Qualidade dos técnicos

- C3 – Dia da semana

Tabela 27 – Comparações dos critérios

	C1	C2	C3	Média
C1	0,24	0,08	0,84	39%
C2	0,72	0,23	0,04	33%
C3	0,03	0,69	0,12	28%
Soma	1,00	1,00	1,00	100%

Esta tabela terá um peso significativo na ponderação dos atributos. Os critérios com maior ou menor relevância vão ter uma relação direta com as percentagens aqui representadas.

Por exemplo, o custo do trabalho for selecionado como critério de maior relevância vai ter um peso de 39% em relação à qualidade dos técnicos (33%) e dia da semana (28%).

Propriedades dos subpacotes:

A tabela seguinte funciona como tabela de entrada de dados, ou seja, todos os dados representados resultam dos cálculos e opções anteriormente decididas. Opções essas que advêm do serviço a contratar, da seleção da empresa, quais os técnicos a alocar ao serviço, etc...

Tabela 28 – Propriedades dos subpacotes

Propriedades dos subpacotes			
Subpacotes possíveis	Custo trabalho € ↓	Qualidade dos técnicos (anos) ↑	Dia da semana (Dist. a percorrer) ↓
Pacote 1A	115,00 €	11	43
Pacote 1B	82,16 €	8	65
Pacote 1C	83,18 €	7	130
Pacote 1D	82,95 €	9	130

Na tabela 28 serão selecionados de acordo com os critérios de relevância os melhores resultados para cada subpacote. Como se pretende que o custo de trabalho seja o mais reduzido possível, o subpacote que vai ser selecionado será o que apresentar o custo mais reduzido, neste caso seria o Pacote 1B.

A mesma relação é aplicada para a qualidade dos técnicos (pretende-se o técnico com mais experiência) e dia da semana (minimizar a distância a percorrer). Neste caso tanto para o critério qualidade dos técnicos e dia da semana a melhor opção será o pacote 1A.

Análise quantitativa:

Na tabela seguinte pode-se analisar quantitativamente o peso de cada subpacote em relação ao peso de cada critério. Existe uma relação direta entre a tabela 28 e 29. Enquanto que na tabela 28 a melhor opção é apresentada em valor absoluto, na tabela 29 os valores são apresentados em valor relativo.

Não será demais lembrar que, no que diz respeito ao custo do trabalho, o subpacote que tem mais importância é o 1B, no entanto se analisarmos o critério qualidade dos técnicos verifica-se que o subpacote com mais relevância é o 1A.

Tabela 29 – Análise quantitativa

Análise quantitativa			
Subpacotes possíveis	Custo trabalho € ↓	Qualidade dos técnicos (anos) ↑	Dia da semana (Dist. a percorrer) ↓
Pacote 1A	0,714	1,000	1,000
Pacote 1B	1,000	0,727	0,667
Pacote 1C	0,988	0,636	0,333
Pacote 1D	0,990	0,818	0,333

Matriz seleção:

É na tabela 30 que será apresentada qual a melhor solução do problema. O subpacote que tiver o valor do somatório mais alto será a melhor solução.

Tabela 30 – Matriz de seleção do melhor serviço

Matriz de seleção					Melhor resultado
Subpacotes possíveis	Custo do trabalho	Qualidade dos técnicos	Dia da semana	Somatório (Σ)	
Pacote 1A	0,276	0,332	0,282	0,8897	Pacote 1A
Pacote 1B	0,386	0,241	0,188	0,8155	
Pacote 1C	0,381	0,211	0,094	0,6865	
Pacote 1D	0,382	0,271	0,094	0,7478	

Na matriz de seleção aqui referenciada é visível que existem para o mesmo subpacote pesos diferentes mediante a prioridade dos critérios que for definida. O resultado final depende da soma dos vários pesos existentes para cada critério.

Verifica-se por exemplo que para o critério custo de trabalho a melhor opção seria o subpacote 1B, no entanto a solução final recaiu sobre subpacote 1A. A opção pelo subpacote 1A advém do facto de esse subpacote ser a melhor opção para os critérios qualidade dos técnicos e dia da semana, indo assim influenciar o valor final do somatório.

5 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

O seguinte exemplo servirá para perceber como funciona a ferramenta de otimização desenvolvida.

A empresa XPTO tem marcado para o mesmo dia três clientes localizados na zona norte. Previamente à marcação dos serviços, um colaborador da empresa XPTO, entrou em contacto com os clientes por forma a definir as necessidades e periodicidades inerentes ao serviço.

A tabela 31 ilustra alguns dados e respetivas marcações dos clientes alvo.

Tabela 31 – Empresas seleccionadas

Empresa	Tipo Actividade	Colaboradores	Localidade	Telefone	Distancia km	Dia
IMAGO	Engenharia	9	Famalicão	253610339	42	5-Out
AVACLIMAT	Electronica	15	Braga	229802212	53	5-Out
ENERGECO	Energia	20	Braga	229802217	56	5-Out

A título de exemplo, verifica-se que para a empresa IMAGO com sede em Famalicão, ficou marcado para o dia 5 de Outubro de 2012 a prestação de um serviço.

De acordo com o solicitado pelas 3 empresas referenciadas na tabela 31 (Imago, Avaclimat e Energeco) a tabela 32 apresenta quais foram os serviços adjudicados para 5 de Outubro.

Tabela 32 – Serviço adjudicado pela empresa Imago

Pacote	Custo desloc.	Tipo de trabalho	Nº trabalhos	Custo unitário por trabalho	Custo total trabalho	Total
Pacote 4	13,72 €	Reunião	1	10	10,0 €	10,0 €
		Reuniões periódicas (Gestão Energia)	3	25	75,0 €	75,0 €
		Levantamento (Equip. elétricos)	5	30	150,0 €	150,0 €
						235,0 €

A prestação de serviços na empresa Imago (tabela 32) terá como base o pacote 4 (Engenheiro + Carro da empresa), sendo que a escolha pelos tipos de trabalho recaiu em:

- 1 reunião;
- 3 reuniões periódicas (Gestão de energia);
- 5 levantamentos (equipamentos elétricos).

Tabela 33 – Serviço adjudicado pela empresa Avaclimat

Pacote	Custo desloc.	Tipo de trabalho	Nº trabalhos	Custo unitário por trabalho	Custo total trabalho	Total
Pacote 2	13,72 €	Reunião/visita	1	15	15,0 €	15,0 €
		Medições elétricas	4	65	260,0 €	260,0 €
		Levantamento (Equip.Térmicos)	3	25	75,0 €	75,0 €
						350,0 €

A prestação de serviços na empresa Avaclimat (tabela 33) terá como base o pacote 2 (Técnico + Equipamentos + Carro da empresa), sendo que a escolha pelos tipos de trabalho recaiu em:

- 1 reunião/visita;
- 4 medições elétricas;
- 1 levantamento (equipamentos térmicos).

Tabela 34 – Serviço adjudicado pela empresa Energeco

Pacote	Custo desloc.	Tipo de trabalho	Nº trabalhos	Custo unitário por trabalho	Custo total trabalho	Total
Pacote 1	13,72 €	Apresentação de Relatório + PReN	1	50	50,0 €	50,0 €
		Medições térmicas	3	45	135,0 €	135,0 €
		Medições elétricas	4	65	260,0 €	260,0 €
						445,0 €

A prestação de serviços na empresa Energeco (tabela 34) terá como base o pacote 1 (Técnico + Engenheiro + Equipamentos + Carro da empresa), sendo que a escolha pelos tipos de trabalho recaiu em:

- 1 apresentação de relatório + PReN;
- 3 medições térmicas;
- 4 medições elétricas;

A tabela 34 evidencia as características do veículo selecionado para visitar os três clientes.

Tabela 35 – Veiculo selecionado

Tipo de carro	Ligeiro comercial
Marca	Ford
Modelo	Fiesta 1.5TDci
Matrícula	24-EF-23
Custo por 100km	11,06 €

O veículo selecionado foi um ligeiro comercial que apresenta um custo por cada 100km de 11,06€ Sempre que possível a escolha do veículo recai sobre o presente, pois é o que apresenta um custo por cada 100km mais baixo.

Utilizando a aplicação *optimaps* a figura seguinte apresenta qual o trajeto que o veiculo selecionado terá de fazer para a otimizar a rota a efetuar.



Figura 22 – Exemplo de otimização de rota (Porto-Braga-Famalicão)

Através da figura 22 e depois de inseridos os 3 locais a visitar, Imago em Famalicão, Avaclimat e Energeco em Braga, constata-se que a melhor rota será sair do Porto em direção a Braga e depois dos trabalhos executados partir em direção a Famalicão.

A figura 23 pretende demonstrar como é calculado o custo inerente à utilização de auto estradas (portagens). Neste caso e como é necessário recorrer à utilização da A3 o trajeto terá como origem o pórtico Maia PV e como destino Braga sul.

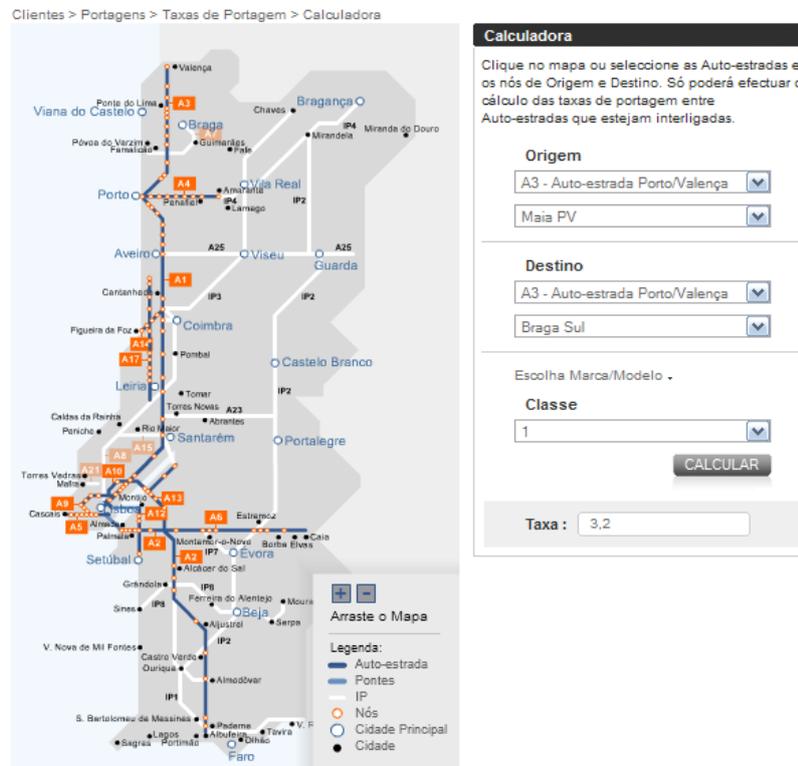


Figura 23 – Cálculo das portagens (Porto-Braga sul)

Como descrito anteriormente a figura 23 indicará qual a portagem e saídas a utilizar de forma a percorrer a rota devolvida pelo *optimaps*.

Tabela 36 – Cálculo do custo de transporte

De (Origem)	Maia pv
Para (Destino-Saída)	Braga Oeste
Caminho	A3
Custo Portagem	6,10 €
Total	17,82 €

Na tabela 36 e depois de seleccionados todos os dados de entrada (Origem, Destino, Caminho) é retomado o custo total do transporte. Esse custo total tem em consideração o custo das portagens (se necessário) e o custo por cada 100km do veículo seleccionado.

Na tabela seguinte são apresentados os custos totais do serviço contratado pela empresa Avaclimat.

Tabela 37 – Demonstração dos custos para o serviço prestado (Empresa: Avaclimat)

Subpacote	Cliente/Empresa	Dia / Agenda	Dia Semana	Critério de otimização (distância)	Nº procura	Distância (percurso a pagar)
Pacote 2A	AVACLIMAT	05-Out-12	sexta-feira	20	3	35,3
Pacote 2B	AVACLIMAT	09-Out-12	terça-feira	10	2	53,0
Pacote 2C	AVACLIMAT	11-Out-12	quinta-feira	10	0	106,0
Pacote 2D	AVACLIMAT	17-Out-12	quarta-feira	15	2	53,0

	Engenheiros	Técnicos	Tempo dispendido no serviço	Custo total (€)	Melhor resultado
Pacote 2A	Ricardo	Filipe	28,13 €	360	473,13 €
Pacote 2B	Mário	Luís	25,74 €	360	515,06 €
Pacote 2C	Faria	Rui	27,27 €	360	514,38 €
Pacote 2D	Daniel	Pedro	26,93 €	360	517,27 €

○
○
○

Pacote 2	Técnico	Equipamentos	Carro da empresa
-----------------	---------	--------------	------------------

Considerando que a empresa Avaclimat foi a última das empresas a ser agendada, a sua inclusão vai proporcionar uma redução do custo de transporte total para as restantes empresas, Imago e Energeco. Como com esta inclusão existirá mais uma empresa no raio de pesquisa considerado, sendo que o custo do transporte será partilhado para as três empresas. Se consultada a tabela Nº procura, constata-se que para o dia 5 de Outubro de 2012 já existem para um raio de ação de 20km, 3 serviços agendados.

De salientar que para o pacote 2 (tabela 10) não é possível alocar nenhum engenheiro para desempenhar o serviço contratado, sendo que todos os custos são assim iguais a zero.

Aquando da marcação do serviço, ficou definido com o cliente que os critérios que teriam mais significância seriam os seguintes (tabela 38):

- Custo do trabalho (1º critério com maior relevância);
- Qualidade dos técnicos (2º critério com maior relevância);
- Dia da semana (3º critério com maior relevância).

Tabela 38 – Definição dos critérios utilizando o método AHP (Empresa: Avaclimat)

Ponderação de atributos	
1º critério com maior relevância	Custo do trabalho
2º critério com maior relevância	Qualidade dos técnicos
3º critério com maior relevância	Dia da semana

Mediante a escolha dos critérios com maior relevância, a tabela 39 apresenta os pesos relativos de cada ponderação de atributos selecionada.

Tabela 39 – Comparação entre os critérios definidos

Custo do trabalho	Importância Extrema	39%
Qualidade dos técnicos	Muito Importante	33%
Dia da semana	Importante	28%
		100%

Sendo o custo do trabalho o critério com maior relevância (importância extrema), terá associada a si a percentagem de 39% em relação à qualidade dos técnicos (muito importante) e dia da semana (importante) com 33% e 28%, respetivamente.

A tabela 40 evidencia as relações existentes de cada serviço em comparação com os critérios definidos.

Tabela 40 – Demonstração das possibilidades existentes para o serviço contratado

Propriedades dos subpacotes			
Subpacotes possíveis	Custo trabalho €	Qualidade dos técnicos (anos)	Dia da semana (Dist. a percorrer)
Pacote 2A	473,13 €	4	35
Pacote 2B	515,06 €	1	53
Pacote 2C	514,38 €	3	106
Pacote 2D	517,27 €	2	53

Como já descrito no subcapítulo 4.4, a tabela 40 reúne todos os dados necessários para que à posteriori possam ser utilizados para cálculo da melhor solução. Por coincidência o melhor subpacote para o custo de trabalho (valor mais baixo), qualidade dos técnicos (mais anos de experiência) e dia da semana (valor mais baixo) é o pacote 2A.

Tabela 41 – Análise quantitativa do serviço contratado

Análise quantitativa			
Subpacotes possíveis	Custo trabalho €	Qualidade dos técnicos (anos)	Dia da semana (Dist. a percorrer)
Pacote 2A	1,000	1,000	1,000
Pacote 2B	0,919	0,250	0,667
Pacote 2C	0,920	0,750	0,333
Pacote 2D	0,915	0,500	0,667

A tabela 41 demonstra os resultados obtidos recorrendo a uma análise quantitativa em relação a cada possibilidade de serviço a prestar. Pode ser consultado através da tabela 41

que o pacote 2A é a melhor opção, sendo que neste caso e ao contrário da tabela 40, os valores apresentados estão expostos em valores relativos.

Por fim e como conclusão final, a tabela 42 demonstra qual o melhor resultado da seleção representada nas tabelas anteriores, ou seja, é nesta tabela que é apresentada a melhor alternativa de serviço a prestar, sendo neste caso o pacote 2A que diz respeito ao serviço 2.

Tabela 42 – Matriz seleção do serviço a prestar

Matriz de seleção					
Subpacotes possíveis	Custo do trabalho	Qualidade dos técnicos	Dia da semana	Somatório (Σ)	Melhor resultado
Pacote 2A	0,386	0,332	0,282	1,0000	Pacote 2A
Pacote 2B	0,355	0,083	0,188	0,6258	
Pacote 2C	0,355	0,249	0,094	0,6980	
Pacote 2D	0,353	0,166	0,188	0,7071	

Depois de apresentados todos os dados necessários para escolher o melhor serviço a prestar na empresa Avaclimat (pacote 2A), serão de seguida enunciados todos os recursos necessários para desempenhar o serviço adjudicado no dia 5 de Outubro de 2012:

- Serviço adjudicado (pacote 2): Técnico + equipamentos + carro da empresa;
- Veículo a utilizar: Ligeiro comercial (Ford) com a matrícula 24-EF-23;
- Utilização de auto estrada?: Sim;
- Técnico a alocar ao serviço: Filipe;
- Custo total do serviço (tabela 40): 473,13€

6 CONCLUSÃO

Um dos objetivos desta tese foi pesquisar e verificar que a utilização (ou não) de informação na gestão/processo de tomada de decisão é benéfica para as empresas. A forma como qualquer serviço é gerido pelos decisores/gestores, determina o sucesso ou insucesso das empresas.

Assim sendo, a presente tese consistiu em investigar quais os métodos existentes para auxiliar uma tomada de decisão, bem como, desenvolver uma aplicação que auxilie a empresa XPTO a escolher o melhor serviço a prestar. O conhecimento adquirido sobre os vários métodos existentes foi complementado com a apresentação de um caso de estudo. Foram analisados os principais aspetos relativos ao tema da tese, tanto na revisão bibliográfica como no caso de estudo analisado.

A pesquisa bibliográfica ajudou e foi importante para consolidar o conhecimento e informação necessária para o desenvolvimento da aplicação, tendo em consideração o comportamento dos clientes e o método de tomada de decisão.

Face aos objetivos definidos, e como previsto, foi possível concluir com êxito, desde a revisão bibliográfica até á realização do caso de estudo, atingindo assim os objetivos inicialmente propostos para o desenvolvimento da tese.

A utilização do método multicritério AHP para resolução de problemas de tomada de decisão, demonstrou ser bastante eficaz, no entanto, é importante para o desenvolvimento da aplicação haver uma grande interação com o cliente. Uma das vantagens da utilização do método AHP é a sua adaptação em relação às alternativas que vão surgindo à medida que foi sendo desenvolvida a aplicação.

6.1 IMPACTOS PARA A EMPRESA – VANTAGENS E DESVANTAGENS

Após aplicação do método AHP para apoiar a negociação da prestação de serviços de eficiência energética, verificaram-se algumas vantagens e desvantagens decorrentes da sua aplicação.

Entre as principais vantagens destacam-se as seguintes:

- Análise multicritério dos problemas e alternativas
- A sua aplicação é responsável por encontrar alternativas mais radicais ou criativas
- Estabelece prioridades entre os critérios
- Em situações de desacordo o método AHP funciona como um mediador
- Responsável pela homogeneização das informações entre todos os colaboradores da empresa

Em contrapartida destacam-se as seguintes desvantagens:

- Alguma dificuldade em compreender o funcionamento do método por parte de alguns colaboradores, principalmente a escala de prioridades, problema esse, que por vezes é resolvido utilizando formulários para avaliação dos critérios, apresentado por escalas numéricas ímpares
- Depois de dominarem o método, alguns colaboradores, tentam avaliar os critérios de forma a escolher o resultado final

Resumindo, pode-se afirmar que os métodos de apoio à decisão não devolvem ao decisor/gestor um valor ou alternativa ótima, mas sim, a melhor solução mediante as

alternativas e critérios estabelecidos pelos decisores. A análise quantitativa demonstra até que ponto uma das alternativas é melhor do que a outra.

6.2 TRABALHO FUTURO

Como trabalho futuro destacam-se os seguintes pontos:

- Desenvolver um algoritmo capaz de calcular e interligar de forma automática a rota otimizada (tendo por base o *optimaps* do *google*) com a aplicação desenvolvida
- Verificar em várias empresas a eficácia da utilização do método AHP como ferramenta para auxiliar tomadas de decisões
- Aprofundar e comparar os resultados obtidos através do método AHP com a utilização de outros métodos de apoio à decisão.
- Passar por integrar os métodos multicritérios AHP e PROMETHEE.

Referências Documentais

- ABREU, R. – *Proposta de arquitetura para um sistema de detecção de plágio multi-algoritmo*, Universidade federal do Rio de Janeiro, 2011.
- ADENE – *Relatório síntese SGCIE*, <http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SGCIE/Informacao/Publico/Documents> , 2012
- ALBAYRAK, E. – *Using analytic hierarchy process AHP to improve human performance: An application of multiple criteria decision making problem*. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2004.
- ARNOTT, D.; PERVAN, G. – *A critical analysis of Decision Support Systems research*, *Journal of information technology*, 2005.
- ASIMOW, M. – *Introdução ao projeto*, São Paulo editora mestre jou, 1968.
- BODDY, D. – *Management: an introduction*. 3rd ed. Harlow: Pearson educatio, 2005.
- CLEMEN, R. T.; REILLY, T. – *Making hard decisions with decision tools*, Southy western cengage learning, 2001.
- DESSLER, G. – *Management: principles and practices for tomorrowo 's leaders*. 3rd ed. Upper saddle river: Prentice hall, 2004.
- FLAMENT, M. – *Glosário multicritério*. Red iberoamericana de evaluación y decisión multicriterio, 1999.
- GARTNER, I. R. – *Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e proposta*. Editora universa: brasilia, 2001.
- GASPAR, C. – *Eficiência Energética na Industria, Cursos de utilização racional de energia*, ADENE, 2004.
- GOLDEN, B. L.; HEVNER, A. R.; POWER, D. J. – *Decision insight systems for microcomputers: A critical evaluation*, In *proceedings of computers & OR 1986*.
- GONÇALVES, R. W. – *Métodos multicritérios como apoio á decisão em comités de bacias hidrográficas*. *Dissertação de mestrado fortaleza*, 2001.
- GORRY, G. A.; MORTON, M. S: – *A framework for management information systems*, Massachusetts institute of tecnologia, 1971.
- GOUVEIA, J. B. – *A Política Energética será uma questão de cidadania?*, *Periódico do CIEDA e do CIEJD*, 2009.
- HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFA, H. – *Smart choices: A practical guide to making better decisions*, Harvard business school press Boston, 1998.
- INETI, – *Relatório síntese: Auditoria energética ao palácio de belém*, Auditora à residência oficial do presidente da república - Palácio de belém 2007.
- KEEN, P. G. W.; MORTON, M. SCOTT – *Decision support systems: an organizational perspective reading*, Addison-wesley published & company, 1978.

- LITTLE, J. D. C. – *Models and managers: the concept of a decision calculus*, The institute of management sciences, 1970.
- LOURENÇO, MAGDA – *Curso de microcrédito financiado por fundação Calouste Gulbenkian, Produção da audax e formedia instituto europeu de empresários e gestores*, 2006.
- MARAKAS, G. M. – *Decision support system in the 21st century*, Upper saddle
- POWER, D. J. – *A brief history of decision support systems*, Westport conn: Quorumbooks 2002.
- POWER, D. J. – *Decision support systems: concepts and resources for managers*, Westport conn: Quorumbooks, 2002.
- RIOS, S.A. – *Medidas de eficiência energética e ambiental na indústria*, Dissertação de mestrado em tecnologias ambientais, Vila real, 2008.
- River, Prentice Hall, 1998.
- ROCKART, J.; DE LONG, D. – *Executive Support Systems: The emergence of top management computer use*, Book dow jones-irwin New York, 1988.
- ROWE, A.J.; LUECKE, R. – *Decision making: 5 steps to better results*, Faculdade de economia e finanças IBMEC, 2006.
- SAATY, T.L. – *The Analytic Hierarchy Process*, Graduate school of business,
- SANTOS, R. – *Aplicação do método multicriterial PROMETEE para ampliação da disponibilidade hídrica na bacia do rio Gramame*, Associação brasileira de recursos hídricos, 2005.
- SATTY, T. L. – *Método de análise hierárquica*, São Paulo: Makron Books, 1991.
- SCHMIDT, A.M. – *Processo de apoio à tomada de decisão – Abordagens AHP e MACBETH*, Mestrado em engenharia de produção UFSC, 1995.
- SEGUREDO, T. – *A informação estatística na toma de decisão das bibliotecas do ensino superior em Portugal*, Mestrado em arquivos, bibliotecas e ciência da informação da Universidade de Évora, 2009.
- SHIMIZU, T. – *Decisão nas organizações – Introdução aos problemas nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão*. São Paulo: atlas, 2001.
- SIMON, H. A. – *The new science of management decision*, New York: harper and row, 1960.
- SIMON, H. A. – *The new Science of management decision*, Prentice-hall - Englewood cliffs, 1960.
- SOUSA, D., TEÓFILO, L., SILVA, P., COSTA, R. – *Redes neuronais, Trabalho desenvolvido para disciplina de inteligência artificial para Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, 2008.
- TRINDADE, J. P. – *Apoio à estruturação e agregação multicritério de preferências baseado no modelo relacional de dados – Incorporação*, Dissertação de mestrado, universidade de coimbra, 1998.

TURBAN, E.; ARONSON, J. – *Decision support systems and intelligent systems*, Prentice hall upper saddle river, new jersey, 1998.

University of pittsburgh, 1980.

URY, W. – *Negociar na era da informação*, HSM management 15, 1999.

VIEIRA, F. – *Um modelo multicritério para gerir conflitos na composição de aspectos*, Faculdade de ciências e tecnologia da universidade nova de lisboa, 2006.

VILAS BOAS, C. – *Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicado a uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do ribeirão João Leite*, Mestrado em gestão econômica do meio ambiente, Universidade de Brasília, 2006.

ZACHARY, W. – *A cognitively based functional taxonomy of decision support techniques*, *Journal human-computer interaction*, 1986.

