



DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES PARA O SETOR DA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA, ESPECIALMENTE PME?S

ANDRÉ FILIPE OLIVEIRA CÂMARA

dezembro de 2019

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES PARA O SETOR DA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

André Filipe Oliveira Câmara

2018/2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão industrial



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES PARA O SETOR DA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

André Filipe Oliveira Câmara
1160019

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Engenheiro João Bastos.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Rui Rego

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor João Bastos

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Especialista Teresa Dieguez

Professor Adjunto, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave

AGRADECIMENTOS

À minha família, à minha namorada em especial, por sempre terem acreditado, motivado e apoiado nesta fase da minha vida, quer profissional, quer académica. Ao ISEP, a todos os docentes e amigos que fiz durante este percurso académico. Um agradecimento também ao Engenheiro João Bastos, por toda a sua disponibilidade e suporte ao longo deste projeto.

PALAVRAS CHAVE

AHP, critério, avaliação, seleção, fornecedores.

RESUMO

O mercado industrial atual está cada vez mais dinâmico, em todos os setores. Desta forma é cada vez mais importante encontrar soluções e processos flexíveis, ajustáveis com habilidade de respostas rápidas para a sustentabilidade económica e consequentemente longevidade das empresas.

No caso da indústria metalomecânica, onde a análise dos modelos de avaliação e seleção de fornecedores é parte integrante da gestão da *supply chain*, sendo um fator crítico, um elemento propício de vantagens competitivas, a análise de decisão multicritério é uma importante ferramenta da pesquisa operacional. Tradicionalmente, os fornecedores são selecionados com base apenas no preço, aspeto este que não é único, nem sempre necessariamente o mais importante.

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar um protótipo de seleção e avaliação de fornecedores, baseado num modelo, de forma a exemplificar a resolução de um problema de seleção e avaliação de fornecedores para a indústria metalomecânica.

Conclui-se que, o projeto possibilitou o desenvolvimento de um modelo com viabilidade na utilização (do modelo proposto) para este tipo de decisão, e com base nos recursos disponíveis. Com isto, permite que sejam tomadas decisões que determinem e justifiquem a sua decisão, de forma a aprender e aperfeiçoar o seu processo de tomada de decisão

KEYWORDS

AHP, criteria, evaluation, selection, supplier

ABSTRACT

Nowadays industrial market is increasingly dynamic, in all sectors. So it is becoming even more important to find flexible, scalable, responsive solutions and processes for the economic sustainability and hence longevity of companies.

In the case of the metalworking industry, where the analysis of supplier evaluation and selection models is an integral part of supply chain management, being a critical factor as a propitious element of competitive advantages, multicriteria decision analysis is an important tool for operation research. Traditionally suppliers are selected based on price alone, which is not unique, but not necessarily the most important.

This work aims to present a model-based supplier selection and evaluation prototype in order to exemplify the resolution of a supplier selection and evaluation problem for the metalworking industry.

It was concluded that the project made possible the development of a model with viability in the use (of the proposed model) for this kind of decision and based on the available resources. This permit that decisions has been made that determine and justify the decision, in order to learn and refine the decision-making process.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AI	<i>Artificial Inteligecy</i>
DDP	<i>Delivered Duty Paid</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
EXW	<i>Ex Works</i>
MADM	<i>Multi Attribute Decision Making</i>
MCDM	<i>Multi Criteria Decision Making</i>
MP	<i>Mathematical Problem</i>
PME's	Pequenas e médias empresas
TCO	<i>Total Cost of Ownership</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>

GLOSSÁRIO DE TERMOS

DDP	O fornecedor coloca a mercadoria na 'casa' do cliente, encarregando-se de todos os custos.
EXW	O fornecedor encarrega-se de todo o processo até à embalagem, sendo os custos de transportes encarregues pelo cliente.
Lean	É uma metodologia que tem por foco a eliminação de atividades que não geram valor, através da melhor contínua dos processos.
Princípio de Pareto	Conhecido como regra do 80/20, afirma que para uma determinada quantidade de eventos, aproximadamente 80% dos efeitos vêm de 20% das causas.
Stakeholder	Parte interessada ou interveniente. Podem afetar ou ser afetados pelas ações da organização (empresa), objetivos e política. Exemplo de <i>stakeholders</i> numa empresa: colaboradores, credores, fornecedores, etc.
Supply chain	Cadeia de fornecimento. Consiste num processo complexo ou não que se inicia na produção de matéria-prima e termina na entrega do produto final ao cliente.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTRUTURA HIERÁRQUICA (LIU, 2014)	37
FIGURA 2 – ÁRVORE DE DECISÃO DO CASO DE ESTUDO.....	47
FIGURA 3 - PROTÓTIPO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES	47
FIGURA 4 - FOLHA DE REGISTO DE DADOS.....	49
FIGURA 5 – DIAGRAMA <i>USE CASE</i>	50
FIGURA 6 – DIAGRAMA DE CLASSE.....	51
FIGURA 7 – PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PRODUTO DA EMPRESA XPTO	52
FIGURA 8 - PESOS GLOBAIS DOS CRITÉRIOS.....	56
FIGURA 9 – RESULTADO DA 1ª SIMULAÇÃO.....	63
FIGURA 10 - RESULTADO DA 2ª SIMULAÇÃO	64
FIGURA 11 - RESULTADO DA 3ª SIMULAÇÃO	65
FIGURA 12 – PROTÓTIPO	81

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CRITÉRIOS IMPORTANTES, (CHENG, 2016).....	32
TABELA 2 – ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY (BABAK DANESHVAR ROUYENDEGH, 2012)	36
TABELA 3 – EXEMPLO DE QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES	36
TABELA 4 – ESCALA DE CLASSIFICAÇÕES DE UM QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES	37
TABELA 5 – QUADRO DA MATRIZ DE DECISÃO	39
TABELA 6 – VALORES PARA O RI.....	41
TABELA 7 – PONTUAÇÃO DOS CRITÉRIOS GERAIS.....	53
TABELA 8 – DESEMPENHO DOS FORNECEDORES EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS OBJETIVOS.....	53
TABELA 9 – PONTUAÇÃO GERAL NA DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES.....	54
TABELA 10 – PESOS GLOBAIS DOS CRITÉRIOS	54
TABELA 11 – COMPARAÇÃO PAREADA ENTRE OS CRITÉRIOS ADOTADOS.....	55
TABELA 12 – CÁLCULO DOS PESOS, COM FÓRMULAS PARA NORMALIZAÇÃO DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAREADA.....	55
TABELA 13 – CÁLCULO DO VETOR SOMA E VETOR CONSISTÊNCIA.....	56
TABELA 14 – TESTE DE CONSISTÊNCIA	56
TABELA 15 - COMPARAÇÃO PAREADA DOS CRITÉRIOS ENTRE FORNECEDORES	57
TABELA 16 - MATRIZ COMPARATIVA ENTRE FORNECEDORES, PARA O CRITÉRIO QUALIDADE	57
TABELA 17 – CÁLCULO DOS PESOS, VETOR SOMA E DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO QUALIDADE ..	57
TABELA 18 – TESTE DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO QUALIDADE	57
TABELA 19 - MATRIZ COMPARATIVA ENTRE FORNECEDORES, PARA O CRITÉRIO PREÇO	58
TABELA 20 - CÁLCULO DOS PESOS, VETOR SOMA E DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO PREÇO	58
TABELA 21 – TESTE DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO PREÇO	58
TABELA 22 - MATRIZ COMPARATIVA ENTRE FORNECEDORES, PARA O CRITÉRIO FORMA DE PAGAMENTO	58
TABELA 23 - CÁLCULO DOS PESOS, VETOR SOMA E DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO FORMA DE PAGAMENTO.....	59
TABELA 24 - TESTE DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO FORMA DE PAGAMENTO	59
TABELA 25 - MATRIZ COMPARATIVA ENTRE FORNECEDORES, PARA O CRITÉRIO FORMA DE PAGAMENTO, 2ª SIMULAÇÃO	59
TABELA 26 - TESTE DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO FORMA DE PAGAMENTO, 2ª SIMULAÇÃO	59
TABELA 27 - MATRIZ COMPARATIVA ENTRE FORNECEDORES, PARA O CRITÉRIO TRANSPORTE	60
TABELA 28 - CÁLCULO DOS PESOS, VETOR SOMA E DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO TRANSPORTE. 60	
TABELA 29 - TESTE DE CONSISTÊNCIA, PARA O CRITÉRIO TRANSPORTE.....	60
TABELA 30 - MATRIZ COMPARATIVA ENTRE FORNECEDORES, PARA O CRITÉRIO TEMPO DE ENTREGA ...	60
TABELA 31 - CÁLCULO DOS PESOS, VETOR SOMA E DE CONSISTÊNCIA, PARA O TEMPO DE ENTREGA	60
TABELA 32 - TESTE DE CONSISTÊNCIA, PARA O TEMPO DE ENTREGA	61
TABELA 33 – DESEMPENHO FINAL DE CADA FORNECEDOR.....	61
TABELA 34 – NOVA MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO – 1ª SIMULAÇÃO ..	62
TABELA 35 – TESTE DE CONSISTÊNCIA, RELATIVO À NOVA MATRIZ – 1ª SIMULAÇÃO	63

TABELA 36 – NOVA MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO – 2ª SIMULAÇÃO ..	63
TABELA 37 - TESTE DE CONSISTÊNCIA, RELATIVO À NOVA MATRIZ – 2ª SIMULAÇÃO	64
TABELA 38 - NOVA MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO – 3ª SIMULAÇÃO...	64
TABELA 39 - TESTE DE CONSISTÊNCIA, RELATIVO À NOVA MATRIZ – 3ª SIMULAÇÃO	64
TABELA 40 – COMPARAÇÃO DOS PESOS OBTIDOS	65
TABELA 41 – COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DOS FORNECEDORES	65

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	25
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	26
1.2	OBJETIVOS.....	26
1.3	METODOLOGIA.....	26
1.4	ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO.....	26
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
2.1	MODELOS DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES.....	34
2.1.1	MODELO AHP.....	35
2.1.2	TOTAL COST OWNERSHIP.....	41
2.1.3	INTEGRAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS.....	43
3	PROPOSTA DE FERRAMENTA DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES.....	47
3.1	ANALISE DE REQUISITOS.....	49
3.1.1	DIAGRAMA DE USE CASE.....	49
3.1.2	DIAGRAMA DE CLASSES.....	50
3.2	MODELO DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES.....	51
3.2.1	DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS.....	52
3.3	APRESENTAÇÃO PROTÓTIPO.....	55
3.3.1	CASO DEMONSTRADOR.....	55
3.3.2	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	62
3.4	AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	66
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	71
4.1	CONCLUSÃO.....	71
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	72
	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	75
	ANEXO A - PROTÓTIPO.....	81
	ANEXO B – Macros.....	83
	Botão Apagar dados.....	83
	Botão Gravar dados.....	84
	Botão Escala fundamental.....	87
	Botão Back.....	87
	Botão Registo.....	88
	Botão Simulação.....	88

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

1 INTRODUÇÃO

As últimas duas décadas foram marcadas no cenário internacional pela crescente globalização e competitividade entre as empresas. O mundo tem exigido decisões rápidas e eficientes. Foram várias as novas abordagens de gestão de propostas para esta realidade; cada um com o seu foco específico e seu nível de relevância, dependendo de cada caso a ser estudado. A terceirização, vista como uma estratégia moderna de gestão, consiste basicamente na transferência para fornecedores de atividades que agregam competitividade empresarial, baseada numa relação de confiança e respeito mútuo [1].

No mercado global atual, a economia existente e a globalização encorajam, não apenas o surgimento de um ambiente industrial instável, mas também uma competitividade feroz. Essa instabilidade reflete-se, em particular, pelas demandas variadas dos clientes, o que torna essencial que as empresas sejam ágeis e flexíveis. Significa adaptarem-se rapidamente a essas mudanças enquanto preservam o seu desempenho global económico.

No entanto, apenas uma organização integrada garante desempenho global num ambiente incerto. A implantação dessas *supply chains* levou a uma evolução sobre como coordenar os negócios. Surgiu de grupos empresariais nos quais, cada membro trabalhava em seu próprio benefício, favorecendo uma visão local ao longo de redes de parceiros para gerir o fluxo de informações e materiais em toda a cadeia.

Portanto, torna-se imperativo estabelecer mecanismos organizacionais eficazes para atingir as metas globais e melhorar o desempenho de toda a *supply chain* [2].

A evolução do processo de seleção de fornecedores confere às empresas uma forma global, mais competitiva, permitindo assim, oferecer produtos com qualidade e a melhores preços. A avaliação dos fornecedores é um processo que leva as empresas à escolha do melhor fornecedor dentro dos *standards* pretendidos.

Este processo tem dois objetivos principais; a redução de custos relativos a fornecedores, e o crescimento global do valor de venda dos produtos [3].

Nesta tese, serão abordados vários modelos de seleção e avaliação de fornecedores para a indústria metalomecânica, nomeadamente para as PME's, referentes a cada realidade de empresa, sendo que cada um dos critérios terão um peso diferente. Será igualmente elaborado um modelo protótipo para avaliação e escolha de fornecedores, servindo um dos modelos estudados para realização do protótipo.

Existem diferentes passos que deverão ser realizados no processo de seleção e avaliação de fornecedores. Como referido anteriormente, as empresas devem identificar características importantes, assim como metodologias, critérios e estratégias. No momento de escolher o fornecedor, a empresa estabelece critérios que devem ser usados para comparar os possíveis fornecedores, de forma a escolher o mais apropriado para o produto/serviço para fornecimento. Tecnologia, tempo de vida do produto e requisitos do cliente são critérios que influenciam a competitividade entre fornecedores [4].

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, no ramo de Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), através de um estudo que visa identificar quais os fatores críticos na seleção de fornecedores, como avaliar estes fatores e implementá-los na prática corrente das empresas.

1.2 OBJETIVOS

A presente dissertação, tem como objetivo identificar quais os fatores críticos na seleção de fornecedores, bem como a sua avaliação, implementando-os assim, no quotidiano das empresas.

Devido às condicionantes que as cadeias de abastecimento colocam em termos de tempo de resposta, qualidade, eficácia e eficiência na seleção de fornecedores, esta atividade é crítica para a sobrevivência das empresas, especialmente no caso das PME's, no setor da indústria metalomecânica.

Como resultado de rápida resposta na conclusão do produto, pretende-se a disponibilização de um sistema de apoio à decisão, que ajude os gestores das empresas do setor da indústria metalomecânica, a selecionar e avaliar os respetivos fornecedores, um protótipo de sistema de seleção e avaliação de fornecedores para a indústria metalomecânica.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a seguinte:

1. Inserção no ambiente empresarial do sector e recolha de dados;
2. Pesquisa bibliográfica relacionada com o problema em estudo;
3. Análise das soluções atuais;
4. Criação de proposta de modelo de seleção e avaliação de fornecedores;
5. Implementação do sistema de seleção e avaliação de fornecedores;
6. Avaliação dos resultados obtidos.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Este relatório organiza-se e subdivide-se em cinco capítulos. O primeiro capítulo destina-se à Introdução do tema do relatório através de um breve enquadramento, clarificação do tema e objetivos propostos. Ainda nesta subdivisão, é descrita a forma como toda a abordagem estrutural é realizada.

O segundo capítulo refere-se à revisão teórica, que servirá de base e fundamento ao desenvolvimento da proposta da ferramenta do trabalho. Serão abordados os modelos de seleção e avaliação de fornecedores.

Quanto ao terceiro capítulo, está presente a análise de requisitos, nomeadamente os diagramas UML.

Relativamente ao quarto capítulo será elaborada a proposta de modelo, onde se insere o desenho do protótipo e avaliação de resultados.

Por fim, o último capítulo destina-se às conclusões e propostas de trabalhos futuros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1
SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

MODELOS DE

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O método tradicional de escolha de fornecedor é considerado apenas o aspeto económico. Aspetos económicos podem não cumprir com requisitos ambientais e sociais, aspetos esses que devem ser considerados na seleção de fornecedores.

Para a melhor seleção de fornecedores, essa escolha deve iniciar com a identificação de vários critérios de seleção e de seguida um modelo.

A seleção e avaliação de fornecedores remete aos anos 60. Um dos pioneiros foi Dickson em 1966, e o seu trabalho constou em identificar 23 critérios de avaliação usados para a seleção de um fornecedor [5]. Além dos 23 critérios considerados, Dickson concluiu que, a qualidade, tempo de entrega, histórico de performance são os três critérios mais importantes, que são sumarizados na Tabela 1, [6]. Dickson e o seu trabalho anterior no terreno pode ser resumido pelo trabalho de Weber em 1991 [7]. Weber constatou que, a qualidade era o critério mais importante, seguido do tempo de entrega e respetivos custos.

A seleção de fornecedores e a respetiva avaliação são atividades intimamente relacionadas. A primeira diz respeito à escolha do fornecedor pelas razões certas, enquanto que, a avaliação mantém um relacionamento com esse fornecedor ao longo do tempo, ajudando assim, a identificar oportunidades de melhoria, mantendo essa relação/negócio com esse fornecedor [8].

A importância de todos os critérios mencionados neste estudo está descrita na Tabela 1, resumida por Chen em 2011 [9], assim como em quantos artigos o referido critério foi mencionado.

Em estudos mais recentes, Hu analisou 24 artigos publicados depois de 1991. Descobriu que o preço, qualidade, capacidade de produção e tempo de entrega permanecem como os critérios mais importantes na avaliação de fornecedores na fase final do processo de compras. Com o aumento da importância do *sourcing* estratégico e a concorrência global, a abordagem dos critérios tradicionais foi atualizada para refletir os novos requisitos de acordo com o papel dos fornecedores na *supply chain* [10].

Outros estudos consideram critérios como o preço, qualidade e tempo de entrega os mais importantes, enquanto que estudos mais correntes focam-se na capacidade tecnológica, capacidade financeira, serviço após-venda e considerações estratégicas [11–13].

Tabela 1 – Critérios relevantes [14]

Critérios de avaliação	Quantidade de referências	Ranking de importância de Dickson	Importância de Weber
Preço	61	6	Muito importante
Tempo de entrega	44	2	Muito importante
Qualidade	40	1	Extremamente importante
Equipamento e capacidade	23	5	Muito importante
Localização geográfica	16	20	Importante
Capacidade técnica	15	7	Muito importante
Gestão e organização	10	13	Importante
Reputação financeira	8	11	Importante
Reputação industrial	7	8	Muito importante
Histórico de performance	7	3	Muito importante
Serviço de manutenção	7	15	Importante
Atitude de serviço	6	16	Importante
Habilidade de embalagem	3	18	Importante
Habilidade do controlo da produção	3	14	Importante
Treino	2	22	Importante
Procedimentos legais	2	9	Muito importante
Relação com os colaboradores	2	19	Importante
Sistema de comunicação	2	10	Muito importante
Negociação	2	23	Importante
Imagem anterior	2	17	Importante
Relação de negócio	1	12	Importante
Vendas anteriores	1	21	Importante
Garantia e compensação	0	4	Muito importante

Muitos investigadores tentaram combinar os diferentes critérios num menor intervalo, por exemplo Kuo e Lin [15], que usaram quatro critérios, estrutura organizacional, capacidade de produção e capacidade de implementação, sistema de qualidade e questões ambientais. Huang e Keskar, [16], alocaram os critérios em 7 categorias, confiança, capacidade de resposta, flexibilidade, custos, ativos/infraestruturas, segurança e meio ambiente.

Indicações de estudos anteriores, demonstram que existe uma falta de consistência dos critérios de avaliação de fornecedores. Como Dey [11] enfatiza, critérios de avaliação de fornecedores têm uma intenção estratégica e por essa razão precisam de estar relacionados com os processos de negócios e as partes interessadas, *stakeholders*.

Com base no tipo de indústria que cada empresa está inserida, bem como no tipo de produto, estratégia, clientes e muitas outras variáveis, a escolha dos requisitos

variam. Apesar destas diferenças, existem alguns que são comuns na maioria das pesquisas efetuadas. Custo e qualidade juntamente com tempo de entrega e flexibilidade, têm sido o critério de avaliação mais dominante [16].

Nos últimos 20 anos, deu-se a transformação da produção e gestão da cadeia de fornecimento, através de um modelo vertical para um modelo colaborativo [17]. Em vez de controlar todo o processo de produção, as empresas subcontratam uma grande parte do processo de produção e design para outros parceiros. Ao fazer isso, as empresas podem então concentrar-se no processo que são realmente fortes, *core business*, e a integração de produtos que ajuda a melhorar a competitividade e reação rápida face às mudanças constantes do mercado [18]. Durante a transformação, alta taxa de entrega, alta taxa de preenchimento, grande qualidade do produto e flexibilidade para a mudança de produtos personalizados, tornaram-se gradualmente um dos critérios mais importantes para a seleção de fornecedores.

A razão por detrás deste fenómeno, pode ser dividido em 2 partes; o mercado competitivo com entrada de mais fornecedores, e as constantes mudanças da procura por parte dos clientes.

Em primeiro lugar, os crescimentos económicos nos países asiáticos trouxeram um aumento do nível de competição na indústria. A globalização proporcionou uma fronteira e uma plataforma justa para todos os países e empresas para competirem umas com as outras. E, ao mesmo tempo, as PME's tendiam a trabalhar menos por sua própria conta. Em vez disso, entraram em contacto e formaram redes e parcerias para aumentar a competitividade [19].

Em segundo lugar, os clientes não compram o que os fabricantes produzem, mas o que eles realmente precisam. O modo de produção orientado ao utilizador é reconhecido mundialmente, o que requer que os serviços e produtos devem basear-se nas várias exigências dos clientes [20]. Como resultado, a alta padronização e as rápidas mudanças de produtos reduzem os lotes de produção. O método tradicional de produção não poderia satisfazer mais as necessidades dos clientes e das empresas.

Assim, no novo sistema de seleção de fornecedores, o papel do gestor de compras (decisor) foi identificado e criado para manter o alinhamento da qualidade e produção. O seu papel é coordenar, negociar e gerir toda esta cadeia. A alta integridade da visão do produto deve ser mantida a partir do conceito inicial, produção para entrega ao cliente.

Contudo, devido à crescente complexidade da coordenação e requisitos de rápida reação à mudança, a seleção de fornecedores encontrou mais desafios no ambiente atual. Argumenta-se que, o principal desafio enfrentado são a falta de comunicação entre departamentos, falta de comunicação com parceiros externos e a falta de alinhamento entre os negócios objetivos e tecnologias da informação [21]. Com a tendência atual de globalização, a complexidade da coordenação de fornecedores e as indústrias produtivas aumentam significativamente. Deverão ainda ser considerados o transporte continental, ambiente económico, estabilidade política e política comercial.

A boa seleção de fornecedores é mais crucial do que o sucesso de toda a rede de fabrico [22]. Deste modo, é necessário entender os requisitos dos fornecedores dessa área e construir um sistema de critérios práticos e significativos. Embora a seleção de fornecedores tenha sido amplamente pesquisada em muitas áreas industriais, os critérios de seleção mostram muitas semelhanças e diferenças ao mesmo tempo.

Assim sendo, é de grande interesse descobrir o critério certo e o processo de avaliação de fornecedores nas PME's.

A seleção de fornecedores é uma das etapas para a implementação da terceirização numa empresa; selecionar o fornecedor correto em cada caso significa reduzir os riscos e os custos de transação, aumentando assim a competitividade da empresa. Para que a etapa de seleção de fornecedores seja eficaz, originando assim uma parceria de sucesso entre comprador e fornecedor, é necessário determinar os critérios de seleção a serem considerados em cada processo. Embora exista uma diferença de requisitos é necessário que as empresas se baseiem em critérios corporativos, válidos para todas as atividades, de modo a criar uma identidade junto ao mercado de fornecedores, e tornar claro as suas prioridades e exigências [23].

2.1 MODELOS DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

Dada a complexidade e importância económica da seleção de fornecedores, as aplicações de métodos quantitativos não foram bem investigadas durante muito tempo [24]. Nos anos seguintes, vários investigadores propuseram-se em arranjar formas de obter uma seleção de fornecedores mais eficaz.

De Boer, Labro e Morlacchi [25] agrupam a pesquisa existente dos modelos de escolha final em cinco categorias. Modelos de ponderação linear, que são os mais comuns. A todos os critérios são atribuídos pesos, com o maior critério ponderado de maior importância. Esses pesos de critério são então multiplicados com a classificação de um fornecedor e somado para obter a classificação final. Na ponderação linear o processo de hierarquia analítica (*Analytic hierarchy process* - AHP) e seus derivados são muito populares, devido à sua capacidade de fornecer pesos de critérios e pontuações de desempenho por declarações verbais, qualitativas ou declarações qualitativas em decisões complexas.

Modelos de custo total de propriedade (*Total cost of ownership* -TCO) levam em conta todos os custos incorridos durante o ciclo de vida de um produto, e, portanto, exigem uma quantificação de todos os custos relacionados à escolha de um fornecedor. Os modelos de formulação matemática (*Mathematical Problem* - MP) formulam a decisão numa fórmula matemática num determinado cenário de decisão. O problema pode ser declarado como uma função matemática objetiva que, subsequentemente precisa de ser otimizada. Modelos baseados em MP são mais objetivos do que outros métodos de pontuação, mas tomam apenas critérios em consideração.

De seguida, os modelos estatísticos de simulação fornecem uma solução para a incerteza estocástica relacionada a situações de procura. No entanto existem muito poucas publicações e tratam apenas um critério de cada vez.

Modelos baseados em inteligência artificial (*Artificial inteligency – AI*) são educados por especialistas, geralmente enriquecidos com dados históricos. Não especialistas podem então consultar a base de dados e encontrar assistência para uma situação problemática similar [22].

2.1.1 MODELO AHP

A tomada de decisões com múltiplos critérios (*Multi criteria decision-making – MCDM*) é uma ferramenta de modelagem e metodologia para lidar com os complexos problemas de engenharia. A tomada de decisões com vários atributos (*Multi-attribute decision-making – MADM*) é o ramo mais conhecido da tomada de decisão. É um ramo que lida com os problemas de tomada de decisão, sob a presença de uma série de decisões. A abordagem MADM requer que a seleção seja feita entre as alternativas de decisão descritas por seus atributos. Os problemas da MADM são considerados como predeterminados, e um número limitado de alternativas de decisão. Resolver um problema da MADM envolve ordenação e classificação.

O AHP é um método bem conhecido para resolver problemas de tomada de decisão. É um dos métodos de decisão de MADM mais utilizados. Neste método, o responsável realiza comparações de pares, e a matriz de comparação de pares e o autovetor são derivados para especificar os pesos de cada parâmetro no problema. Os pesos orientam o utilizador na escolha da alternativa superior.

O AHP é uma estrutura não linear para a realização de pensamento dedutivo e indutivo sem o uso de silogismos. Isto é possível graças a vários fatores em consideração simultaneamente, permitindo a dependência e o feedback, fazendo com que as compensações numéricas cheguem a uma síntese ou conclusão. A escala de medição para o AHP, proposto por Saaty [26] [27] é exemplificado na Tabela 2.

Tabela 2 – Escala fundamental de Saaty [26]

Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual.	2 atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada de um para outro.	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente um em detrimento de outro.
5	Importante de um para outro.	Experiência e julgamento favorecem um em detrimento de outro.
7	Muito importante de um para outro.	Atividade fortemente favorecida e a sua domínio é demonstrada na prática.
9	Extremamente importante de um para outro.	Importância de um sobre o outro afirmada na maior ordem possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermédios.	Usados para representar o compromisso entre as prioridades listadas acima.

Há muito agentes responsáveis envolvidos na avaliação de um fornecedor resultando em compreensão divergente de informações factuais e em diferentes julgamentos. A fim de alcançar uma alta consistência na avaliação do fornecedor, um questionário padronizado para avaliação deve ser desenvolvido.

Em primeiro lugar, uma compreensão clara do significado de cada critério necessário para ser alcançado.

Tabela 3 – Exemplo de questões do questionário de avaliação de fornecedores

Potencial poupança a longo prazo		Qual a possibilidade de maior redução de custos, através de implantação da metodologia <i>Lean</i> nas famílias de produtos, em novos produtos, ou em segundas compras nos próximos 5 anos?
Capacidade de gestão de topo	de	Qual a capacidade de a gestão de topo apoiar e sustentar as atividades de desenvolvimento dos fornecedores?
Localização de volumes	de	Quanto o desenvolvimento dos fornecedores ajudaria na estratégia de volumização?

Depois do questionário elaborado, é criada uma escala de classificação individual para cada pergunta, com base nos valores possíveis. As opções em cada escala de classificação, dependem muito da disponibilidade de informações para a avaliação de um critério e da natureza dessas informações. Uma escala de avaliação com intervalos quantitativos, é usada para a maioria dos potenciais de redução de custos, enquanto a capacidade de gestão foi bastante graduada em opções qualitativas.

Tabela 4 – Escala de classificações de um questionário de avaliação de fornecedores

Potencial poupança a longo prazo	< 1 %, 1-2 %, 2-3 %, 3-5 %, > 5 %
Capacidade de gestão de topo	muito baixo, baixo, satisfatório, alto, muito alto

De forma a garantir uma classificação consistente dos fornecedores, mesmo quando avaliados por diferentes departamentos de compras, foi criada uma instrução detalhada sobre como classificar os fornecedores.

Finalmente, a cada opção da escala de classificação deve ser atribuída um valor para obter a pontuação de um fornecedor. Uma opção proposta por Saaty é classificar cada opção numa escala de 1 a 100 de acordo com o seu valor. As pontuações são então normalizadas para obter o valor de 1,00 como a melhor opção.

Numa organização, decisões envolvem mais que somente a vontade do gestor (decisor), abrangem fatores como interesses de *stakeholders* internos (outros colaboradores) e de *stakeholders* externos (clientes, fornecedores, legislações e etc.).

Com o método AHP, a decisão sob múltiplos critérios pode ser decomposta, de forma hierárquica do seguinte modo:

- I. O primeiro nível da hierarquia é composto pelo objetivo, que é o propósito do problema, também chamado de meta da decisão;
- II. No segundo nível são dispostos os critérios, podendo também existir, se necessário, subníveis com subcritérios;
- III. O terceiro apresenta as alternativas para resolução do problema proposto.

A Figura 1 exemplifica a disposição dos níveis hierárquicos de estrutura básica para uma decisão. É perceptível que o seu formato lembra uma árvore invertida, o que justifica a expressão “árvore de decisão”.

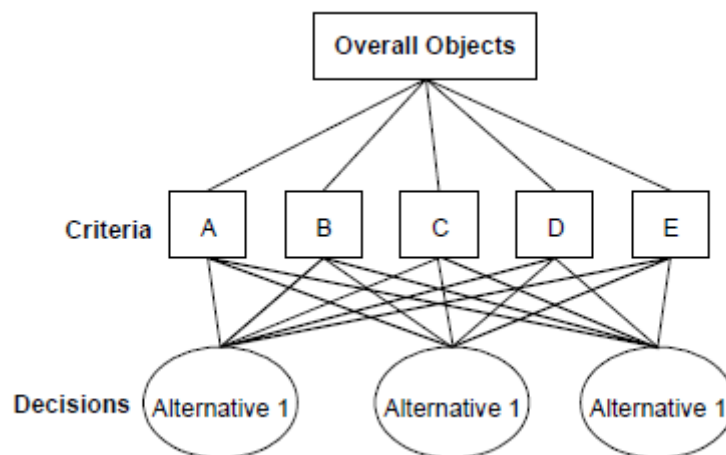


Figura 1 – Estrutura hierárquica [28]

Posteriormente à hierarquização dos componentes do problema, os critérios e subcritérios (se houver) são comparados par a par pelo(s) decisor(es) para que obtenham as suas importâncias relativas (ou pesos), que são dados em valores

percentuais. Este procedimento baseia-se na habilidade humana de conseguir analisar a relação entre situações observadas entre pares e à luz de um determinado foco ou critério.

Considerando que se está a lidar com “n” critérios em uma dada hierarquia, o procedimento estabelece uma matriz de comparação A, n x n, par a par, que quantifica o julgamento do tomador de decisão, no que se refere à importância relativa dos diferentes critérios. A comparação par a par é feita de tal maneira que o critério na linha i (i = 1, 2, ..., n) é classificado em relação a todos os outros critérios [29]. A matriz de comparação A é descrita na Equação 1.

Equação 1 - Matriz de comparação A

$$A_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Onde:

- I. $a_{ij} = \alpha > 0$ (positiva);
- II. $a_{ji} = 1/\alpha$ (recíproca);
- III. $a_{ji} = 1$.

Em que:

- a – Comparação pareada entre critérios;
- α – Valor de intensidade de importância.

De acordo com Saaty [27], “para um nível com “n” critérios, são requeridas $n(n-1)/2$ comparações entre a_i e a_j , $\forall i, j$ ” construindo-se uma matriz de preferências $A_{i,j}$ (n x n). Ou seja, numa hierarquia com 3 critérios, por exemplo, serão necessárias $3 \cdot (3-1)/2 = 3$ comparações e a matriz de preferências (acima citada como matriz de comparação) será $A_{3 \times 3}$.

Para realizar tais comparações, é utilizado o quadro que contém a escala fundamental proposta por Saaty, apresentada na Tabela 2. Trata-se de uma escala discreta de 1 a 9, na qual $a_{ij} = 1$ significa que i e j têm igual importância, $a_j = 3$ indica que i tem importância pequena de uma sobre a outra, $a_{ij} = 9$ indica que i tem importância absoluta sobre j e assim por diante. Valores intermediários (2, 4, 6 e 8) podem ser utilizados para os casos em que for necessário discernir mais claramente entre duas alternativas muito parecidas, segundo o critério de julgamento.

Assim, faz a comparação pareada entre todas as alternativas. Dessa forma, percepções subjetivas do(s) decisor(es) e informações objetivas são transformadas em dados mensuráveis, ao adotar o peso, que é dado em valor percentual, possibilitando

assim a visualização clara de importância de um critério sobre o outro ou de uma alternativa sobre a outra.

Os resultados dessas comparações e dados são dispostos de forma matricial e compõe a matriz de decisão. Uma matriz de decisão contém as alternativas, nomeadamente os critérios, que por sua vez os pesos são atribuídos a cada critério e os desempenhos de cada alternativa estão relacionados com cada um desses critérios.

Entretanto, antes de obtê-la, é preciso calcular através da matriz de comparação A, Equação 1, os pesos relativos atribuídos a cada critério. A forma de cálculo [30] consiste em:

- Normalizar as matrizes obtendo a soma dos elementos de cada coluna e em seguida, dividindo cada elemento pelo somatório da respectiva coluna;
- Calcular a média de cada linha da matriz já normalizada (cuja soma de cada coluna deve ser igual a um), que será o peso relativo.

Este procedimento de obtenção dos pesos relativos é o mesmo para as comparações pareadas entre critérios e alternativas. Após obter todos os pesos relativos é possível preencher a matriz de decisão, de acordo com Tabela 5.

Tabela 5 – Quadro da matriz de decisão

Matriz de decisão	Critérios	C1	C2	...	Cn
	Pesos	W1	W2	...	Wn
Alternativas	A1	A11	A12	...	A1n
	A2	A21	A22	...	A2n

	An	Am1	Am2	...	Amn

A matriz de decisão também pode conter uma coluna com o resultado do desempenho (D) de cada alternativa (A). Para obter este desempenho, é necessário realizar o seguinte cálculo matricial: somar a multiplicação do desempenho de cada critério pelo peso atribuído ao mesmo, para cada alternativa (Equação 2).

Equação 2 – Desempenho final das alternativas

$$\begin{aligned}
 A_{11} \times W_1 + A_{12} \times W_2 + \dots + A_{1n} \times W_n &= D_{A1} \\
 A_{21} \times W_1 + A_{22} \times W_2 + \dots + A_{2n} \times W_n &= D_{A2} \\
 &\dots \\
 A_{m1} \times W_1 + A_{m2} \times W_2 + \dots + A_{mn} \times W_n &= D_{An}
 \end{aligned}$$

Os gestores, ao realizarem as comparações agrupadas, podem inconscientemente fazer avaliações contraditórias, por exemplo, dizer que o critério A é mais importante que B e B é mais importante que C, ou seja, $A > B > C$, e afirmar que C é mais importante que A, $C > A$, o que seria uma inconsistência. Desta forma, é realizada uma série de cálculos para indicá-la [28].

Assim, é necessário efetuar o cálculo da relação de consistência, *Consistency Ratio* (CR) e o índice de consistência, *Consistency Index* (CI) [29].

- Para cada linha da matriz de comparação, efetuar a soma ponderada com base na soma do produto de cada valor da mesma, pela prioridade da alternativa correspondente;

Equação 3 – Vetor soma ponderada, VS

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \cdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} VS_1 \\ VS_2 \\ \cdots \\ VS_n \end{bmatrix}$$

- Seguidamente, os resultados obtidos deverão ser divididos pelos vetores da respetiva matriz, isto é, o resultado anterior, VS, é dividido pelos pesos, obtendo-se o vetor de consistência, VC;

Equação 4 – Vetor de consistência, VC.

$$\begin{bmatrix} VS_1/W_1 \\ VS_2/W_2 \\ \vdots \\ VS_n/W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} VC_1 \\ VC_2 \\ \cdots \\ VC_n \end{bmatrix}$$

- Fazendo uma média dos resultados de cada linha, obtém-se λ ;

Equação 5 – λ máx

$$\lambda \text{ máx} = (VC_1 + VC_2 + \cdots + VC_n) / n$$

- Calcula-se o índice de consistência, CI, que é dado pela Equação 6;

Equação 6 – Índice de consistência

$$CI = (\lambda \text{ máx} - n) / (n - 1)$$

Onde, n=número de itens comparados.

- Calcular a taxa ou relação de consistência, CR, através da Equação 7.

Equação 7 – Relação de consistência, CR

$$CR = CI/RI$$

Onde, o valor do *random index* (RI), depende do número de comparações pareadas efetuadas e é determinado conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Valores para o RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

É incomum que todas as matrizes de comparação sejam consistentes. De facto, dado que a base para a construção dessas matrizes é o julgamento humano, certo grau razoável de inconsistência é esperado e tolerado [30].

Para o método AHP é esperado que a CR de qualquer matriz de comparação seja menor ou igual a 0,10 [31], logo, se $CR \leq 0,10$, a matriz possui um nível de inconsistência aceitável

Todos os elementos que formam um modelo podem ser sujeitos a uma análise de sensibilidade. Esta deve responder a questões do tipo “e se”?, ou seja, se houver mudança sensível nos valores de um ou mais aspetos do modelo, a melhor alternativa permanece a mesma [32]? A análise de sensibilidade constitui uma ferramenta significativa para validar os resultados obtidos mediante o modelo utilizado.

2.1.2 TOTAL COST OWNERSHIP

O *Total Cost Ownership* (TCO) é uma ferramenta do sector de compras destinada a compreender o verdadeiro custo de adquirir um determinado produto ou serviço de um determinado fornecedor [33]. O TCO é uma abordagem complexa que requer que a empresa compradora determine quais os custos que considera mais importantes ou significativas na aquisição, posse, uso e posterior alienação de um produto ou serviço.

Além do preço, o TCO pode incluir tais elementos como ordem de compra, pesquisa e qualificação dos fornecedores, transporte, inspeção rejeição, substituição, tempo de inatividade causado por falha, custos de supressão, e assim por diante. Este modelo pode ser aplicado a qualquer tipo de compra.

Todos os produtos e serviços comprados para uma empresa fazem com que a empresa incorra em custos, dos quais o mais visível é o preço. Todas as compras induzem também outro tipo de custos, porque é necessário que a empresa compradora gaste recursos adicionais na aquisição, uso e término do produto ou serviço. Assim, é possível somar todos os custos associados à compra particular de um determinado fornecedor para o verdadeiro custo induzido por essa compra [34], [8]. Este valor, TCO, é uma quantificação de todos os custos associados ao processo de compras ao longo de toda a cadeia de valor da empresa [34], ou pelo menos uma aproximação, incluindo apenas os custos mais significativos [8]. O TCO é a soma do preço de compra mais todas

as despesas incorridas durante a vida produtiva de um produto ou serviço, menos o seu preço de venda [35]. Esta definição é demonstrada na Equação 8.

Equação 8 – Equação do TCO

$$TCO = \text{Preço de compra} + \sum [\text{Despesas atribuíveis}] - \text{Preço de venda}$$

O principal objetivo com a análise do TCO é tomar melhores decisões no momento de compra, considerando questões além do preço [36]. Além da seleção melhorada de fornecedores e alocação de volume, a análise de TCO também pode ser usada para avaliação de desempenho de fornecedores, conduzindo melhorias de processos de grande porte e fornecendo dados para negociações [8]. Em comparação com modelos de seleção de fornecedores amplamente difundidos, como modelos de classificação e modelos de ponderação linear, a vantagem teórica da análise de TCO é que, a mesma elabora diferentes critérios comparáveis em termos monetários sem recorrer a avaliações subjetivas. [34]. O alcance de uma análise TCO pode variar entre tentar capturar os elementos de custo mais significativos, usando o princípio de Pareto [8] a modelos sofisticados baseados em programação matemática [34].

Embora a análise de TCO seja uma abordagem teoricamente sólida para a aquisição, estudos empíricos mostraram um uso limitado do método na prática. 103 gestores de compras relataram que apenas 18% usaram um modelo formal de TCO contra 24% que não usaram TCO. Enquanto que, os restantes 58% usaram algum tipo de modelo informal [36].

Para os itens de MRO, [37] relataram uma taxa de 10% de uso de análise de TCO em 274 empresas de produção. E mesmo em empresas onde o TCO foi usado, os gerentes indicaram que os sistemas são vagos, imprecisos ou não confiáveis [38].

A principal razão para as baixas taxas de uso de TCO parece ser a falta de dados prontamente disponíveis [39], que se origina pela falta de bons sistemas de computadores, juntamente com a intensidade de trabalho de pesquisa e entrada de dados interdepartamentais [38]. É de salientar que, que o TCO não é apropriado para todas as compras, porque a modelagem em si pode levar horas ou semanas para serem direcionadas [40].

A principal limitação teórica de usar a análise do TCO para compreender o impacto económico das propostas do fornecedor é que, o TCO foca apenas nos custos (embora possivelmente incluindo custos de oportunidades diretos), ignorando efeitos de receita mais difíceis de estimar a jusante da empresa compradora [41]. Isso significa que, nos casos em que os efeitos colaterais da receita são significativos, a análise do TCO, por si só, não é suficiente para avaliar o impacto económico de uma decisão de *sourcing*.

Foi requisitado aos académicos que expandissem o custo total de propriedade num conceito de “valor total de propriedade”, que reconheceria que, ofertas com preços mais altos podem gerar melhorias de receita em vez de economia de custos, mas nenhum conceito analítico tão abrangente emergiu até à presente data [41].

A questão dos efeitos da receita de *downstream* não acarretou problemas nos itens de MRO, pois geralmente não afetam o desempenho da oferta de mercado, como percebido pelo cliente [35].

2.1.3 INTEGRAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS

A gestão da cadeia de fornecedores é um conjunto de abordagens usadas para integrar eficientemente fornecedores, fabricantes, armazéns e lojas [42] que fez com que a avaliação, seleção e melhoria dos fornecedores passassem por um processo necessário a ser implementado na grande parte das organizações [43]. Os custos de aquisição constituem mais de 50% dos custos das empresas [44].

Embora o preço dos produtos ou serviços sejam considerados um importante parâmetro para a escolha de um fornecedor, outros critérios diferentes desempenham um papel relevante. Por exemplo, comprar produtos com baixa qualidade pode aumentar a taxa de deficiência e, eventualmente, levar à insatisfação do cliente, atraso nas entregas que leva à paragem das linhas de produção ou aumenta o custo, que é causado pela manutenção de mais *stock*.

Como resultado, é necessário avaliar fornecedores com uma estrutura abrangente de vários critérios.

O objetivo da seleção de fornecedores é identificar fornecedores com o maior potencial para atender às necessidades de uma empresa de forma consistente [45]. Além disso, a seleção de fornecedores é considerada um problema de tomada de decisão multicritério (MCDM), que inclui fatores quantitativos e qualitativos. Para resolver este problema, é necessário fazer uma troca entre os fatores tangíveis e intangíveis para selecionar os melhores.

Nas últimas décadas, vários estudos foram realizados sobre a questão dos fornecedores. A maioria dos quais utilizou métodos MCDM, como o AHP, análise de envolvimento de dados (*Data envelopment analysis* – DEA) e o método estatístico.

Os mesmos fatores como qualidade, entrega, capacidade e preço na avaliação de fornecedores têm que fornecer uma revisão abrangente dos numerosos fatores, distância e a importância do peso na avaliação dos fornecedores, e não há razão para obter um melhor resultado numérico comparado ao outro método [33], [46].

A DEA é uma técnica não paramétrica bem conhecida, que foi realizada com sucesso na seleção de fornecedores. Saen propôs um modelo cardinal e ordinal DEA para selecionar a eficiência do fornecedor [47]. O modelo lida com dados imprecisos. O autor mostrou que o modelo pode ser útil para avaliar a eficiência dos fornecedores e também para classificá-los. Para estabelecer um SCM eficiente, forneceram um modelo DEA que considera tantos os critérios cardinais quanto os ordinais [47].

O modelo fornecido determina os fornecedores eficientes, resolvendo uma programação linear inteira mista (MILP – *Mixed Integer Linear Programming*). Foi usado o DEA para avaliar a eficácia dos fornecedores de uma empresa de produção [48].

Depois de determinar as entradas e saídas do sistema (capacidades de gestão, instalações da produção e capacidade, capacidade tecnológicas, posição financeira, experiência, localização geográfica, lucratividade, qualidade e conformidade de entrega), a eficiência de 10 fornecedores foi calculada usando diferentes modelos DEA. O modelo permite que quem decide classifique os fornecedores, com base no seu desempenho geral.

Liu definiu o modelo DEA simplificado para avaliar a eficiência geral dos fornecedores, de acordo com três atributos de entrada e dois de saída [49]. O objetivo do modelo era selecionar um fornecedor com maior variedade de fornecimento, para que o número de fornecedores pudesse ser reduzido.

Narasimhan realizou o modelo DEA para avaliar fornecedores potenciais de uma empresa multinacional no setor de telecomunicações. Onze critérios de seleção foram considerados no modelo (seis entradas e cinco saídas). Com base no valor da eficiência, os fornecedores foram classificados em quatro categorias, alto desempenho e desempenho eficiente, alto desempenho e desempenho ineficaz, desempenho baixo e eficiente e desempenho baixo e ineficaz [50].

Talluri o modelo DEA trifásico. Na primeira parte, fornecedores, fabricantes e distribuidores foram avaliados através da DEA [50]. Com base nos números de eficiência derivados da primeira parte e nas pontuações ótimas das partes interessadas a serem usadas nos cálculos na segunda etapa, foi identificado o roteamento ideal de material de fornecedores selecionados para fabricantes e armazéns [51].

Propôs dois modelos lineares para maximizar e minimizar a eficiência de um fornecedor contra as melhores medidas-alvo estabelecidas pelo comprador. Determinar as eficiências máximas e mínimas de cada fornecedor, permitiria uma compreensão profunda do desempenho do mesmo. Em 2005, o mesmo também apresentou um modelo linear para avaliar e escolher fornecedores existentes. Para validar o modelo, os resultados derivados com o modelo DEA avançado. Talluri, (2002) modelou o processo de avaliação de fornecedores como um modelo de programação linear de inteiros binários com relação a metas ideais para atributos de lances definidos pelo comprador.

Dobos utilizou o DEA para avaliar o desempenho dos fornecedores, com base em critérios ambientais [52].

Hong desenvolveu um modelo linear inteiro combinado para selecionar fornecedores eficientes. Utilizando o modelo, obtém-se a alternativa ótima de fornecedores e a quantidade ótima de pedidos, maximizando a receita [53].

PROPOSTA DE FERRAMENTA DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

3.1 ANÁLISE DE REQUISITOS

3.2 MODELO DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

3.3 APRESENTAÇÃO PROTÓTIPO

3.4 AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

3 PROPOSTA DE FERRAMENTA DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

A adoção de uma metodologia para a seleção de fornecedores, tem-se revelado uma mais valia em todo o tipo de empresas, desde as mais pequenas às de escala mundial. Torna-se também vantajoso para os fornecedores o uso de uma metodologia para a sua escolha, uma vez que é dado conhecimento relativamente ao que é importante, quais as expectativas da empresa-cliente em relação à sua própria empresa (fornecedor), podendo assim, implementar melhorias, visando um bom relacionamento de longo prazo com a empresa-cliente.

Como informação preliminar foi possível definir uma árvore de decisão tomando por base os requisitos iniciais recolhidos para o caso de estudo. A Figura 2 apresenta o esquema funcional dos três de decisão predefinidos para o caso de estudo.

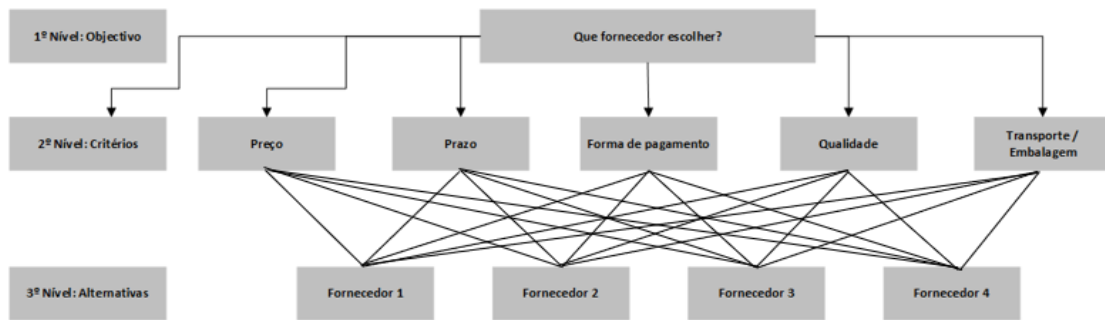


Figura 2 – Árvore de decisão do caso de estudo

De forma a auxiliar as empresas numa melhor avaliação e respetiva seleção de fornecedores, foi desenvolvido um protótipo baseado no modelo AHP, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Protótipo de um modelo de avaliação e seleção de fornecedores

O objetivo é que o utilizador (decisor) tenha uma ferramenta que o suporte na sua decisão final. Desta forma, é descrito abaixo o significado de cada um dos campos do protótipo:

1. Produto para o qual está a ser avaliado e escolhido o fornecedor.
O nº de fornecedores é um campo importante, pois os cálculos do modelo AHP dependem do nº de fornecedores, como referido anteriormente;
2. Dentro dos critérios gerais, há que escolher cinco critérios principais e definir os critérios que melhor se adequarão ao produto em questão;
3. Botão que visualiza a escala fundamental de Saaty, Tabela 2;
4. Campo para avaliação dos critérios em função da escala fundamental de Saaty;
5. Campo igualmente para avaliação dos critérios, mas para comparação entre fornecedores. Utilizando igualmente a escala fundamental de Saaty;
6. Botões usados para apagar os campos de registo, bem como gravação dos dados obtidos;
7. Resultados obtidos. É de salientar que, caso a avaliação de critérios e fornecedor não contemplem o teste de consistência aceitável, estes mesmos resultados não são obtidos.
Neste campo pode-se observar os pesos dos critérios, o peso entre fornecedores, e o fornecedor escolhido pela simulação.

Aquando da gravação dos dados, os mesmos são gravados numa folha à parte, com a data e hora do registo, assim como os resultados obtidos. A disposição dos resultados é demonstrada na Figura 4.

Registo de dados						
24/08/2019 00:53						
	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega	Resultado
Pesos	41,83%	41,83%	4,65%	7,85%	3,86%	100,00%
Fornecedor 1	42,66%	16,07%	70,00%	45,00%	45,00%	33,09%
Fornecedor 2	7,69%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	21,07%
Fornecedor 3	45,55%	3,55%	10,00%	45,00%	45,00%	26,27%
Fornecedor 4	4,10%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	19,57%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
27/08/2019 23:46						
	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega	Resultado
Pesos	32,44%	49,77%	5,07%	8,54%	4,19%	100,00%
Fornecedor 1	42,66%	16,07%	70,00%	45,00%	45,00%	31,11%
Fornecedor 2	7,69%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	23,64%
Fornecedor 3	45,55%	3,55%	10,00%	45,00%	45,00%	22,78%
Fornecedor 4	4,10%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	22,47%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
28/08/2019 00:21						
	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega	Resultado
Pesos	57,02%	27,83%	5,05%	5,05%	5,05%	100,00%
Fornecedor 1	42,66%	16,07%	70,00%	45,00%	45,00%	36,88%
Fornecedor 2	7,69%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	16,58%
Fornecedor 3	45,55%	3,55%	10,00%	45,00%	45,00%	32,01%
Fornecedor 4	4,10%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	14,53%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
28/08/2019 00:23						
	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega	Resultado
Pesos	24,55%	38,66%	5,18%	4,92%	26,68%	100,00%
Fornecedor 1	42,66%	16,07%	70,00%	45,00%	45,00%	34,54%
Fornecedor 2	7,69%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	19,52%
Fornecedor 3	45,55%	3,55%	10,00%	45,00%	45,00%	27,30%
Fornecedor 4	4,10%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	18,64%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Figura 4 - Folha de registo de dados

3.1 ANÁLISE DE REQUISITOS

A análise de requisitos permite obter medidas, quantitativas e qualitativas, utilizadas para avaliar os aspetos relevantes num determinado problema de aplicação. A definição dos critérios de decisão é normalmente realizada pelos decisores, considerando a sua importância, tendo em conta o conjunto de alternativas a avaliar assim como os aspetos relevantes para o decisor nas alternativas a escolher.

Para a análise de requisitos, será utilizado o UML, *Unified Modelling Language*, ou seja, uma linguagem padrão para escrita de esquemas de *softwares*.

O UML pode ser usado para visualizar, especificar, construir e documentar os artefactos de um *software* [54]. Este possui nove tipos de diagramas, que são usados para documentar e modelar diversos aspetos dos sistemas.

3.1.1 DIAGRAMA DE USE CASE

O diagrama *use case* documenta o que o sistema faz do ponto de vista do utilizador. Por outras palavras, descreve as principais funcionalidades do sistema e a

interação dessas funcionalidades com o utilizador do mesmo sistema. Neste diagrama não é aprofundado detalhes técnicos, que dizem como o sistema funciona.

O diagrama *use case* é composto basicamente por quatro partes:

- **Cenário:** sequência de eventos que acontecem quando um utilizador interage com o sistema;
- **Ator:** utilizador do sistema;
- **Use case:** tarefa ou funcionalidade realizada pelo ator (utilizador);
- **Comunicação:** é o que liga o ator com o *use case*.

De forma a exemplificar o caso de demonstração, foi utilizado os diagramas *use case* para esse efeito, Figura 5.

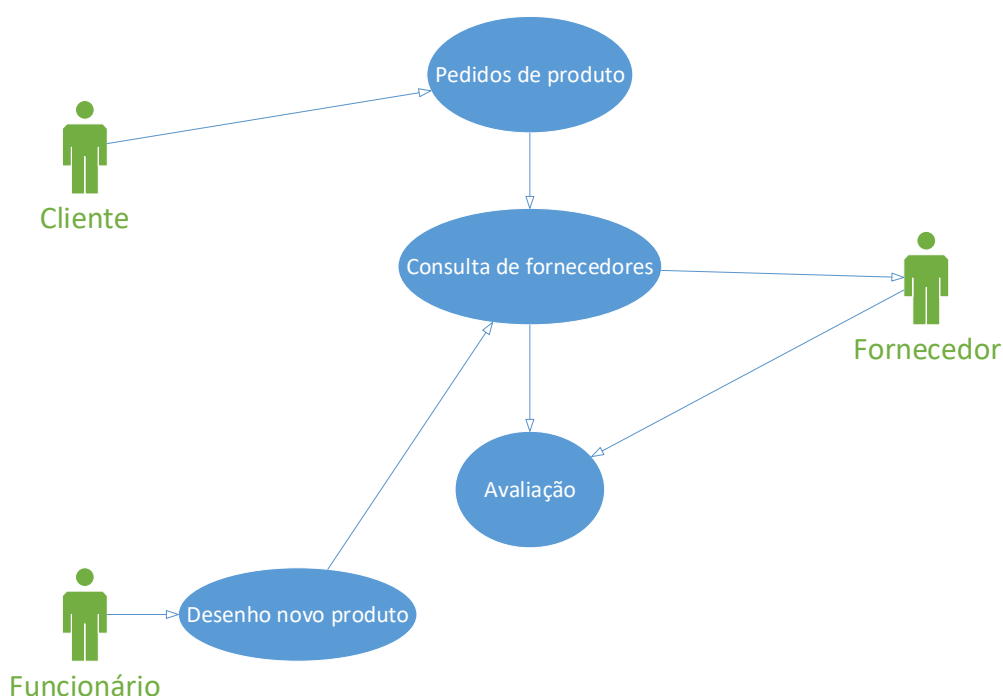


Figura 5 – Diagrama *use case*

Como é possível observar na Figura 5, este diagrama é composto por desenhos simples, que descrevem de maneira bem objetiva o que textualmente poderia ficar extenso.

3.1.2 DIAGRAMA DE CLASSES

O diagrama de classes é um tipo de diagrama de estrutura estática que descreve a estrutura de um sistema, mostrando as classes do sistema, os seus atributos, operações ou métodos e os relacionamentos entre os objetos.

Um diagrama de classes pode oferecer três perspetivas, cada uma para um tipo de observador diferente.

- **Conceptual:**
 - Representa os conceitos do domínio em estudo;
 - Perspetiva destinada ao cliente.
- **Especificação:**
 - Foco nas principais interfaces da arquitetura, nos principais métodos, e não como eles irão ser implementados;
 - Perspetiva destinada às pessoas que não precisam saber detalhes de desenvolvimento, tais como gerentes de projeto.
- **Implementação:**
 - Aborda vários detalhes da implementação, tais como, navegabilidade, tipo de atributos, etc;
 - Perspetiva destina à equipa de desenvolvimento.

Quanto a relações, este tipo de diagrama reconhece três tipos importantes, dependência, associação e generalização ou herança. Geralmente as classes não estão sós e relacionam-se entre si, Figura 6.

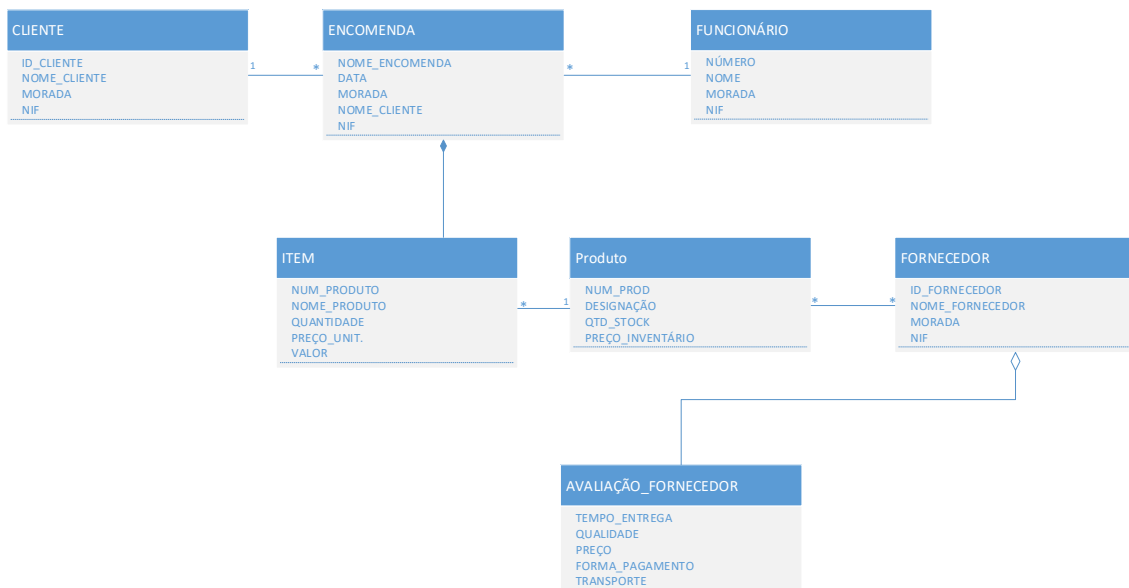


Figura 6 – Diagrama de classes

3.2 MODELO DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

Para esta dissertação, foi considerado o modelo AHP para seleção de fornecedores para pequenas e médias empresas, nomeadamente no sector da indústria da metalomecânica. O exemplo seguinte refere-se a 4 fornecedores de ferramentas de corte, mais especificamente fresas, que serão utilizadas em processos de maquinação, particularmente fresadoras CNC.

O processo de seleção de fornecedores é estruturado em várias etapas. Inicia-se com a identificação da necessidade de selecionar um fornecedor. Esta necessidade surge devido a três razões principais:

- substituição do fornecedor atual;

- procura de outra variedade de fresas, ou
- necessidade de redução de custos.

Após a identificação de alternativas, realiza-se uma pré-seleção de fornecedores com base em alguns critérios de qualificação. Depois da avaliação das alternativas, o decisor deve utilizar um método para síntese de pontuações que permita a distribuição dos fornecedores. Nesta etapa, apesar de escolhidos um ou mais fornecedores, os resultados do *ranking* ainda não são definitivos para a escolha final.

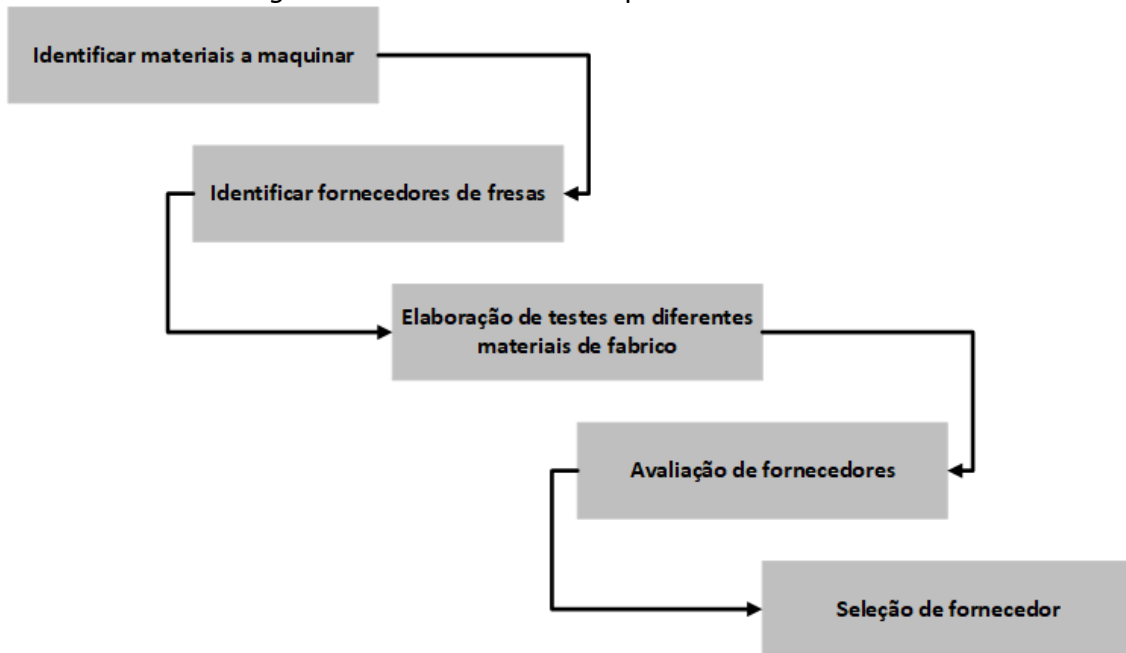


Figura 7 – Processo de aprovação de produto da empresa XPTO

3.2.1 DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS

Os critérios devem ser claros e simples, por forma a proporcionar um bom entendimento do processo, quer aos avaliadores quer dos avaliados. Estes devem também abranger os principais aspetos da função do avaliado [55].

Existem muitos critérios recomendados, mas é necessária uma especial atenção na sua escolha, pois essa apreciação abrange muitas decisões relacionadas e alternativas, tendo como consequência vários efeitos, tais como avaliar de forma redundante, ou ser necessária uma mudança de objetivos, entre outras situações.

Torna-se assim importante fazer uma pré-avaliação dos critérios. Em alguns casos, há necessidade de redefinir a lista de critérios para melhorar o processo de decisão.

Recomenda-se que o número de critérios seja entre três a sete, nunca ultrapassando nove, para que o resultado do método seja coerente [27], e não demasiado extenso, podendo conduzir ao abandono.

Neste exemplo da metodologia AHP, serão considerados os seguintes critérios de avaliação e seleção de fornecedores:

- Qualidade;
- Preço;
- Condições de pagamento;
- Transporte;
- Tempo de entrega.

Critérios estes que foram escolhidos e classificados por um decisor, de acordo com a Tabela 8, sendo que a primeira ponderação está sumariada na Tabela 7.

Tabela 7 – Pontuação dos critérios gerais

Critérios	Avaliação
Qualidade - Preço	1
Qualidade - Forma de pagamento	9
Qualidade - Transporte	9
Qualidade - Tempo de entrega	9
Preço - Forma de pagamento	9
Preço - Transporte	9
Preço - Tempo de entrega	9
Forma de pagamento - Transporte	1
Forma de pagamento - Tempo de entrega	1
Transporte - Tempo de entrega	5

Tabela 8 – Desempenho dos fornecedores em relação aos critérios objetivos

	Qualidade	Preço	Tempo de entrega	Forma de pagamento	Transporte
Fornecedor 1	Muito boa	18,00 €	Imediato	30 dias	DDP
Fornecedor 2	Boa, mas com ciclo de vido curto	13,00 €	3 dias	Pronto pagamento	EXW
Fornecedor 3	Excelente	22,00 €	Imediato	60 dias	EXW
Fornecedor 4	Boa	12,50 €	5 dias	Pronto pagamento	EXW

O processo de definição de critérios conta com a colaboração de um ou mais decisores dos departamentos envolvidos no produto em questão.

Esta definição de critérios, pode ser feita através de entrevistas estruturadas a vários fornecedores, inquéritos, ou através da experiência dos decisores em definirem que critérios são mais importantes no(s) produto(s) que a empresa necessita. É solicitado a cada decisor a escolha e classificação de cinco critérios de uma lista

inicialmente apresentada, onde contém por exemplo, critérios como, variedade, capacidade técnica do fornecedor, capacidade financeira, atitude perante reclamações, ou seja, tratamento de não conformidades, entre muitos outros critérios.

O mesmo deve escolher cinco critérios e classificar de 1 a 5, sendo 1 menos importante e 5 mais importante. Esta é uma forma exemplificativa de definição de critérios de avaliação. Será sempre importante juntar a um método de avaliação a experiência de cada decisor.

Através da Tabela 9, é possível observar a recolha da opinião dos decisores, bem como a pontuação atribuída a cada critério.

Tabela 9 – Pontuação geral na definição de critérios de avaliação de fornecedores

Crítérios gerais	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Total	Média
Qualidade	5	4	5	14	4,7
Variedade de produtos					
Capacidade técnica		2		2	2,0
Capacidade financeira					
Preço	5	2	3	10	3,3
Tratamento de reclamações					
Tempo de entrega	4	3	5	12	4,0
Forma de pagamento		4	4	8	4,0
Transporte	3		4	7	3,5
Localização					
Cumprimento do prazo de entrega					
Garantia do produto ao longo do tempo	3			3	3,0

Desta forma, é possível identificar de forma rápida os critérios com melhor pontuação, sendo eles e já referidos anteriormente, qualidade, preço, tempo de entrega, forma de pagamento e transporte.

Após a seleção dos critérios a avaliar, é calculado o peso de cada critério, utilizando as equações demonstradas anteriormente. Assim, obteve-se o resultado de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 – Pesos globais dos critérios

Crítérios	Peso (%)
Qualidade	42,95%
Preço	38,77%
Forma de pagamento	4,28%
Transporte	10,14%
Tempo de entrega	3,86%
Total	100%

As aplicações utilizadas para este estudo, foram o *Microsoft Visio* e o *Microsoft Excel*. O *Microsoft Visio* é um aplicativo para criação de diagramas para o ambiente Windows. O programa serve para gerar diagramas de diversos tipos, como organogramas, fluxogramas, modelagem de dados, usando o *UML*, diagrama de redes, etc. O mesmo foi utilizado para auxílio aos diagramas *Use Case* e de Classes.

O *Microsoft Excel* foi o software escolhido para elaboração de um protótipo, devido à sua fácil utilização e folhas de cálculo úteis para a aplicação do modelo AHP.

3.3 APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

De seguida é apresentado o protótipo, como demonstração de conceito.

3.3.1 CASO DEMONSTRADOR

Após a primeira perceção descrita pelo decisor, foi utilizada a Escala Fundamental de Saaty para comparar par a par os critérios utilizados nesta seleção. O cálculo de tais comparações está apresentado na Tabela 12.

Na Tabela 11, verifica-se o resultado da primeira simulação.

Tabela 11 – Comparação pareada entre os critérios adotados

Crítérios	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega
Qualidade	1	1	9	9	9
Preço	1,00	1	7	7	9
Forma de pagamento	1/9	1/7	1	1/3	1
Transporte	1/9	1/7	5	1	5
Tempo de entrega	1/9	1/9	1	1/5	1
Total	2,33	2,40	21,00	17,53	25,00

Tabela 12 – Cálculo dos pesos, com fórmulas para normalização da matriz de comparação pareada

Crítérios	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega	Média	Peso (%)
Qualidade	0,4286	0,4172	0,4286	0,5133	0,3600	0,43	42,95
Preço	0,4286	0,4172	0,3333	0,3992	0,3600	0,39	38,77
Forma de pagamento	0,0476	0,0596	0,0476	0,0190	0,0400	0,04	4,28
Transporte	0,0476	0,0596	0,1429	0,0570	0,2000	0,10	10,14
Tempo de entrega	0,0476	0,0464	0,0476	0,0114	0,0400	0,04	3,86
Total	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	100

Note-se, que o critério Qualidade e o critério Preço, foram avaliados como tendo grande importância e ainda equivalentes, enquanto que os critérios Forma de pagamento, Transporte e Tempo de entrega obtiveram pesos de menor importância. Sendo assim, verifica-se que o critério Qualidade tem um peso de 42,95% e o Preço 38,77%, contra os 4,28%, 10,14% e 3,86%, dos critérios Forma de pagamento, Transporte e Tempo de entrega, respetivamente.

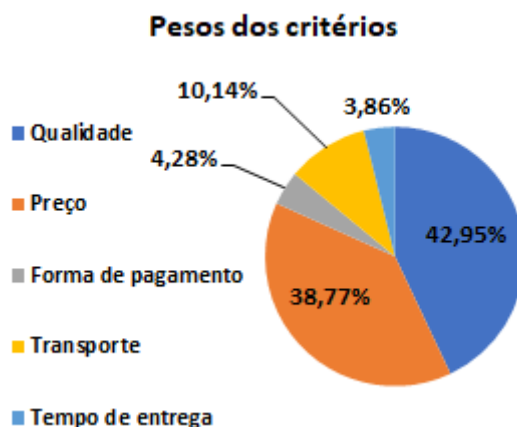


Figura 8 - Pesos globais dos critérios

De seguida, efetuou-se o cálculo do vetor soma e de consistência, apresentado na Tabela 13. O teste de consistência encontra-se registado na Tabela 14.

Tabela 13 – Cálculo do vetor soma e vetor consistência

Critérios	Média	Peso (%)	Vetor Soma	V. Consistência
Qualidade	0,336	0,336	1,968	5,863
Preço	0,464	0,464	2,620	5,644
Forma de pagamento	0,047	0,047	0,240	5,119
Transporte	0,111	0,111	0,576	5,170
Tempo de entrega	0,042	0,042	0,211	5,032
Total	1,000	1,000	5,615	26,828

Tabela 14 – Teste de consistência

λ máx	CI	RI	CR
5,3656	0,0914	1,1200	0,0816

Através do teste de consistência, constata-se que, a comparação pareada do decisor foi consistente, obtendo como resultado da RC o valor de 0,0816, atendendo à regra de que uma inconsistência aceitável, deve ser menor ou igual a 0,10.

Posto isto, é a vez de comparar de forma pareada cada fornecedor em relação a cada critério, como demonstrado na Tabela 15, usando de igual modo a Escala Fundamental de Saaty.

Tabela 15 - Comparação pareada dos critérios entre fornecedores

	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo
Fornecedor 1 - Fornecedor 2	7	1/4	7	9	9
Fornecedor 1 - Fornecedor 3	1	9	7	9	1
Fornecedor 1 - Fornecedor 4	9	1/4	7	9	9
Fornecedor 2 - Fornecedor 3	1/9	9	1/2	1	1/9
Fornecedor 2 - Fornecedor 4	1	1	1	1	1
Fornecedor 3 - Fornecedor 4	9	1/9	1/2	1	9

Em relação ao critério qualidade, obteve-se o seguinte resultado, que podem ser visualizados nas Tabela 16 e Tabela 17.

Tabela 16 - Matriz comparativa entre fornecedores, para o critério qualidade

Qualidade	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1	1	9	9
Fornecedor 2	1	1	7	7
Fornecedor 3	1/9	1/7	1	1/3
Fornecedor 4	1/9	1/7	3	1
Total	2,33	2,40	21,00	17,53

Tabela 17 – Cálculo dos pesos, vetor soma e de consistência, para o critério qualidade

Qualidade	Média	Peso	Vetor soma	Vetor de consistência
Fornecedor 1	0,430	0,430	2,462	5,733
Fornecedor 2	0,388	0,388	2,174	5,608
Fornecedor 3	0,043	0,043	0,218	5,104
Fornecedor 4	0,101	0,101	0,526	5,185
Total	0,039	0,039	0,192	4,986

Tabela 18 – Teste de consistência, para o critério qualidade

λ máx	CI	RI	CR
5,3229	0,0807	0,9000	0,0721

Constata-se que o critério qualidade está bem definido, e resulta em uma inconsistência aceitável, respeitando a regra $RC \leq 0,10$.

Relativamente ao critério preço, Tabela 19, adotou-se primeiramente a definição de que os preços dos fornecedores 2 e 4, respetivamente 20€ e 19,50€, seriam considerados iguais.

Dessa forma, o melhor desempenho, 40,19%, foi evidenciado por esses fornecedores, já que têm o menor preço comparado com os restantes fornecedores, 1 e 3, conforme demonstrado na Tabela 20.

Tabela 19 - Matriz comparativa entre fornecedores, para o critério preço

Preço	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1,00	0,11	1,00	0,14
Fornecedor 2	9,00	1,00	9,00	1,00
Fornecedor 3	1,00	0,11	1,00	0,11
Fornecedor 4	7,00	1,00	9,00	1,00
Total	18,0000	2,2222	20,0000	2,2540

Tabela 20 - Cálculo dos pesos, vetor soma e de consistência, para o critério preço

Preço	Média	Peso	Vetor soma	Vetor de consistência
Fornecedor 1	0,05	5,47%	0,2190	4,0018
Fornecedor 2	0,46	46,09%	1,8476	4,0085
Fornecedor 3	0,05	5,12%	0,2053	4,0085
Fornecedor 4	0,43	43,31%	1,7381	4,0128
Total	1,00	100,00%	4,0100	16,03

Tabela 21 – Teste de consistência, para o critério Preço

λ máx	CI	RI	CR
4,0079	0,0026	0,9000	0,0029

O teste de consistência para o desempenho dos quatro fornecedores perante o critério peso foi satisfatório, de acordo com a Tabela 21, $0,0029 \leq 0,10$.

Quanto ao critério forma de pagamento, existem três formas: a pronto pagamento, em 30 dias, ou em 60 dias.

Assim, a partir da avaliação do decisor, Tabela 22, obteve-se o resultado de consistência total, Tabela 23 e Tabela 24.

Tabela 22 - Matriz comparativa entre fornecedores, para o critério forma de pagamento

Forma pagamento	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1,00	7,00	0,50	7,00
Fornecedor 2	0,14	1,00	0,50	1,00
Fornecedor 3	2,00	2,00	1,00	0,50
Fornecedor 4	0,14	1,00	2,00	1,00
Total	3,2857	11,0000	4,0000	9,5000

É de salientar o fornecedor 1, que sobressai com um desempenho de 45,06% em relação aos demais, de acordo com a Tabela 23.

Tabela 23 - Cálculo dos pesos, vetor soma e de consistência, para o critério forma de pagamento

Forma pagamento	Média	Peso	Vetor soma	Vetor de consistência
Fornecedor 1	0,45	45,06%	2,5198	5,5916
Fornecedor 2	0,09	9,12%	0,4771	5,2335
Fornecedor 3	0,27	27,33%	1,4493	5,3034
Fornecedor 4	0,18	18,49%	0,8870	4,7970
Total	1,00	100,00%	5,3333	20,93

Tabela 24 - Teste de consistência, para o critério forma de pagamento

λ máx	CI	RI	CR
5,2314	0,4105	0,9000	0,4561

Para esta tentativa de obtenção do desempenho de cada fornecedor para o critério forma de pagamento, resultou em uma inconsistência não aceitável. O valor gerado para a RC foi de 0,4561, o que não atende à regra uma vez que, para haver uma inconsistência aceitável é necessário que $RC \leq 0,10$.

Portanto, esta etapa foi replicada, exigindo uma reavaliação do decisor referente aos valores atribuídos segundo a escala fundamental de Saaty.

Foi detetada uma falha de interpretação ao comparar o fornecedor 1 em relação ao fornecedor 3, conforme se verifica na Tabela 25.

Tabela 25 - Matriz comparativa entre fornecedores, para o critério forma de pagamento, 2ª simulação

Forma pagamento	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1,00	7,00	7,00	7,00
Fornecedor 2	0,14	1,00	0,50	1,00
Fornecedor 3	0,14	2,00	1,00	0,50
Fornecedor 4	0,14	1,00	2,00	1,00
Total	1,4286	11,0000	10,5000	9,5000

Sendo assim, obteve-se um RC aceitável de $0,0697 \leq 0,10$.

Tabela 26 - Teste de consistência, para o critério forma de pagamento, 2ª simulação

λ máx	CI	RI	CR
4,1881	0,0627	0,9000	0,0697

Foram considerados dois tipos de transporte, EXW e DDP, sendo EXW os fornecedores 1 e 3, e DDP os fornecedores 2 e 4. O tipo EXW foi avaliado como importância absoluta em relação a DDP.

Tabela 27 - Matriz comparativa entre fornecedores, para o critério transporte

Transporte	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1,00	9,00	9,00	9,00
Fornecedor 2	0,11	1,00	1,00	1,00
Fornecedor 3	0,11	1,00	1,00	1,00
Fornecedor 4	0,11	1,00	1,00	1,00
Total	1,3333	12,0000	12,0000	12,0000

Tabela 28 - Cálculo dos pesos, vetor soma e de consistência, para o critério transporte

Transporte	Média	Peso	Vetor soma	Vetor de consistência
Fornecedor 1	0,75	75,00%	3,0000	4,0000
Fornecedor 2	0,08	8,33%	0,3333	4,0000
Fornecedor 3	0,08	8,33%	0,3333	4,0000
Fornecedor 4	0,08	8,33%	0,3333	4,0000
Total	1,00	100,00%	4,0000	16,00

Tabela 29 - Teste de consistência, para o critério transporte

λ máx	CI	RI	CR
4,0000	0,0000	0,9000	0,0000

Tal como acontece anteriormente, é de notar que a matriz é perfeitamente consistente, Tabela 29.

Relativamente ao Tempo de entrega, os fornecedores 1 e 3 têm entregas imediatas, tendo sido avaliados de importância absoluta sobre os fornecedores 2 e 4, que têm entregas em 3 e 5 dias respetivamente, Tabela 30.

Tabela 30 - Matriz comparativa entre fornecedores, para o critério tempo de entrega

Tempo de entrega	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1,00	9,00	1,00	9,00
Fornecedor 2	0,11	1,00	0,11	1,00
Fornecedor 3	1,00	9,00	1,00	9,00
Fornecedor 4	0,11	1,00	0,11	1,00
Total	2,2222	20,0000	2,2222	20,0000

Assim, os fornecedores 1 e 3 obtiveram um desempenho de 45%, enquanto os fornecedores 2 e 4, de 5%, como demonstra a Tabela 31.

Tabela 31 - Cálculo dos pesos, vetor soma e de consistência, para o tempo de entrega

Tempo de entrega	Média	Peso	Vetor soma	Vetor de consistência
Fornecedor 1	0,45	45,00%	1,8000	4,0000
Fornecedor 2	0,05	5,00%	0,2000	4,0000
Fornecedor 3	0,45	45,00%	1,8000	4,0000
Fornecedor 4	0,05	5,00%	0,2000	4,0000
Total	1,00	100,00%	4,0000	16,00

A Tabela 32 apresenta os resultados de consistência relativos ao parâmetro do tempo entrega.

Tabela 32 - Teste de consistência, para o tempo de entrega

λ máx	CI	RI	CR
4,0000	0,0000	0,9000	0,0000

A Tabela 33 condensa a matriz de decisão, mostrando o peso atribuído a cada critério. O desempenho de cada fornecedor, em relação a um determinado critério e a soma da multiplicação matricial entre o peso de cada critério e o percentual de desempenho de cada fornecedor.

Tabela 33 – Desempenho final de cada fornecedor

	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega	Resultado
Pesos	33,57%	46,42%	4,69%	11,13%	4,18%	100,00%
Fornecedor 1	43,31%	16,07%	68,50%	75,00%	45,00%	37,11%
Fornecedor 2	5,47%	40,19%	8,59%	8,33%	5,00%	19,34%
Fornecedor 3	46,09%	3,55%	10,74%	8,33%	45,00%	24,22%
Fornecedor 4	5,12%	40,19%	12,17%	8,33%	5,00%	19,34%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Desta forma, ao aplicar o método AHP para a seleção e avaliação de fornecedores para uma determinada empresa, o fornecedor que obteve melhor desempenho foi o fornecedor 1, com 37,11%, que comparativamente com os demais desempenhos, 19,34%, 24,22% e 19,34%, dos fornecedores 2, 3 e 4.

O AHP permitiu que um problema do quotidiano de seleção e avaliação de fornecedores fosse decomposto num modelo estruturado de apoio à tomada de decisão.

Assim, pode-se afirmar que a aplicação deste método, é uma alternativa para o auxílio à tomada de decisão, onde hoje em dia no mercado atual, é exigido cada vez mais, que se tome a decisão certa à primeira.

3.3.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade tem como objetivo, definir qual a variação do peso de determinado critério, que poderá fazer com que a alternativa escolhida passe a não ser a selecionada. Desta forma, irão ser feitas mais 3 simulações com alteração, variando os valores da escala fundamental atribuído às comparações.

Assim, quaisquer variações na avaliação do decisor sobre as comparações pareadas entre os critérios, podem ser facilmente testadas através da análise de sensibilidade, com os resultados dispostos a seguir.

3.3.2.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – 1ª SIMULAÇÃO

A comparação entre os critérios qualidade e preço, originalmente avaliados com importância equivalente, sofreu uma pequena alteração, onde o critério preço terá agora uma relevância muito pequena sobre o critério qualidade (valor 2 da Escala Fundamental de Saaty).

Porém, como a comparação é o inverso, o valor será $\frac{1}{2}$.

O critério qualidade, por sua vez, antes avaliado como tendo importância absoluta sobre os demais critérios, assumiu agora um peso muito grande (valor 7). As demais comparações permanecem iguais.

Na Tabela 34, encontra-se a nova matriz obtida através de nova simulação, sendo que na Tabela 35, é exposto o resultado do teste de consistência.

Tabela 34 – Nova matriz de comparação entre os critérios de avaliação – 1ª simulação

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega
Qualidade	1	1/2	7	7	7
Preço	2	1	7	7	9
Forma de pagamento	1/7	1/7	1	1/3	1
Transporte	1/7	1/7	3	1	5
Tempo de entrega	1/7	1/9	1	1/5	1
Total	3,43	1,90	19,00	15,53	23,00

Tabela 35 – Teste de consistência, relativo à nova matriz – 1ª simulação

λ máx	CI	RI	CR
5,3656	0,0914	1,1200	0,0816

O resultado para esta simulação pode ser verificado no gráfico da Figura 9.

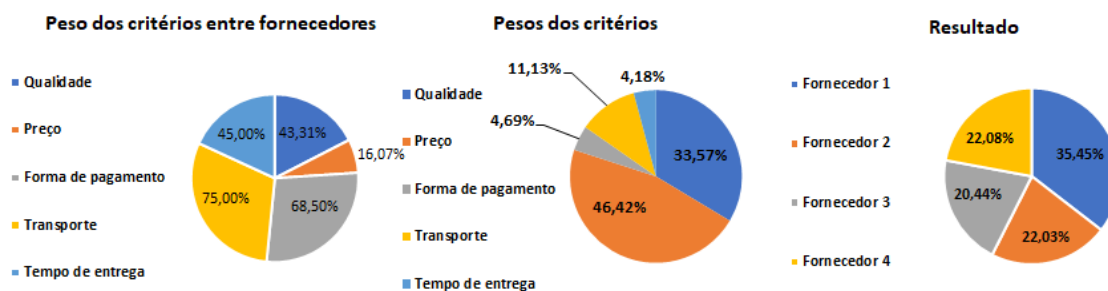


Figura 9 – Resultado da 1ª simulação

Pode-se observar, que ocorreu uma pequena variação em relação ao resultado anterior, de aproximadamente 2%, onde o fornecedor 1 tinha 37,11% e agora 35,45%.

3.3.2.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – 2ª SIMULAÇÃO

Admitiu-se para esta simulação que o critério qualidade teria importância grande em relação ao critério preço (valor 5). O critério preço ao invés de ter relevância absoluta em relação ao critério tempo de entrega, teria agora importância muito grande (valor 7).

No que respeita às comparações entre forma de pagamento, transporte e tempo de entrega, serão todas equivalentes. As variações podem ser visualizadas na Tabela 36, assim como os respectivos resultados, Figura 10.

Tabela 36 – Nova matriz de comparação entre os critérios de avaliação – 2ª simulação

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega
Qualidade	1	5	9	9	9
Preço	1/5	1	7	7	9
Forma de pagamento	1/9	1/7	1	1/3	1
Transporte	1/9	1/7	3	1	1
Prazo de entrega	1/9	1/9	1	1	1
Total	1,53	6,40	21,00	18,33	21,00

Tabela 37 - Teste de consistência, relativo à nova matriz – 2ª simulação

λ máx	CI	RI	CR
5,4306	0,1077	1,1200	0,0961

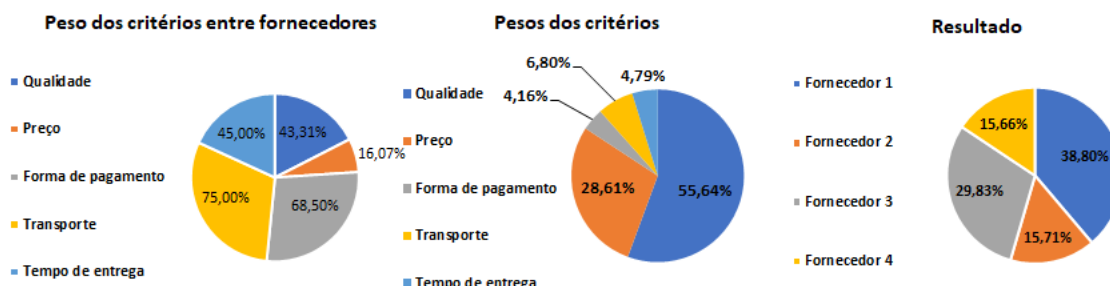


Figura 10 - Resultado da 2ª simulação

Relativamente à 2ª simulação, constata-se que o fornecedor 1 continua à frente dos demais. Desta vez, houve um aumento comparativamente aos resultados anteriores, 38,80% contra os 37,11% e 35,45%, da 1ª simulação de análise de sensibilidade e da 1ª avaliação, respetivamente.

3.3.2.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – 3ª SIMULAÇÃO

Todas as comparações foram alteradas, favorecendo principalmente a importância do critério tempo de entrega. A nova matriz de comparações e respetivo resultados podem ser visualizadas nas Tabela 38, Tabela 39, e Figura 11.

Tabela 38 - Nova matriz de comparação entre os critérios de avaliação – 3ª simulação

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de pagamento	Transporte	Tempo de entrega
Qualidade	1	1/5	5	7	1
Preço	5	1	7	5	1
Forma de pagamento	1/5	1/7	1	1	1/5
Transporte	1/7	1/5	1	1	1/5
Prazo de entrega	1	1	5	5	1
Total	7,34	2,54	19,00	19,00	3,40

Tabela 39 - Teste de consistência, relativo à nova matriz – 3ª simulação

λ máx	CI	RI	CR
5,3676	0,0919	1,1200	0,0820

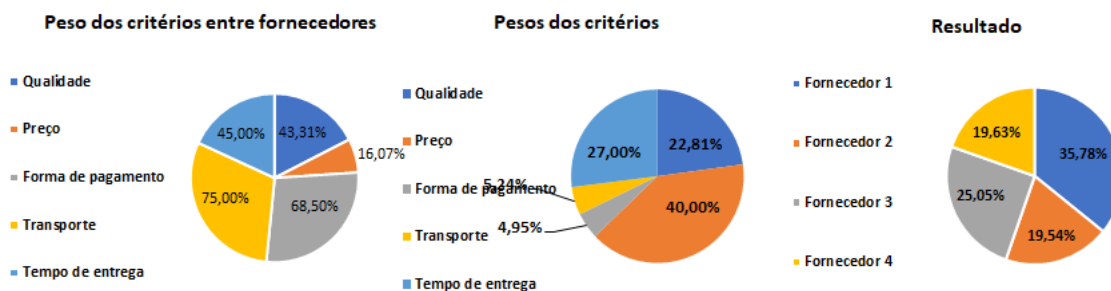


Figura 11 - Resultado da 3ª simulação

Finalizadas as três simulações pode-se então comparar os pesos obtidos de cada critério em relação ao peso original, conforme demonstrado na Tabela 40.

Tabela 40 – Comparação dos pesos obtidos

	Peso original	1ª simulação	2ª simulação	3ª simulação
Qualidade	42,95%	37,31%	55,64%	22,81%
Preço	38,77%	44,40%	28,61%	40,00%
Forma de pagamento	4,28%	4,31%	4,16%	4,95%
Transporte	10,14 %	10,17%	6,80%	5,24%
Tempo de entrega	3,86%	3,82%	4,79%	27,00%

Na avaliação original, os critérios qualidade e preço estavam muito próximos, embora o critério qualidade com um peso superior, 42,95% contra 38,77%, enquanto na 1ª simulação o critério preço, teve maior destaque.

Na 2ª simulação, o critério qualidade teve maior peso seguido pelo preço e os demais tiveram pesos baixos.

Por fim, na 3ª simulação o maior peso foi o do critério preço, quanto ao critério tempo de entrega teve maior importância que o critério qualidade.

Posto isto, o desempenho de cada fornecedor, segundo a avaliação original e perante cada análise de sensibilidade, pode ser observado na Tabela 41.

Tabela 41 – Comparação do desempenho dos fornecedores

	Desempenho original	1ª simulação	2ª simulação	3ª simulação
Fornecedor 1	37,11%	35,45%	38,80%	35,78%
Fornecedor 2	19,34%	22,03%	15,71%	19,54%
Fornecedor 3	24,22%	20,44%	29,83%	25,05%
Fornecedor 4	19,34%	22,08%	15,66%	19,63%

Independentemente das alterações efetuadas ao longo das simulações, o fornecedor 1 manteve-se com o melhor desempenho, sugerindo assim, a melhor escolha. A análise de sensibilidade, permite assim demonstrar que, a escolha do

fornecedor 1 é robusta, e que a mesma só seria modificada perante uma opinião muito radical por parte do(s) decisor(es).

É de realçar que, todos os tipos de análise de sensibilidade poderiam ser facilmente empregues para o problema em questão.

Importa ainda que, não seria interessante realizar a análise de sensibilidade para os critérios transporte e prazo de entrega, pois ambos possuem duas formas de desempenhos possíveis (EXW ou DDP, e imediato ou 3/5 dias, respetivamente), sendo sempre uma delas avaliadas com importância absoluta quando comparada a outra.

O mesmo se passa com o critério forma de pagamento, pois há três tipos de desempenho (pronto pagamento ou 30/60 dias) e a não ser que haja mudança na avaliação do decisor que indicou importância muito grande de um tipo em comparação ao outro.

Sendo assim, somente o julgamento entre as alternativas relacionadas ao critério qualidade e preço, serão pertinentes alterar para uma possível reavaliação.

3.4 AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo proposto foi pensado de forma a ter uma interface *user friendly*, para que o utilizador possa interpretar de forma fácil os parâmetros a serem preenchidos, obtendo assim, melhores resultados. A construção deste modelo possibilita um certo número de comparações pareadas, demonstrando uma construção simples, para evitar fadiga e o equívoco de quem o replica.

A elaboração de forma simples não necessita de detalhes técnicos, como matrizes e cálculos matemáticos, pois estes, são a base de toda a interface, estando ocultos para o utilizador.

Após a utilização do método e do respetivo protótipo, é possível enumerar algumas das vantagens e limitações do modelo. Este modelo apresenta uma interface simples e bastante ilustrativa do que é pretendido em cada campo.

A forma como os resultados são obtidos, é possível ter uma ajuda visual no que respeita aos pesos de cada critério, assim como o fornecedor mais indicado, com o recurso a gráficos circulares. A possibilidade de gravar os resultados obtidos, também é uma vantagem, pois permite consultar os mesmos sempre que pretendido, bem como ter uma perceção da evolução da análise que se vai fazendo ao longo da avaliação.

O facto de, ao longo da avaliação existir uma perceção dos resultados, também é uma vantagem, pois pode-se proceder à correção dos dados antes de se obter o resultado final. O modelo ao longo da apreciação expõe se a avaliação é aceitável ou não, isto é, caso os valores indicados tenham uma inconsistência maior que 0,10, o protótipo não avança e não apresenta qualquer tipo de resultado.

O protótipo apresenta algumas limitações relativo ao número de fornecedores e critérios, embora a questão dos critérios também esteja relacionada com o próprio modelo AHP. O mesmo pode apresentar alguma dificuldade quando se observa um

número elevado de alternativas, levando a que haja alguma inconsistência, no processo de decisão. Este procedimento torna-se mais extenso, comprometendo assim, a precisão dos julgamentos.

Como referido anteriormente, Saaty recomenda que as comparações não ultrapassem mais de 7 elementos. No modelo em questão, não é possível alterar o número de critérios, sendo sempre necessário definir 5 critérios. O mesmo se passa para o número de fornecedores, onde no caso do protótipo são sempre 4, algo que será revisto para futuras melhorias.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho, visou o desenvolvimento de um protótipo de um modelo de avaliação e seleção de fornecedores, nomeadamente para a indústria da metalomecânica, particularmente as PME's. O projeto foi concluído com sucesso, na medida que foram estudados e abordados vários modelos de avaliação e seleção de fornecedores, bem como proposto o respetivo protótipo.

Para desenvolver este projeto, este trabalho descreve uma pesquisa que empreende uma revisão de várias literaturas, que contextualiza o problema da avaliação e seleção de fornecedores, de forma a alertar para a importância dos mesmos. A seleção do método a aplicar, os problemas de decisão, bem como todos os fatores que podem influenciar o decisor.

Existem muito métodos de análise de decisão multicritério, e de acordo com o que foi estudado ao longo deste projeto, destaca-se o modelo AHP, sendo este considerado o mais simples e prático para a elaboração de um protótipo. Este engloba boas características na estruturação do problema de decisão. Neste sentido, conduz a um aumento de confiança por parte do decisor.

Aplicou-se o método de análise multicritério AHP, tratando-se de uma abordagem quantitativa formal para o auxílio do processo de tomada de decisão a vários níveis. Permite potenciar os decisores, com uma visão holística e estruturada do problema, de forma a encontrar soluções viáveis para um conjunto de critérios distintos, que podem ter objetivos antagónicos.

A aplicação deste método, estimula a discussão e análises mais profundas do problema do(s) decisor(es). Ao longo do processo, a recolha e resumo dos dados permite uma melhor reflexão, de forma a decidir pelos critérios corretos para avaliarem as alternativas de fornecedores, e conseguirem alcançar o objetivo da seleção.

É de destacar ainda que, o modelo AHP, como ferramenta de auxílio à tomada de decisão tem vários benefícios, como fácil aplicação, sem necessidade de aquisição de algum *software* específico. Permite respostas rápidas, sendo algo positivo para a tomada de decisão.

A análise de consistência e sensibilidade, permite que o utilizador tenha uma maior segurança na hora de decidir, dando uma maior robustez à decisão final.

Em síntese, os modelos de apoio à decisão não indicam o valor ou alternativa ótima ao utilizador, mas sim um ranking de alternativas consideradas de acordo com os critérios estabelecidos pelos decisores, assim como a importância relativa associada a cada critério proposto.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Relativamente a propostas para melhorias futuras, seria interessante aplicar este estudo a situações reais dentro de uma empresa, de forma a examinar ao pormenor todos o tipo de dificuldades, questões pertinentes, bem como a experiência dos decisores, que certamente ajudaria a melhorar a ferramenta.

Ao nível do protótipo, poderá ser melhorado, quer em questões de programação, quer em questões de interface. Para além do contexto prático que este modelo de avaliação e seleção de fornecedores apresenta, poderá ser incluído num programa informático de uma empresa, reportando assim os respetivos custos associados, medindo de forma realista onde e como reduzir custos, tempos de entrega, ou outro tipo de problemas associados aos fornecedores.

Outra ideia para trabalhos futuros, seria a comparação entre os vários modelos de seleção e avaliação de fornecedores, de forma a perceber num caso prático, quais as diferenças, vantagens e desvantagens entres eles.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. Faria, P. O. de & Vanalle, R. M. Critérios para a Seleção de Fornecedores : Uma Análise das Práticas de Grandes Empresas Industriais do Estado do Espírito Santo. *Xxvi Enegep* 1–9 (2006).
2. Douraid, A., Elhaq, S. L. & Ech-cheikh, H. A Conceptual and UML models of procurement process for simulation framework. *IJCSI Int. J. Comput. Sci. Issues* **6**, 120–127 (2012).
3. Abdolshah, M. A Review of Quality Criteria Supporting Supplier Selection. **2013**, (2013).
4. Ávila, P. *et al.* Supplier's Selection Model based on an Empirical Study. *Procedia Technol.* **5**, 625–634 (2012).
5. Sarajevo, E. Criteria for supplier selection : A literature review International Journal of Engineering , Business and Enterprise Applications (IJEBEA) Criteria for supplier selection : A literature review. (2017).
6. Lilleberg, T. & Thanh, T. T. Supplier evaluation criteria. 139 (2005).
7. Weber, C. A., Current, J. R. & Benton, W. C. Vendor selection criteria and methods. **50**, 2–18 (1991).
8. Ellram, L. M. Total cost of ownership; An analysis approach for purchasing. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* **25**, 4–23 (1995).
9. Zubar, H. A. & Parthiban, P. Analysis of supplier selection methods through analytical approach. (2016). doi:10.1504/IJLSM.2014.062123
10. Katip, I., Universitesi, C. & Kaya, T. SUPPLIER EVALUATION SYSTEM DEVELOPMENT WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND DISCRIMINANT ANALYSIS : A COMPARATIVE STUDY. (2017).
11. Scott, J. A., Scott, J., Ho, W., Dey, P. K. & Talluri, S. A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic , multi-stakeholder and multi-criteria environments Int . J . Production Economics A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic , mu. *Intern. J. Prod. Econ.* 1–12 (2014). doi:10.1016/j.ijpe.2014.11.008
12. Talluri, S. & Narasimhan, R. A methodology for strategic sourcing. **154**, 236–250 (2004).
13. Brito, M. P. De & Dekker, R. Reverse Logistics – a framework. 1–19 (2002).
14. Cheng, P. K. Suppliers Selection In Manufacturing Industries And Associated Multi-Objective Decision Making Methods : Past , Present And The Future. **12**, 93–113 (2016).
15. Lin, R. J. K. & Y. J. Supplier selection using analytic network process and data envelopment analysis. *Int. J. Prod. Res.* **5011**, 2852–2863, DOI 10.1080/00207543.2011.559487 (2012).
16. ã, S. H. H. & Keskar, H. Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. (2017). doi:10.1016/j.ijpe.2006.04.020

17. Molina, A. Enterprise Integration and Interoperability in Manufacturing Systems : trends and issues Enterprise Integration and Interoperability in Manufacturing Systems : trends and issues. (2008).
18. Li, N. A. N. A NOVEL APPROACH TO SUPPLIER SELECTION AND ORDER Supervisor : Dr . Mozafar Saadat. (2012).
19. Vanhaverbeke, W. Realizing New Regional Core Competence : Establishing A Customer-Oriented REALIZING NEW REGIONAL CORE COMPETENCE : ESTABLISHING A CUSTOMER-ORIENTED SME-NETWORK. (2014). doi:10.1080/0898562011003564
20. Mozota, R. W. V. and B. B. D. The Impact of User-Oriented Design on New Product Development: An Examination of Fundamental Relationships. *J. Prod. Innov. Manag. Vol. 22, No. 2, 2005, pp. 128-143. doi10.1111/j.0737-6782.2005.00110.x* (2005).
21. Supplier selection and business process improvement : an exploratory multiple case study Reza Mohammady Garfamy. **10**, 240–255 (2011).
22. Calvi, R. *et al.* Supplier selection for strategic supplier development To cite this version : HAL Id : halshs-00534830 CAHIER DE RECHERCHE n ° 2010-11 E4 Supplier selection for strategic supplier development. (2010).
23. Rabaa, A. A. Identifying Critical Success Factors of ERP Systems at the Higher Education Sector. (2005).
24. Abdolshah, M. A Review of Quality Criteria Supporting Supplier Selection. *J. Qual. Reliab. Eng.* **2013**, 1–9 (2013).
25. Boer, L. De, Labro, E. & Morlacchi, P. A review of methods supporting supplier selection. **7**, (2001).
26. Babak Daneshvar Rouyendegh. Selecting the best supplier using analytic hierarchy process (AHP) method. *African J. Bus. Manag.* **6**, (2012).
27. Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **1**, (2008).
28. Liu, D. Using the Analytical Hierarchy Process as a Tool for Assessing Service Quality. (2014).
29. Özdağoğlu, A. COMPARISON OF AHP AND FUZZY AHP FOR THE MULTI- CRITERIA DECISION MAKING PROCESSES WITH. 65–85 (2007).
30. Taha, H. A. Taha - Operation Research 8Ed.pdf. 813 (2007).
31. Oliveira, M. Multicriteria Decision Making : A Case Study in the Automobile Industry Multicriteria Decision Making : A Case Study in the Automobile Industry *. (2013).
32. Maletic, D. *et al.* An application of analytic hierarchy process (AHP) and sensitivity analysis for maintenance policy selection An Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Sensitivity Analysis for Maintenance Policy Selection. **47**, 177–188 (2014).
33. Rahimipoor, A. & Hasani, M. T. A mathematical model to select suppliers through data envelopment analysis integrated and total cost of ownership approaches (Case study: Value chain in Iran automotive industry). *World Appl. Sci. J.* **28**, 2254–2259 (2013).
34. Degraeve, Z. & Roodhooft, F. A mathematical programming approach for procurement using activity based costing. *J. Bus. Financ. Account.* **27**, 69–98 (2000).

35. Rosenback, M. ANTECEDENTS AND OBSTACLES TO TOTAL COST OF OWNERSHIP ANALYSIS IN INDUSTRIAL MARKETING — A CASE STUDY. (2013).
36. Ellram, L. M. & Maltz, A. B. The use of total cost of ownership concepts to model the outsourcing decision. *Int. J. Logist. Manag.* **6**, 55–66 (1995).
37. Ferrin, B. G. & Plank, R. E. Total cost of ownership models: An exploratory study. *J. Supply Chain Manag.* **38**, 18–29 (2002).
38. Drury, D. H. Determining It Tco: Lessons and Extensions. *9th Eur. Conf. Inf. Syst.* 825–836 (2001).
39. Visani, F., Barbieri, P., Di Lascio, F. M. L., Raffoni, A. & Vigo, D. Supplier's total cost of ownership evaluation: A data envelopment analysis approach. *Omega (United Kingdom)* **61**, 141–154 (2016).
40. Ellram, L. M. & Siferd, S. P. Total Cost of Ownership: A Key Concept in Strategic Cost Management Decisions. *J. Bus. Logist.* **19**, 55–84 (1998).
41. Wouters, M., Anderson, J. C. & Wynstra, F. The Adoption of Total Cost of Ownership for Sourcing Decisions – A Structural Equations Analysis by ISBM Report 4-2004 Institute for the Study of Business Markets The Pennsylvania State University The adoption of Total Cost of Ownership for sourcing decis. *Accounting, Organ. Soc.* **30**, 167–191 (2005).
42. Larson, P. D. Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies, David Simchi-Levi Philip Kaminsky Edith Simchi-Levi. *J. Bus. Logist.* **22**, 259–261 (2001).
43. Deshmukh, A. J. & Chaudhari, A. A. A Review for Supplier Selection Criteria and Methods. 283–284 (2011).
44. Aissaoui, N., Haouari, M. & Hassini, E. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Comput. Oper. Res.* **34**, 3516–3540 (2007).
45. Araz, C. & Ozkarahan, I. Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure. *Int. J. Prod. Econ.* **106**, 585–606 (2007).
46. Asghari, M. An Integrated Mathematical Model for Supplier Selection. *Ind. Eng. Manag. Syst.* **13**, 29–42 (2014).
47. Toloo, M. & Nalchigar, S. A new DEA method for supplier selection in presence of both cardinal and ordinal data. *Expert Syst. Appl.* **38**, 14726–14731 (2011).
48. Amindoust, A., Branch, N., Ahmed, S. & Shahadat, M. Supply chain management : supplier selection and performance evaluation Supply chain management : supplier selection and performance evaluation. (2011).
49. Liu, W. B., Meng, W., Li, X. X. & Zhang, D. Q. DEA models with undesirable inputs and outputs. *Ann. Oper. Res.* **173**, 177–194 (2010).
50. Narasimhan, R., Talluri, S. & Mendez, D. Supplier Evaluation and Rationalization via Data Envelopment Analysis: An Empirical Examination. *J. Supply Chain Manag.* **37**, 28–37 (2001).
51. Cheng, Y., Peng, J., Zhou, Z., Gu, X. & Liu, W. A Hybrid DEA-Adaboost Model in Supplier Selection for Fuzzy Variable and Multiple Objectives. *IFAC-PapersOnLine* **50**, 12255–

- 12260 (2017).
52. Dobos, I. & Vörösmarty, G. Green supplier selection and evaluation using DEA-type composite indicators. *Int. J. Prod. Econ.* **157**, 273–278 (2014).
 53. Fallahpour, A. Development of multi criteria decision making model for supplier selection using gene expression programming. (2016).
 54. Wesley, P. A. *Unified Modeling Language User Guide , The (2nd Edition) (Addison-Wesley Object Technology Series) Unified Modeling Language User Guide , The Unified Modeling Language User Guide , The Many of the designations used by manufacturers and sellers to dist. ResearchGate 2nd*, (2015).
 55. Rasad, M. Employee performance evaluation by the AHP : A case study EMPLOYEE PERFORMANCE EVALUATION BY AHP : A CASE STUDY Rafikul Islam. (2014).

ANEXOS

ANEXO A - PROTÓTIPO

ANEXO B – MACROS

ANEXO A - PROTÓTIPO

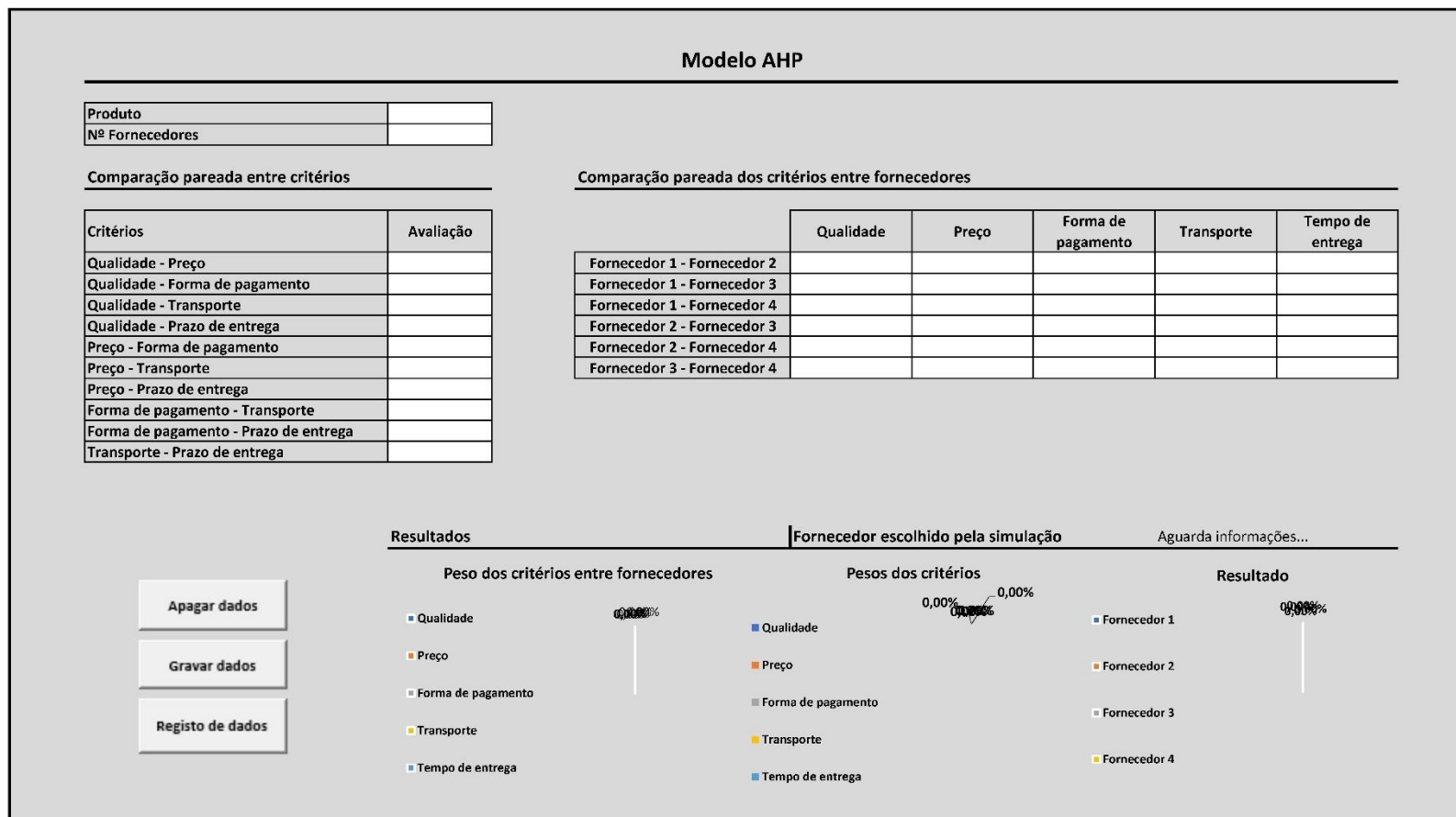


Figura 12 – Protótipo

ANEXO B – Macros

Botão Apagar dados

```
Sub Apagar()
```

```
Dim resposta As String
```

```
resposta = MsgBox("Apagar todos os registos?", vbYesNo + vbQuestion, "Apagar dados")
```

```
If resposta = vbYes Then
```

```
    Range("C5:C6,C11:C20,F11:J16").Select
```

```
    Range("F11").Activate
```

```
    Selection.ClearContents
```

```
MsgBox ("Todos os registos foram apagados")
```

```
Else
```

```
End If
```

```
End Sub
```

Botão Gravar dados

Sub Gravar()

```
Dim Dat As Date  
Dim ultimacel As Double  
Dim ultimacel1 As Double  
Dim ultimacel2 As Double
```

```
Sheets("Registo de dados").Select  
Sheets("Registo de dados").Activate
```

```
ultimacel = Worksheets("Registo de dados").Cells(Worksheets("Registo de dados").Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1
```

```
Dat = Now()  
ultimacel1 = ultimacel + 2  
ultimacel2 = ultimacel1 + 2  
Range("A" & ultimacel1).Select  
Range("A" & ultimacel1).Select  
Range("A" & ultimacel1).Value = Dat  
,  
' Gravar Macro  
,  
' Atalho por teclado: Ctrl+g
```

```
Worksheets("Cálculos").Select  
Worksheets("Cálculos").Activate
```

```
,  
Range("A150:G156").Select  
Selection.Copy  
Sheets("Registo de dados").Select  
Range("A" & ultimacel2).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAllUsingSourceTheme, Operation:=xlNone _  
, SkipBlanks:=False, Transpose:=False  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
Application.CutCopyMode = False  
With Selection  
    .VerticalAlignment = xlCenter  
    .WrapText = True  
    .Orientation = 0  
    .AddIndent = False  
    .IndentLevel = 0  
    .ShrinkToFit = False  
    .ReadingOrder = xlContext  
    .MergeCells = False  
End With  
With Selection  
    .VerticalAlignment = xlCenter  
    .WrapText = False
```

```
.Orientation = 0
.AddIndent = False
.IndentLevel = 0
.ShrinkToFit = False
.ReadingOrder = xlContext
.MergeCells = False
End With
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-27
Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit
With Selection.Interior
    .Pattern = xlNone
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Range("A9").Select
Sheets("Simulação").Select
Range("C24").Select

MsgBox "Registo efectuado", vbInformation, "Registo efectuado"
End Sub
```

Botão Escala fundamental

```
Sub Escala_fundamental()  
,  
' Escala_fundamental Macro  
,  
' Atalho por teclado: Ctrl+f  
,  
    Sheets("Escala fundamental").Select  
    Range("A1:C1").Select  
End Sub
```

Botão Back

```
Sub back()  
,  
' Escala_fundamental Macro  
,  
' Atalho por teclado: Ctrl+f  
,  
    Sheets("Simulação").Select  
    Range("C11").Select  
End Sub
```

Botão Registo

```
Sub Registo()  
,  
' Registo Macro  
,  
' Atalho por teclado: Ctrl+r  
,  
    Sheets("Registo de dados").Select  
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=-12  
    Range("A1:G2").Select  
End Sub
```

Botão Simulação

```
Sub simulação()  
,  
' simulação Macro  
,  
' Atalho por teclado: Ctrl+s  
' Sheets("Simulação").Select  
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=-12  
    Range("E21").Select  
End Sub
```

