



ANDRÉ HUMBERTO ANJOS AUGUSTO

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

# DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO DE RPA EM PROCESSOS DE APOIO À LOGÍSTICA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa  
Setembro, 2022





# DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO DE RPA EM PROCESSOS DE APOIO À LOGÍSTICA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

**ANDRÉ HUMBERTO ANJOS AUGUSTO**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Orientador:** Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz  
Professor Auxiliar Convidado, Universidade NOVA de Lisboa

**Coorientadores:** Miguel José Pereira Sales Cavique Santos  
Docente, Escola Naval

## Júri:

**Presidente:** Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes  
Professora Associada, Universidade NOVA de Lisboa

**Arguentes:** António Carlos Bárbara Grilo,  
Professor Catedrático, Universidade NOVA de Lisboa  
André Augusto Silva Correia Felício,  
Diretor Técnico, CEST, Comércio e Indústria, Lda.

**Orientador:** Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz  
Professor Auxiliar Convidado, Universidade NOVA de Lisboa



**Desenvolvimento de uma metodologia de implementação de RPA em processos de apoio à logística.**

Copyright © <André Augusto>, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*Aos meus pais, família e amigos*



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Pedro Espadinha da Cruz e ao Professor Miguel Cavique, orientador e coorientador, respetivamente, desta dissertação pela disponibilidade, ajuda e apoio que sempre demonstraram.

Aos colaboradores da CEST-Comércio e Indústria pela ajuda no decorrer desta dissertação, em especial ao André Lourenço, Pedro Moreira e André Felício por todos os conhecimentos transmitidos, disponibilidade, motivação e preocupação constante que tiveram para comigo.

Aos meus pais, por estarem sempre presentes em todas as fases da minha vida, por me apoiarem incondicionalmente e por me fazerem acreditar que consigo atingir os meus objetivos.

À minha família, por serem um pilar em todo o meu percurso de vida.

A ti, Elisa, por seres a pessoa que és, por poder partilhar todas as alegrias da minha vida contigo e pela motivação constante em momentos menos bons.

Aos meus amigos, por todos os momentos partilhados e por contribuírem para o meu crescimento.

Muito obrigado a todos.



“Thinking is hard work; that’s why so few do it.” (Albert Einstein).



## RESUMO

Nos últimos anos, ocorreram diversas alterações nas organizações, derivadas pelos avanços tecnológicos, o que provoca um aumento da exigência dos clientes e, conseqüentemente, competitividade entre as organizações. A utilização das Tecnologias de Informação (IT) auxilia nas tarefas repetitivas, permitindo ao ser humano focar-se em tarefas essenciais.

A literatura revela a falta de uma metodologia que permita auxiliar as organizações a implementar a Automação de Processos Robóticos (*Robotic Process Automation*, RPA) corretamente. Assim, a presente dissertação, tem como principal objetivo desenvolver uma metodologia nesse sentido. Deste modo, é realizada uma revisão de literatura, apresentando conceitos fundamentais da Indústria 4.0 e do seu desenvolvimento histórico, de RPA, de modelos de decisão e de ferramentas *Lean* e de Qualidade. Deste modo, com base nos conceitos revisitos na literatura, foi proposto uma metodologia, dividida em 4 fases, que permite a correta implementação de RPA nas organizações.

De forma a testar e validar a metodologia, foi realizado um estudo de caso na CEST-Comércio e Indústria, Lda. No estudo de caso, foi realizado o mapeamento dos seus processos empresariais, através da caracterização detalhada do sistema atual. Foi também desenvolvido um modelo de decisão, utilizando o Processo Hierárquico Analítico (*Analytical Hierarchy Process*, AHP), de modo a identificar o processo que deve ser automatizado inicialmente.

Como proposta de automatização foi desenvolvido um *robot* de RPA através do *software UiPath*, associado ao processo de leitura e processamento das faturas de clientes e posterior introdução dos dados pretendidos num mapa de *Excel*.

Os resultados obtidos demonstram que a implementação deste *robot* de RPA irá originar uma poupança no tempo de processamento de 62,8% e, conseqüentemente, uma poupança de 1,28 dias de trabalho, em média, por ano, para a tarefa em causa.

**Palavas chave:** Indústria 4.0, Diagramas BPMN, Método AHP, Automatização, RPA



## ABSTRACT

In the last few years, several changes have occurred in organizations, derived from technological advances, which caused an increase in customer demand and, consequently, competitiveness among organizations. The use of IT (Information Technology) helps in repetitive tasks, allowing human beings to focus on essential tasks.

Literature reveals the lack of a methodology to help organizations to implement Robotic Process Automation (RPA) correctly. Thus, the main objective of this dissertation is to develop a methodology in this sense. Therefore, a literature review is performed, presenting fundamental concepts of Industry 4.0 and its historical development, RPA, decision models and Lean and Quality tools. This way, based on the concepts reviewed in the literature, a methodology was proposed, divided into 4 phases, which allows the correct implementation of RPA in organizations.

To test and validate the methodology, a case study was carried out at CEST-Comércio e Indústria,Lda. In this case study, the mapping of its business processes was carried out, through the detailed characterization of the current system. A decision model was also developed, using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, to identify the organization's process that should be automated, in a first instance.

As an automation proposal, an RPA robot was developed through the UiPath software, associated to the process of reading and processing customer invoices and the subsequent introduction of the required data in an Excel map.

The results obtained show that the implementation of this RPA robot will lead to a saving in processing time of 62.8% and, consequently, a saving of 1,28 working days, on average, per year, for the task in question.

**Keywords** Industry 4.0, BPMN Diagrams, AHP Method, Automation, RPA



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	Enquadramento e justificação do tema.....	1
1.2	Objetivo da dissertação e metodologia de investigação.....	2
1.3	Estrutura da dissertação .....	3
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1	Indústria 4.0.....	5
2.1.1	Evolução da indústria .....	5
2.1.2	Conceitos essenciais .....	8
2.1.3	Objetivos sustentáveis.....	9
2.1.4	Desafios e perspetivas futuras .....	10
2.2	<i>Robotic Process Automation</i> .....	11
2.2.1	Conceito .....	11
2.2.2	Tipos de <i>software</i> .....	12
2.2.3	Áreas de Aplicação .....	14
2.2.4	Tipos de processos e critérios.....	17
2.2.5	Fases de implementação.....	18
2.2.6	Benefícios, Limitações e Perspetivas Futuras.....	21
2.3	<i>Business Process Management</i> .....	22

2.3.1	Colaboração de <i>Business Process Management</i> com <i>Robotic Process Automation</i>	23
2.3.2	<i>Business Process Modeling Notation</i> .....	24
2.3.3	<i>Business Process Modeling Notation 2.0</i> - Elementos .....	25
2.4	Análise Multicritério de Apoio à Decisão.....	27
2.4.1	Método <i>Analytic Hierarchy Process</i> .....	28
2.5	Ferramentas <i>Lean</i> e da Qualidade.....	30
2.5.1	Ferramentas <i>Lean</i> .....	30
2.5.2	Ferramentas da Qualidade .....	32
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA PROPOSTA.....</b>	<b>35</b>
3.1.1	Fase I: Diagnóstico da situação atual.....	36
3.1.2	Fase II: Pré-seleção dos critérios, alternativas e priorização das áreas de atuação	37
3.1.3	Fase III: Proposta de automatização.....	40
3.1.4	Fase IV: Monitorização e controlo.....	41
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>43</b>
4.1	CEST - Comércio e Indústria, Lda.....	43
4.1.1	A organização.....	43
4.1.2	Marcas representadas .....	45
4.1.3	Tipos de serviços.....	45
4.2	Fase 1 - Diagnóstico da situação atual.....	46
4.2.1	Mapeamento dos principais processos.....	49
4.2.2	Análise de oportunidades de melhoria .....	52
4.3	Fase 2 - Pré-seleção dos critérios, alternativas e priorização das áreas de atuação..	57
4.3.1	Método AHP .....	57
4.4	Fase 3 - Proposta de automatização .....	65

4.4.1	Automatização do processo com o <i>software UiPath</i> .....	67
4.4.2	Resultados da automatização .....	72
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>77</b>
5.1	Conclusões.....	77
5.2	Limitações ao estudo.....	79
5.3	Propostas de trabalhos futuros.....	80
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>83</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>89</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Estrutura da dissertação.....	3
Figura 2.1 - Evolução da indústria.....	6
Figura 2.2 - Desafios da Indústria 4.0. ....	11
Figura 2.3 - Principais <i>software</i> de RPA .....	13
Figura 2.4 - Áreas de utilização de RPA .....	15
Figura 2.5 - Introdução do robot " <i>Poppy</i> " nas LPANs.....	16
Figura 2.6 - Categorias de tarefas .....	18
Figura 2.7 - Fases de implementação de RPA .....	19
Figura 2.8 - Ciclo de vida do BPM.....	23
Figura 2.9 - Ciclo de Vida de BPM-RPA .....	24
Figura 2.10 - Principais métodos MCDM.....	28
Figura 2.11 - Hierarquia de decisão - Método AHP.....	29
Figura 2.12 - Símbolos característicos de um Fluxograma.....	33
Figura 2.13 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> representativo.....	34
Figura 3.1 - Metodologia proposta .....	35
Figura 3.2 - Estrutura hierárquica do método AHP proposto .....	38
Figura 4.1 - Localização da CEST - Climatização e Indústria, Lda. ....	44
Figura 4.2 - Organograma da CEST - Comércio e Indústria, Lda. ....	44
Figura 4.3 - Procedimento no fornecimento dos equipamentos.....	46
Figura 4.4 - A3 Proposta inicial .....	48
Figura 4.5 - Diagrama BPMN - Análise da Fatura de Fábrica .....	50
Figura 4.6 - Diagrama BPMN - Gestão de Encomendas.....	51

Figura 4.7 - Diagrama BPMN - Análise da fatura de Transportador .....	51
Figura 4.8 - Diagrama BPMN - Análise da fatura de Cliente.....	52
Figura 4.9 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> - Problemas de desempenho operacional .....	53
Figura 4.10 - Estado atual do armazém da CEST.....	53
Figura 4.11 - Impressão da folha de obra - Processo atual.....	54
Figura 4.12 - Impressão da Folha de obra - Processo futuro .....	55
Figura 4.13 - Escolha dos critérios para o método AHP .....	58
Figura 4.14 - Peso relativo de cada critério .....	60
Figura 4.15 - Resultados da aplicação do método AHP .....	63
Figura 4.16 - Análise da sensibilidade para os critérios: PE (a) US (b).....	64
Figura 4.17 - Análise da sensibilidade para os critérios: PC (a) PR (b). .....	64
Figura 4.18 - Diagrama BPMN do estado futuro - Análise da fatura de cliente.....	67
Figura 4.19 - Criação das variáveis iniciais e <i>Read Range</i> .....	68
Figura 4.20 - Abertura da fatura pretendida .....	69
Figura 4.21 - Normalização da fatura .....	69
Figura 4.22 - Leitura da fatura .....	70
Figura 4.23 - Armazenamento da informação na variável <i>InvoiceDT</i> .....	71
Figura 4.24 - Introdução dos campos no mapa de <i>Excel</i> e movimentação da fatura entre pastas .....	71
Figura 4.25 - Introdução dos campos no mapa de <i>Excel</i> e movimentação da fatura entre pastas .....	72
Figura 4.26 - Variáveis utilizadas .....	72
Figura A.1 - <i>Template</i> da folha de obra.....	90
Figura B.2 - Impressão da folha de obra .....	91
Figura C.3 - Exemplo de fatura de cliente.....	93

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Características do <i>software UiPath</i> .....	14
Tabela 2.2 - Características do <i>software Automation Anywhere</i> .....	14
Tabela 2.3 - Características do <i>software Blue Prism</i> .....	14
Tabela 2.4 - Principais benefícios da implementação do RPA .....	22
Tabela 2.5 - Principais limitações à implementação do RPA .....	22
Tabela 2.6 - Elementos BPMN 2.0 mais utilizados e respetiva notação .....	26
Tabela 2.7 - Escala fundamental de Saaty.....	30
Tabela 3.1 - Índice de Ridge (RI).....	40
Tabela 4.1 - Matriz de comparação entre critérios.....	59
Tabela 4.2 - Matriz de comparação das alternativas para o critério PE.....	60
Tabela 4.3 - Matriz de comparação das alternativas para o critério US.....	61
Tabela 4.4 - Matriz de comparação das alternativas para o critério PC.....	61
Tabela 4.5 - Matriz de comparação das alternativas para o critério PR.....	62
Tabela 4.6 - Cronometragem da tarefa de Registrar a fatura no mapa de Excel "Faturas vencidas e a vencer".....	73
Tabela 4.7 - Poupança por dia de trabalho com a automatização proposta .....	75



## SIGLAS

AC	Análise de fatura do Cliente
AF	Análise de fatura de Fábrica
AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i>
ANZ	<i>Australia and New Zealand Banking Group</i>
API	<i>Application Programing Interfaces</i>
AT	Análise de fatura do Transportador
AVAC	Ventilação e Ar condicionado
BPEI	<i>Process Execution Language</i>
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMI	<i>Business Process Management Initiative</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
CI	Índice de consistência
CPS	<i>Cyber-Physical Systems</i>
CR	Rácio de Consistência
ELECTRE	<i>Elimination Et Choix Traduisant la Réalité</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
GE	Gestão de Encomendas

GUI	<i>Graphical User Interface</i>
IA	Inteligência artificial
IoT	<i>Internet of Things</i>
IT	Tecnologias de Informação
LPANs	<i>London Premium Advice Notes</i>
MA	Manufatura aditiva
MADM	<i>Multi-Attribute Decision Making</i>
MCDM	<i>Multi-Criteria Decision Making</i>
MODM	<i>Multi-Objective Decision Making</i>
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
PC	Pensamento Crítico
PDCA	<i>Plan, Do, Check Act</i>
PE	Probabilidade de erro humano
PoC	<i>Proof of Concept</i>
PR	Processo repetitivo
PROMETHEE	<i>Preference ranking organization method for enrichment evaluation</i>
RI	Índice Aleatório
RPA	<i>Robotic Process Automation</i>
TOPSIS	<i>Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solutions</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
US	Utilização de diversos sistemas
UTA	Unidades de tratamento de ar
VRF	<i>Variable refrigerant flow</i>

**XMI**

*Extensible Markup Language*



# INTRODUÇÃO

O capítulo inicial consiste em contextualizar o trabalho desenvolvido e justificação do tema, apresentar os objetivos do estudo em causa e a metodologia de investigação utilizada. Por fim, é apresentado também a estrutura da dissertação.

## 1.1 Enquadramento e justificação do tema

Atualmente, vive-se um contexto de competitividade entre as organizações, em que a globalização das tecnologias e do mercado, com a introdução de tecnologias emergentes, aliada a uma exigência cada vez maior por parte dos clientes, faz com que as organizações sintam que devem estar preparadas para os desafios diários, respondendo com qualidade, rapidez e flexibilidade às situações propostas. Neste contexto, é de uma importância cada vez superior que as organizações estejam preparadas para responder às necessidades do mercado, mantendo ou aumentando o seu nível de serviço e reduzindo os custos (Verma et al., 2022).

A digitalização, definida como a aplicação de tecnologias digitais, foi equiparada à mecanização, eletrificação e às tecnologias de informação - as anteriores revoluções industriais, ganhando a digitalização a designação de 4ª Revolução Industrial (Rad et al., 2022). Com a 4ª Revolução Industrial é possível estabelecer modelos de produção flexíveis e personalizados dos produtos e serviços, com ligação à *Internet*, substituindo os que existem atualmente, aumentando a produtividade, capacidade de previsão de falhas e adaptação às necessidades dos clientes (Zhou et al., 2015).

Com a introdução e desenvolvimento da robotização dos processos em diversas áreas, nomeadamente das de produção, logística e administrativas, houve um aumento da sinergia entre o trabalho humano e o trabalho automatizado (Plattfaut et al., 2022). Os *robots* irão assim

continuar a desempenhar um papel de elevada importância nas organizações, permitindo aumentar a versatilidade e eficiência para uma vasta gama de processos de negócio (Plattfaut et al., 2022).

Nas tarefas de *back-office*, os *robots* de *Robotic Process Automation* (RPA) têm vindo a substituir os humanos nas tarefas mais monótonas, repetitivas e que não envolvem pensamento crítico (Flehsig et al., 2019). Estes tipos de *robots* permitem automatizar processos empresariais num curto espaço de tempo e de uma forma muito rentável economicamente. Segundo um estudo publicado pela *Forrester* cerca de 50% das organizações a nível mundial, após contexto pandémico de COVID-19, aumentaram o uso de *robots* de RPA, a nível interno, em tarefas administrativas (Plattfaut et al., 2022).

Vários estudos promovem a implementação de *robots* de RPA, demonstrando que a sua implementação é bastante benéfica, permitindo a poupança de muitas horas de trabalho aos colaboradores e à organização em que estão inseridos. Relativamente a custos monetários, existem diversos *software* e tipos de licenças, no entanto, o mais comum é obter o retorno do investimento inicial num prazo de 2 a 3 anos (Lacity & Willcocks, 2016).

Apesar da sua utilização melhorar a eficiência dos processos, as organizações possuem alguma dificuldade em adotar *robots* de RPA, devido à falta de metodologias que as apoiem na sua implementação (Cabello Ruiz et al., 2022). Esta dissertação permite, assim, auxiliar as organizações nesta dificuldade, ao fornecer uma metodologia de implementação de RPA, com recurso a um modelo de Análise Multicritério de Apoio à Decisão (*Multi-Criteria Decision Making* - MCDM).

## 1.2 Objetivo da dissertação e metodologia de investigação

A presente dissertação tem como objetivo desenvolver uma proposta de metodologia de implementação de RPA nas organizações, avaliando o estado de automatização de processos e posterior implementação de um *robot* de RPA, capaz de realizar determinadas tarefas de uma forma mais rápida e eficaz.

Esta metodologia inclui o desenvolvimento de um modelo de decisão que permita identificar o processo da organização que deve ser automatizado, numa primeira instância. Propõe-se, também, a posterior aplicação de um *robot* de RPA, com vista à sua implementação, constituindo uma sugestão de melhoria, com vista à reestruturação atual desse processo.

Esta dissertação, inclui ainda alguns objetivos secundários tais como a proposta da integração de ferramentas *Lean* em contexto empresarial e a apresentação das vantagens inerentes da automatização dos processos, através do RPA.

Para alcançar os objetivos propostos, é necessário é necessário realizar algumas etapas que se encontram de seguida:

1. Revisão de literatura sobre indústria 4.0, RPA, BPM, colaboração de BPM com RPA, análise multicritério de apoio à decisão e ferramentas *Lean* e de qualidade;
2. Propor uma metodologia que permita fornecer às organizações conhecimento de como avaliar o estado de automatização dos seus processos e implementação de *robots* de RPA em determinadas tarefas;
3. Realizar e detalhar o modelo de decisão proposto, utilizando critérios revistos na literatura e alternativas relativas às áreas que se pretendem automatizar;
4. Validar o modelo proposto, através da sua aplicação ao estudo de caso;
5. Implementação e desenvolvimento do *robot* de RPA;
6. Análise dos resultados obtidos.

### 1.3 Estrutura da dissertação

Na figura 1.1 é apresentada a estrutura da dissertação.

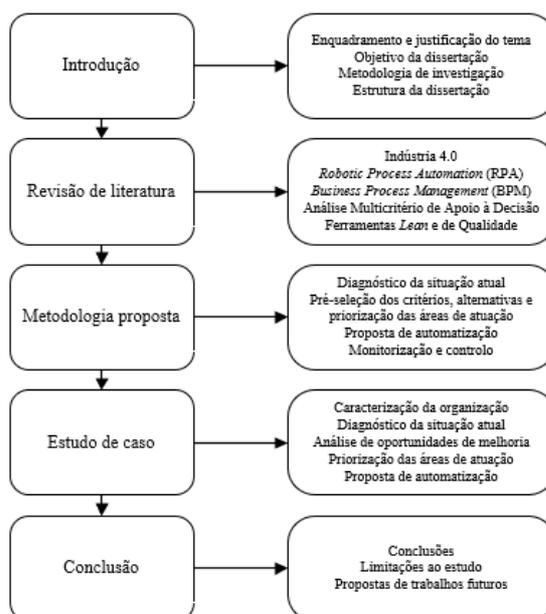


Figura 1.1 - Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por 5 capítulos:

- No primeiro capítulo, Introdução, é feito o enquadramento e justificação do tema, apresentado o objetivo da dissertação e a metodologia de investigação utilizada;
- No segundo capítulo, Revisão de literatura, é feita uma revisão científica e bibliográfica dos temas em estudo. Foi possível absorver e desenvolver conhecimentos nas áreas dedicadas ao estudo de caso e elaboração da dissertação;
- No terceiro capítulo, Metodologia proposta, é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento e implementação de *robots* de RPA nas organizações;
- No quarto capítulo, Estudo de caso, é apresentada a organização onde se desenvolveu a presente dissertação, é apresentado o correto mapeamento dos principais processos, análise de oportunidades de melhoria, desenvolvimento do modelo de decisão e, por fim, o desenvolvimento do *robot* de RPA;
- Por fim, no último capítulo, Conclusão, são abordadas as principais conclusões do estudo em causa, bem como algumas limitações encontradas no seu desenvolvimento e sugestões de trabalhos futuros.

Neste capítulo é realizada a revisão de literatura relacionada com o tema da dissertação, apresentando conceitos fundamentais da Indústria 4.0 e do seu desenvolvimento histórico, de RPA, de modelos de MCDM e de ferramentas *Lean* e de Qualidade, de maneira a suportar o desenvolvimento do estudo de caso.

## 2.1 Indústria 4.0

### 2.1.1 Evolução da indústria

De acordo com Lasi et al., (2014), a indústria é o setor económico que produz bens materiais mecanizados e automatizados. Nas 3 primeiras Revoluções Industriais, o ser humano testemunhou e criou tecnologias mecânicas, elétricas e de informação, com o objetivo de aumentar a produtividade nos processos industriais. A primeira revolução industrial melhorou a eficiência dos processos através da utilização de energia hidroelétrica, introdução da utilização do vapor e do desenvolvimento de maquinaria industrial. Na segunda revolução industrial, houve o desenvolvimento da produção elétrica e da produção em massa, através da introdução das linhas de montagem nas fábricas. Por fim, com a terceira revolução industrial acelerou-se os processos automatizados, utilizando tecnologias de eletrónica e de informação (Zhou et al., 2015). A mudança no ambiente industrial originou estas 3 revoluções, baseado na emergência de tecnologias inovadoras, provocando uma maior competitividade entre as organizações (Verma et al., 2022).

A denominação de Indústria 4.0, surgiu, pela primeira vez, num artigo publicado pelo governo alemão, em novembro de 2011, em resposta à crise da dívida europeia, de maneira a promover e consolidar ainda mais a produção alemã a nível global (Zhou et al., 2015).

A Indústria 4.0 é considerada a 4ª revolução industrial movida pela produção apoiada por técnicas inteligentes e inovadoras. O conceito de Indústria 4.0 é baseado na integração das tecnologias de informação e comunicação com as tecnologias industriais. É dependente da construção de sistemas ciber-físicos (*Cyber-Physical Systems* - CPS), de maneira que a

produção industrial se torne mais digital, informativa e sustentável. Em suma, a evolução histórica da indústria até aos dias de hoje pode ser visualizada na figura 2.1.

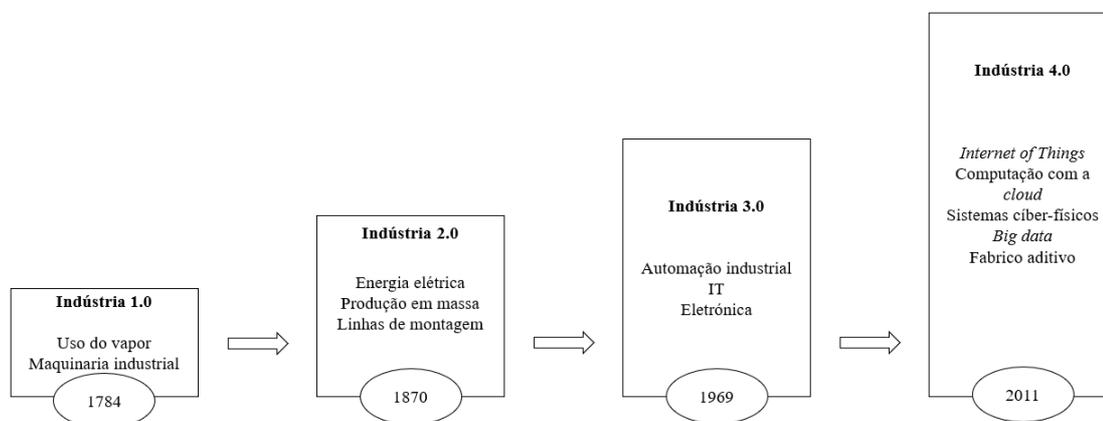


Figura 2.1 - Evolução da indústria.  
Adaptado de (Inuwa et al., 2022)

O principal objetivo da Indústria 4.0 é construir um modelo de produção altamente flexível, personalizado e digital dos produtos e serviços, com interações em tempo real entre pessoas, produtos e dispositivos durante o processo de produção, substituindo os métodos tradicionais da produção industrial (Zhou et al., 2015). Com uma digitalização avançada no interior das fábricas, a combinação de tecnologias inovadoras orientadas para o futuro, com máquinas e produtos inteligentes, provocou uma mudança de paradigma fundamental na indústria, onde se começou a caracterizar cenários em que os próprios produtos controlam o seu processo de fabrico (Lasi et al., 2014). Com a Indústria 4.0, houve a integração de novos conceitos industriais, aliados à inovação tecnológica, tais como a *Internet of Things* (IoT), a robótica, a Manufatura Aditiva (MA), a Inteligência Artificial (IA), tecnologias de *blockchain*, entre outros (Verma et al., 2022). A associação industrial alemã estimou que a Indústria 4.0 irá aumentar a produtividade industrial em 30% (Zhou et al., 2015).

A Indústria 4.0 também tem como objetivo revolucionar os processos logísticos, principalmente devido à otimização trazida pela tecnologia digital nas cadeias de abastecimento, mais concretamente nas áreas de transporte e distribuição. Através do uso de veículos guiados autonomamente, por exemplo, o carregamento do material pode ser planeado de forma a combinar a otimização de tempos e rotas, originando a um transporte menos frequente, com

um menor consumo energético e de CO<sub>2</sub> e com uma necessidade inferior de materiais em armazém (Chen et al., 2021).

O conceito de Indústria 4.0 é muito popular atualmente, originando uma elevada adoção por parte das organizações (Dev et al., 2020). Isto deve-se, sobretudo, devido à crescente inovação global e devido às organizações não quererem arriscar em perder os seus negócios, como aconteceu no passado, quando algumas organizações se depararam com perdas por não adotar os padrões industriais em desenvolvimento (Tang & Veelenurf, 2019).

De acordo com Zhou et al., (2015), existem 8 passos para que as organizações migrem o seu processo de fabrico para a Indústria 4.0:

- **Padronização dos sistemas:** um conjunto de normas uniformes tem de ser desenvolvido para que uma rede entre as diferentes fábricas e organizações possam ser integradas e interligadas;
- **Gestão eficiente:** é necessário desenvolver planos apropriados e modelos explicativos para otimizar a gestão industrial;
- **Estabelecimento de infraestruturas abrangentes:** a Indústria 4.0 impõe que as suas redes de comunicação sejam fiáveis, abrangentes e de alta qualidade;
- **Segurança e proteção:** deve ser assegurado que as instalações de produção não constituam uma ameaça às pessoas e ao ambiente, prevenindo ao mesmo tempo que a produção industrial seja feita de forma indevida;
- **Organização e conceção do trabalho:** devem ser feitas maiores exigências sobre a gestão da produção para que a automatização dos processos seja feita eficientemente;
- **Formação dos colaboradores e desenvolvimento profissional contínuo:** as organizações têm a responsabilidade e a obrigação de formar os seus colaboradores. É necessário estabelecer uma aprendizagem e um desenvolvimento profissional contínuo, com programas para ajudar os colaboradores a lidar com novas exigências;
- **Estabelecimento de um quadro regulamentar:** é evidente que as inovações originam novos problemas, havendo uma exigência de normas, acordos, auditorias e outros meios de controlo adequados nas organizações;
- **Melhorar a eficiência da utilização dos recursos:** a utilização de novos materiais, processos, tecnologias e outras medidas podem melhorar a eficiência da utilização dos recursos, equilibrando a sua produção e diminuindo a poluição.

De uma forma geral, a introdução da Indústria 4.0 no mundo global provoca a migração de produções centralizadas para descentralizadas, mudando produtos populares para produtos personalizados, com *designs* específicos, e aumentando a interação com o utilizador, de maneira que este possa interligar a produção com o entretenimento na criação dos produtos. Esta transição passa pela definição de objetivos e etapas mensuráveis e sustentáveis para que a digitalização da indústria e a automatização dos processos seja bem-sucedida (Zhou et al., 2015).

### 2.1.2 Conceitos essenciais

A Indústria 4.0 é um sistema complexo e flexível que envolve tecnologias de fabrico digitais, uso de redes de *network* globais e computação/automação. Deste modo, com a introdução de novas tecnologias, surgiram novos conceitos relacionados com a Indústria 4.0 (Zhou et al., 2015).

De acordo com Inuwa et al., (2022), existem 9 novos conceitos relacionados com a Indústria 4.0:

- **CPS:** são considerados a parte principal da Indústria 4.0, onde se dá a união entre os sistemas digitais e físicos. Os componentes físicos do sistema são regulados de forma digital para que seja possível irem de encontro com as especificações pretendidas;
- **IoT:** assegura que a flexibilidade de um sistema utiliza sensores omnipresentes que conduz a um fabrico autónomo. Baseia-se na conectividade de máquinas versáteis ao invés de existir uma ligação externa a terceiros. Tem como principal objetivo assegurar que os sistemas estão bem conectados à *Internet* para que estes possam ser conduzidos e otimizados de forma autónoma, com tomadas de decisão incorporadas;
- **Computação na *cloud*:** regula o funcionamento, assegura serviços de ponta a ponta dentro de um sistema, contribui para um acesso aberto a todo o sistema e aumenta a flexibilidade dos processos;
- ***Big Data*:** é definido como uma enorme quantidade de dados gerados através de sensores presentes durante as operações de fabrico. Pode vir de uma forma estruturada ou não estruturada. Estes dados podem ser armazenados e analisados,

o que irá ajudar a prever eventos não planejados durante o funcionamento, melhorar a eficiência do sistema e contribuir para uma gestão inteligente na tomada de decisão;

- **IA:** implica a personificação da percepção humana nos sistemas digitais e na incorporação da análise de uma enorme quantidade de dados. É utilizado para detetar falhas em tempo real, manutenção do sistema atual e proporcionar a tomada de decisão ótima;
- **Internet of Service (IoS):** possibilita que os serviços interligados dentro de uma organização sejam tornados efetivamente acessíveis através das tecnologias da *Internet*, permitindo às organizações consolidar, fabricar e oferecer novos serviços de valor significativo;
- **Tecnologias de *blockchain*:** serve como armazenamento de referência do histórico de um produto através de uma rede logística. Devido à ampla informação agora acessível na *Internet* sobre a conectividade em rede, haverá uma necessidade significativa de armazenar esses dados e de os utilizar no futuro, em que as tecnologias de *blockchain* poderão facilitar este problema;
- **MA:** também designada de impressão tridimensional (3D), permite a criação de configurações sofisticadas e acaba por tornar os desenhos de fabrico mais acessíveis do que parecem. É utilizado para a produção de produtos customizados e complexos;
- **Fabrico inteligente:** recorre à utilização da *Internet* no processo de fabrico. Ocorre na presença de uma combinação da IoT, CPS e IoS. Traz consigo uma cultura emergente de trabalho entre seres humanos e máquinas e a forma como decisões inteligentes podem ser tomadas ao longo da cadeia de valor.

### 2.1.3 Objetivos sustentáveis

A Indústria 4.0 é o conceito mais disruptivo da história do desenvolvimento industrial e tem chamado à atenção de muitos países e organizações (Verma et al., 2022). Há fortes indícios de que as tecnologias da Indústria 4.0 também lideram uma agenda de sustentabilidade e, portanto, a maioria dos países favorece a ideia do seu desenvolvimento e implementação. Diversas pesquisas defendem que as inovações da Indústria 4.0 conduzem a uma sustentabilidade rentável, socioambiental e orientada para a energia que beneficia o bem-estar social de qualquer sociedade (Bai et al., 2020).

De facto, a Indústria 4.0 está projetada para impulsionar o desempenho económico das organizações através da utilização dos recursos e processos de uma forma eficiente (Watanabe et al., 2016). Além disso, as tecnologias da Indústria 4.0 ajudam a reduzir o desperdício do material, aumentando a eficiência energética e, em última análise, aumentam a rentabilidade dos processos. O conhecimento da Indústria 4.0, com a ajuda de tecnologias avançadas estima eficazmente os recursos para o sistema de produção, com base em tempos reais e nos dados recebidos pelas cadeias de abastecimento, conduzindo a uma maior sustentabilidade nas decisões futuras. A Indústria 4.0 não é baseada apenas na tecnologia, visto que incorpora também um conceito sociotécnico que se integra com perspetivas sociais e organizacionais (Verma et al., 2022).

Apesar de vários estudos comprovarem que a Indústria 4.0 traz melhorias significativas para a sustentabilidade industrial, é de notar que também existem alguns desafios nesse ramo e existem barreiras que podem afetar o seu desempenho e os seus objetivos de sustentabilidade, tais como a ameaça de redução de emprego, desafios relativos à segurança dos dados, maior consumo elétrico e criação de resíduos eletrónicos (Verma et al., 2022).

#### **2.1.4 Desafios e perspetivas futuras**

Na era da Indústria 4.0, a produção global tem muitas oportunidades e desafios, sendo ainda uma visão focada no futuro, envolvendo muitos aspetos tecnológicos e enfrentando diversos tipos de desafios, principalmente científicos, tecnológicos, económicos, problemas sociais e questões políticas, tal como se pode observar na figura 2.2, implicando transformações a vários níveis (Zhou et al., 2015).

A Indústria 4.0 não é apenas uma revolução tecnológica da indústria, mas também social e organizacional, em que as interações sociais continuam a ser a chave. A integração de processos de uma forma digital irá promover que o fluxo de dados seja feito de uma forma mais ágil, flexível e com uma personalização da produção de uma forma mais eficiente, tendo em conta a experiência e o *feedback* dos clientes, promovendo a partilha de conhecimentos e a colaboração entre as entidades. Assim, permite também reduzir os prazos de entrega, e produzir bens com maior qualidade e sem defeitos, reduzindo os custos de produção (Teixeira & Tavares-Lehmann, 2022).

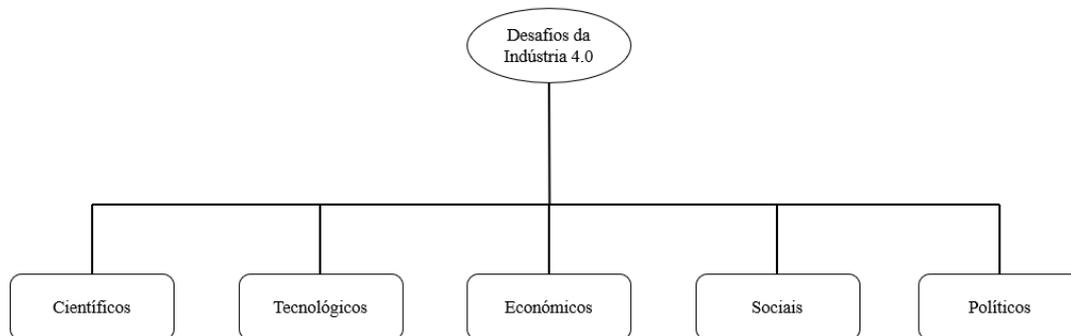


Figura 2.2 - Desafios da Indústria 4.0.  
Adaptado de (Zhou et al., 2015)

Uma organização que passe a operar com tecnologias da Indústria 4.0 requer uma maior utilização de dispositivos artificiais, o que, sucessivamente, irá reduzir a intervenção e envolvimento humano nos processos (Zhou et al., 2015). Um desafio muito importante e notado frequentemente diz respeito a compreender e promover a mistura correta de automatização e intervenção humana (Teixeira & Tavares-Lehmann, 2022). É expectável que as tarefas mais rotineiras, com menor grau de complexidade e em que não são necessários juízos de valor, sejam substituídas por tecnologias que possam realizar o mesmo trabalho de um colaborador de uma forma mais rápida e mais barata. Isto torna crítico a questão da requalificação, dadas as potenciais dificuldades que trabalhadores menos qualificados podem experimentar, o que pode ameaçar a coesão social, podendo provocar uma resistência a esta mudança por parte dos colaboradores (Teixeira & Tavares-Lehmann, 2022; Zhou et al., 2015). Também é expectável que surjam novos tipos de organizações, que adotem novos papéis específicos dentro do processo de fabrico ou na criação de redes de valor (Lasi et al., 2014). Outra preocupação muito importante, diz respeito a questões de legalidade, privacidade e cibersegurança, mais concretamente no que diz respeito à privacidade dos utilizadores e na proteção de dados (Teixeira & Tavares-Lehmann, 2022).

## 2.2 *Robotic Process Automation*

### 2.2.1 Conceito

Ao longo da história, as novas tecnologias permitiram o ser humano aumentar a sua produtividade em vários processos (Séguin et al., 2021). As mudanças na economia global

impulsionadas pelo desenvolvimento de novas tecnologias exigem que as organizações se tornem mais ágeis e respondam mais rapidamente às necessidades, desejos e exigências dos seus clientes. Além disso, as pressões competitivas e financeiras forçam as organizações a serem mais eficientes, procurando assim, constantemente, novas tecnologias e metodologias que as ajudariam a tornar-se mais produtivas, a poupar custos e a acrescentar valor para o seu negócio (Ivančić et al., 2019).

Muitas tarefas administrativas consomem muito tempo e criam pouco valor. Deste modo, foi necessário procurar *software* avançados que completassem tarefas complicadas, trabalhosas e repetitivas, permitindo automatizar certos processos em vários campos de aplicação (Flechsig et al., 2019; Séguin et al., 2021).

Uma das soluções, relativamente recente, e que está a emergir como uma nova tecnologia, é o RPA. O RPA é uma forma pouco codificada de automatizar processos empresariais, utilizando apenas a interface gráfica do utilizador, em que o termo *robot* apenas se refere a uma simples licença de *software* (Flechsig et al., 2019; Plattfaut et al., 2022). Esta tecnologia, surgiu no início dos anos 2000 e conta com um especial crescimento desde 2016, permitindo imitar o comportamento humano e colaborar, ou até mesmo substituir os trabalhadores de uma organização, ao automatizar tarefas administrativas simples e repetitivas (Januszewski et al., 2021; Ribeiro et al., 2021). Assim, com o RPA, é possível executar tarefas num curto espaço de tempo e de forma eficiente, permitindo às organizações melhorar drasticamente a relação custo-eficácia e a qualidade dos seus processos tradicionais. O *robot* RPA aprende os procedimentos a copiar os processos feitos anteriormente pelo ser humano, mas realizando as tarefas a uma velocidade muito superior (Lacity & Willcocks, 2016; Schmitz et al., 2019).

É de notar que a automação de processos empresariais, através do RPA, implica a colaboração entre humanos e os *software* respetivos, originando um regime híbrido, que é o que está a ser mais utilizado nos últimos anos (Cabello Ruiz et al., 2022).

### 2.2.2 Tipos de *software*

De maneira a realizar uma automatização bem conseguida é necessário escolher o *software* de RPA associado, de acordo com os processos que se pretendem automatizar. Segundo Hindle et al., (2017) a melhor solução é a *BluePrism*, no entanto, segundo outro estudo, promovido pela *Forrester*, de entre 15 *software* de RPA, conclui-se que os mais relevantes são a

*UiPath*, a *Automation Anywhere* e a *BluePrism*, tal como se pode observar na figura 2.3, tendo em consideração aspetos como a inovação, a segurança e a arquitetura do *software*.

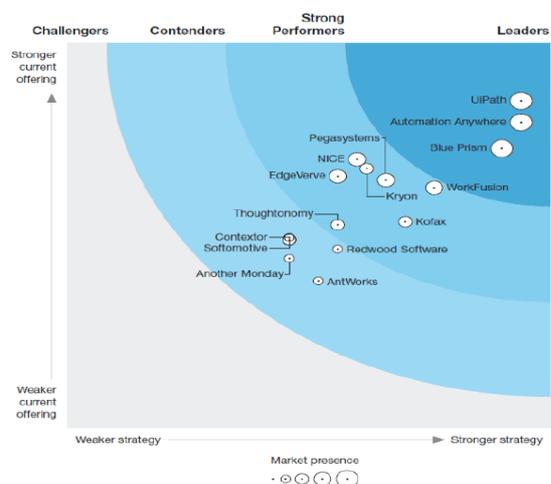


Figura 2.3 - Principais *software* de RPA  
Adaptado de (Clair, 2018)

Na figura 2.3, é relacionado a estratégia com a oferta provocada pelos *software* de RPA em análise, havendo uma divisão em 4 patamares distintos - *Challengers*, *Contenders*, *Strong Performers* e *Leaders*. De acordo com a figura 2.3, os *software* líderes são o *UiPath*, o *Automation Anywhere* e o *Blue Prism*, tal como foi dito anteriormente. No patamar de *Strong Performers* encontram-se 7 *software*, como o *Pegasystems* ou o *NICE*, por exemplo, e no nível de *Contenders* encontram-se 5 *software*, como o *Contextor* e o *Softomotive*. É de notar que no patamar de *Challengers* não se enquadrou nenhum *software* em análise.

No fundo, todos os *software* utilizam uma metodologia de *drag and drop* (arrastar e largar), de fácil utilização para o utilizador. No entanto, alguns *software* como o *Automation Anywhere* utilizam também métodos de inteligência artificial e realidade aumentada, enquanto que outros, como o *Kryon*, focam a utilização na análise de dados e em métodos para estudar a eficiência do processo (K. Kumar et al., 2021).

Segundo a pesquisa bibliográfica efetuada por Sibaliya et al., (2019), as principais características dos *software* líderes estão detalhadas nas tabelas 2.1, 2.2 e 2.3 respetivamente.

Tabela 2.1 - Características do *software UiPath*

<b>UiPath</b>	Pode ser alojado na <i>cloud</i> ou em terminais virtuais
	Agendamento e execução inteligentes
	Tecnologia baseada em <i>Microsoft.net</i>
	Suportado por diversas aplicações
	Características das aplicações web
	Pode interagir com SAP, PDF, Java e outras tecnologias

Tabela 2.2 - Características do *software Automation Anywhere*

<b>Automation Anywhere</b>	Utilização de funções cognitivas inteligentes, com base em <i>Machine Learning</i>
	Propriedades de <i>Optical Character Recognition</i> (OCR)
	Tecnologia baseada em plataformas de <i>Microsoft</i>

Tabela 2.3 - Características do *software Blue Prism*

<b>Blue Prism</b>	Gestão segura, escalável e centrada
	Automatização de tipos de documentos como Excel, XML ( <i>Extensible Markup Language</i> ), CSV e PDF
	Automatização de <i>software</i> desenvolvidos em Java ou baseados na <i>web</i>

### 2.2.3 Áreas de Aplicação

As tecnologias de RPA estão em crescimento em diversas áreas, principalmente nas de finanças, contabilidade e de recursos humanos, que têm muitas atividades repetitivas e monótonas, que consomem muito tempo dos trabalhadores e os retiram de atividades críticas exclusivamente feitas pelo ser humano. Para além destas, os *software* de RPA já estão a ser utilizados em outras áreas, tais como a área dos serviços, telecomunicações e vendas (Ivančić et al., 2019).

Na figura 2.4 pode-se verificar quais as áreas onde, atualmente, existe uma maior utilização do RPA e a respetiva previsão da sua utilização nos próximos 3-5 anos.

De acordo com o estudo realizado pela *Capgemini*, verifica-se que, atualmente, a área financeira e de contabilidade é onde existe uma maior utilização de *robots* de RPA, seguido das áreas de apoio ao cliente, vendas e de recursos humanos, consecutivamente. As áreas de

aquisição e armazenagem e de planeamento de produção, segundo este estudo, ainda não utilizam RPA, mas prometem investir nesse setor nos próximos 3-5 anos. Desta forma, pode-se prever que a área de finanças e contabilidade continuará a ser a área onde a utilização de RPA é mais elevada, seguida da de recursos humanos e da de apoio ao cliente.

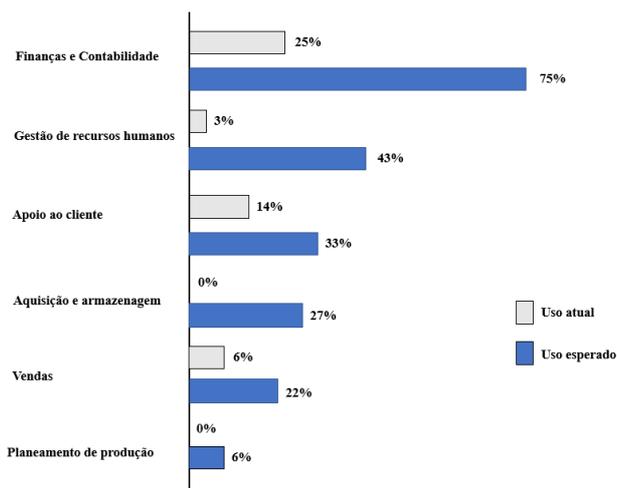


Figura 2.4 - Áreas de utilização de RPA  
Adaptado de (Capgemini Consulting, 2016)

## 2.2.3.1 Exemplos de Aplicação

### 2.2.3.1.1 Telefónica O2

Em abril de 2015, a Telefónica O2, o segundo maior fornecedor de telecomunicações móveis no Reino Unido, decidiu adotar *robots* de RPA para alguns processos *back-office*, com o objetivo de se tornar mais competitiva e reduzir custos e tempos desnecessários, que não acrescentavam valor à organização.

Desta forma, integrou mais de 100 *robots* de RPA para processar mais de 500.000 transações por mês (Lacity & Willcocks, 2016). De acordo com Lacity & Willcocks, (2015), o investimento em RPA seria recuperado em sensivelmente 1 ano, no entanto, o retorno desse investimento em 3 anos seria estimado entre 650% a 800%.

### 2.2.3.1.2 London Premium Advice Notes

No processo de atualização das *London Premium Advice Notes* (LPANs) para um repositório central no mercado de seguros, um *robot* de RPA, denominado de "*Poppy*" foi utilizado para automatizar os processos mais monótonos: validação de dados, acesso à base de dados, criação de documentos e carregamento do repositório. Após a adoção deste *robot* de RPA, o

tempo de processamento destas atividades foi de apenas 30 minutos em vez de vários dias (Huang & Vasarhelyi, 2019).

Em suma, a diferença dos processos anteriormente e posteriormente à implementação deste *robot* pode ser observada na figura 2.5.

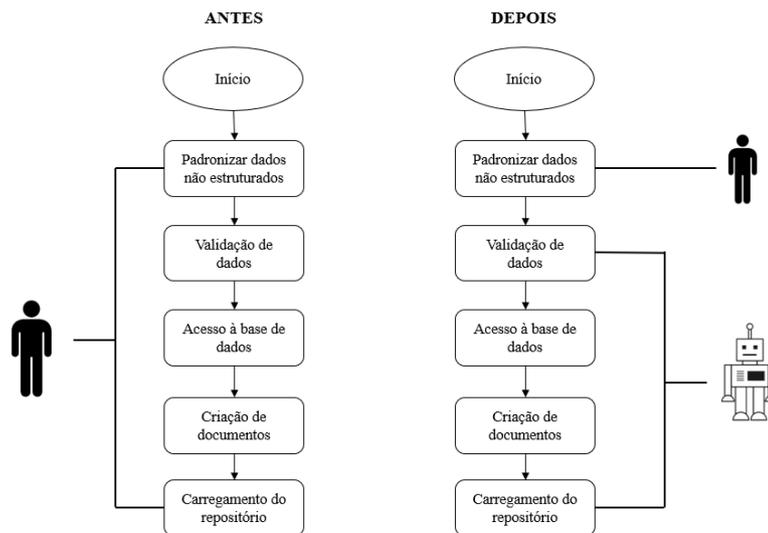


Figura 2.5 - Introdução do robot "*Poppy*" nas LPANs  
Adaptado de (Deloitte, 2017)

### 2.2.3.1.3 Australia and New Zealand Banking Group

A *Australia and New Zealand Banking Group* (ANZ), o quarto maior banco australiano, integrou um *robot* de RPA, em diversos processos de administrativos. Esta organização, começou, inicialmente, por introduzir apenas um *robot* de RPA apenas para operações relacionadas com operações de empréstimos bancários, no entanto, atualmente, utiliza RPA em processos de diversos departamentos, principalmente nas áreas financeiras e de recursos humanos.

Deste modo, houve uma redução drástica na necessidade de diversos colaboradores, provocando a sua diminuição na área de pagamentos financeiros, de 40 para apenas 2 colaboradores, originando consecutivamente uma redução de custos (Huang & Vasarhelyi, 2019).

## 2.2.4 Tipos de processos e critérios

Para que a implementação do RPA seja bem-sucedida, é necessário definir os critérios para que aconteça uma seleção rigorosa e padronizada dos processos. Desta forma, (Lacity & Willcocks, 2015; Sutherland, 2013) definiram 10 critérios para que um processo seja automatizado, auxiliando na sua identificação:

- Probabilidade de erro humano elevado;
- Processo manual e baseado em rotinas;
- Processo realizado sem ser necessário juízo crítico, baseado em rotinas pré-estabelecidas;
- Baseia-se em regras de decisão definidas à *priori*;
- Tarefas muito padronizadas;
- Processo repetitivo;
- Custo manual elevado;
- Nível de serviço prestado elevado;
- Processo sem ou com muito poucas exceções;
- Processo em que se utiliza diversos sistemas.

Assim, caso um determinado processo apresente as características enumeradas anteriormente, significa que está apto para a automatização e deve ser verificado se se deve proceder com a mesma.

De uma forma geral, tal como pode ser observado na figura 2.6, de acordo com George et al., (2021), os processos também podem ser distinguido em 3 categorias diferentes:

- **Categoria A:** Processos muito repetitivos e com poucas tarefas;
- **Categoria B:** Processos repetitivos, com alguma variedade de tarefas;
- **Categoria C:** Processos não repetitivos, com muita variedade de tarefas.

Tipicamente, apenas os processos que se encontram nas categorias A e B é que são adequadas para serem automatizadas por *software* de RPA. Os processos que se encontram na categoria C são extremamente complexos e requerem características avançadas que estão para além do âmbito de aplicação de RPA e, muitas vezes, são processos que devem ser feitos pelo ser humano (Flechsig et al., 2019; George et al., 2021).

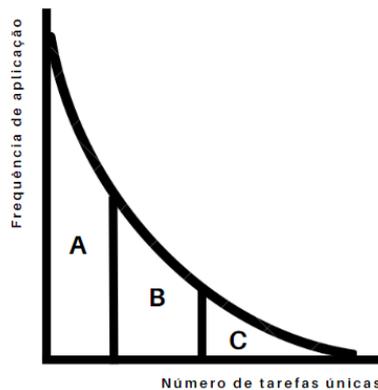


Figura 2.6 - Categorias de tarefas  
Adaptado de (George et al., 2021)

Existem vários tipos de processos empresariais onde o RPA pode ser aplicado, sendo os mais comuns os que se destacam de seguida (Cabello Ruiz et al., 2022; Plattfaut et al., 2022):

- Processamento de listas de texto e armazenamento de ficheiros;
- Relatórios periódicos, análise e entrada de dados;
- Criação de *emails* em massa e arquivamento e extração dos mesmos;
- Conversão de dados em formatos específicos / gráficos;
- Tarefas de *Enterprise Resource Planning* (ERP) e outras tarefas administrativas;
- Efetuar *login* em diversas aplicações;
- Realizar cálculos analíticos.

## 2.2.5 Fases de implementação

Tal como se pode observar na figura 2.7, de acordo com Huang & Vasarhelyi, (2019), devem ser consideradas 4 fases para a implementação de RPA nas organizações:

- Seleção do processo;
- Modificação do processo;
- Implementação;
- Avaliação da mudança.

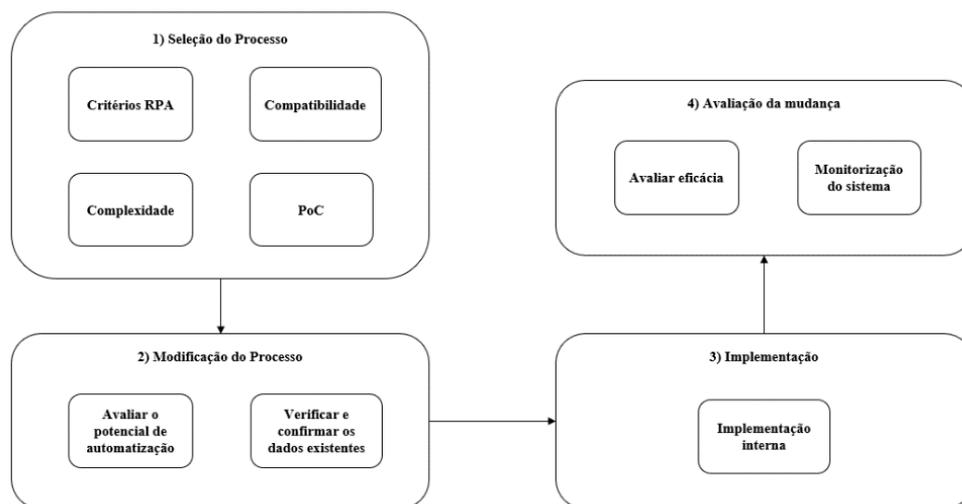


Figura 2.7 - Fases de implementação de RPA

### 2.2.5.1 Seleção do processo

Ao planear a adoção e incorporação de *robots* de RPA numa organização, é necessário identificar os candidatos apropriados com base em 3 principais fatores: critérios de RPA; compatibilidade dos dados e complexidade do processo (Huang & Vasarhelyi, 2019):

#### 2.2.5.1.1 Critérios de RPA

Em primeiro lugar, os processos têm que respeitar os critérios de RPA definidos anteriormente. Devem ser também tarefas com um estado de maturidade bastante elevado, no interior da organização, visto que são procedimentos menos suscetíveis de encontrar exceções e requerem menos intervenção humana (Lacity & Willcocks, 2016).

#### 2.2.5.1.2 Compatibilidade dos dados

No que diz respeito à compatibilidade dos dados, é importante verificar se os dados utilizados nesses procedimentos são compatíveis com o *robot* de RPA. Os dados devem estar em formato digital ou serem capazes de ser eficientemente transformados em conteúdo digital (Moffitt et al., 2018).

#### 2.2.5.1.3 Complexidade do processo

As organizações devem ter em conta que, apesar do RPA ser relativamente fácil de implementar, demora tempo e acarreta alguns riscos. Para reduzir esses riscos, as organizações devem avaliar a complexidade do processo em questão e começar pela implementação do RPA em tarefas mais simples. Só após isso é que se pode aplicar em tarefas com um maior grau de complexidade (Huang & Vasarhelyi, 2019).

#### 2.2.5.1.4 Proof of Concept

Deve ser também desenvolvido a *Proof of Concept* (PoC) para que a primeira fase esteja concluída. Com a PoC consegue-se constatar qual o potencial da automatização, através do volume e impacto na organização, com recurso a diagramas e esquemas. Para desenvolver a PoC é estimado que tenha a duração de 2 semanas (Huang & Vasarhelyi, 2019).

#### 2.2.5.2 Modificação do processo

Após a seleção do processo que será sujeito à implementação do RPA, as empresas devem analisar o procedimento em causa e, se necessário, alterá-lo de maneira que seja mais fácil enquadrar a implementação do RPA. Desta forma, são tidos em consideração os processos já selecionados para a automatização e definidos como prioritários (Huang & Vasarhelyi, 2019).

Para além disso, deve-se ter em consideração que os dados que irão ser utilizados devem ser padronizados. Normalmente, nas organizações, os colaboradores recolhem dados de diferentes plataformas pode provocar incoerência quando se tenta incorporar o RPA. Assim, as organizações devem verificar e confirmar a consistência dos dados antes de implementar no sistema. Caso os processos não estejam totalmente padronizados são feitas as alterações necessárias aos mesmos. De seguida, deve-se analisar as exceções que poderão existir e, se não for possível contemplar essas exceções na elaboração do RPA, o colaborador deve executá-las manualmente (Moffitt et al., 2018).

#### 2.2.5.3 Implementação

Para a implementação do *robot*, as organizações devem adquirir licenças de *software* de RPA, tais como o *UiPath*, *Automation Anywhere* ou *BluePrism*. Devem construir, de seguida, o seu *robot* de RPA, consoante as necessidades do processo. Geralmente, os *software* de RPA disponibilizam um manual de ajuda ao utilizador, que simplifica a programação do mesmo, podendo assim os colaboradores aprender rapidamente, e de uma maneira mais prática, como utilizar o *software*. Estes tipos de *software* funcionam com base em ícones pré-estabelecidos, que podem ser selecionados e arrastados para a área de programação do robot (Huang & Vasarhelyi, 2019).

De acordo com entrevistas realizadas aos líderes dos departamentos de RPA das Big 4, foi possível concluir que, normalmente, os colaboradores conseguem programar os *software*

de RPA para as funções necessárias, precisando apenas de programadores informáticos para tarefas mais complexas (Cooper et al., 2019).

É importante referir que a compreensão dos colaboradores sobre cada processo existente é essencial para programar com êxito o RPA, reduzindo o risco da implementação do mesmo (Lacity & Willcocks, 2016).

#### **2.2.5.4 Avaliação da mudança**

Nesta última fase, em primeiro lugar, deve-se monitorizar e acompanhar os processos que sofreram a automatização, realizando-se testes de maneira a encontrar potenciais falhas e verificando como é que o *robot* se comporta quando é sujeito a variabilidade no processo em causa. Deve-se fazer uma avaliação global da mudança e verificar, em termos práticos, quais as melhorias que a automatização provocou na organização, através de custos e tempos, por exemplo. Por fim, deve-se identificar novas oportunidades de automatizar processos em outras áreas da organização, garantindo que os processos já automatizados, não são alterados (Huang & Vasarhelyi, 2019).

### **2.2.6 Benefícios, Limitações e Perspetivas Futuras**

Em geral, as organizações estão cada vez mais interessadas no uso de tecnologias de RPA devido a ser uma tecnologia emergente com uma grande lista de utilidades e da sua flexibilidade de adaptação a mudanças no ambiente empresarial, a baixo custo. Deste modo, prevê-se que o número de organizações a implementar esta nova tecnologia aumente ao longo do tempo (Vajgel et al., 2021).

A longo prazo, é estimado que a implementação de RPA seja alargado a processos que não sejam estritamente definidos e baseados em regras, com a ajuda do desenvolvimento da inteligência artificial (Sibalija et al., 2019).

É preciso ter em conta que muitas vezes a automatização é associada à perda de posto de trabalho pelo ser humano, o que faz com que muitos trabalhadores fiquem reticentes às automatizações que querem ser implementadas. No entanto, o principal objetivo de automatizar certas tarefas é fazer com que o trabalhador aloque o seu esforço em atividades que seja necessário o pensamento crítico e retirá-lo de tarefas monótonas e repetitivas. Para que se proceda com automatização de processos, é essencial a colaboração entre o ser humano e o *robot* e que ambas as partes trabalhem em sintonia (Cabello Ruiz et al., 2022; Willcocks & Lacity, 2016).

Os principais benefícios e limitações de *robots* de RPA nas organizações podem ser verificados nas tabelas 2.4 e 2.5 (Flechsigt et al., 2019; Lacity & Willcocks, 2016; Vajgel et al., 2021).

Tabela 2.4 - Principais benefícios da implementação do RPA

<b>Benefícios</b>	Não necessita de um investimento inicial significativo
	Não provoca uma mudança considerável na estrutura da organização
	Aumenta a eficiência operacional
	Aumenta a qualidade dos serviços
	Podem ser implementados de uma forma relativamente rápida
	Abrangente e com uma grande lista de utilidades
	Flexibilidade de adaptação a mudanças no ambiente empresarial

Tabela 2.5 - Principais limitações à implementação do RPA

<b>Limitações</b>	Os trabalhadores podem encarar como uma ameaça ao seu posto de trabalho
	Pode originar ameaças à cibersegurança da organização
	Pode-se proceder à implementação de RPA sem uma análise correta dos processos
	Dificuldade de adaptação dos trabalhadores à mudança

### 2.3 *Business Process Management*

O BPM foi um conceito desenvolvido na década de 1990 e pode ser definido, segundo Flechsigt et al., (2019), como uma abordagem sistémica orientada para a captura, conceção, execução, documentação, medição, monitorização e controlo de processos automatizados e não automatizados, a fim de cumprir os objetivos que estão alinhados com a estratégia empresarial de uma organização. No fundo, pode-se considerar como uma abordagem geral de processos, em que estes são interpretados de forma abrangente a toda a organização e otimizados com uma perspetiva organizacional. Através desta metodologia, os processos podem ser alinhados com a estratégia de negócio da organização, melhorando a sua eficiência de forma global a toda a organização. Para além disso, a sua implementação oferece outras vantagens, tais como a redução de custos, o aumento da qualidade dos processos, flexibilidade organizacional e desempenho, bem como a satisfação geral de clientes e colaboradores.

De uma forma geral, a sequência de atividades realizadas num projeto onde se implementa o BPM pode ser feita tal como exemplificado na figura 2.8.

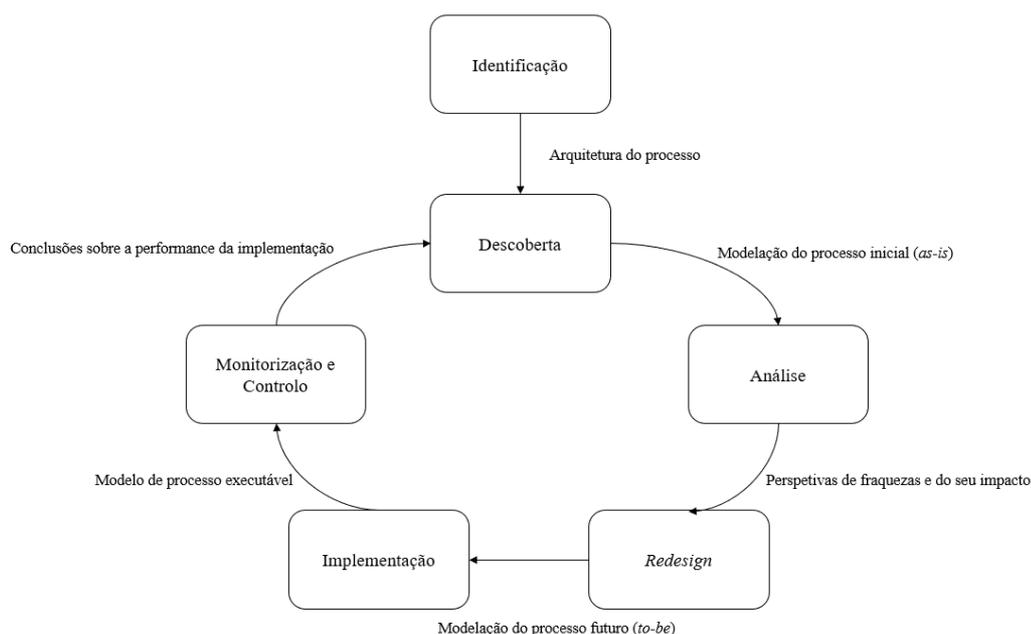


Figura 2.8 - Ciclo de vida do BPM  
Adaptado de (Dumas et al., 2018)

### 2.3.1 Colaboração de *Business Process Management* com *Robotic Process Automation*

A combinação de BPM com RPA oferece 3 grandes benefícios. Em primeiro lugar, iria beneficiar o RPA, visto que este método não é adequado para processos extensivos. Assim, o RPA poderia ser muitas vezes aplicado se o processo em análise fosse simplificado e otimizado anteriormente, através do BPM. Em segundo lugar, o fluxo de RPA seria beneficiado pela monitorização e controlo, característico do BPM, permitindo uma deteção mais rápida e análise do potencial do processo. Por fim, em terceiro lugar, o BPM beneficia de uma interação com o RPA, na medida em que o RPA aumenta as possibilidades de automatização de processos que não são economicamente viáveis com o BPM (Flechsig et al., 2019).

Flechsig et al., (2019), apresenta uma metodologia para que a colaboração de BPM com RPA seja bem-sucedida. As primeiras 4 fases são inspiradas no ciclo de vida do BPM, apresentada na figura 2.9. O processo atual é estabelecido, analisado e otimizado para criar o processo futuro. De seguida, posteriormente ao *redesign* e otimização do processo, deve-se verificar se este é adequado para ser automatizado por RPA. Esta verificação deve ser feita através de 6 questões essenciais:

- O processo é repetitivo e padronizado?
- O potencial de erro é elevado?
- É necessário um processamento permanente?

- O processo é relevante para a organização?
- O orçamento disponível para a implementação é baixo?
- O processo ocorre frequentemente e não envolve juízos de valor?

Caso estas questões sejam respondidas afirmativamente, o processo, à partida, é suscetível para ser automatizado. Esta metodologia de cooperação entre RPA e BPM pode ser observada, com maior detalhe, na figura 2.9 (Flechsig et al., 2019).



Figura 2.9 - Ciclo de Vida de BPM-RPA

Adaptado de (Flechsig et al., 2019)

Através desta sinergia, o processo de BPM não é alterado, visto que o ciclo de vida de BPM mantém-se o mesmo, onde apenas, a certo ponto e caso o processo seja compatível com as características do RPA, é que este é implementado.

### 2.3.2 Business Process Modeling Notation

O *Business Process Model* é um modelo que descreve os processos empresariais de uma organização. Desta forma, é uma ferramenta importante para compreender as atividades e a informação que são tipicamente utilizadas para alcançar os objetivos empresariais. Este modelo, pode ser descrito em várias notações, sendo a mais conhecida e utilizada a *Business Process Modeling Notation* (BPMN), que foi criada em 2001 pela BPMI (*Business Process Management Initiative*), que tinha o objetivo de criar uma linguagem XML para a execução de processos empresariais. Esta notação apresenta uma variedade de símbolos que permitem a

descrição do processo de forma eficaz e detalhada e é normalmente utilizada pelos gestores de processos empresariais (Macek & Richta, 2009).

A última versão desta notação foi disponibilizada em 2011 e é denominada de *BPMN 2.0*, que mantém o objetivo inicial desta notação, ou seja, de criar uma notação que seja facilmente compreendida por todos os utilizadores empresariais, bem como pelos programadores técnicos responsáveis pelo desenvolvimento das ferramentas de execução do processo. A intenção subjacente a esta adição é de mitigar a diferença entre a modelação dos processos e a sua execução através de um *software* (Geiger et al., 2018).

As principais vantagens da utilização da notação BPMN são as seguintes (Arevalo et al., 2016; Geiger et al., 2018):

- O BPMN não tem ambiguidade nos seus componentes de notação. Isto significa que cada elemento gráfico tem um significado específico, bem como regras de modelação específicas, o que facilita a comunicação dos detalhes do processo, uma vez que só se tem de conhecer a notação e a modelação de processos será compreendida facilmente;
- O BPMN é uma norma com uma especificação pública que inclui um modelo que pode ser alargado de modo a melhorar a notação com capacidades mais específicas, como por exemplo as de animação;
- O BPMN pode ser traduzido para uma linguagem de execução de processos empresariais como BPEL (*Business Process Execution Language*).

Apesar de ser a notação mais utilizada, o BPMN apresenta alguns desafios, principalmente relacionados com a complexidade da notação em causa. O BPMN foi concebido como uma ferramenta de modelagem eficiente. Por conseguinte, contém símbolos que representam uma ação não atómica e, portanto, aceleram o processo de modelagem. Isto é uma vantagem para o criador do modelo, mas não para o leitor, não familiarizado com a notação em causa (Macek & Richta, 2009).

### **2.3.3 *Business Process Modeling Notation 2.0 - Elementos***

De acordo com a Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0, (2011), a especificação do BPMN identifica cinco categorias básicas dos elementos:

- Objetos de fluxo;
- Dados;
- Objetos de ligação;
- *Swimlanes*;

- *Artifacts.*

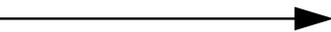
A partir desta lista, a primeira categoria é a que contém os elementos mais utilizados, que são os Eventos, as Atividades e os Decisores.

Outra categoria importante é a dos Objetos de ligação. Esta categoria contém os seguintes elementos: Fluxos de sequência; Fluxos de mensagens; Associações e Associações de dados.

É de notar a utilização frequente das *Pools* e *Lanes*, que pertencem às *Swimlanes*. Relativamente ao primeiro, representa graficamente um participante numa colaboração, enquanto o segundo representa uma partição dentro de um processo, por vezes enquadrado numa *Pool*.

Todos estes elementos têm um elemento gráfico na especificação, tal como apresentado na tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Elementos BPMN 2.0 mais utilizados e respetiva notação.  
Adaptado de (*Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0, 2011*).

Elemento	Notação
Evento	
Atividades	
Decisores	
Fluxos de sequência	
Fluxos de mensagens	
Associações	
<i>Pool</i>	
<i>Lane</i>	

O BPMN não suporta graficamente filas de espera, recursos ou instâncias de processo. Portanto, para apresentar uma execução de processo através de animação usando a notação BPMN é necessário estendê-la com estes elementos gráficos em falta (*Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0*, 2011).

## 2.4 Análise Multicritério de Apoio à Decisão

Nos dias de hoje, são tomadas diversas decisões a partir de vários critérios em análise, pelo que a decisão pode ser tomada fornecendo pesos a critérios diferentes. Desta forma, é importante determinar a estrutura do problema e avaliar explicitamente os critérios múltiplos. Os modelos de MCDM proporcionam uma forte tomada de decisão em domínios onde a seleção da melhor alternativa é altamente complexa e pode ser utilizada em problemas nas mais diversas áreas. Para além disso, ajudam a escolher as melhores alternativas onde muitos critérios já existem e onde o melhor pode ser obtido analisando o âmbito diferente dos critérios (Aruldoss et al., 2013). Desta forma, o seu principal objetivo consiste em ajudar os decisores a analisar determinados problemas e auxiliar na decisão correta a tomar (Buran & Erçek, 2022).

Habitualmente, é necessário utilizar o desejo do decisor para diferenciar entre soluções onde não existe uma solução ótima única, que se tornam mais complexos à medida que existem mais critérios para as alternativas em análise (Aruldoss et al., 2013).

De acordo com Hanaoka & Kunadhamraks, (2009), existem dois tipos de problemas MCDM: os problemas de tomada de decisão com múltiplos atributos, com um número de alternativas finito (*Multi-Attribute Decision Making - MADM*) e os problemas de tomada de decisão com múltiplos objetivos, com um número de alternativas infinito (*Multi-Objective Decision Making - MODM*).

Ainda Hanaoka & Kunadhamraks, (2009), afirma que um problema de decisão multicritério apresenta 4 conceitos principais:

- **Objetivo:** objetivo geral do problema;
- **Alternativas:** possíveis alternativas para o problema;
- **Critérios:** critérios a partir dos quais se avaliam as alternativas
- **Avaliação de desempenho:** conjunto de métodos para avaliar o desempenho das alternativas, de acordo com os critérios definidos.

Existem diversos modelos de MCDM, sendo a sua aplicação um tema bastante estudado na literatura e abrangente em diversas áreas de estudo. No entanto, no fundo, todos permitem

a resolução de problemas complexos, para critérios definidos, de maneira a concluir sobre a melhor alternativa em análise (Aruldoss et al., 2013). Os principais métodos de MCDM são os que se encontram de seguida, e podem ser verificados em maior detalhe na figura 2.10.

- **AHP:** *Fuzzy AHP*;
- **ELECTRE** (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*): ELECTRE I, II, III e IV
- **TOPSIS** (*Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solutions*)
- **PROMETHEE** (*Preference ranking organization method for enrichment evaluation*): PROMETHEE I e II
- **Grey Theory**

Segundo a pesquisa bibliográfica efetuada por Aruldoss et al., (2013), os principais métodos MCDM e mais utilizados na literatura em geral são os métodos AHP e TOPSIS.

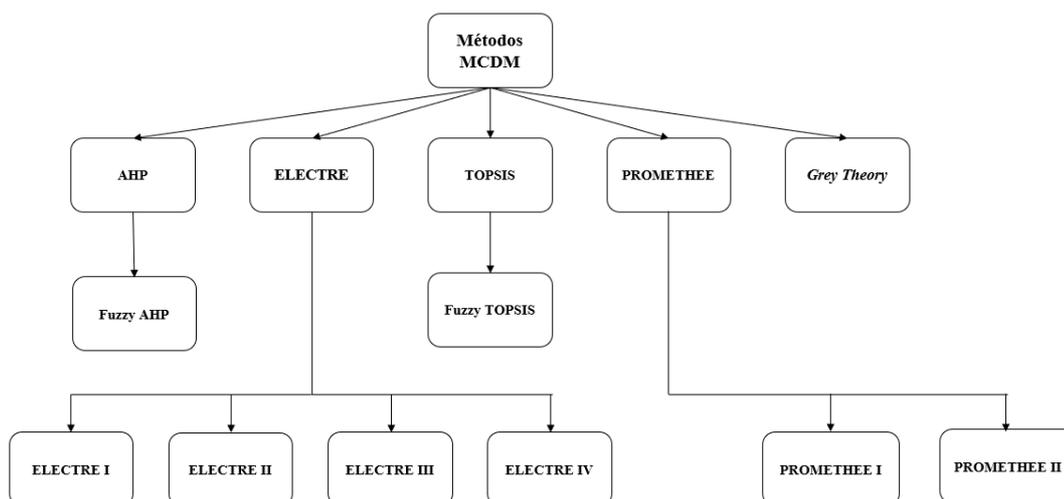


Figura 2.10 - Principais métodos MCDM

### 2.4.1 Método *Analytic Hierarchy Process*

O método AHP é um dos principais modelos de MCDM, que permite a decomposição de um problema de decisão nas suas partes fundamentais, de forma hierarquicamente estruturada, fazendo a comparação par a par, tanto das alternativas para cada critério, como para os próprios critérios em análise (Ransikarbum & Leksomboon, 2021). Uma das vantagens do método AHP é que permite a tomada de decisões em grupo, combinando as decisões de todos

os membros do grupo, de maneira que a decisão ideal inclua a opinião de todos os membros. Além disso, é um método de fácil aplicação, capaz de se enquadrar em problemas de pequena e grande dimensão (Buran & Erçek, 2022).

Assim, para a aplicação deste método, é necessário criar uma hierarquia de decisão e decompor o problema, tal como ilustrado na figura 2.11.

Este método é baseado na teoria da prioridade, em que trata dos problemas complexos que envolvem a consideração simultânea de múltiplos critérios e alternativas (Aruldoss et al., 2013).

É também necessário criar dados de julgamento através de uma matriz de comparação de elementos de decisão em pares ( $A$ ), em que cada elemento deve ser independente. Esta matriz de comparação foi construída por Saaty, (1990) e pode ser observada, com maior detalhe, na tabela 2.7.

Esta matriz de comparação permite fazer a comparação de critérios e alternativas a pares, sendo que, posteriormente, deve ser normalizada dividindo cada parcela da matriz pelo somatório da coluna respectiva. O peso de cada critério ( $W_n$ ) será obtido através do somatório de cada linha da matriz normalizada. No caso das alternativas, o processo é semelhante, em que será possível obter a prioridade de cada alternativa, para cada critério em análise (Yadav et al., 2022).

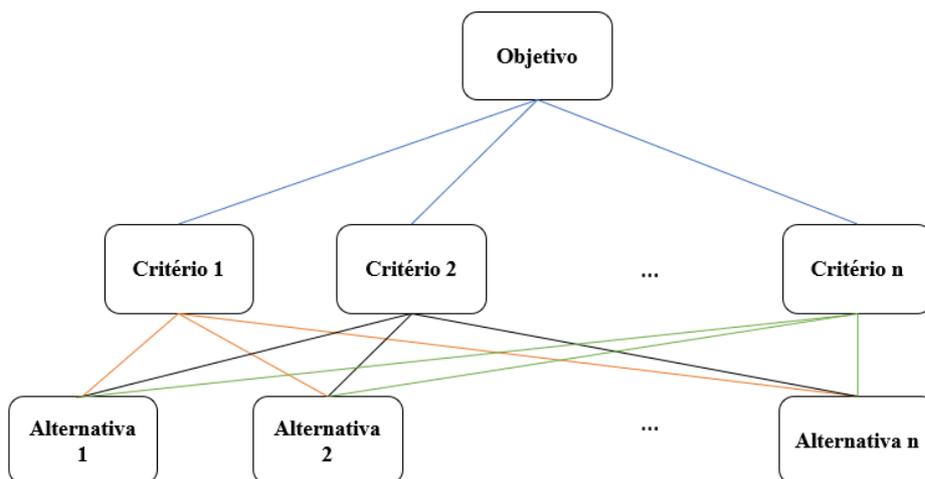


Figura 2.11 - Hierarquia de decisão - Método AHP  
Adaptado de (Buran & Erçek, 2022)

Tabela 2.7 - Escala fundamental de Saaty

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas entidades

Após a criação das matrizes, é necessário verificar a sua consistência. O Índice de Consistência (CI) é definido de acordo com a equação 2.1 (Zare et al., 2022):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.1)$$

Em que  $\lambda_{max}$  é o máximo valor da matriz e  $n$  é o comprimento da matriz. Dividindo o valor de CI pelo Índice Aleatório (RI) é obtido o Rácio de Consistência (CR). Se o rácio de consistência for inferior a 10%, os cálculos estão aprovados, já que a matriz de comparação criada é consistente, no entanto, caso isso não aconteça a análise deve ser repetida. Por fim, é possível chegar à conclusão da melhor alternativa, consoante os critérios em análise (Zare et al., 2022).

Para a utilização deste método, é bastante comum a utilização de *software* de apoio, sendo o mais comum o *Super decisions*, que tem sido utilizado em diversas áreas, tais como a de produção, gestão ambiental, aviação, centrais hidroelétricas e agricultura (Saracoglu, 2015).

## 2.5 Ferramentas *Lean* e da Qualidade

### 2.5.1 Ferramentas *Lean*

O conceito de *Lean Manufacturing* é considerado como uma filosofia de melhoria contínua, que é semelhante ao *Kaizen* ou ao *Toyota Production System* (TPS). Foi introduzido pela primeira vez na indústria automóvel japonesa, após a 2ª Guerra Mundial, devido à escassez de recursos, dinheiro e mão de obra especializada (N. Kumar et al., 2022)

A gestão *Lean* procura alcançar os objetivos de uma determinada tarefa com a maior segurança e qualidade, valorizando a redução dos custos e dos prazos de entrega. É, desta forma, uma metodologia bastante recorrente nas indústrias, na medida em que permite a redução do desperdício na produção industrial (N. Kumar et al., 2022)

O pensamento *Lean* é utilizado para retirar o melhor partido de cada fase do processo em causa, tendo em conta as necessidades de gestão do cliente, a flexibilidade, a alta qualidade e a redução do desperdício, em termos de tempo e custo (N. Kumar et al., 2022).

### 2.5.1.1 Ferramenta A3

A metodologia A3 é uma ferramenta *Lean* bastante utilizada para identificar desperdícios no processo de produção. Esta metodologia permite mostrar a informação chave e essencial sobre um problema específico ou um conjunto de problemas. Deve, também, ser perceptível num curto período e delineada numa folha A3. É apresentado diferentes estruturas na literatura científica, mas todas se baseiam no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), elaborado por Deming (Pereira et al., 2019).

Existem diversos *templates* para cada fase do projeto, sendo que esta metodologia pode ser elaborada como uma proposta inicial, na fase de desenvolvimento e no final do projeto. Como proposta inicial, habitualmente, apresenta as seguintes secções (Sobek & Jimmerson, 2004):

- **Introdução** - Conceito e Estratégia;
- **Proposta** - Como será desenvolvida a melhoria;
- **Plano** - Condições necessárias e motivo, efeito esperado e responsáveis;
- **Problemas que devem ser resolvidos** - O que se deve realizar para contornar as barreiras envolventes;
- **Agenda do plano** - Datas concretas para cada fase de intervenção.

Esta metodologia exige a documentação de como o trabalho realmente acontece, em que a melhor forma, e provavelmente a mais credível de documentar o trabalho real é observá-lo em primeira mão. Permite também aos colaboradores da organização resolver os problemas de uma forma real e concreta, em vez de trabalharem apenas à sua volta (Sobek & Jimmerson, 2004).

Outra vantagem desta metodologia, é que com a sua elaboração, os autores são capazes de observar os seus problemas de uma forma mais fácil e eficaz. Para além disso, a construção destes relatórios não requer longas horas de formação especializada e servem como objetos

de fronteira altamente eficazes entre indivíduos e unidades organizacionais (Sobek & Jimmerson, 2004).

## 2.5.2 Ferramentas da Qualidade

O *Total Quality Management* (TQM) é uma abordagem de gestão que leva as organizações a utilizarem os seus recursos de forma eficiente, através de uma visão de melhoria contínua para satisfazer as expectativas e satisfações dos clientes. É um conceito em evolução desde a revolução industrial, em que as suas práticas estão a mudar ou a emergir através de muitos investigadores ou profissionais (Elibal & Özceylan, 2022).

Desde 1920 que este conceito já passou por diversas fases: controlo de qualidade, garantia de qualidade e controlo de qualidade total, em que cada fase alargou o âmbito do conceito (Ghobadian & Gallear, 2001).

Através do TQM, surgem as ferramentas da qualidade, em que a sua utilização destina-se essencialmente à dissecação de processos, compreendendo-os melhor, conhecer as atividades envolvidas e propor soluções, que podem ser implementadas, controladas e monitorizadas. O objetivo de medir, registar, analisar, implementar e controlar os processos com estas ferramentas, permite que se obtenha um desempenho superior, ajudando também os gestores a tomarem decisões muito mais precisas (Zairi, 1991).

De seguida, serão explicadas com maior detalhe algumas ferramentas da qualidade utilizadas, posteriormente, no estudo de caso.

### 2.5.2.1 Fluxogramas

Para se conseguir estudar um processo é necessário medir o seu grau de variação e estabilidade. Os fluxogramas são assim uma das ferramentas da qualidade que permite a representação e visualização dos processos. Os fluxogramas são normalmente construídos usando cinco símbolos, tal como pode ser observado na figura 2.12. Os símbolos podem levar a uma representação precisa e atualizada do processo em consideração, simplificando a comunicação de aspetos complexos (Zairi, 1991).

São considerados 2 tipos de fluxogramas distintos: os que representam o comportamento e interação de várias operações e os que representam a disposição atual do trabalho e localização do equipamento e maquinaria, sendo concebidos para melhorar o espaço no solo e simplificar o fluxo de trabalho (Zairi, 1991).

Esta ferramenta da qualidade, apresenta diversas vantagens, tais como o planeamento adequado de um determinado processo, promovendo uma visão geral do sistema e facilitando a comunicação e explicação de um determinado processo. Para a execução de um fluxograma, é necessário envolver as pessoas certas que estão direta ou indiretamente envolvidas na conceção, operação, manutenção, controlo ou fornecimento do processo (Zairi, 1991).

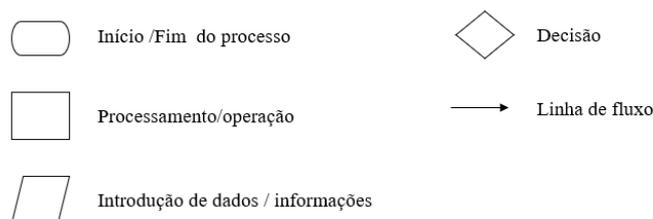


Figura 2.12 - Símbolos característicos de um Fluxograma  
Adaptado de (Requeijo & Pereira, 2012)

### 2.5.2.2 Diagrama de *Ishikawa*

O Diagrama de *Ishikawa*, ou diagrama de causa e efeito / diagrama de espinha de peixe, é uma técnica de resolução de problemas desenvolvida em 1943 por *Ishikawa*, no Japão, em resultado da dificuldade dos colaboradores em resolver os problemas derivados dos processos. O diagrama é normalmente desenvolvido após um *brainstorming* das várias partes envolvidas e interessadas na resolução do problema, chegando a diversas ideias das causas responsáveis. Para que seja elaborado corretamente, o problema em causa deve ser definido o mais concretamente possível, para que seja mais fácil identificar as causas responsáveis (Zairi, 1991).

A figura 2.13 apresenta a representação de um Diagrama de *Ishikawa*. Habitualmente, as principais causas são listadas em categorias, utilizando classes comumente aceites, tais como os "Ms" (máquinas, método, mão de obra, entre outros) ou "Ps" (pessoas, planta, procedimentos, entre outros). No entanto, pode-se considerar outro tipo de causas principais, que não apresentem a nomenclatura enumerada anteriormente, consoante o caso em análise. É de notar que cada categoria de causa pode ser dividida em quantas vezes necessárias (Zairi, 1991).

### 2.5.2.3 *Brainstorming*

A abordagem de *brainstorming* foi desenvolvida pela primeira vez por Alex Osborn, em 1963 e é um método de discussão destinado a inspirar à criatividade e pensamento crítico dos seres humanos. Tem a característica de utilizar múltiplas formas de pensar, quebrando

pensamentos antigos com a associação de diferentes conceitos, expandindo a fronteira do pensamento, e procurando a resolução de problemas. A implementação do *brainstorming* envolve geralmente um grupo, em que os membros são livres de propor ideias relevantes para o tema. Depois, em conjunto, deve ser feita a reclassificação de todas as ideias. Assim, é possível surgir novos pontos de vistas e obter respostas aos problemas iniciais (Tsai et al., 2020).

Dentro de cada grupo deve surgir o maior número de ideias possível, em que todas as tarefas são respeitadas e consideradas para análise. Após as ideias dos representantes já estarem registadas, deve-se analisar as ideias de cada elemento, eliminando aquelas que não dizem respeito ao tema descrito ou que não se enquadram (Krone, 2017).

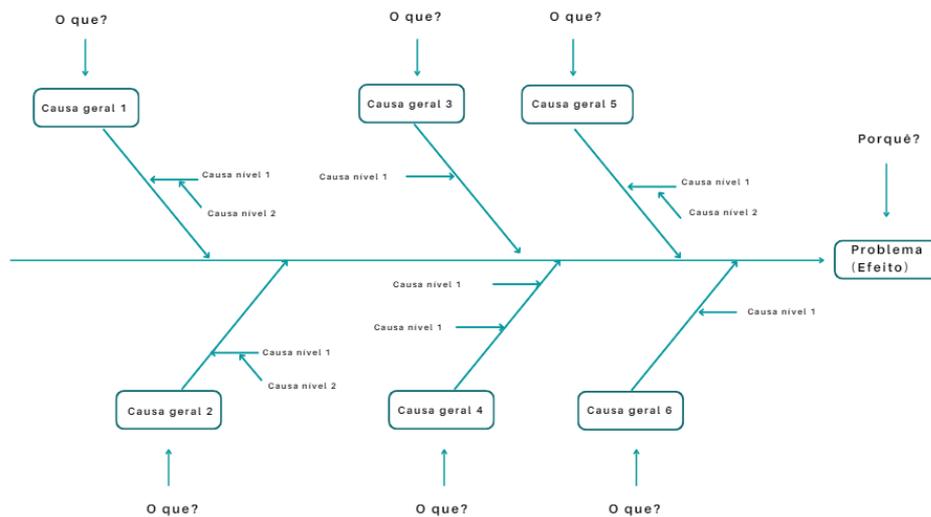


Figura 2.13 - Diagrama de *Ishikawa* representativo

## METODOLOGIA PROPOSTA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia proposta para o desenvolvimento e implementação de RPA nas organizações. Desta forma, serão apresentadas um conjunto de etapas para que seja possível alcançar o objetivo inicial desta dissertação, que serão explicadas, posteriormente, de uma forma mais detalhada. Essas etapas seguem uma sequência lógica e podem ser observadas na figura 3.1.

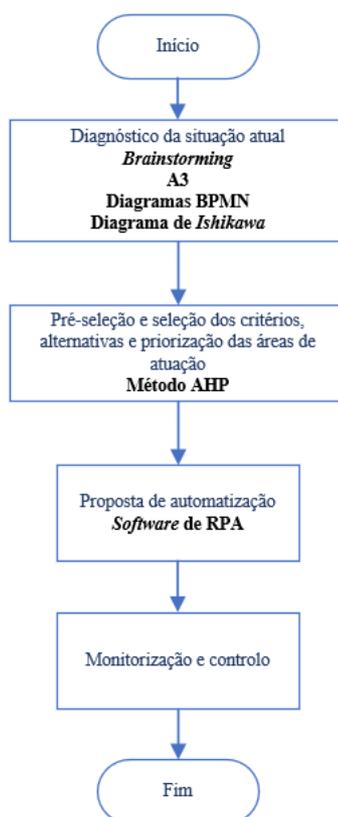


Figura 3.1 - Metodologia proposta

### 3.1.1 Fase I: Diagnóstico da situação atual

Na primeira etapa, a organização apresenta o problema em causa, de maneira que se possa construir e enquadrar o trabalho a desenvolver. É necessário realizar um *brainstorming* com os colaboradores para se discutir sobre quais os processos que devem ser mapeados e analisados com maior detalhe. Nesta primeira fase, também é possível concluir sobre as principais dificuldades sentidas.

O mapeamento dos processos considerados deve ser realizado através de diagramas BPMN, visto que, segundo Geiger et al. (2018), constitui uma notação de fácil compreensão por todos os utilizadores empresariais. Mesmo que os processos já se encontrem detalhados e bem definidos, é importante realizar este mapeamento para que a posterior implementação do RPA seja bem-sucedida e feita mais rapidamente.

Tal como verificado no subcapítulo 2.6.1, a ferramenta *Lean A3* permite apresentar uma proposta de trabalho inicial de uma forma real e concreta, num curto período. Como tal, deve ser utilizada como uma proposta inicial, promovendo a integração dos colaboradores no trabalho que se pretende desenvolver. Assim, deve-se utilizar uma folha A3, contemplando vários temas, tais como:

- Objetivo;
- Proposta de procedimento;
- Etapas;
- Problemas que devem ser resolvidos;
- Calendarização.

Ainda na Fase I, é proposta a utilização da ferramenta da qualidade - Diagrama de *Ishikawa*, para se analisar as oportunidades de melhoria encontradas ao longo do mapeamento. Esta ferramenta irá permitir não só confirmar as dificuldades sentidas pelos colaboradores da organização, como também irá promover a identificação de novas oportunidades de melhoria tanto nos procedimentos mapeados e estudados anteriormente, como também na estrutura geral da organização.

### 3.1.2 Fase II: Pré-seleção dos critérios, alternativas e priorização das áreas de atuação

Através do subcapítulo 2.2.4 foi possível observar que existem alguns indicadores que podem ser utilizados em organizações, de maneira a se verificar se um processo é considerado apto para ser automatizado:

- Probabilidade de erro humano elevado;
- Processo manual e baseado em rotinas;
- Processo realizado sem ser necessário juízo crítico, baseado em rotinas pré-estabelecidas;
- Baseia-se em regras de decisão definidas *à priori*;
- Tarefas muito padronizadas;
- Processo repetitivo;
- Custo manual elevado;
- Nível de serviço prestado elevado;
- Processo sem ou com muito poucas exceções;
- Processo em que se utiliza diversos sistemas.

No entanto, uma vez que estes critérios foram selecionados a partir da literatura, existe a necessidade dos mesmos serem analisados e verificados por colaboradores da organização onde se está a desenvolver o trabalho. Através desta análise, será possível encontrar os critérios realmente relevantes e que se enquadram no estudo em causa, tendo em conta os objetivos estratégicos da organização.

Caso um determinado processo ou tarefa cumpra estes critérios, afirma-se que é possível melhorar através da automatização.

Para realizar esta análise, os colaboradores da organização podem chegar a um acordo sobre quais os critérios realmente relevantes para o processo em causa, de maneira a não tornar o processo de análise exaustivo

Os critérios funcionam como requisitos que as alternativas têm de cumprir, pelo que quanto mais requisitos uma determinada alternativa cumprir, melhor será a sua classificação e terá uma maior probabilidade de ser escolhido.

As alternativas em causa constituem processos relevantes da organização onde se pretende adotar *robots* de RPA para processar determinadas tarefas.

### 3.1.2.1 Método AHP

Para a seleção do processo onde se pretende adotar *robots* de RPA, é proposta a utilização do método AHP, visto que permite a tomada de decisão de uma forma estruturada, envolvendo a opinião dos decisores.

O processo de desenvolvimento deste método divide-se em 4 etapas, que serão descritos de seguida:

1. Definição do problema e da hierarquia de decisão;
2. Elaboração da matriz de comparação de pares e determinação dos pesos dos critérios;
3. Validação da consistência das matrizes construídas;
4. Síntese dos resultados

#### Etapa 1: Definição do problema e da hierarquia de decisão

Na primeira etapa, os decisores, através de um *brainstorming*, devem determinar o objetivo geral do problema e identificar os critérios que consideram relevantes para as alternativas em análise.

Tendo em conta as características do problema de decisão e determinado o objetivo global, o mesmo deve ser organizado numa estrutura hierárquica, tal como a que pode ser observada na figura 3.2. A hierarquização do problema de decisão permite que se tenha uma visão geral do problema e das relações existentes.

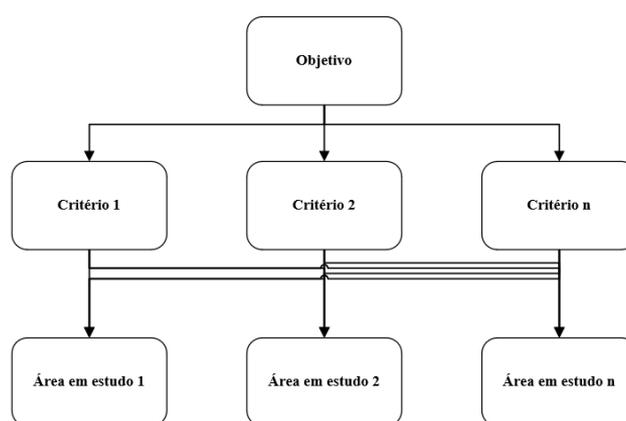


Figura 3.2 - Estrutura hierárquica do método AHP proposto  
Adaptado de (Buran & Erçek, 2022)

## **Etapa 2: Construção da matriz de comparação de pares e determinação dos pesos dos critérios**

Na segunda etapa, é feita a construção da matriz de comparação de pares, de acordo com o julgamento dos decisores. Para realizar esta construção é necessário questionar os decisores sobre a importância que deve ser atribuída a um determinado critério em comparação com outro, numa escala de 1 a 9. Assim, deve ser utilizada a escala fundamental de Saaty (ver tabela 2.8), para realizar estas comparações.

As matrizes de comparação de pares correspondem a matrizes quadradas de ordem igual ao número de critérios comparados, tal como é possível observar na equação 3.1.

$$C = \begin{bmatrix} 1 & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & 1 & \dots & c_{2n} \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Por exemplo,  $c_{12}$  representa a importância relativa que o critério 1 têm relativamente ao critério 2. Na matriz de comparação,  $c_{21}$  é calculado da seguinte forma, tal como na demonstrado na equação 3.2:

$$c_{21} = \frac{1}{c_{12}} \quad (3.2)$$

Com a matriz de comparação já construída, é necessário normalizar os valores da matriz, dividindo cada elemento pelo somatório de todos os valores da coluna respetiva. O peso relativo de cada critério é obtido através do quociente entre o somatório dos valores de cada linha normalizados e o número de elementos de cada linha.

## **Etapa 3: Validação da consistência das matrizes construídas**

Nesta etapa é realizada a validação da consistência das matrizes de decisão construídas previamente, de maneira a confirmar se os julgamentos dos decisores são consistentes ou não entre si.

Para tal, é necessário recorrer ao CI para calcular o CR, tal como já foi visto no subcapítulo 2.5.1. Para calcular o CR, é necessário utilizar o RI, cujos valores encontram-se definidos na tabela 3.1, e que variam consoante o número de critérios aplicados.

Caso  $CR < 10\%$ , os dados obtidos são consistentes, porém, caso  $CR > 10\%$ , os dados obtidos são inconsistentes e os valores da matriz de comparação devem ser revistos pelos decisores

Tabela 3.1 - Índice de Ridge (RI)  
Adaptado de (Jozaghi et al., 2018)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

#### Etapa 4: Síntese dos resultados

Corresponde à última etapa do método AHP desenvolvido. Dá-se, assim, a conclusão de qual o processo onde a aplicação do RPA é prioritária, na organização onde se desenvolveu o estudo.

### 3.1.3 Fase III: Proposta de automatização

A fase III corresponde à proposta de automatização, através da implementação de um *robot* de RPA. Esta proposta será aplicada com o intuito de reestruturação do processo que foi indicado como prioritário para a automatização, na fase II, numa perspectiva de que seja feito de uma forma mais rápida e eficiente.

Inicialmente, propõe-se a construção de um diagrama BPMN para o processo que irá ser automatizado, já com a contribuição do *robot* no mesmo. Desta forma, será estruturado esquematicamente qual será a intervenção do *robot* e do ser humano para o processo em questão. Para além disso, também ajuda os colaboradores a entender como será a sinergia entre o *robot* e o ser humano.

Pretende-se, de seguida, utilizar um *software* de RPA para a o desenvolvimento do *robot*. Tal como visto na literatura, existem inúmeros *software* de RPA, no entanto, é sugerido a utilização de um dos 3 *software* líderes do mercado (*UiPath*, *Automation Anywhere* e *BluePrism*), visto que são mais complexos, têm mais funcionalidades e existe mais informação disponível para auxiliar no desenvolvimento do *robot*.

A programação do *robot* deve ser executada de uma forma organizada e intuitiva, com nomenclatura que possa ajudar os colaboradores a analisar o processo e a alterar, caso exista essa necessidade no futuro.

Após o desenvolvimento do *robot* deve-se realizar vários testes e forçar o erro, com cenários e alternativas diferentes, de maneira que seja possível encontrar oportunidades de melhoria no seu desenvolvimento.

Com o *robot* de RPA já implementado, deve-se realizar uma comparação de tempos entre o processo anterior e o atual, de maneira a ser possível concluir sobre os benefícios da implementação de RPA na organização.

### **3.1.4 Fase IV: Monitorização e controlo**

Na última etapa, monitorização e controlo, deve ser feito um acompanhamento permanente do *robot* desenvolvido na fase anterior.

Desta forma, é possível antecipar erros de programação que provocam incoerências no processo, com medidas corretivas e preventivas em tempo útil. Caso exista algum erro após a implementação do RPA, deve ser feita uma análise profunda e descobrir a causa raiz do problema. Para além disso, deve-se adaptar continuamente a programação do processo em causa, em consequência das alterações do meio envolvente.



Neste capítulo, em primeiro lugar, é feita uma caracterização geral da organização onde foi desenvolvida a dissertação. Posteriormente, é feito o correto mapeamento dos principais processos da organização, apresentado propostas de melhoria, desenvolvimento de um modelo de MCDM e feito uma simulação de automatização, com o auxílio do *software* de RPA *UiPath*, e estimado o impacto da sua implementação na organização.

## 4.1 CEST - Comércio e Indústria, Lda.

### 4.1.1 A organização

A CEST - Comércio e Indústria, fundada em 1992 e sediada em Sintra (figura 4.1), tem como principal objetivo a venda de produtos e serviços de climatização.

Esta organização, tem a visão de desenvolver o mercado de climatização, em conjunto com os seus parceiros de negócio, com produtos e soluções de referência, de forma a garantir as corretas condições de conforto e salubridade em todas as instalações.

Apresenta referências nas mais diversas áreas, tais como: educação, habitação, hotelaria, saúde, serviços e tecnologia, contando com mais de 1800 obras nos setores referidos.

A CEST trabalha com fornecedores a nível internacional (Itália e Reino Unido) e os clientes estendem-se apenas por território nacional.

A organização conta no seu catálogo com 6 tipos de produtos diferentes:

- *Chillers* e bombas de calor (condensação a ar);
- Ventiloinvectores;
- Unidades de tratamento de ar (UTA) e recuperadores de calor;
- Sistemas de refrigeração;
- *Chillers* e bombas de calor (condensação a água);
- Sistemas de expansão direta (*split*, *multisplit* ou *Variable refrigerant flow* - VRF).

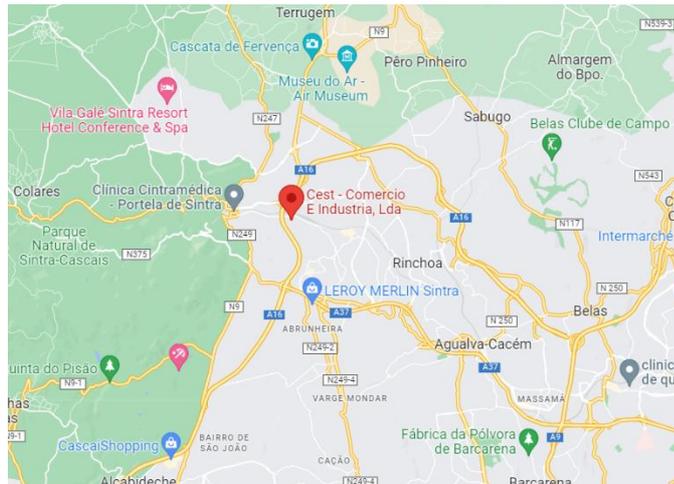


Figura 4.1 - Localização da CEST - Climatização e Indústria, Lda.

O modelo de negócio da organização consiste em realizar a prescrição dos equipamentos aos clientes e garantir a correta implementação e arranque do mesmo, de maneira a garantir que o sistema funciona sem falhas.

A organização conta com 6 colaboradores, sendo, por isso, uma organização de pequena dimensão, no entanto, encontra-se dividida em 3 departamentos distintos: comercial, financeiro e administrativo, reportando as suas atividades à direção, tal como pode ser observado na figura 4.2.

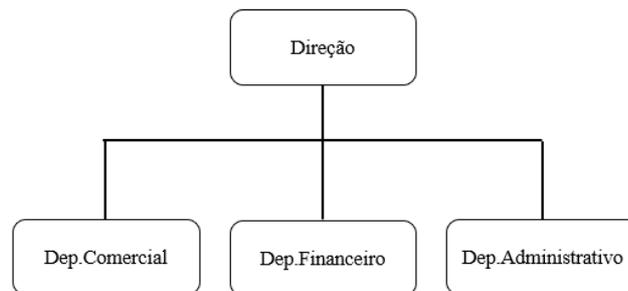


Figura 4.2 - Organograma da CEST - Comércio e Indústria, Lda.

## 4.1.2 Marcas representadas

A CEST - Comércio e Indústria, Lda. conta com 3 marcas representadas, com produtos que fornecem a organização e depois são distribuídos para os clientes:

- **AERMEC:** A AERMEC, sediada em Itália, está no mercado de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado) há mais de 50 anos, sendo um dos maiores fabricantes mundiais de equipamentos de climatização, fortemente apoiada num extenso departamento de inovação e desenvolvimento. Conta com mais de 300 produtos, incluindo unidades produtoras de água gelada (*chillers*), bombas de calor, ventiloconvectores, UTA e sistemas de expansão direta com certificação *Eurovent*,
- **MARSTAIR:** A MARSTAIR é uma organização inglesa com mais de 40 anos de experiência no desenvolvimento de equipamentos de climatização de expansão direta, destacando-se a sua gama de sistemas para baixas temperaturas interiores com utilização nas áreas alimentares, de saúde e hotelaria;
- **QUARTZ:** A QUARTZ é sediada em Brighouse, no Reino Unido e é especialista no fabrico de ventiloconvectores com elevada fiabilidade, baixo nível de ruído e bastante robustos.

Todas estas organizações, parceiras de longa duração da CEST - Comércio e Indústria, Lda, permitem estabelecer à organização soluções fiáveis, eficientes e com valor acrescentado para os seus clientes.

## 4.1.3 Tipos de serviços

A organização oferece dois tipos de serviços: fornecimento de equipamentos e comissio-namento pós-venda.

Relativamente ao fornecimento de equipamentos, a CEST adota duas metodologias. Caso a encomenda do cliente conte com produtos que se encontrem em *stock*, existe o transporte direto desde o armazém da organização para o cliente, no entanto, se os produtos não existirem em *stock*, deve-se proceder com uma encomenda ao fornecedor, provocando, posteriormente o transporte dos produtos até ao armazém da organização, que depois seguem para o cliente final. Este procedimento, encontra-se descrito simplificada-mente na figura 4.3.

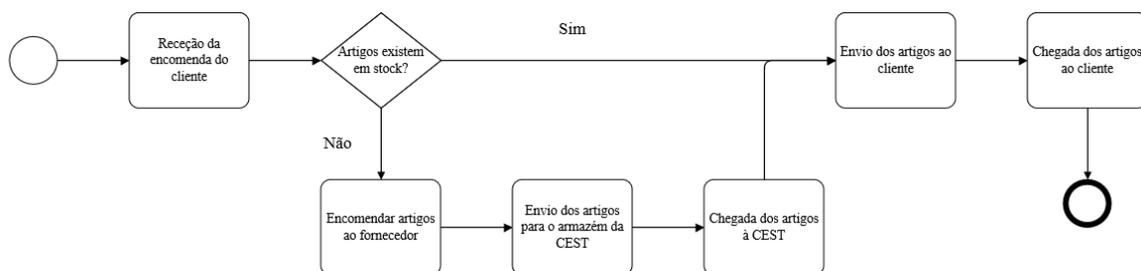


Figura 4.3 - Procedimento no fornecimento dos equipamentos

No que diz respeito ao comissionamento pós-venda, a CEST garante o correto funcionamento das instalações e a durabilidade dos equipamentos, realizando o comissionamento dos equipamentos vendidos, com uma equipa técnica devidamente qualificada e equipada, com os melhores recursos disponíveis. Para além disso, também apoia as equipas de manutenção e operação, disponibilizando o seu conhecimento dos equipamentos, dentro ou fora de garantia, em intervenções de manutenção preventiva ou curativa.

## 4.2 Fase 1 - Diagnóstico da situação atual

O presente estudo de caso desenvolveu-se de acordo com a metodologia proposta apresentada no capítulo 3. Foi necessário recorrer a vários métodos de recolha de dados, tais como a observação em tempo real dos procedimentos e entrevistas aos colaboradores da organização, para realizar o diagnóstico da situação atual.

Desta forma, de maneira a proceder com uma proposta de estudo, foi necessário realizar, em primeiro lugar, um *brainstorming* com os colaboradores da organização para se entender as principais dificuldades sentidas atualmente e para se definir o problema em causa. Neste *brainstorming*, foi possível entender, pelo *feedback* dos colaboradores, que existe a necessidade de reestruturação de alguns processos.

Numa primeira análise, deve-se recorrer ao mapeamento dos principais processos, nomeadamente os que estão envolvidos desde que uma encomenda é recebida até que seja entregue. Desta forma, foi apresentado uma proposta de estudo inicial, com base na metodologia *Lean A3*, que pode ser observada na figura 4.4. Esta metodologia inclui os objetivos da proposta de estudo, a proposta de procedimento em causa, as etapas que serão seguidas e os problemas que devem ser resolvidos. Para além disso, contém também uma calendarização

das etapas em causa. É possível observar 7 etapas, com a respetiva calendarização, das quais as duas primeiras etapas foram realizadas previamente ao estudo de caso. As restantes etapas, constituem uma proposta do que se irá realizar posteriormente.

Desta forma, esta ferramenta torna-se bastante útil para introduzir o trabalho a desenvolver e delinear os principais pontos que se pretende atingir na dissertação.

A metodologia *Lean* A3 desenvolvida foi apresentada aos colaboradores da organização que apresentaram um *feedback* positivo, relativamente à mesma. Para além disso, os colaboradores da organização, responsáveis pelas etapas propostas, mostraram-se empenhados e disponíveis para o cumprimento das mesmas no tempo proposto. Procurou-se a utilização do A3 de maneira a introduzir na organização a utilização de ferramentas *Lean*, que até ao momento são ainda pouco frequentes.

Tema:

## DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO DE RPA EM PROCESSOS DE APOIO À LOGÍSTICA



### Objetivos

O presente estudo tem como principal objetivo desenvolver uma proposta de metodologia de implementação de RPA nas organizações em processos de apoio à logística. De forma a validar e testar a metodologia proposta, será realizado um estudo de caso na CEST - Climatização e Energia.

### Proposta de procedimento

Em primeiro lugar, deve ser feito o diagnóstico do estado atual da CEST, com o levantamento e mapeamento das práticas atuais dos principais processos da organização. De seguida, com o mapeamento já realizado, serão identificadas algumas oportunidades de melhoria através do Diagrama de *Ishikawa*. Será desenvolvido um modelo de decisão com o auxílio de 2 colaboradores da organização, através do método AHP, de maneira a identificar, dentro dos processos mapeados, qual necessita de ser automatizado inicialmente. Por fim, será desenvolvido um *robot* de RPA, através do *software UiPath*, constituindo uma proposta de automatização para o processo identificado.

### ETAPAS

ETAPAS	MOTIVO	RESPONSÁVEL
1) <i>Brainstorming</i> com os elementos da organização	Compreensão de quais as principais dificuldades sentidas atualmente e definição do problema em causa	Eng. Miguel Cavique, Eng. André Lourenço, Eng. Pedro Moreira, Eng. André Felício, André Augusto
2) Desenvolvimento da metodologia de implementação	Garantir que as organizações têm uma metodologia para auxiliar a implementação de RPA	André Augusto
3) Fazer o levantamento das práticas atuais	Entendimento das práticas atuais	André Augusto
4) Validação do levantamento realizado	Garantir que o levantamento foi realizado corretamente	Eng. Miguel Cavique
5) Identificação de oportunidades de melhoria	Verificação de oportunidades e apresentação de propostas de melhoria	André Augusto
6) Análise do processo que é necessária uma automatização inicial – Método AHP	Priorização de automatização de processos	André Augusto, Eng. André Lourenço, Eng. Pedro Moreira
7) Estimativa de melhorias com a proposta de automatização – <i>robot</i> de RPA	Apresentação à organização dos possíveis benefícios de uma automatização com um <i>robot</i> de RPA	André Augusto

### Problemas que devem ser resolvidos

- Acesso à informação dos documentos internos da CEST
- Ajuda dos colaboradores na análise dos processos
- Resistência à mudança por parte dos colaboradores
- Colaboração entre diversos departamentos nas atividades solicitadas
- Identificação de oportunidades de melhoria

### Calendarização

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1) 4/4/2022      | 4) Até 18/5/2022 |
| 2) Até 20/4/2022 | 5) Até 31/5/2022 |
| 3) Até 11/5/2022 | 6) Até 8/6/2022  |
|                  | 7) Até 15/6/2022 |

Figura 4.4 - A3 Proposta inicial

## 4.2.1 Mapeamento dos principais processos

Tal como visto no capítulo 3, é necessário realizar o mapeamento dos principais processos da organização que se pretende que sejam automatizados. Desta forma, é possível entender o funcionamento destes processos de uma forma mais detalhada.

A organização apresenta 4 tipos de processos que foram considerados em análise: Gestão de Encomendas (GE), Análise da fatura do Transportador (AT), Análise da fatura de Fábrica (AF) e Análise da fatura de Cliente (AC). Houve a necessidade de se realizar a caracterização do sistema atual devido a estes 4 processos não se encontrarem documentados atualmente na organização. A caracterização do sistema atual, é, deste modo, bastante importante para se entender o que é feito atualmente ao permitir o acompanhamento dos processos.

Fez-se um acompanhamento exaustivo e detalhado das atividades na organização. O levantamento foi feito através da análise de documentos internos, esclarecimento de dúvidas com os colaboradores e visualização em tempo real das atividades. O facto de não existir nenhum mapeamento elucidativo das normas dos procedimentos, faz com que os colaboradores da organização façam as práticas tais como estão habituados. Foi, desta forma, necessário o seu auxílio para diferenciar a forma das práticas atuais para os corretos procedimentos da organização, de maneira que o mapeamento seja efetuado corretamente.

A organização utiliza maioritariamente o *software* de gestão PHC para fazer o registo dos vários processos, em conjunto com a ferramenta *Microsoft Excel* para o registo de algumas informações relevantes. Existem 3 mapas de *Excel* nos processos em análise:

- **Mapa da tesouraria:** regista todos os movimentos de entrada e saída de dinheiro;
- **Mapa de *Plafond*:** permite verificar o crédito disponível pela CEST aos seus fornecedores;
- **Mapa de faturas vencidas e a vencer:** apresenta a informação detalhada dos clientes da CEST, com a seguinte informação: nome, número da fatura, data de emissão, data de vencimento e montante total da obra.

Os 4 processos referidos anteriormente foram mapeados através de diagramas BPMN e apresentados, posteriormente, aos colaboradores da organização. Estes diagramas BPMN podem ser visualizados nas figuras 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8.

Estes diagramas foram realizados através da visualização em tempo real das tarefas e com o auxílio dos colaboradores da organização.

Relativamente ao processo de GE, é notório que é aquele que apresenta maior detalhe e complexidade. Para além disso, envolve diversas entidades, tais como o departamento

comercial e financeiro, o cliente, o transportador e o fornecedor. Os processos de análise de faturação são semelhantes entre si, no entanto, certos processos como o de AF, apresenta uma maior complexidade que os restantes, visto que envolve um maior número de entidades e *software* utilizados.

De um modo geral, tal como se pode observar nos diagramas BPMN, os processos são constituídos por tarefas maioritariamente feitas pelo ser humano, tornando-se bastante repetitivas, cuja automatização seria bastante benéfica para a organização.

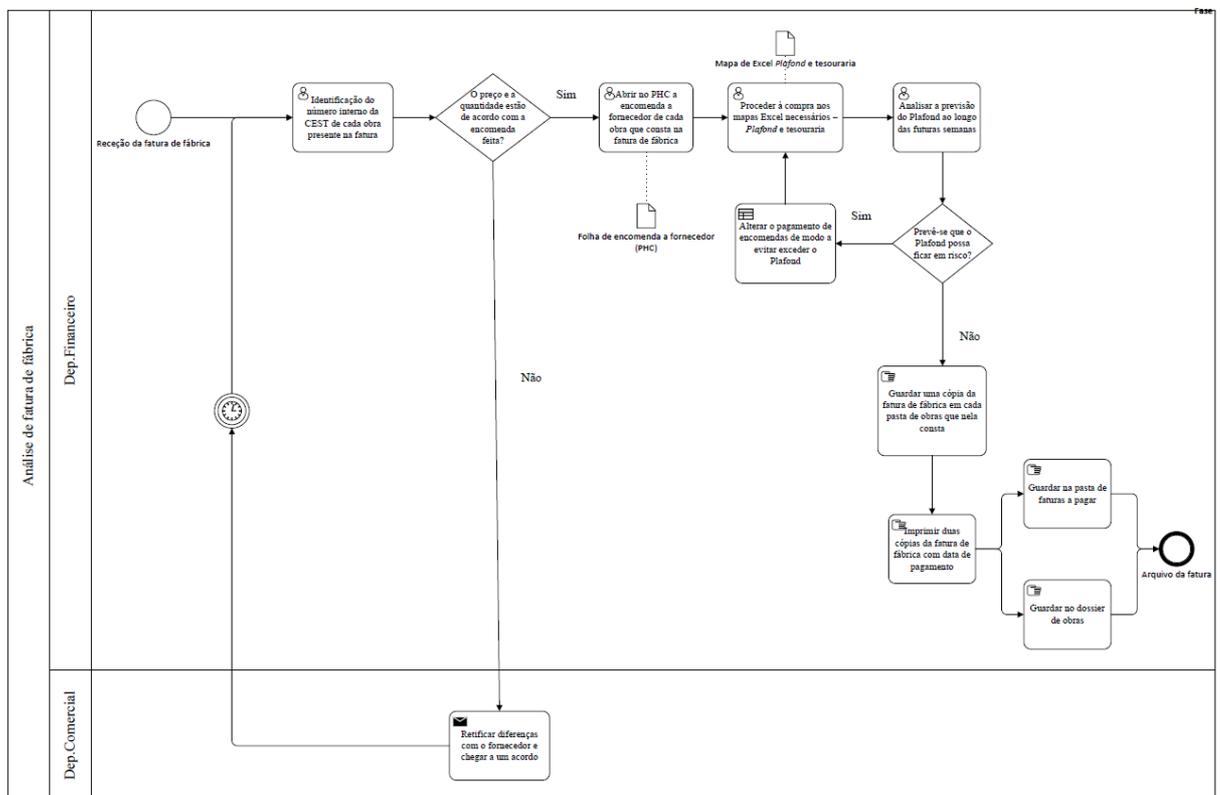


Figura 4.5 - Diagrama BPMN - Análise da Fatura de Fábrica

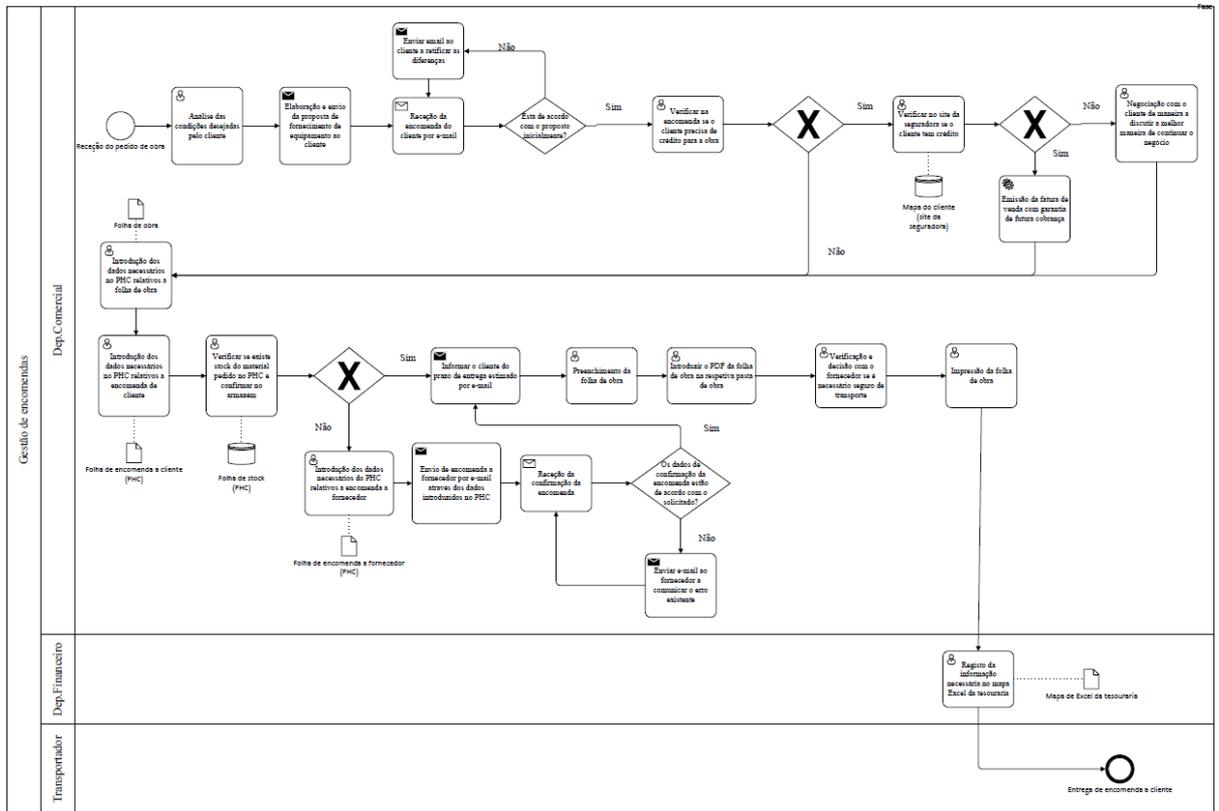


Figura 4.6 - Diagrama BPMN - Gestão de Encomendas

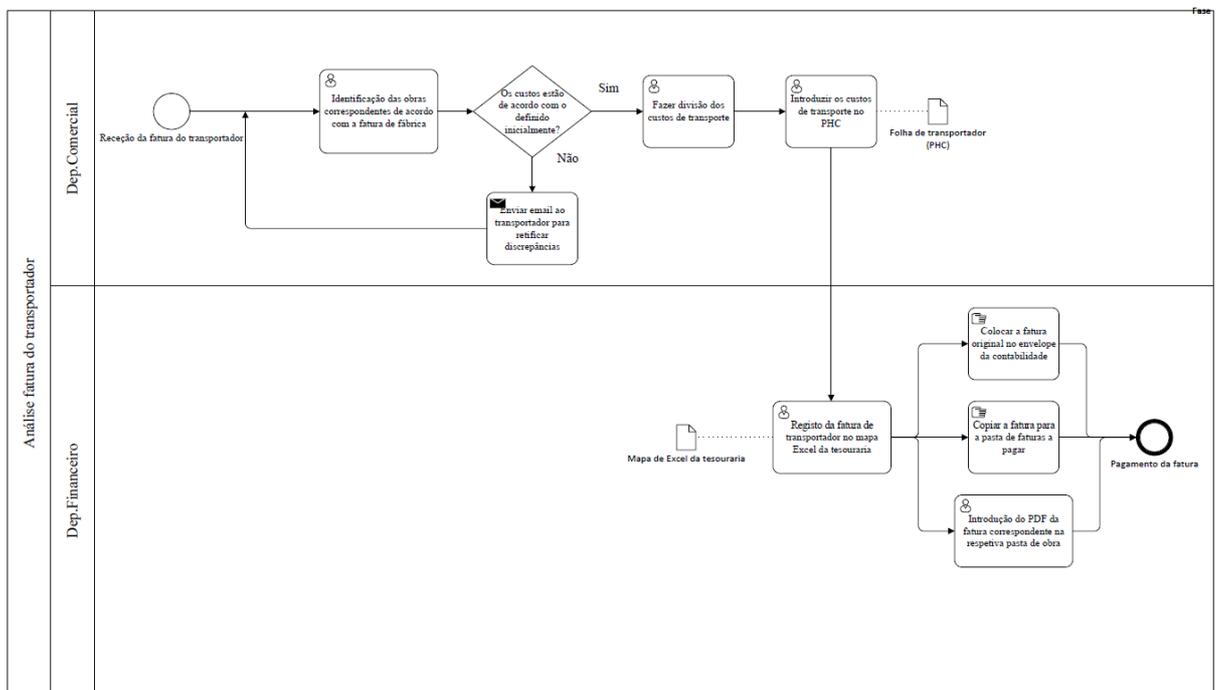


Figura 4.7 - Diagrama BPMN - Análise da fatura de Transportador

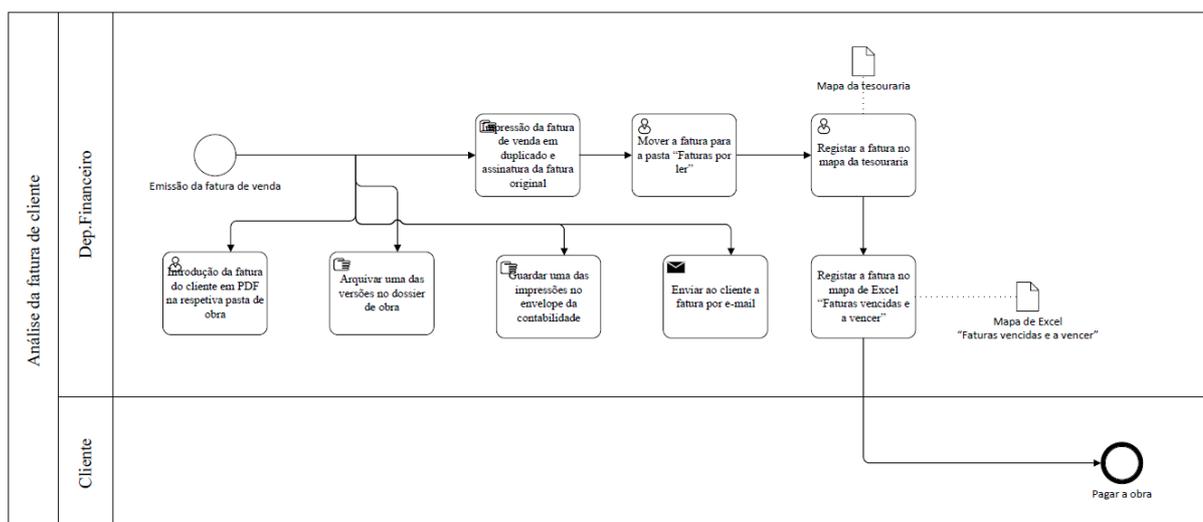


Figura 4.8 - Diagrama BPMN - Análise da fatura de Cliente

## 4.2.2 Análise de oportunidades de melhoria

Ao longo do mapeamento do sistema atual, foram detetados alguns problemas de desempenho operacional nos processos. Assim, é indicado que se apresente algumas oportunidades de melhoria, tanto gerais a outros setores da organização, como correspondentes à automação dos processos envolventes, envolvendo assim diversos processos da organização.

De maneira que esta análise seja feita de uma forma mais acessível e de fácil compreensão, foi desenvolvido um Diagrama de Ishikawa, apresentado na figura 4.9, no qual estão compreendidos o conjunto de oportunidades de melhoria identificados nos processos que foram analisados. Neste diagrama são apresentadas 6 causas principais: método de trabalho; mão de obra; burocracia; recursos tecnológicos, meio envolvente e medições de desempenho.

Para a elaboração deste Diagrama de *Ishikawa*, foi tido em consideração todos os processos mapeados anteriormente, bem como algumas recomendações de alteração de processos por parte dos colaboradores.

Através da construção do Diagrama de *Ishikawa*, foi possível entender que existem diversas oportunidades de melhoria, relativas a problemas de desempenho operacional, abrangentes às várias áreas da organização.

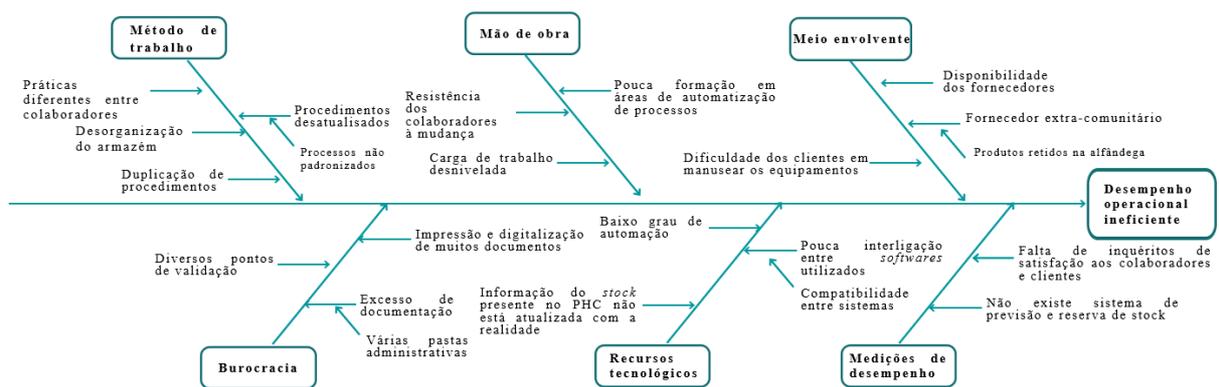


Figura 4.9 - Diagrama de *Ishikawa* - Problemas de desempenho operacional

Relativamente ao método de trabalho, foi verificado que os colaboradores, por vezes, realizam o mesmo processo de maneira diferente. Isto deve-se ao facto de não existir nenhum mapeamento atual concreto que os colaboradores devam seguir, ao realizar um determinado processo. Para além disso, como, por vezes, são tarefas que os colaboradores já estão habituados a realizar, acabam por fazê-las de uma maneira que consideram mais prática e acessível.

Também se verificou que o armazém não se encontra organizado, em que os produtos são dispostos aleatoriamente, tal como se pode verificar na figura 4.10. Também, é possível encontrar produtos que não são essenciais para a organização. Era essencial a implementação de um sistema de gestão de armazenagem, com a mudança do *layout*, para que a entrada e saída dos produtos fosse feita de uma forma mais simples e eficaz, facilitando o trabalho dos colaboradores da organização e do transportador.

Foi verificado que também existem muitos métodos burocráticos na organização.



Figura 4.10 - Estado atual do armazém da CEST

Alguns procedimentos apresentam vários pontos de validação em que se dá a impressão e a digitalização de muitos documentos para o armazenamento em pastas administrativas. Neste âmbito, é de notar a impressão da folha de obra. Tal como se pode observar na figura 4.11, que representa um excerto do diagrama BPMN do processo de GE, dá-se a impressão da folha de obra para, posteriormente, essa informação ser introduzida no mapa de *Excel* da tesouraria. Este processo poderia ser feito tal como está descrito na figura 4.12, constituindo uma sugestão de melhoria, em que o departamento comercial, após o preenchimento da folha de obra pode enviá-la por *email* para o departamento financeiro. Desta forma, iria ocorrer tanto uma diminuição da impressão de documentos, como também uma redução do seu armazenamento em pastas administrativas.

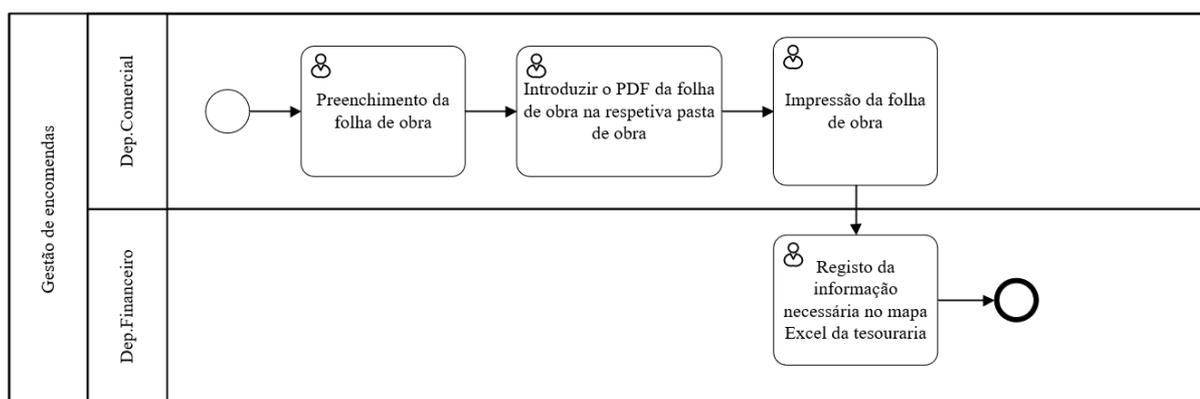


Figura 4.11 - Impressão da folha de obra - Processo atual

Relativamente à mão de obra, os colaboradores apresentam alguma resistência à mudança e uma carga de trabalho significativamente desnivelada. Para além disso, não estão habituados a trabalhar com recursos tecnológicos mais sofisticados, visto que apenas utilizam ferramentas tecnológicas como o *Microsoft Excel* e o PHC. É de notar a importância de formações aos colaboradores, principalmente relativas aos recursos tecnológicos utilizados. Atualmente, só são utilizadas funções acessíveis, tanto do *Microsoft Excel*, como do PHC. Assim, através de formações especializadas nestes *software*, os colaboradores poderiam obter informações importantes para facilitar o trabalho atual. É de notar também que, atualmente, existe pouca interligação entre os recursos utilizados.

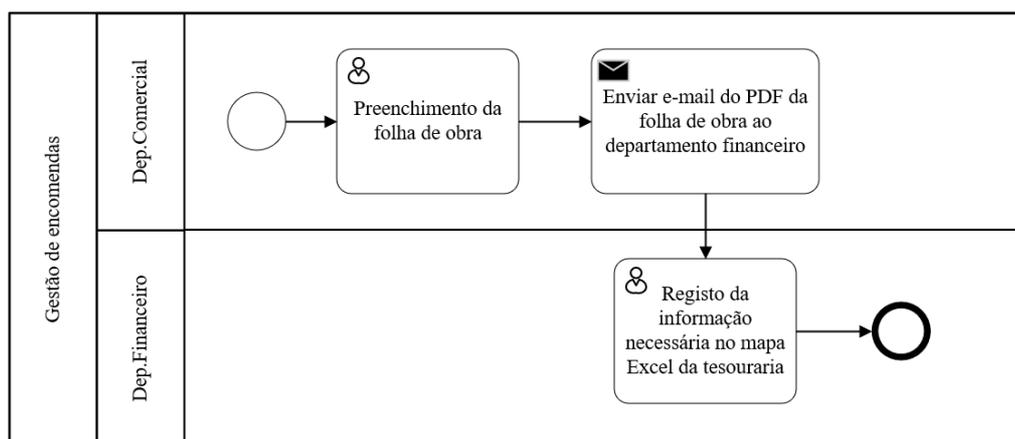


Figura 4.12 - Impressão da Folha de obra - Processo futuro

No que diz respeito aos recursos tecnológicos, notou-se que a informação presente no PHC, relativamente ao *stock* dos produtos, não está atualizada com a realidade, fazendo com que os colaboradores percam tempos desnecessários a confirmar o *stock* real. Isto deve-se ao facto de o procedimento ser feito manualmente, podendo ocorrer alguns erros por parte do colaborador, como o esquecimento da introdução da fatura no PHC ou o erro na introdução na quantidade de equipamentos que chegaram ao armazém. Por vezes, também existe um *delay* entre a chegada de *stock* ao armazém e a introdução da informação no PHC, o que faz com que o *stock* atual dos produtos esteja desatualizado. Seria de extrema importância a introdução de um sistema real de controlo de *stock* que mal os equipamentos chegassem ao armazém da CEST, fosse dada a sua entrada automática no PHC, para que os colaboradores da organização não tivessem de confirmar constantemente que a informação presente no PHC condiz com a realidade.

Ainda no âmbito dos recursos tecnológicos, ao longo do mapeamento dos 4 processos que foram apresentados anteriormente, surgiu uma oportunidade de melhoria relativa ao preenchimento da folha de obra. Atualmente, o operador retira a informação do PHC para o preenchimento dos campos num *template* com a mesma informação, tal como pode ser observado na figura A.1, no anexo A, em que certos parâmetros estão omitidos por questões de confidencialidade. Deste modo, por vezes, acontecem alguns erros da transcrição dos campos de um lugar para o outro. Desta forma, é proposto que se utilize a funcionalidade do PHC "imprimir", presente na figura B.1, no anexo B, que fará o preenchimento automático dos campos pretendidos, sem que o operador perca tempo neste procedimento, evitando também que os erros de transcrição ocorram. Esta funcionalidade ainda não está programada, no entanto é possível, caso seja solicitado à equipa técnica do PHC.

Relativamente ao meio envolvente, notou-se que, por vezes, é difícil contactar os fornecedores da organização, quer por *email*, quer por chamada telefónica. Para além disso, como um dos fornecedores pertence ao exterior da União Europeia (Reino Unido), certos equipamentos ficam retidos na alfândega portuguesa, sendo necessário o seu desalfandegamento. Ainda pertencente ao meio envolvente, em muitos casos, os clientes já sabem como é que se deve proceder com a instalação dos equipamentos solicitados, visto que são clientes habituais e, como tal, estão familiarizados com o procedimento em causa. No entanto, por vezes, os novos clientes têm dificuldades na instalação dos equipamentos, solicitando a ajuda dos colaboradores da organização, originando perdas de tempo tanto por parte do cliente, como pelo colaborador da organização. Desta forma, sugere-se que após o envio do equipamento ao cliente que seja enviado por *email* a respetiva página do manual de instruções desse mesmo equipamento.

Por fim, relativamente às medições de desempenho, seria relevante a introdução de inquéritos de satisfação, tanto aos colaboradores da organização, como aos clientes da mesma. Desta forma, através de inquéritos, seria possível avaliar a organização de uma forma simples e eficaz, verificar em que pontos seria possível melhorar e conhecer a opinião dos clientes sobre um determinado produto ou serviço. Desta forma, poderia ser feita um enquadramento por parte da organização no sentido de satisfazer ao máximo as necessidades tanto dos clientes como dos colaboradores. Ainda neste setor, notou-se a falta de um modelo de previsão de *stock*, não havendo nenhuma "regra" específica de encomenda para *stock*.

O diagrama de *Ishikawa* desenvolvido abrange diversas áreas da organização, contudo, tal como visto inicialmente, a dissertação propõe desenvolver uma metodologia de apoio à implementação do RPA nas organizações. Assim, as próximas fases serão focadas nas causas mais relacionadas com a automação de processos, mais concretamente, no que diz respeito aos recursos tecnológicos, à mão de obra, ao método de trabalho e aos diversos métodos burocráticos ainda existentes, com vista à sua otimização.

## 4.3 Fase 2 - Pré-seleção dos critérios, alternativas e priorização das áreas de atuação

### 4.3.1 Método AHP

Para o melhor entendimento de qual dos principais processos da organização, dos que foram mapeados anteriormente, que necessita de ser automatizado em primeiro lugar, foi necessário a construção de um modelo de MCDM, para verificar de forma estruturada os processos em análise e verificar, de forma metódica, qual apresenta uma priorização de atuação.

Visto que o método AHP permite a decomposição de um problema de decisão de uma forma hierárquica e estruturada, fazendo a comparação entre critérios e alternativas par a par, e permite a tomada de decisões em grupo, foi utilizado este método, tal como sugerido na metodologia proposta, presente no capítulo 3.

A utilização deste método, caso seja feita individualmente, pode-se tornar bastante subjetiva, aumentando a inconsistência, visto que envolve a atribuição de pesos entre alternativas em análise. Desta forma, a elaboração deste método foi realizada com a ajuda de 2 colaboradores da organização, pertencentes ao departamento comercial, mas que se envolvem nas outras áreas da organização, estando por isso, informados sobre os processos das mesmas. Anteriormente à aplicação do método, explicou-se aos decisores o motivo pelo qual seria se estava a solicitar a sua colaboração e o objetivo do método AHP, neste estudo de caso.

Para que a aplicação deste método seja feita de uma forma mais prática e eficaz, foi utilizado o *software Super decisions*.

Tal como visto na Fase II da metodologia proposta, com recurso à revisão da literatura presente no capítulo 2, existem 10 critérios base para que um processo seja automatizado. Caso os 10 critérios fossem tidos em conta, de acordo com a combinatória simples ( $C_k^n$ ), ter-se-ia  $C_2^{10} = 45$  comparações apenas para os critérios, e, visto que existem 4 processos em análise, tem-se 4 alternativas, logo iria ocorrer  $10 \times C_2^4 = 60$  comparações para cada alternativa, totalizando  $45 + 60 = 105$  comparações.

Desta forma, para que o processo de comparação não seja tão exaustivo, escolheu-se, em conjunto com os decisores, 4 desses 10 critérios que se consideraram como os mais significativos para utilizar no método AHP, tal como se pode observar na figura 4.13. Desta forma, irá ocorrer uma redução substancial no número de comparações, havendo 30 comparações totais, tal como é possível observar na equação 4.1.

$$4C_2 + 4 \times 4C_2^4 = 6 + 4 \times 6 = 30 \quad (4.1)$$

Assim, foram escolhidos os critérios que mais se adequavam e seriam mais importantes para análise, segundo os decisores, tal como verificado na figura 4.13.

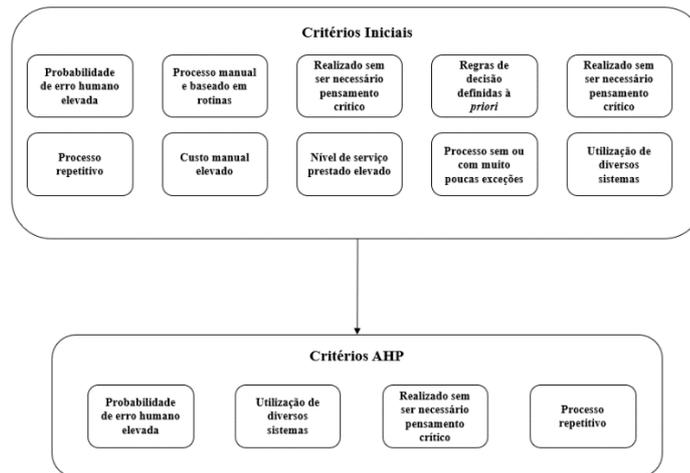


Figura 4.13 - Escolha dos critérios para o método AHP

#### 4.3.1.1 Definição do objetivo, dos critérios de decisão e das alternativas consideradas

De maneira a iniciar o método AHP para o estudo em causa é necessário considerar o objetivo, os critérios de decisão e as alternativas em estudo:

- **Objetivo:** Verificar o processo da organização que necessita de uma priorização de automatização.
- **Critérios de decisão:** 4 características de um processo tipicamente automatizado:
  - Probabilidade de erro humano elevada (PE);
  - Utilização de diversos sistemas (US);
  - Baixa necessidade de pensamento crítico (PC);
  - Processo repetitivo (PR).
- **Alternativas:** Processos da organização em estudo: GE; AF, AT e AC

#### 4.3.1.2 Comparação entre os critérios de decisão

Para comparar os critérios de decisão considerados foi utilizado a escala fundamental de Saaty, que compara a importância entre dois critérios definidos ou alternativas para o mesmo critério, numa escala de 1 a 9. Todas as comparações, foram realizadas a partir do módulo "Questionário", do *software Super decisions*, que utiliza esta escala.

Foi comparado par a par, em primeiro lugar, cada critério em causa.

A matriz de comparação para cada critério, presente na tabela 4.1, é uma matriz quadrada de ordem 4 (correspondente ao número de elementos comparados).

Tabela 4.1 - Matriz de comparação entre critérios

	PE	US	PC	PR
PE	1	4	3	1/4
US	1/4	1	1/2	1/5
PC	1/3	2	1	1/4
PR	4	5	4	1

De acordo com os decisores e com base na escala de Saaty, o critério PR é mais importante que o critério US, ou seja,  $c_{42}=5$  (a leitura das matrizes de comparação deve ser feita das linhas para as colunas), pelo contrário, a importância relativa do critério US, relativamente ao critério PR é o inverso, tal como se pode observar na equação 4.2. Deve-se efetuar este procedimento tantas vezes quantas necessárias, de maneira a completar toda a matriz de comparação.

$$c_{24} = \frac{1}{c_{42}} = \frac{1}{5} \quad (4.2)$$

Segundo a metodologia do método AHP, é necessário, posteriormente, verificar a consistência dos julgamentos dos decisores. Com recurso ao *software* utilizado, verificou-se que  $CR = 0,07052 \approx 7,06\%$ .

As comparações entre os critérios são consideradas consistentes se o valor de CR for inferior a 10%. Assim, visto que  $7,06 < 10\%$ , conclui-se que as comparações realizadas são consistentes.

Posteriormente à construção da matriz de comparação, é possível calcular-se o peso relativo de cada critério, em que os resultados estão presentes na figura 4.14. É possível concluir assim que, segundo os decisores, a priorização dos critérios é a seguinte:  $PR > PE > PC > US$ .

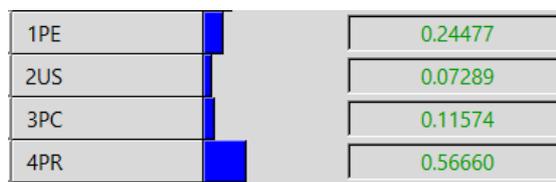


Figura 4.14 - Peso relativo de cada critério

#### 4.3.1.3 Comparação entre as alternativas

Após a conclusão sobre o peso relativo de cada critério, foi feita a comparação par a par entre as alternativas, para cada critério. Esta comparação, tal como ocorreu anteriormente para os critérios, foi feita com base na escala fundamental de Saaty a partir do módulo "Questionário" do *software* utilizado.

Visto que para cada critério também existem 4 alternativas (GE, AF, AT, AC), todas as matrizes de comparação serão matrizes quadradas de ordem 4, correspondendo ao número de elementos comparados.

Inicialmente, foram comparadas as alternativas para o critério PE, em que os resultados se encontram na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Matriz de comparação das alternativas para o critério PE

	GE	AF	AT	AC
GE	1	3	4	4
AF	1/3	1	2	2
AT	1/4	1/2	1	1
AC	1/4	1/2	1	1

Foi considerado pelos decisores que o processo GE, por ser o mais complexo e com diversas fases de validação é o que apresenta uma maior PE. O facto de existir um permanente contacto com o cliente, quer através de *email*, quer através de chamadas telefónicas e também a introdução de diversos valores em diversos sistemas faz com que a PE seja relativamente alta, comparando com os outros processos em análise.

O processo de AF tem uma PE relativamente igual ao processo de análise das restantes faturas, já que os processos, de um modo geral são semelhantes, no entanto, como por vezes é feito encomendas à fábrica para vários clientes diferentes de uma vez só, é necessário ter em

atenção a quem é que corresponde cada equipamento, tendo sido por isso atribuído uma importância relativamente superior, no que diz respeito a este critério.

Relativamente à consistência desta matriz, de acordo com o *software* utilizado, verificou-se que o  $CR = 0,00772 = 0,772\% < 10\%$ , sendo, por isso, uma matriz consistente.

De seguida, foi feita a comparação das alternativas, para o critério US. A respetiva matriz de comparação encontra-se na tabela 4.3.

Os sistemas utilizados na organização são maioritariamente o *software* de gestão PHC, a ferramenta *Microsoft Excel*, a utilização do *email* para o contacto com as outras entidades e a plataforma de verificação de crédito dos clientes. Para as alternativas em estudo, em todos os processos são utilizados todos os sistemas referidos anteriormente, com a exceção de que na GE existe a consulta de crédito dos clientes nos restantes isso não acontece. Desta forma, atribuiu-se uma classificação superior para a alternativa GE.

Tabela 4.3 - Matriz de comparação das alternativas para o critério US

	GE	AF	AT	AC
GE	1	2	3	3
AF	1/2	1	2	2
AT	1/3	1/2	1	1
AC	1/3	1/2	1	1

No processo de AF, como se utiliza 2 mapas *Excel* da organização (mapa da tesouraria e mapa de *Plafond*) e existe um maior contacto com o fornecedor por *email*, faz-se com que se atribua uma classificação superior, relativamente os restantes processos de análise de faturas.

No que diz respeito à consistência, para esta matriz, o  $CR = 0,00388 = 0,388\% < 10\%$ , sendo, desta forma, uma matriz consistente.

Posteriormente, foi feito a comparação das alternativas, tendo-se em consideração o critério PC. A correspondente matriz de comparação pode ser verificada na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Matriz de comparação das alternativas para o critério PC

	GE	AF	AT	AC
GE	1	1/3	1/3	1/4
AF	3	1	1	2
AT	3	1	1	2
AC	4	1/2	1/2	1

Para esta alternativa, é considerado que as áreas que apresentam uma maior necessidade de PC são as que será mais difícil de aplicar uma automatização. Desta forma, as que apresentam

uma classificação inferior são as que têm uma maior necessidade de PC e, como tal, será mais difícil a sua automatização.

Novamente, o facto de o processo de GE ser o mais complexo faz sentido que seja utilizado uma maior capacidade de juízo crítico, quer na utilização das diversas funcionalidades do PHC do processo em causa, quer no contacto com o cliente por *email* ou telefone, sendo por isso atribuído uma classificação inferior. O processo de AF e AT apresentam a mesma dificuldade, sendo, por isso, atribuído uma classificação de igual importância. Em ambas pode acontecer que a mesma fatura agrupe diversas obras diferentes, sendo por isso, necessário uma atenção superior relativamente ao processo de AC.

Para esta matriz de comparação, o  $CR = 0,0072 = 0,72\% < 10\%$ , sendo, portanto, uma matriz consistente.

Por fim, foi feita a comparação das alternativas, com base no critério PR, tal como demonstrado na tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Matriz de comparação das alternativas para o critério PR

	GE	AF	AT	AC
GE	1	1/3	1/4	1/5
AF	3	1	1/3	1/4
AT	4	3	1	1/3
AC	5	4	3	1

O processo de GE, associado a ser o mais complexo, está sujeito a uma variabilidade de tarefas superior, de maneira que existem muitos pontos em análise, antes de ser tomada uma determinada decisão.

Desta forma, neste processo, as tarefas são pouco repetitivas, comparativamente às restantes. O processo de AC é o mais repetitivo e mais simples. Assim, foi dado uma classificação relativa muito superior.

Relativamente à consistência desta matriz, o  $CR = 0,06767 \approx 6,77\% < 10\%$ , logo, é considerada uma matriz consistente.

#### 4.3.1.4 Síntese dos resultados

Após ter sido realizado a comparação entre critérios e alternativas é realizado a síntese dos resultados, dando resposta ao objetivo inicial de aplicação do método AHP.

Pela figura 4.15, é possível concluir que a priorização das alternativas é a seguinte:  $AC > AT > GE > AF$ . Desta forma, a priorização de automatização corresponde ao processo de AC, com uma ponderação de cerca de 39% (verifica-se na coluna das ponderações normalizadas - *Normals*).

Segundo a aplicação deste método, é assim possível concluir que deve ser feita, em primeiro lugar, uma reestruturação das tarefas de Análise da fatura de Cliente (AC) com vista à automatização e otimização das suas tarefas.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
1GE		0.548857	0.214019	0.107009
2AF		0.452923	0.176611	0.088305
3AT		0.562747	0.219435	0.109718
4AC		1.000000	0.389936	0.194968

Figura 4.15 - Resultados da aplicação do método AHP

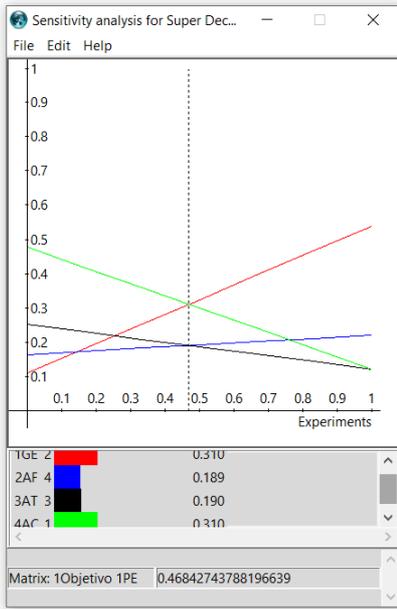
#### 4.3.1.5 Análise da sensibilidade

Em última instância, para terminar a aplicação deste método, é necessário realizar uma análise da sensibilidade, onde se faz variar o peso relativo dos critérios entre 0 e 1.

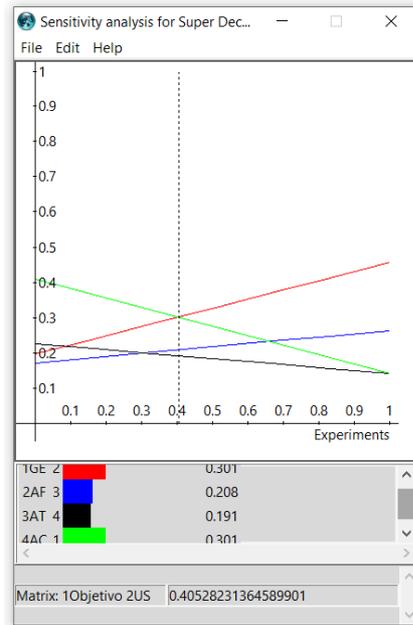
Com a análise da sensibilidade é possível testar diversos cenários para entender o efeito que cada um produz no final do processo. Assim, verifica-se que valores de importância deveriam ser atribuídos aos critérios de decisão, de maneira que a síntese final dos resultados fosse diferente.

Seguidamente, serão apresentados diversos gráficos correspondentes à análise da sensibilidade da aplicação deste método. A alternativa GE será apresentada com uma cor vermelha, a alternativa AF será representada com uma cor azul, a alternativa AT será representada com uma cor preta e, por fim, a alternativa AC terá uma cor verde.

Foi analisada a sensibilidade para o critério PE, US, PC e PR em que os resultados e respetiva explicação estão presentes na figura 4.16, 4.17, 4.18 e 4.19, respetivamente.

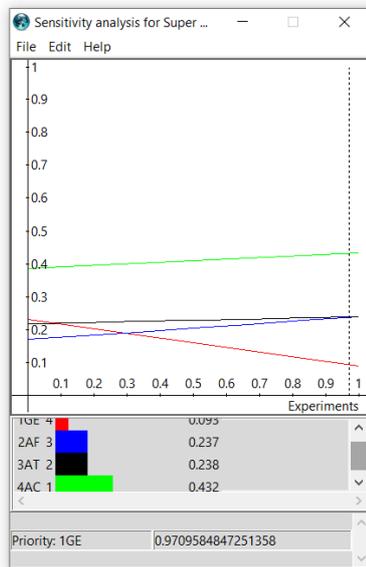


(a)

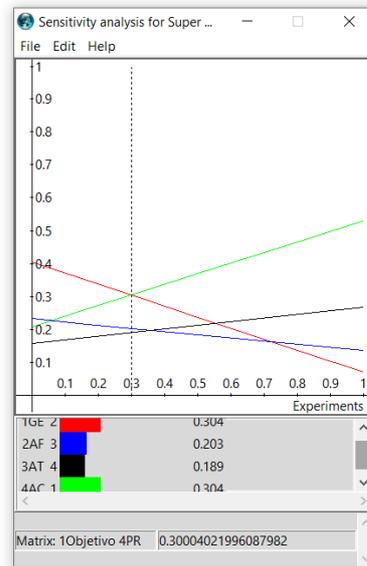


(b)

Figura 4.16 - Análise da sensibilidade para os critérios: PE (a) US (b).



(a)



(b)

Figura 4.17 - Análise da sensibilidade para os critérios: PC (a) PR (b).

Na figura 4.16-(a), verifica-se que se o peso do critério PE for inferior a aproximadamente a 46,8% (linha a tracejado vertical), a melhor alternativa será o processo de AC, caso contrário a melhor alternativa já será o processo de GE.

Na figura 4.16-(b), verifica-se que se se atribuir um peso superior a, aproximadamente, 40,1%, se deve priorizar a automatização de GE. Caso contrário, a priorização será atribuída ao processo de AC.

Na figura 4.17-(a), foi analisada a sensibilidade para o critério PC. Tal como se pode observar, para qualquer que seja o peso atribuído a este critério, a melhor alternativa será sempre o processo de AC.

Por fim, na figura 4.17-(b), foi analisada a sensibilidade do critério PR. Caso o peso deste critério seja inferior a 30%, a priorização de automatização deve ser atribuída ao processo de GE, caso contrário, essa priorização será atribuída ao processo de AC.

## 4.4 Fase 3 - Proposta de automatização

Com base na análise feita no subcapítulo anterior, foi realizado uma proposta de implementação de automatização, com o auxílio de um *software* de RPA - *UiPath*.

A escolha deste *software*, teve como base a informação presente no subcapítulo 2.2.2, visto que é dos *software* de RPA do mercado e mais utilizado em termos empresariais com diversas utilidades e de fácil utilização. Para além disso, é possível utilizar de forma gratuita, não havendo necessidade de gastos iniciais, para o procedimento que se pretende utilizar. Existem certas funcionalidades que só estão disponíveis em planos *premium*, no entanto, para esta proposta de automatização não foi necessário a utilização dessas funcionalidades. É também o *software* empresarial de RPA mais comum, sendo utilizado em outras organizações a nível nacional, tal como na EDP e nos CTT, por exemplo.

Em primeiro lugar, após o método AHP ditar que o processo de AC necessita de ser automatizado inicialmente, é necessário analisar as tarefas desse mesmo processo e entender quais podem ser automatizados. Nesta proposta de automatização, o intuito é conjugar as atividades do colaborador com o *robot* de automatização, e não substituir na integra o trabalho do colaborador, até porque há certas tarefas neste processo que não podem ser automatizadas.

De seguida será necessário analisar se o processo em causa condiz com a informação descrita no subcapítulo 2.3.1.1, principalmente se a resposta às seguintes perguntas é afirmativa:

- 1) O processo é repetitivo e padronizado?
- 2) O potencial de erro é elevado?
- 3) É necessário um processamento permanente?
- 4) O processo é relevante para a organização?
- 5) O orçamento disponível para a implementação é baixo?
- 6) O processo ocorre frequentemente e não envolve juízos de valor?

De um modo geral, em todos os casos, a resposta é afirmativa.

O processo é repetitivo e padronizado, com potencial de erro elevado e processamento permanente, uma vez que consiste na leitura de certos parâmetros da fatura, por parte do colaborador. É um processo relevante para a organização, já que é necessário registar e arquivar as faturas dos clientes para controlo e registo interno. Para a implementação de uma automatização não é necessário um investimento relevante, por parte da organização, e ocorre frequentemente, sempre que há uma encomenda por parte do cliente, não sendo necessário um pensamento crítico por parte do operador, visto que é maioritariamente composto por tarefas administrativas e de leitura de faturas e introdução dos seus valores num mapa de *Excel*.

Após esta análise, foi feita uma esquematização do processo no seu estado futuro, que pode ser verificada na figura 4.20.

Nesta esquematização, existem uma cooperação entre o colaborador e o *robot* de RPA. Inicialmente, o colaborador tem como função algumas tarefas administrativas de emissão da fatura de cliente, tais como a introdução da fatura na respetiva pasta de obra, arquivo no *dosier* de obra e o armazenamento da fatura do envelope da contabilidade. Deve-se também enviar a respetiva fatura por *email* para o cliente. Seguidamente, dá-se o registo da fatura no mapa *Excel* "Faturas vencidas e a vencer", sendo que o colaborador tem também como função inicial de mover a fatura para a pasta "Faturas por ler", que é uma nova função a cargo do colaborador. Esta nova função foi desenvolvida de maneira que o *robot* de RPA consiga compreender quais as faturas que devem ser lidas e as que já foram introduzidas no mapa de *Excel*. Assim, o *robot* de RPA apenas irá processar as faturas presentes numa dada pasta do computador, designada de "Faturas por ler".

Seguidamente, após o colaborador colocar a fatura na pasta "Faturas por ler" irá começar o processo feito, exclusivamente pelo *robot* de RPA. Inicialmente, irá abrir essa pasta e verificar se existem faturas por ler. Em caso afirmativo, irá abrir a fatura e ler os campos solicitados, tal

como o colaborador faz atualmente - Número da fatura, nome do cliente, data de emissão, data de vencimento e valor da fatura.

Após a leitura desses campos, o *robot* de RPA irá introduzi-los no mapa de *Excel* "Faturas vencidas e a vencer" e mover a fatura lida para uma nova pasta ("Faturas lidas"), evitando que o *robot* leia novamente a mesma fatura.

O processo irá terminar com o pagamento da fatura pelo cliente, tal como acontecia no procedimento inicial.

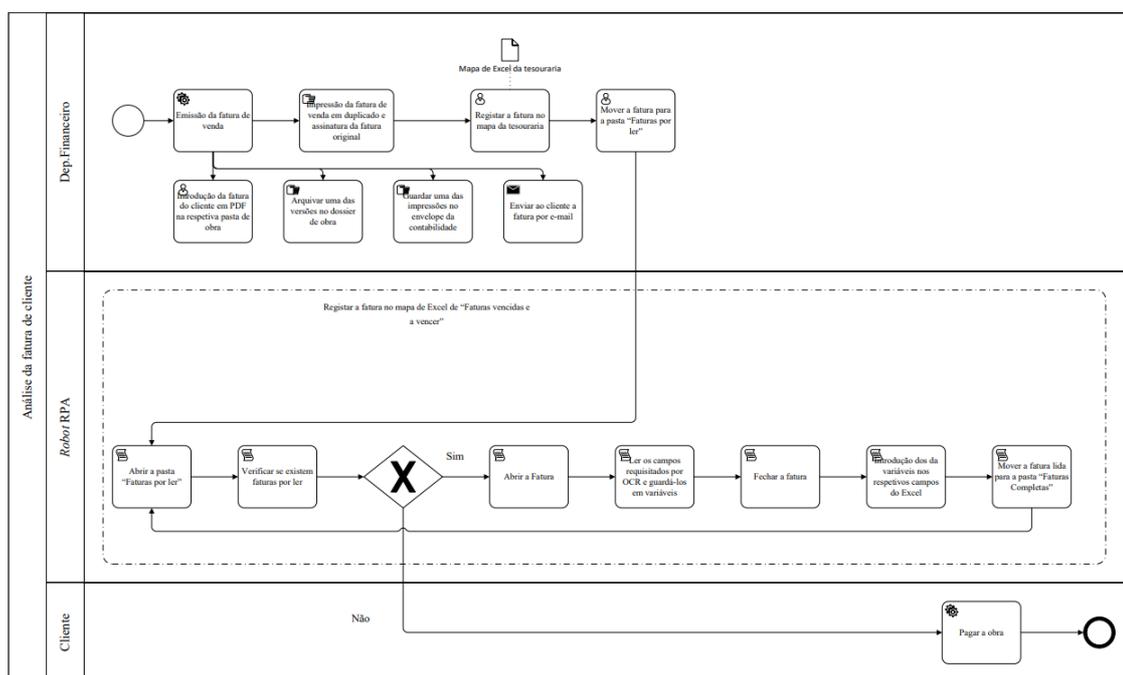


Figura 4.18 - Diagrama BPMN do estado futuro - Análise da fatura de cliente

#### 4.4.1 Automatização do processo com o *software UiPath*

Tal como foi referido anteriormente, o *software* utilizado para esta proposta de implementação de automatização de processos foi o *UiPath*.

Em primeiro lugar, de maneira a se iniciar a programação no *software* em si, foi utilizado os manuais de ajuda ao utilizador do próprio *software* e também se recorreu a vídeos práticos que exemplificavam algumas funcionalidades do *UiPath*. Esta primeira fase de aprendizagem do *software* foi essencial para a programação das atividades seguintes, visto que esta tecnologia não é utilizada na organização e, como tal, os colaboradores não têm formação nesta

área, não podendo auxiliar na sua programação. De seguida, procedeu-se à programação no software.

O objetivo inicial, será que o *robot* de RPA abra a fatura pretendida, na pasta "Faturas por ler", leia os campos necessários - Número da fatura, nome do cliente, data de emissão, data de vencimento e valor da fatura, através de tecnologia de OCR e introduza esses valores no mapa de *Excel*/pretendido. Após esse procedimento, a fatura lida será movida para outra pasta, denominada de "Faturas completas", onde estarão todas as faturas lidas.

Em caso de dúvida, o colaborador pode consultar essa pasta e perceber quais as faturas que já estão lidas e quais aquelas que ainda estão por ler. O exemplo de uma fatura de cliente, pode ser consultada na figura C.1, no anexo C, onde existem alguns parâmetros que se encontram omitidos por questões de confidencialidade.

Desta forma, pretende-se que o *robot* de RPA programado seja responsável pela tarefa de "Registar a fatura no mapa de Excel de "Faturas vencidas e a vencer" e que o colaborador da organização se responsabilize pelo resto do processo de AC.

De seguida, procedeu-se com a programação no *software*.

Inicialmente, atribuiu-se variáveis às pastas criadas. A variável *PdfPath* corresponde à pasta "Faturas por ler" e a variável *CompletedPath* corresponde à pasta "Faturas Completas". A variável "*PdfFiles*" é uma própria variável do software, que deve ser utilizada para que os ficheiros em formato PDF sejam lidos corretamente. A tarefa "*Read Range*" irá ler a informação descrita no mapa de Excel e processar a informação lida. Este processo está descrito na figura 4.19.

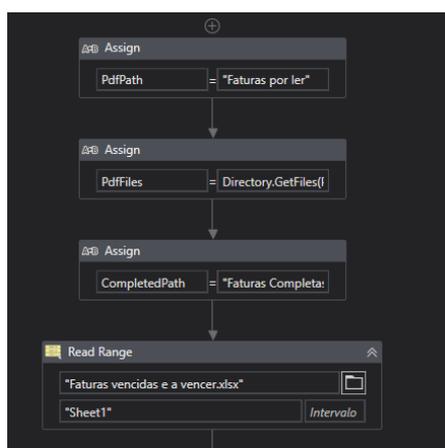


Figura 4.19 - Criação das variáveis iniciais e *Read Range*

De seguida, para cada ficheiro presente na pasta "Faturas por ler", o *robot* irá transformar essa variável numa *String*, para que seja possível abrir a fatura pretendida, como se pode verificar na figura 4.20.

Posteriormente a visualização da fatura deverá ser normalizada. É essencial que as dimensões de todas as faturas estejam normalizadas para que a tecnologia de OCR funcione, uma vez que o *robot* irá ler as informações pretendidas com base em coordenadas espaciais, definidas pelo utilizador que está a programar o *robot*.

De facto, todas as faturas de cliente têm a mesma forma padronizada, facilitando a utilização desta tecnologia de OCR e reduzindo o erro na sua leitura, uma vez que é sabido, à *priori*, a localização dos campos da fatura que se quer ler.

Assim, o robot irá abrir a fatura, arrastar a página para cima ("*pgup*") e colocar o *zoom* de visualização em 100%, fazendo duplamente *CTRL+num1*. Todas as faturas abertas serão colocadas neste formato pelo *robot*, possibilitando assim a sua leitura. Essa informação está presente na figura 4.21.

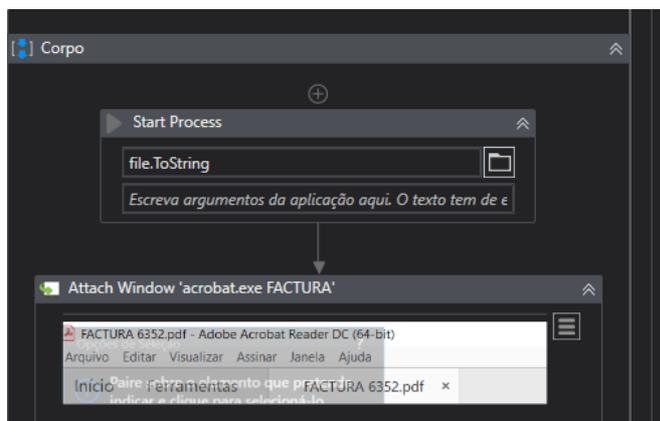


Figura 4.20 - Abertura da fatura pretendida

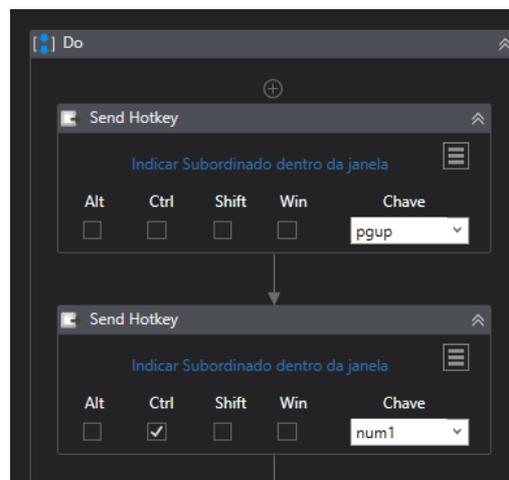


Figura 4.21 - Normalização da fatura

Após a fatura estar normalizada nas dimensões requeridas, é então utilizado a tecnologia de OCR. O *robot* irá ler a informação pretendida e guardar essa informação em variáveis. Este procedimento, encontra-se descrito na figura 4.22.

Essas variáveis armazenadas serão, posteriormente, introduzidas no mapa de *Excel* pretendido.

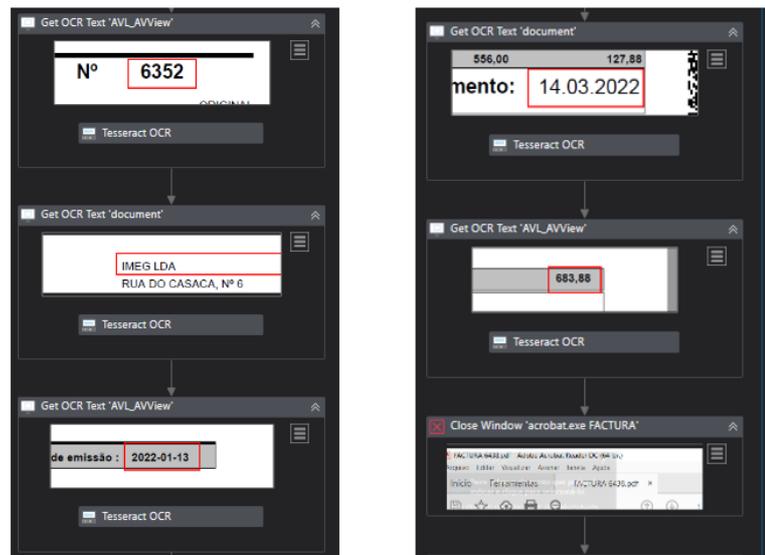


Figura 4.22 - Leitura da fatura

Existem, deste modo, 5 variáveis criadas para a leitura da fatura:

- ***InvoiceNumber*** - Número da fatura;
- ***InvoiceDate*** - Data de emissão da fatura;
- ***Price*** - Preço da obra;
- ***Client*** - Nome do cliente;
- ***Vencimento*** - Data de vencimento da fatura.

Estas 5 variáveis são criadas de maneira a realizar exatamente o que o colaborador faria, nesta tarefa, manualmente.

De seguida, após a informação já estar lida e guardada em variáveis, o *robot* irá fechar a fatura, dando por concluído o processo de leitura da fatura em causa.

Posteriormente, todas estas variáveis guardadas serão introduzidas numa nova variável global, em forma de tabela - *InvoiceDT*. Esta variável irá possibilitar que, de seguida, a informação seja transposta para o mapa de *Excel* pretendido. É necessário colocar as variáveis na ordem correta de transcrição futura, em *Array Row*, para que depois a informação seja escrita no Excel corretamente. Este processo pode ser visualizado na figura 4.23.

O processo termina com a transcrição da variável *InvoiceDT*, que guarda todas as variáveis anteriores em formato tabela, para o mapa de *Excel* "Faturas vencidas e a vencer".

Após a informação já estar presente no mapa de *Excel*, o *robot* irá mover a fatura que anteriormente se encontrava na pasta "Faturas por ler" para a pasta "Faturas completas", de maneira confirmar que a fatura já está efetivamente lida. Este processo encontra-se descrito na figura 4.24. Em caso de dúvida, o colaborador pode sempre consultar essa pasta e verificar se uma determinada fatura já foi registada ou não.

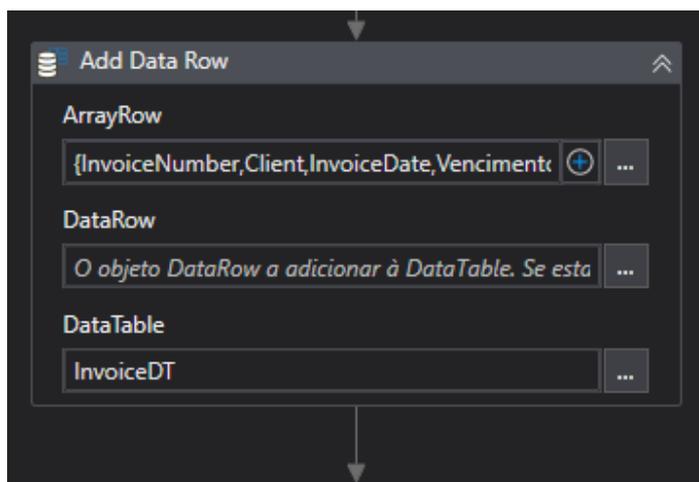


Figura 4.23 - Armazenamento da informação na variável *InvoiceDT*

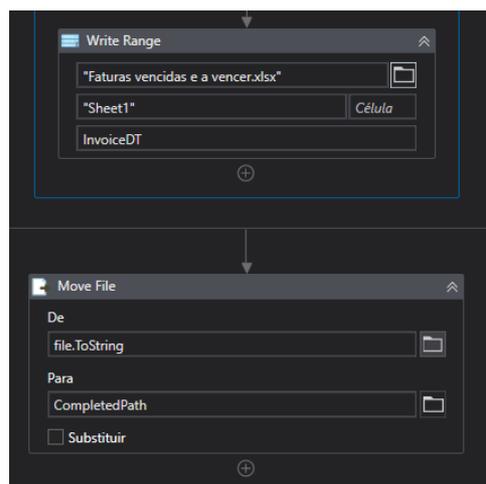


Figura 4.24 - Introdução dos campos no mapa de *Excel* e movimentação da fatura entre pastas

O processo termina com a transcrição da variável *InvoiceDT*, que guarda todas as variáveis anteriores em formato tabela, para o mapa de *Excel* "Faturas vencidas e a vencer".

Após a informação já estar presente no mapa de *Excel*, o *robot* irá mover a fatura que anteriormente se encontrava na pasta "Faturas por ler" para a pasta "Faturas completas", de maneira confirmar que a fatura já está efetivamente lida. Este processo encontra-se descrito na figura 4.25. Em caso de dúvida, o colaborador pode sempre consultar essa pasta e verificar se uma determinada fatura já foi registada ou não.

Em resumo, para esta proposta de automatização, são então necessárias 9 variáveis, que estão apresentadas na figura 4.26:

- 3 para movimentarem as faturas entre pastas - *PDFFiles*, *PDFPath* e *CompletedPath*,
- 5 correspondentes à informação que se quer ler e depois introduzir no mapa de *Excel* - *InvoiceNumber*, *InvoiceDate*, *Price*, *Client* e *Vencimento*;
- 1 correspondente à variável em formato tabela que será introduzida no Excel *InvoiceDT*.

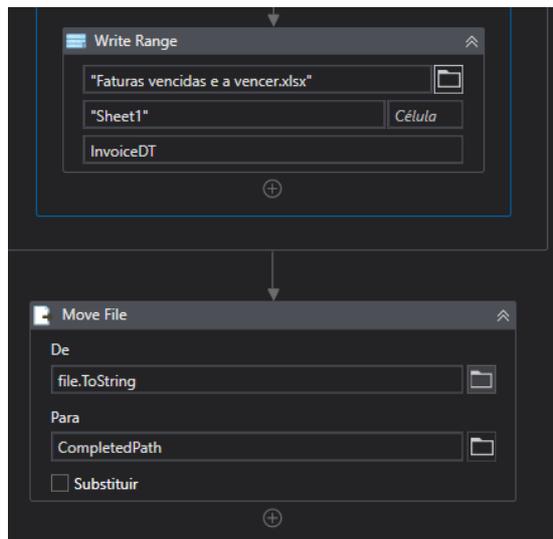


Figura 4.25 - Introdução dos campos no mapa de *Excel* e movimentação da fatura entre pastas

Nome	Tipo de variável	Âmbito	Predefinição
PdfFiles	String[]	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
PdfPath	String	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
InvoiceDT	DataTable	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
InvoiceNumber	String	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
InvoiceDate	String	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
Price	String	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
CompletedPath	String	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
Client	String	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
Vencimento	String	PdfDataExtraction...	Introduzir uma expressão do VB
<i>Criar Variável</i>			

Figura 4.26 - Variáveis utilizadas

#### 4.4.2 Resultados da automatização

Após o *robot* de RPA estar programado é importante verificar se este funciona corretamente, tal como pretendido, e sem falhas.

Neste processo de testagem, tentou-se forçar o erro para que seja possível encontrar oportunidades de melhoria na proposta de automatização. É também importante que o *robot* se encontre organizado e feito de forma intuitiva, com nomes e variáveis que possam ajudar um futuro colaborador a analisar o processo e alterar o mesmo, consoante as necessidades futuras.

Com a configuração do *robot* já efetuada e com uma análise completa dos processos, é espectável que este se comporte corretamente e de uma forma fiável. É também importante referir que a programação feita é apenas uma proposta de automatização de uma tarefa de um processo específico da organização (AC), que ainda não foi implementado. É normal que, caso seja implementada futuramente, surjam possíveis exceções e eventuais erros no processo, que poderão ser facilmente alterados pelos colaboradores da organização.

De seguida, foi feita uma análise de maneira a simular os valores de poupança obtidos com esta automatização.

Em primeiro lugar, cronometrou-se o processo feito atualmente e, posteriormente, o processo automatizado pelo *robot* de RPA. Em ambos os casos, foram cronometrados 9 vezes a tarefa de "Registar a fatura no mapa de Excel de faturas vencidas e a vencer".

A cronometragem iniciava-se, no processo atual, quando o colaborador começava o processo de registo manual dos campos pretendidos no mapa de *Excel* e, no caso futuro, após se clicar no botão de início de processamento da tarefa, no *software UiPath*.

Para a cronometragem em causa, foram necessárias 9 faturas de cliente, diferentes entre si, e o auxílio do colaborador da organização, que se mostrou disponível para que esta tarefa fosse cronometrada.

De seguida, calculou-se a média e o desvio padrão da tarefa feita atualmente e para o processo futuro. Os resultados desta cronometragem podem ser verificados na tabela 4.6.

Através da análise dos dados da tabela 4.6, consegue-se compreender que houve uma redução do tempo de processamento da tarefa em causa. Para além disso, como é um processo automatizado, com procedimentos específicos e bem definidos, a variabilidade associada também é menor, relativamente ao mesmo processo efetuado pelo colaborador, provocando assim uma diminuição do desvio padrão.

Tabela 4.6 - Cronometragem da tarefa de Registar a fatura no mapa de Excel "Faturas vencidas e a vencer"

	Processo atual (s)	Processo futuro (s)
	217	75
	210	76
	197	75
	200	74
	190	73
	192	72
	200	72
	190	73
	192	74

	Processo atual (s)	Processo futuro (s)
Média (s)	199	74
Desvio Padrão (s)	9,42	1,39

Desta forma, consegue-se calcular a diferença entre as médias dos dois processos e a percentagem da poupança de tempo obtida com a automatização. Estes cálculos, estão representados nas equações 4.2 e 4.3, respetivamente.

$$\text{Diferença de médias (s)} = 199 - 74 = 125s \quad (4.2)$$

$$\text{Poupança (\%)} = \frac{125}{199} \times 100\% \approx 62,8\% \quad (4.3)$$

Pelas equações acima é possível compreender que a automatização em causa iria reduzir o tempo do processo em 125 segundos, em média, originando uma poupança de, aproximadamente, 62,8%.

Novamente, é importante referir que os cálculos apresentados são apenas uma análise estimada. Após a implementação do processo na organização, deve-se refazer estes cálculos e verificar novamente a poupança obtida.

Com estes dados, também é possível verificar a poupança por dia de trabalho. Sabendo o número de obras de cada ano da CEST, visto que em cada obra irá ocorrer uma AC, então é possível estimar a poupança por dia de trabalho.

A poupança por dia de trabalho é obtida multiplicando a diferença de médias pelo número de obras e dividindo o produto pelo número de horas diárias de trabalho (8 horas). A equação 4.4 representa esse cálculo para o ano de 2019:

$$\text{Poupança} = \frac{125 \times 301}{8} = 1,37 \text{ dias de trabalho} \quad (4.4)$$

Este procedimento é efetuado, de seguida, para os anos de 2020 e 2021. Os resultados podem ser observados na tabela 4.7, que apresenta essa informação para os últimos 3 anos da organização.

Com base nesta análise, é possível estimar a poupança anual de 1,28 dias de trabalho, apenas neste processo.

Tabela 4.7 - Poupança por dia de trabalho com a automatização proposta

	Ano	Nº de obras anual	Poupança (dias de trabalho)
	2019	301	1,37
	2020	271	1,17
	2021	316	1,30
<b>Média (dias de trabalho)</b>			1,28

É sabido que para este processo não é necessário qualquer investimento da organização monetariamente, no entanto, caso seja incorporado pela organização e depois seja criado *robots* de RPA para outros processos mais complexos e que interliguem diversos sistemas, é previsível que se evolua para outros planos *premium* do *software*. Contudo, ainda que seja difícil de estimar, pode-se referir que haverá uma poupança nos custos, tal como foi visto no subcapítulo 2.2.

É importante referir que para a automatização seja bem conseguida, deve existir uma sinergia entre colaborador e o *robot*, de maneira que o sistema funcione de forma correta. Para o processo em causa, o colaborador tem as tarefas bem definidas, que devem ser feitas em cooperação com o *robot*, para que o processo funcione corretamente e sem falhas.

Por fim, é possível estimar que a implementação de um *robot* de RPA para a automatização deste processo, de acordo com a metodologia desenvolvida no capítulo 3, originará melhorias a nível de tempo e custo para organização e também um maior controlo e fluidez no processo de AC, reduzindo eventuais erros dos colaboradores responsáveis por este processo.



# |5 CONCLUSÃO

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões inerentes à realização da presente dissertação. São também apresentadas algumas limitações que ocorreram no decorrer da mesma e são propostos alguns trabalhos para serem realizados futuramente.

## 5.1 Conclusões

Devido a uma competitividade cada vez maior por parte das organizações, aliada a uma crescente inovação tecnológica com recursos e modelos flexíveis, eficazes e eficientes, promove-se a implementação de novas estratégias que permitem a redução do tempo de processamento e erro humano, bem como uma redução de custos para realizar uma determinada tarefa.

As organizações tendem assim a implementar o RPA com a finalidade de gerar benefícios em termos de redução de tempos despendidos em atividades repetitivas e, conseqüentemente, redução de custos. Assim, os colaboradores são alocados em atividades em que é necessário o seu pensamento crítico, retornando um maior valor para a organização.

Desta forma, a presente dissertação foi desenvolvida com o objetivo de introduzir uma metodologia para auxiliar as organizações a implementar corretamente o RPA nos seus processos. Para tal, foi desenvolvido um modelo de decisão que permita compreender o processo da organização cuja automatização é prioritária e, posteriormente, sugerir a implementação de um *robot* de RPA para o processo em causa.

Assim, em primeiro lugar, verificou-se através da pesquisa bibliográfica conteúdos relacionados com a Indústria 4.0, para uma melhor compreensão sobre a evolução da indústria até aos dias de hoje, objetivos sustentáveis e desafios e perspectivas futuras associadas. De seguida, foram abordados alguns conceitos relacionados com o RPA, para se entender melhor no que consiste esta tecnologia e como pode ser aplicada. Foram também verificados os tipos de *software* existentes e as principais áreas de aplicação. É de notar que os estudos referentes ao RPA ainda são reduzidos, uma vez que é uma tecnologia bastante recente, evidenciando a

necessidade de maiores desenvolvimentos. Ainda relativamente à pesquisa bibliográfica, investigou-se sobre BPM, com especial atenção à sua colaboração com RPA, e ainda sobre BPMN, auxiliando no correto mapeamento dos processos. Para além disso, foi necessário estudar modelos de MCDM e Ferramentas *Lean* e de Qualidade.

Com base no conhecimento presente na literatura, foi desenvolvida uma proposta de metodologia de implementação de RPA nas organizações, em processos de apoio à logística, composta por 4 fases. Com recurso a estas 4 fases, a metodologia desenvolvida tem como principal objetivo auxiliar as organizações a implementar o RPA nos seus processos, incluindo, ainda, um modelo de decisão que permita avaliar o estado de automatização dos processos atuais e identificar a priorização da automatização dos processos. De modo a testar e validar a metodologia proposta, foi realizado um estudo de caso na CEST - Comércio e Indústria, Lda.

O estudo de caso iniciou-se com o diagnóstico da situação atual, onde se utilizou a ferramenta *Lean A3* para propor as principais etapas para desenvolver a dissertação. Desta forma, foram estabelecidas 7 etapas principais para o decorrer da dissertação, incluindo aspetos relevantes à metodologia desenvolvida e, também, aspetos relativos à sua aplicação no estudo de caso. Para alcançar estas etapas, promoveu-se uma calendarização das mesmas, bem como, a atribuição dos responsáveis por cada etapa. De seguida, mapeou-se os principais processos da CEST, através de diagramas BPMN.

Ao longo do mapeamento dos principais processos, notou-se problemas de desempenho operacional, abrangentes às diversas áreas da organização. Assim, foram surgindo propostas de melhoria, que foram analisadas através do Diagrama de *Ishikawa*. Apesar de algumas causas não estarem relacionadas com a automação dos processos, mostrou-se importante realizar esta análise para compreender os principais problemas da organização. Contudo, seguidamente, apenas se deu relevância às causas relacionadas com a automação dos processos atuais, mais concretamente, no que diz respeito aos recursos tecnológicos, à mão de obra, ao método de trabalho e aos diversos métodos burocráticos ainda existentes.

Seguidamente, na fase 2, foi feita a pré-seleção dos critérios, alternativas e priorização das áreas de atuação, com recurso ao método AHP. Este método foi realizado com o auxílio de 2 colaboradores da organização e teve como principal objetivo verificar qual o processo da organização que deveria ser automatizado com RPA inicialmente. Para a aplicação do método, foram utilizados critérios de um processo tipicamente automatizado e as alternativas

referiram-se aos diversos processos da organização que foram estudados e suscetíveis de automação.

Ao longo da aplicação do AHP verificou-se que não ocorreram inconsistências nas matrizes construídas, o que facilitou o desenvolvimento do método, já que não foi necessário reconstruir as matrizes de comparação, em conjunto com os decisores.

Como resultado da aplicação deste método, foi obtido a priorização dos processos a automatizar e concluiu-se que era necessário a automatização das tarefas relacionadas com o processo de Análise de Fatura do Cliente (AC).

Numa fase final do método AHP, realizou-se uma análise de sensibilidade, onde se fez variar o peso relativo dos critérios entre 0 e 1. Nesta análise, foi possível testar diversos cenários para verificar a importância do peso relativo dos critérios. Verificou-se, desta forma, que valores de importância deveriam ser atribuídos aos critérios, para que o resultado do método fosse diferente.

Após se verificar, através do método AHP, qual o processo da organização que seria prioritário de automatizar, procedeu-se com a proposta de automatização, com recurso ao *software UiPath*, dando início à fase 3. Assim, desenvolveu-se um *robot* de RPA, responsável pela automatização do processo associado à leitura e processamento das faturas de clientes e posterior introdução dos dados pretendidos num mapa de *Excel*.

Com a proposta de automatização, prevê-se que irá ocorrer uma poupança de 62,8% no tempo de a tarefa "Registar a fatura no mapa de Excel de faturas vencidas e a vencer", resultando numa poupança de 1,28 dias de trabalho, em média, por ano, apenas com esta automatização. É importante referir que os resultados da proposta de automatização devem ser verificados após implementação do *robot* de RPA na organização.

Por fim, é possível concluir que o RPA é uma ferramenta bastante útil para as organizações, com uma programação simples. É, desta forma, compreensível o interesse crescente das organizações por este tema, assim como em adotar estes *robots*, como uma solução de poupança de tempos e custos.

## 5.2 Limitações ao estudo

Associado ao estudo desenvolvido foi possível identificar algumas limitações.

Uma das limitações encontradas está associada ao facto de a informação bibliográfica relativa à implementação de RPA nas organizações ser bastante escassa, mais concretamente, no que diz respeito às aplicações práticas em organizações. Assim, foi difícil reunir informação

suficiente de modo a compreender como realizar a correta implementação do *robot* de RPA nas atividades pretendidas.

Para além disso, o facto do domínio de RPA não se encontrar desenvolvido na organização e do seu nível de desenvolvimento tecnológico ser bastante reduzido, levou a que os colaboradores não reunissem os conhecimentos suficientes sobre esta matéria. A programação do *robot* revelou-se por vezes, por esse motivo, bastante complicada, sendo necessário a consulta de vídeos explicativos do *software*. Para a programação do *robot*, foi sugerido a utilização de *software* com licenças gratuitas, para que a organização não tivesse investimentos iniciais, revelando-se uma dificuldade acrescida.

Por fim, é de notar a resistência das organizações perante mudanças como uma das limitações ao estudo. O facto de os procedimentos serem efetuados da mesma forma durante bastante tempo resulta numa dificuldade acrescida de introduzir novas ideias e propor melhorias, principalmente relacionadas com automatização de processos.

### 5.3 Propostas de trabalhos futuros

Como trabalhos futuros sugere-se dar continuidade ao trabalho desenvolvido ao longo da dissertação.

A metodologia proposta nesta dissertação, surge da necessidade de existir na literatura uma base para que as organizações adotem o RPA nos seus processos. Desta forma, sugere-se que a metodologia desenvolvida seja um apoio para o desenvolvimento de metodologias futuras no âmbito de RPA, não só na área logística, mas também em outras áreas.

É também proposto que seja testado a aplicação da metodologia em outras organizações, para além da CEST, que tenham interesse em aplicar o RPA nos seus processos.

Na fase II da metodologia desenvolvida, é proposto a aplicação do método AHP, porém, seria relevante verificar a utilidade de outros modelos de apoio à decisão na metodologia proposta, principalmente do método TOPSIS.

Em relação ao estudo de caso desenvolvido, não houve a possibilidade de implementar as sugestões de melhoria, nomeadamente o *robot* de RPA. Sugere-se, por isso, em primeiro lugar que o *robot* de RPA desenvolvido seja implementado na organização. Desta forma, será possível verificar se a estimativa da poupança de tempos realizada corresponde ao previsto e

se o *robot* cumpre em tempo real com o pretendido, verificando-se se existem erros da programação do *robot* ao ser implementado na organização.

Ainda relativamente ao estudo de caso é proposto que seja desenvolvido e implementado outros *robots* de RPA, para os outros processos mapeados, a começar pelo de AT, como foi verificado pelo método AHP. Seria possível utilizar a programação já realizada para o processo de AC e enquadrá-la para tarefas de AT, de acordo com o que fosse necessário. Ainda referente à organização, seria importante implementar um sistema de gestão de armazenagem, de maneira a reduzir o número de artigos desnecessários no interior do armazém e a facilitar a movimentação dos equipamentos no interior do mesmo.



- Arevalo, C., Escalona, M. J., Ramos, I., & Domínguez-Muñoz, M. (2016). A metamodel to integrate business processes time perspective in BPMN 2.0. *Information and Software Technology*, 77, 17–33. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.05.004>
- Aruldoss, M., Lakshmi, T., & Venkatesan, V. (2013). A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1, 31–43. <https://doi.org/10.12691/ajis-1-1-5>
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229, 107776. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>
- Buran, B., & Erçek, M. (2022). Public transportation business model evaluation with Spherical and Intuitionistic Fuzzy AHP and sensitivity analysis. *Expert Systems with Applications*, 117519. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117519>
- Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0. (2011). 538.
- Cabello Ruiz, R., Jiménez Ramírez, A., Escalona Cuaresma, M. J., & González Enríquez, J. (2022). Hybridizing humans and robots: An RPA horizon envisaged from the trenches. *Computers in Industry*, 138, 103615. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103615>
- Capgemini Consulting. (2016). Robotic Process Automation—Robots conquer business processes in back offices.
- Chen, X., Despeisse, M., Dahlman, P., Dietl, P., & Johansson, B. (2021). The Environmental Implications of Digitalization in Manufacturing: A Case Study (pp. 249–263). [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6779-7\\_18](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6779-7_18)
- Clair, C. L. (2018). The Forrester Wave™: Robotic Process Automation, Q2 2018. 24.

- Cooper, L. A., Holderness, D. K., Jr., Sorensen, T. L., & Wood, D. A. (2019). Robotic Process Automation in Public Accounting. *Accounting Horizons*, 33(4), 15–35. <https://doi.org/10.2308/acch-52466>
- Deloitte. (2017). Automate this The business leader's guide to robotic and intelligent automation.
- Dev, N. K., Shankar, R., & Swami, S. (2020). Diffusion of green products in industry 4.0: Reverse logistics issues during design of inventory and production planning system. *International Journal of Production Economics*, 223, 107519. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107519>
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of Business Process Management*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>
- Elibal, K., & Özceylan, E. (2022). Comparing industry 4.0 maturity models in the perspective of TQM principles using Fuzzy MCDM methods. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121379. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121379>
- Flechsig, C., Lohmer, J., & Lasch, R. (2019). Realizing the Full Potential of Robotic Process Automation Through a Combination with BPM (pp. 104–119). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29821-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29821-0_8)
- Geiger, M., Harrer, S., Lenhard, J., & Wirtz, G. (2018). BPMN 2.0: The state of support and implementation. *Future Generation Computer Systems*, 80, 250–262. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.01.006>
- George, A., Ali, M., & Papakostas, N. (2021). Utilising robotic process automation technologies for streamlining the additive manufacturing design workflow. *CIRP Annals*, 70(1), 119–122. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2021.04.017>
- Ghobadian, A., & Gallea, D. (2001). TQM implementation: An empirical examination and proposed generic model. *Omega*, 29(4), 343–359. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(01\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(01)00030-5)
- Haddad, C., Florez, D., Uriona Maldonado, M., Forcellini, F., & Lezana, R. (2016). Process improvement for professionalizing non-profit organizations: BPM approach. *Business Process Management Journal*, 22. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-08-2015-0114>

- Hanaoka, S., & Kunadhamraks, P. (2009). Multiple Criteria and Fuzzy Based Evaluation of Logistics Performance for Intermodal Transportation. *Journal of Advanced Transportation*, 43, 123–153. <https://doi.org/10.1002/atr.5670430204>
- Hindle, D. J., Lacity, D. M., Willcocks, D. L., & Khan, D. S. (2017). Benchmarking the Client Experience. 30.
- Huang, F., & Vasarhelyi, M. A. (2019). Applying robotic process automation (RPA) in auditing: A framework. *International Journal of Accounting Information Systems*, 35, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2019.100433>
- Inuwa, H. M., Ravi Raja, A., Kumar, A., Singh, B., & Singh, S. (2022). Status of Industry 4.0 applications in healthcare 4.0 and Pharma 4.0. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.409>
- Ivančić, L., Suša Vugec, D., & Vuksic, V. (2019). Robotic Process Automation: Systematic Literature Review (pp. 280–295). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4_19)
- Januszewski, A., Kujawski, J., & Buchalska-Sugajska, N. (2021). Benefits of and Obstacles to RPA Implementation in Accounting Firms. *Procedia Computer Science*, 192, 4672–4680. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.245>
- Jozaghi, A., Alizadeh, B., Hatami, M., Flood, I., Khorrami, M., Khodaei, N., & Ghasemi Tousi, E. (2018). A Comparative Study of the AHP and TOPSIS Techniques for Dam Site Selection Using GIS: A Case Study of Sistan and Baluchestan Province, Iran. <https://doi.org/10.20944/preprints201810.0773.v1>
- Krone, R. (2017). Not Just Guess Work: Tips for Observation, Brainstorming, and Prototyping. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*, 20(2), 94–100. <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2017.04.002>
- Kumar, K., Shah, R., Kumar, N., & Singh, R. (2021). Application of Robotic Process Automation (pp. 929–937). [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4604-8\\_75](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4604-8_75)
- Kumar, N., Shahzeb Hasan, S., Srivastava, K., Akhtar, R., Kumar Yadav, R., & Choubey, V. K. (2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>
- Lacity, M. C., & Willcocks, L. (2015, junho 19). What Knowledge Workers Stand to Gain from Automation. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2015/06/what-knowledge-workers-stand-to-gain-from-automation>

- Lacity, M. C., & Willcocks, L. P. (2016). Robotic process automation at telefónica O2. *MIS Quarterly Executive*, 15(1), 21–35. Scopus.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industrie 4.0. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 56, 261–264. <https://doi.org/10.1007/s11576-014-0424-4>
- Lu, H., Li, Y., Chen, M., Kim, H., & Serikawa, S. (2018). Brain Intelligence: Go beyond Artificial Intelligence. *Mobile Networks and Applications*, 23(2), 368–375. <https://doi.org/10.1007/s11036-017-0932-8>
- Macek, O., & Richta, K. (2009). The BPM to UML activity diagram transformation using XSLT. 119–129.
- Moffitt, K. C., Rozario, A. M., & Vasarhelyi, M. A. (2018). Robotic Process Automation for Auditing. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.2308/jeta-10589>
- Pereira, J., Silva, F. J. G., Bastos, J. A., Ferreira, L. P., & Matias, J. C. O. (2019). Application of the A3 Methodology for the Improvement of an Assembly Line. *Procedia Manufacturing*, 38, 745–754. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.101>
- Plattfaut, R., Borghoff, V., Godefroid, M., Koch, J., Trampler, M., & Coners, A. (2022). The Critical Success Factors for Robotic Process Automation. *Computers in Industry*, 138, 103646. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103646>
- Rad, F. F., Oghazi, P., Palmié, M., Chirumalla, K., Pashkevich, N., Patel, P. C., & Sattari, S. (2022). Industry 4.0 and supply chain performance: A systematic literature review of the benefits, challenges, and critical success factors of 11 core technologies. *Industrial Marketing Management*, 105, 268–293. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.06.009>
- Ransikarbum, K., & Leksomboon, R. (2021). Analytic Hierarchy Process Approach for Healthcare Educational Media Selection: Additive Manufacturing Inspired Study. 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), 154–158. <https://doi.org/10.1109/ICIEA52957.2021.9436803>
- Requeijo, J. F. G., & Pereira, Z. P. do P. S. L. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

- Ribeiro, J., Lima, R., Eckhardt, T., & Paiva, S. (2021). Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review. *Procedia Computer Science*, 181, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.104>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saracoglu, B. (2015). An AHP Application in the Investment Selection Problem of Small Hydro-power Plants in Turkey. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 7, 211–239. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v7i2.198>
- Schmitz, M., Dietze, C., & Czarnecki, C. (2019). Enabling Digital Transformation Through Robotic Process Automation at Deutsche Telekom. In N. Urbach & M. Röglinger (Eds.), *Digitalization Cases: How Organizations Rethink Their Business for the Digital Age* (pp. 15–33). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95273-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95273-4_2)
- Séguin, S., Tremblay, H., Benkalai, I., Perron-Chouinard, D.-E., & Lebeuf, X. (2021). Minimizing the number of robots required for a Robotic Process Automation (RPA) problem. *Procedia Computer Science*, 192, 709–716. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.08.073>
- Sibalija, T., Jovanović, S., & Đurić, J. (2019). ROBOTIC PROCESS AUTOMATION: OVERVIEW AND OPPORTUNITIES.
- Sobek, D., & Jimmerson, C. (2004). *A3 Reports: Tool for Process Improvement*.
- Sutherland, C. (2013). *Racing with the Machine of Robotic Automation*. 23.
- Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.06.004>
- Teixeira, J. E., & Tavares-Lehmann, A. T. C. P. (2022). Industry 4.0 in the European union: Policies and national strategies. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121664. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121664>
- Tsai, M.-N., Liao, Y.-F., Chang, Y.-L., & Chen, H.-C. (2020). A brainstorming flipped classroom approach for improving students' learning performance, motivation, teacher-student interaction and creativity in a civics education class. *Thinking Skills and Creativity*, 38, 100747. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100747>

- Vajgel, B., Corrêa, P., Sousa, T., Quille, R., Bedoya, J., De Almeida, G., Filgueiras, L., Demuner, V., & Mollica, D. (2021). Development of Intelligent Robotic Process Automation: A Utility Case Study in Brazil. *IEEE Access*, 9, 71222–71235. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3075693>
- Verma, P., Kumar, V., Daim, T., Sharma, N. K., & Mittal, A. (2022). Identifying and prioritizing impediments of industry 4.0 to sustainable digital manufacturing: A mixed method approach. *Journal of Cleaner Production*, 131639. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131639>
- Watanabe, E., Silva, R., Junqueira, F., Santos Filho, D., & Miyagi, P. (2016). An Emerging Industrial Business Model considering Sustainability Evaluation and using Cyber Physical System Technology and Modelling Techniques. *IFAC-PapersOnLine*, 49, 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.203>
- Yadav, P., Yadav, S., Singh, D., Kapoor, R. M., & Giri, B. S. (2022). An analytical hierarchy process based decision support system for the selection of biogas up-gradation technologies. *Chemosphere*, 302, 134741. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134741>
- Zairi, M. (1991). 5 - DEFINING TQM: TOOLS AND TECHNIQUES. Em M. Zairi (Ed.), *Total Quality Management for Engineers* (1.a ed., pp. 87–123). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845698911.87>
- Zare, A., Hoboubi, N., Farahbakhsh, S., & Jahangiri, M. (2022). Applying Analytic Hierarchy Process and Failure Likelihood Index Method (AHP-FLIM) to Assess Human Reliability in Critical and Sensitive Jobs of a Petrochemical Industry. *Heliyon*, e09509. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09509>
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>

## ANEXOS

# TEMPLATE DA FOLHA DE OBRA

## FOLHA DE OBRA CEST

NOME OBRA \_\_\_\_\_

Cliente \_\_\_\_\_

Obra n° 013/2022 Enc. cliente n° 015/2022 Enc. Forn. n° 016F/2022

Proposta n° 246/19 Desc. Com.: --- Desc. Finan: 3%

Condições Financeiras Acordadas: Crédito 60 dias

Especificador: \_\_\_\_\_ Vendedor: MC / AF / AL / CEST

Data Encomenda (data da encomenda de cliente) \_\_\_\_\_ 04/02/2022

Datas Entrega Comunicadas Cliente

\_\_\_\_\_ - semana \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Datas Entrega Previstas

\_\_\_\_\_ - semana \_\_\_\_ / \_\_\_\_

ATRASOS COMUNICADOS AO CLIENTE? \_\_\_\_\_SIM \_\_\_\_\_NÃO

Valor Obra (incluindo IVA): \_\_\_\_\_

Plafond disponível Cosec: \_\_\_\_\_

Observações :

\_\_\_\_\_  
(Eng.º Pedro Moreira)

Figura A.1 - *Template* da folha de obra

# B

## IMPRESSÃO DA FOLHA DE OBRA

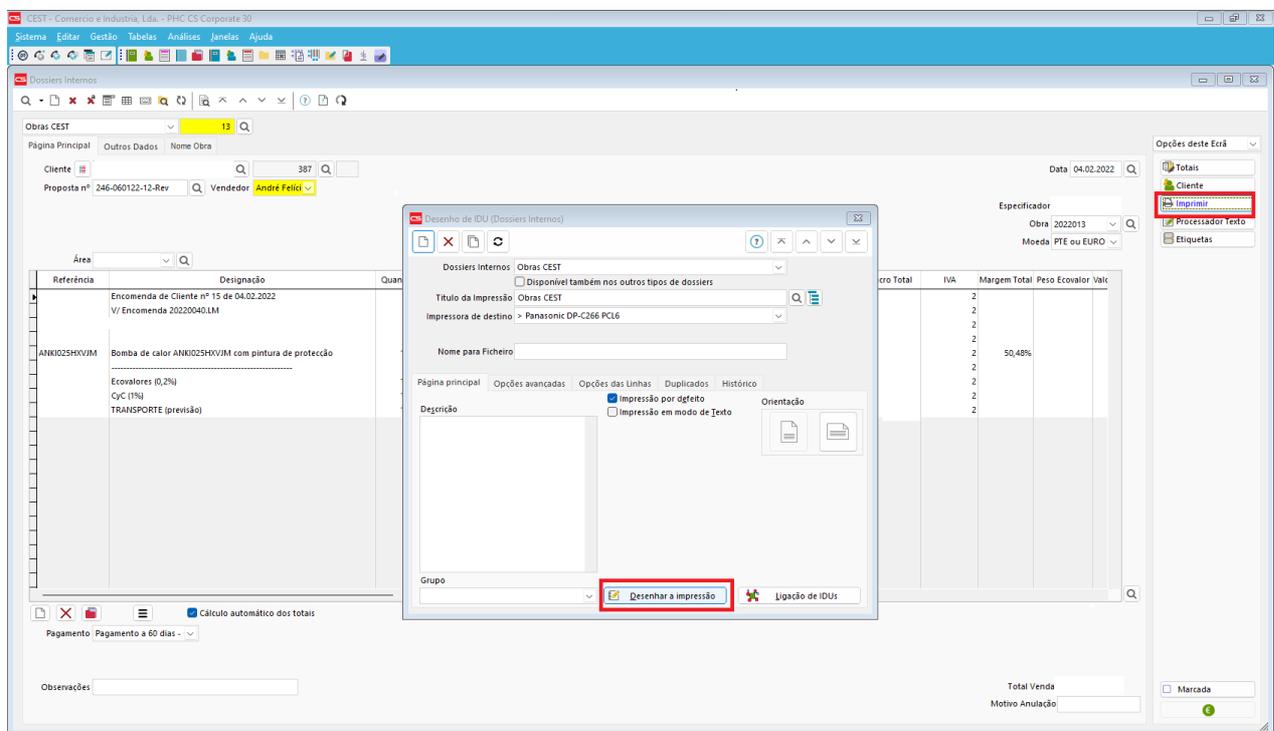


Figura B.2 - Impressão da folha de obra



# | C

## FATURA DE CLIENTE



**CEST - Comércio e Indústria, Lda**  
 Contribuinte nº 505214032  
 Inscrito na C. R. C. de Cascais sob nº 16350 - Sintra  
 Capital Social Cem mil Euro  
 Registo na ANREEE sob o nº PT000881

**FATURA** Nº **6352**

ORIGINAL

Modo de Pagamento : Pagamento a 60 dias - Crédito      Data de entrega equipamento: 12.01.2022      Data de emissão : 2022-01-13

8 Fatura      FT 8/6352

Motivo de Isenção de Imposto

Referência	Designação	Quant.	Preço Unitário	Desc. 1	Desc. 2	Total
	V/ encomenda via email em 03/01/2022		0,00			0,00
	Merlin Office		0,00			0,00
			0,00			0,00
FCZ301POR	FCZ 301 POR	2,0	0			
BC8	Tabuleiro Auxiliar de Condensados (FCX 17/22/32/42/50, P)	2,0	0			

Software PHC - nThQ-Processado por programa certificado nº 0006/AT (20210802)

Descrição dos adiantamentos regularizados :

Página 1 de 1

Taxa	Base de incidência	Valor do I.V.A.
23%		
0%		
<b>Data de Vencimento: 14.03.2022</b>		

Total Iltquido :
Desc.Comercial :
Desc.Financieiro :
Base Incl. I.V.A. :
Total de I.V.A. :

**TOTAL do DOCUMENTO em EUR**

Em caso de litígio, o consumidor poderá recorrer ao Centro de Arbitragem de Conflitos de Consumo de Lisboa  
 A responsabilidade pela gestão dos resíduos de EEE foi transferida para a Entidade Gestora Electrão - Associação de Gestão de Resíduos.  
 Mais informações, incluindo os valores das prestações financeiras fixadas a favor daquelas, em [www.electrao.pladerentes](http://www.electrao.pladerentes)

Avenida Almirante Gago Coutinho, Oureasa Parque, Arm.13  
 2725-322 Mem Martins

Tel: +351 21 925 33 30  
 Fax: +351 21 925 33 38

geral@cest.pt  
[www.cest.pt](http://www.cest.pt)

Figura C.3 - Exemplo de fatura de cliente



