



# Gamificação e Automação na Manutenção Preventiva: Uma Abordagem para Redução de Não Conformidades em Auditorias Industriais

RENATO FERNANDES RIBEIRO

Junho de 2025

**Gamificação e Automação na  
Manutenção Preventiva:  
Uma Abordagem para Redução de Não  
Conformidades em Auditorias Industriais**

**Renato Fernandes Ribeiro**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Informática, Área de Especialização em  
Jogos, Sistemas Gráficos e Interativos**

**Orientador: Dr. Carlos Vaz de Carvalho**  
**Supervisor:**



# Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade.

Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Portanto, o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

ISEP, Porto, 28 de junho de 2025



# Resumo

A aplicação de automação robótica de processos, do inglês Robotic Process Automation (RPA) e a aplicação de gamificação em contexto industrial têm demonstrado potencial para otimizar significativamente práticas de manutenção preventiva. A presente dissertação explora as possíveis sinergias entre estas abordagens, unindo ambas com o objetivo de melhorar a gestão de processos industriais e ajudar na redução de não conformidades frequentemente identificadas em auditorias. Com base na análise do estado da arte, destacam-se os benefícios observados da gamificação na motivação e no envolvimento dos trabalhadores, especialmente transformando atividades rotineiras em experiências interativas e mais engajantes. Por outro lado, a RPA permite a automação de tarefas repetitivas, oferecendo garantia de uma maior consistência operacional. O trabalho aqui descrito procura investigar como a combinação das duas ferramentas pode contribuir para a melhoria contínua, alinhando-se às exigências da Indústria 4.0. A revisão teórica, bem como as propostas metodológicas discutidas, servem de base para futuras implementações em cenários reais, visando promover avanços na eficiência e na fiabilidade dos processos.

**Palavras-chave:** Gamificação, Indústria, Auditoria, Automação, Robótica



# Abstract

The application of Robotic Process Automation (RPA), and the use of gamification in industrial contexts have shown potential to significantly optimize preventive maintenance practices. This dissertation explores the possible synergies between these approaches, combining both with the aim of improving industrial process management and helping to reduce non-conformities frequently identified in audits. Based on the state-of-the-art analysis, the observed benefits of gamification are highlighted in terms of worker motivation and engagement, especially by transforming routine activities into interactive and more engaging experiences. On the other hand, RPA enables the automation of repetitive tasks, ensuring greater operational consistency. The work described herein seeks to investigate how the combination of these two tools can contribute to continuous improvement, aligning with the requirements of Industry 4.0. The theoretical review, as well as the methodological proposals discussed, serve as a basis for future implementations in real-world scenarios, aiming to promote advances in process efficiency and reliability.

**Keywords:** Gamification, Industry, Audit, Automation, Robotics



# Conteúdo

<b>Lista de Figuras</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xiii</b>
<b>Lista de Acrónimos</b>	<b>xv</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto . . . . .	1
1.2 O Problema . . . . .	1
1.3 Objetivos e Hipóteses . . . . .	2
1.4 Metodologia . . . . .	3
1.4.1 Definição das Questões de Pesquisa . . . . .	4
1.5 Planificação . . . . .	5
1.6 Questões Éticas . . . . .	6
<b>2 Estado da Arte</b>	<b>7</b>
2.1 O Problema: Não Conformidades em Auditorias Industriais e Desafios na Manutenção Preventiva . . . . .	7
2.2 A Gamificação . . . . .	10
2.3 Revisão Sistemática da Literatura . . . . .	11
2.3.1 Critérios de Elegibilidade . . . . .	11
2.3.2 Processo de Seleção dos Estudos . . . . .	12
2.3.3 Estudos Incluídos . . . . .	13
2.3.4 Resultados e Conclusões . . . . .	14
2.4 As Ferramentas Existentes: Gamificação e Automação no Contexto Industrial	15
2.5 Tentativas Anteriores de Gamificação e Automação . . . . .	16
2.6 Justificação para uma Nova Abordagem . . . . .	18
<b>3 Design e Implementação</b>	<b>21</b>
3.1 Conceção do modelo de gamificação . . . . .	21
3.2 Metodologia . . . . .	21
3.2.1 Instrumentos de Avaliação . . . . .	21
Modelo Octalysis . . . . .	22
3.2.2 Questionário . . . . .	22
3.2.3 Octalysis . . . . .	26
3.2.4 Conceção . . . . .	28
3.3 Conceção do modelo de RPA . . . . .	29
3.3.1 Design e Implementação da solução de automações . . . . .	29
3.3.2 Visão Geral da Arquitetura . . . . .	29
3.3.3 Desenvolvimento das Automações em Python e UiPath . . . . .	31
3.3.4 Orquestração via Azure Data Pipelines . . . . .	32

3.3.5	Integração e Fluxo de Dados . . . . .	32
3.3.6	Modelação e Estruturação da Base de Dados SQL Server . . . . .	33
3.3.7	Criação do Dashboard em Power BI . . . . .	36
3.3.8	Considerações sobre Segurança, Performance e Escalabilidade . . . . .	37
<b>4</b>	<b>Avaliação da Solução</b>	<b>41</b>
4.1	Avaliação da Solução . . . . .	41
4.1.1	Avaliação da gamificação . . . . .	41
4.2	Guião da Entrevista . . . . .	42
4.3	Resultados da Análise . . . . .	43
4.3.1	Melhoria dos Processos . . . . .	43
4.3.2	Incentivo à Participação . . . . .	44
4.3.3	Barreiras Identificadas . . . . .	45
4.4	Observações . . . . .	45
<b>5</b>	<b>Conclusões</b>	<b>49</b>
5.1	Objetivo Principal . . . . .	49
5.2	Descrição da Solução, Avaliação e Limitações . . . . .	49
5.2.1	Resposta às questões de pesquisa . . . . .	50
5.3	Trabalhos Futuros . . . . .	51

# Lista de Figuras

1.1	Diagrama de Work Breakdown Structure . . . . .	4
1.2	Planificação temporal . . . . .	6
2.1	Diagrama PRISMA para as Questões de Pesquisa . . . . .	12
3.1	Motivos de falha em manutenções . . . . .	23
3.2	Motivação para participar em manutenções . . . . .	24
3.3	Motivações que potenciam as manutenções . . . . .	24
3.4	Resultados Octalysis . . . . .	25
3.5	Framework Octalysis Resultante . . . . .	27
3.6	Explicação visual da arquitetura . . . . .	31
3.7	Modelação da base de dados . . . . .	33
4.1	Painel geral de todos os processos . . . . .	46
4.2	Painel individual com visão detalhada de progresso . . . . .	46
4.3	Horas acumuladas em função do tempo e comparação entre Desenvolvedores . . . . .	47



# Lista de Tabelas

2.1	Síntese de estudos relacionados com a Gamificação . . . . .	13
2.2	Síntese de estudos relacionados com RPA . . . . .	14
2.3	Síntese de estudos relacionados com Manutenção Preventiva . . . . .	14



# Lista de Acrónimos

**AI** Artificial Intelligence.

**API** Application Programming Interface.

**BI** Business Intelligence.

**CICD** Continuous Integration COntinuous Development.

**CRM** Customer Relationship Management.

**DAX** Data Analysis Expressions.

**ERP** Enterprise Resource Planning.

**FTE** Full Time Equivalent.

**IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers.

**IoT** Internet of Things.

**KPI** Key Performance Indicators.

**PDD** Product Design Document.

**PICOOC** Population Intervention Comparison Outcome Context.

**PRISMA** Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses.

**RGPD** Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados.

**RPA** Robotic Process Automation.

**SQL** Structured Query Language.

**TPM** Total Productive Maintenance.



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Contexto

A manutenção preventiva é uma prática essencial na gestão industrial, especialmente em contextos onde eficiência e conformidade operacional com normas rigorosas são determinantes. No entanto, muitas organizações enfrentam dificuldades na adesão aos planos de manutenção, o que resulta frequentemente em não conformidades durante auditorias. Este problema é exacerbado pela dependência de métodos tradicionais de monitorização e pela execução manual de tarefas repetitivas e sujeitas a falhas. Num ambiente industrial cada vez mais orientado para a excelência operacional, torna-se necessário adotar estratégias inovadoras que simultaneamente otimizem processos e envolvam as equipas no cumprimento dos objetivos.

Neste âmbito, a abordagem integrada de gamificação e Robotic Process Automation (RPA) (Automação Robótica de Processos) na manutenção preventiva apresenta-se como uma solução promissora. A gamificação, ao transformar tarefas monótonas em experiências motivadoras e recompensadoras, pode aumentar significativamente o envolvimento dos colaboradores. Complementarmente, o RPA automatiza atividades críticas, como a monitorização de equipamentos e emissão de alertas, permitindo redução de erros e aumento da eficiência. Ao combinar estas abordagens, este estudo visa propor uma solução prática e inovadora que reduza não conformidades e alinhe a performance industrial com as exigências de qualidade e sustentabilidade.

### 1.2 O Problema

O problema central reside na elevada incidência de não conformidades detetadas durante auditorias, frequentemente atribuídas ao incumprimento dos planos de manutenção preventiva. Estas falhas podem resultar da desmotivação dos colaboradores, da ausência de sistemas eficazes de monitorização ou da dependência excessiva de processos manuais, que são mais propensos a erros. Como consequência, surgem custos adicionais com intervenções corretivas e riscos para a segurança e a eficiência operacional, além de potenciais impactos negativos na reputação da organização junto de clientes e certificadoras. Estudos recentes apontam que o design de sistemas de assistência pode desempenhar um papel fundamental na motivação dos operadores industriais, ao promover a aprendizagem contínua e o engajamento nas suas tarefas (Janik Dostert 2020) Essa abordagem sociotécnica sugere que a automação não deve apenas substituir processos manuais, mas também deve ser planeada para estimular a autonomia, a competência e o senso de pertença dos trabalhadores.

Adicionalmente, a recolha, análise e reporte de dados relacionados com a manutenção preventiva enfrentam desafios significativos. A falta de integração entre sistemas e a sobrecarga de informação tornam mais difícil a tomada de decisões devidamente informadas, atempadas e pertinentes. A pressão para reduzir custos e aumentar a produtividade intensifica este problema, obrigando as equipas de manutenção a apresentar mais trabalho com menos recursos para tal. Nesse contexto, soluções baseadas em modelos de otimização e algoritmos heurísticos têm demonstrado potencial para melhorar a disponibilidade de ativos ferroviários mesmo sob políticas preventivas rígidas (R. Rudek e I. Rudek 2023), indicando a aplicabilidade dessas mesmas abordagens em setores industriais diferentes com desafios semelhantes.

Estes fatores evidenciam a necessidade de soluções que automatizem processos, mas que também incentivem os colaboradores a participar ativamente no cumprimento das tarefas, promovendo assim maior adesão aos planos e uma redução efetiva das não conformidades.

### 1.3 Objetivos e Hipóteses

Embora existam abordagens isoladas que exploram o impacto da gamificação na motivação dos colaboradores e a eficiência do RPA em processos industriais, não foram identificados estudos que combinem ambas as estratégias para resolver os desafios específicos da manutenção preventiva. Este vazio na literatura reforça a relevância da presente investigação, que procura integrar estas ferramentas inovadoras numa abordagem conjunta e orientada para a prática.

Este estudo tem como principal objetivo desenvolver uma abordagem que combine gamificação e RPA para melhorar a eficácia da manutenção preventiva em ambientes industriais. Pretende-se criar um modelo que motive os colaboradores a aderirem de forma consistente aos planos de manutenção, transformando tarefas rotineiras em experiências mais envolventes. Em paralelo, a utilização de RPA será explorada para automatizar tarefas como a recolha de dados e a emissão de alertas, garantindo maior precisão e eficiência no processo.

Outro objetivo fundamental é avaliar o impacto desta abordagem na redução de não conformidades durante auditorias industriais. Será analisada a viabilidade prática da solução e os benefícios que pode proporcionar, desde o cumprimento normativo até à otimização de recursos e à melhoria da cultura organizacional. Com este estudo, espera-se contribuir para o setor industrial, demonstrando como a integração de tecnologias emergentes e estratégias de motivação pode gerar valor tanto para as organizações como para os seus colaboradores.

#### **Sub-objetivos e Tarefas:**

- Exploração Teórica: Realizar uma revisão de literatura sobre as melhores práticas de gamificação e RPA na indústria. Identificar os desafios comuns na manutenção preventiva e as suas causas em auditorias industriais.
- Aplicar questionários a equipas de manutenção e auditores industriais para recolher dados quantitativos, bem como identificar medidas de gamificação valorizadas.
- Desenvolvimento do Quadro Conceptual: Criar um modelo conceptual que relacione gamificação, RPA e manutenção preventiva. Definir métricas para avaliar a eficácia da gamificação e RPA na redução de não conformidades.
- Estudo de Caso e Análise de Dados: Analisar potenciais automações, implementá-las e recolher os respetivos dados através de métodos mistos (qualitativos e quantitativos).

Estas automações devem se possível estar diretamente relacionadas com a manutenção preventiva ou outro alvo de auditorias industriais. Servirá o propósito de validar a aplicação do modelo conceptual em cenário real.

- Realizar entrevistas semiestruturadas com gestores de manutenção e desenvolvedores de RPA para recolher perspetivas qualitativas e se possível quantitativas.
- Propor soluções práticas para implementar RPA gamificado na manutenção preventiva.
- Identificar oportunidades de melhoria contínua.

Os dados quantitativos esperados para os itens mencionados anteriormente são, predominantemente, horas trabalhadas e Full Time Equivalent (FTE) (ou Equivalente a Tempo Inteiro, uma métrica que visa simular a carga de trabalho de um recurso humano). Estes dados proporcionarão uma visão objetiva do tempo despendido em diferentes atividades.

Por outro lado, os dados qualitativos serão recolhidos a partir das opiniões e comentários fornecidos pelos entrevistados, bem como dos resultados obtidos através de questionários. Estas informações serão essenciais para a análise mais aprofundada das perceções, opiniões e experiências dos participantes, permitindo uma compreensão mais holística dos processos em estudo.

A combinação destes dois tipos de dados, quantitativos e qualitativos, permitirá uma análise abrangente e detalhada, fundamental para o desenvolvimento de conclusões robustas e para a tomada de decisões informadas no âmbito da pesquisa.

## 1.4 Metodologia

Pretende-se compreender como soluções gamificadas de RPA podem otimizar processos de manutenção e assegurar padrões de conformidade. Nesse sentido, a metodologia de trabalho escolhida é a Pesquisa-Ação, também conhecida como Action Research.

A Pesquisa-Ação é uma metodologia colaborativa e prática que visa resolver problemas específicos de um contexto real, ao mesmo tempo que contribui para o conhecimento científico. Envolve ciclos iterativos de planeamento, ação, observação e reflexão, com a participação ativa dos envolvidos, como professores, gestores ou membros de uma comunidade. O objetivo é melhorar práticas, gerar soluções concretas e promover mudanças significativas, enquanto se recolhem e analisam dados para ajustar as intervenções de forma contínua. Esta abordagem é especialmente útil em áreas como educação, saúde e organizações (como é o caso), onde a prática e a teoria estão intimamente interligadas.

A metodologia permite uma análise detalhada de implementações específicas de RPA gamificada no setor industrial, combinando métodos qualitativos e quantitativos. A recolha de dados incluirá entrevistas semiestruturadas com gestores de manutenção e desenvolvedores de RPA, bem como questionários dirigidos a equipas de manutenção e profissionais de auditoria, promovendo uma análise integrada de feedback qualitativo e quantitativo.

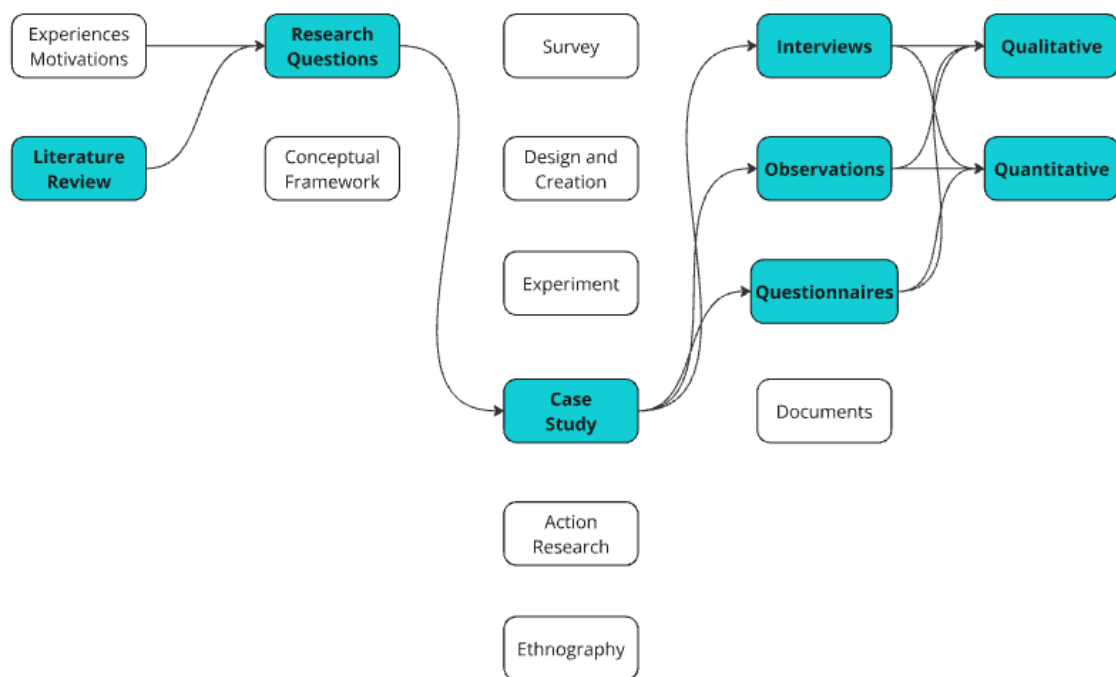


Figura 1.1: Diagrama de Work Breakdown Structure

Os dados de todas as execuções de projetos de RPA, nas diferentes tecnologias em que forem desenvolvidos, vão ser registados numa base de dados SQLServer, que será posteriormente exposta numa visualização de PowerBI. A visualização será construída de forma a dar ênfase ao tempo poupado, à percentagem de sucessos e ao tempo despendido em desenvolvimento e cada execução. Esta base de dados será também analisada tematicamente com recurso a ferramentas como o Taguette, para identificar padrões e tendências, e ferramentas como o Communications Mining da UiPath, para análise de comunicação. A sumarização estatística dos questionários e a codificação de respostas abertas garantirão uma compreensão abrangente da eficácia e dos desafios do RPA gamificado.

Esta abordagem é complementada pela revisão da literatura, a ser detalhada no capítulo seguinte, que sustenta o desenvolvimento do quadro conceptual e das questões de pesquisa, garantindo uma análise rigorosa e alinhada com os objetivos definidos. Na revisão sistemática da literatura, são considerados principalmente estudos do tipo artigos científicos, artigos de conferências, revisões sistemáticas e literatura cinzenta. As questões de pesquisa que orientam este estudo são apresentadas na secção seguinte.

#### 1.4.1 Definição das Questões de Pesquisa

As questões de pesquisa procuram identificar as evidências sobre a aplicação da gamificação e do RPA na manutenção preventiva, especificamente na redução de não conformidades em auditorias industriais. Recorrendo ao método Population Intervention Comparison Outcome Context (PICOC), em português significando respetivamente População, Intervenção, Comparação, Resultado, Contexto, foram descritos os cinco elementos de duas questões:

**1ª questão. Como pode a aplicação conjunta de gamificação e RPA (Automação Robótica de Processos) reduzir as não conformidades detectadas durante auditorias**

**industriais?**

**P (População):** Empresas industriais sujeitas a auditorias.

**I (Intervenção):** Aplicação conjunta de gamificação e RPA.

**C (Comparação):** Auditorias realizadas sem a aplicação de gamificação e RPA.

**O (Resultado):** Redução do número de não conformidades detectadas durante as auditorias.

**C (Contexto):** Contexto industrial, com foco em auditorias de conformidade.

**2ª questão. Quais são os desafios e oportunidades na implementação de soluções de RPA gamificadas para a manutenção preventiva em diferentes sectores industriais?**

**P (População):** Empresas de diversos sectores industriais com processos de manutenção preventiva.

**I (Intervenção):** Implementação de soluções de RPA gamificadas.

**C (Comparação):** Implementação de soluções de manutenção preventiva sem gamificação ou RPA.

**O (Resultado):** Identificação de desafios e oportunidades na aplicação destas soluções.

**C (Contexto):** Sectores industriais com práticas de manutenção preventiva.

Ambas as questões enquadram-se numa pesquisa qualitativa e quantitativa, centrada principalmente na exploração de experiências e opiniões, através da realização de entrevistas, estudos de caso, análise documental e observações.

## 1.5 Planificação

- Fase 1: Revisão da Literatura (Setembro - Dezembro) Identificar estudos relevantes sobre gamificação, RPA e manutenção preventiva. Construir uma base teórica sólida e destacar lacunas de investigação.
- Fase 2: Desenvolvimento do Quadro Conceptual (Dezembro - Janeiro) Criar um modelo conceptual inicial com base na literatura e interesses de investigação. Obter comentários do orientador e ajustá-lo conforme necessário.
- Fase 3: Planeamento e Preparação da Pesquisa (Janeiro - Março) Desenvolver guias para entrevistas e questionários. Selecionar participantes e obter autorizações necessárias para estudos de caso.
- Fase 4: Recolha de Dados (Março - Abril) Conduzir entrevistas e observações em empresas industriais. Aplicar os questionários e recolher as respostas.
- Fase 5: Análise de Dados (Abril - Maio) Analisar dados qualitativos com software como Taguette. Realizar análises estatísticas e interpretar os resultados.
- Fase 6: Redação e Preparação da Defesa (Abril - Junho) Redigir capítulos finais e incluir os resultados da análise. Incorporar feedback do orientador e preparar a apresentação final.

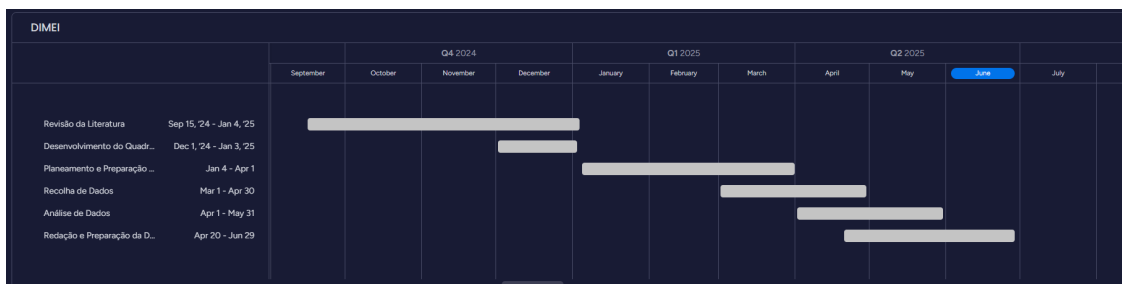


Figura 1.2: Planificação temporal

## 1.6 Questões Éticas

À implementação de tecnologias como a RPA e como a gamificação associam-se questões éticas, que em grande parte estão relacionadas com a privacidade e segurança de dados. A transformação de dados empresariais requer rigor e total conformidade, tratando-se de informação sensível, sujeita a legislação como o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD). O tratamento adequado e anonimizado dos dados é fundamental para que se evitem potenciais violações de privacidade, tendo como objetivo assegurar o respeito dos princípios éticos no desenvolvimento e aplicação das tecnologias, bem como o respeito pelos direitos e vontades das entidades envolvidas. Adicionalmente, reforça-se a importância em garantir que não se criam comprometimentos da integridade de operações, ou sequer se criam desigualdades ou enviesamentos no acesso às ferramentas propostas.

## Capítulo 2

# Estado da Arte

### 2.1 O Problema: Não Conformidades em Auditorias Industriais e Desafios na Manutenção Preventiva

As auditorias industriais são processos críticos para garantir que as organizações operem de acordo com normas e padrões estabelecidos, promovendo segurança, qualidade e eficiência. Contudo, a ocorrência de não conformidades é um desafio frequente, causado, muitas vezes, por falhas na gestão da manutenção preventiva, conforme indicado em estudos como os de (Beheshti Fakher, Nourelfath e Gendreau 2017).

**Manutenção Preventiva:** A manutenção preventiva refere-se a um conjunto de práticas planeadas e sistemáticas que visam a inspeção, limpeza, lubrificação, substituição e ajuste de equipamentos em intervalos regulares, com o objetivo de evitar falhas inesperadas e reduzir o tempo de inatividade. Ao longo da história, a manutenção preventiva começa a ser formalizada na Revolução Industrial, quando a dependência de máquinas, em crescimento, passou a exigir práticas mais estruturadas para assegurar a produção contínua.

Na década de 1950, a introdução do conceito de Manutenção Produtiva Total, em inglês Total Productive Maintenance (TPM), no Japão trouxe uma nova abordagem focada na melhoria contínua e no envolvimento de todos os níveis da organização. Atualmente, com o avanço das tecnologias da Indústria 4.0, a manutenção preventiva incorpora métodos de manutenção preditiva, onde sensores e análises avançadas de dados permitem prever falhas antes que estas ocorram.

**Desafios na Implementação:** Apesar das evidentes vantagens da manutenção preventiva, existem desafios que são recorrentes na sua implementação eficaz, como a baixa adesão por parte das equipas. Embora num ramo industrial particular como o alimentar, é-nos mostrado no estudo de (Noor Hasnan et al. 2022) algumas das fragilidades desse fator humano. Muitas equipas de manutenção ainda preferem abordagens reativas, corrigindo problemas apenas quando estes surgem. Isso pode ser resultado de falta de treino adequado, resistência à mudança ou até mesmo da percepção de que a manutenção preventiva representa uma carga de trabalho adicional sem benefícios claros a curto prazo. A falta de compreensão dos impactos positivos da manutenção preventiva faz com que os trabalhadores priorizem tarefas urgentes e imediatas, relegando as ações preventivas a segundo plano. Além disso, uma cultura organizacional focada apenas na resolução de falhas pode desmotivar a adoção de práticas preventivas. Os colaboradores, muitas vezes, não são recompensados por evitarem problemas antes que ocorram, mas são reconhecidos pela capacidade de resolver crises rapidamente. Isso reforça o comportamento reativo em detrimento de abordagens proativas.

Outro fator que contribui para a baixa adesão é a falta de visibilidade dos resultados da manutenção preventiva. Quando os benefícios não são facilmente mensuráveis ou comunicados, as equipas tendem a subestimar a importância dessas práticas. Sem sistemas adequados de monitorização e feedback, os trabalhadores podem sentir que seus esforços preventivos não trazem retorno tangível, resultando em frustração e abandono das rotinas planeadas. São apresentadas em (Knop 2022) algumas das mais comuns causas de não-conformidades na indústria automóvel.

**Ineficiência nos Sistemas de Monitorização:** Sem ferramentas adequadas para registar e monitorizar atividades de manutenção, as empresas enfrentam dificuldades em manter um histórico preciso e em tomar decisões informadas. Registos manuais ou sistemas desatualizados frequentemente resultam em dados incompletos, inconsistentes ou de difícil acesso, comprometendo a capacidade de análise e planeamento. A falta de integração entre os sistemas de manutenção e outros sistemas corporativos, como Enterprise Resource Planning (ERP), também pode agravar a situação. Isso leva a silos de informação, onde os dados ficam fragmentados em diferentes plataformas, dificultando a visão global das operações e impedindo uma gestão eficaz dos recursos. Além disso, a ausência de monitorização em tempo real limita a capacidade de identificar problemas rapidamente. Em muitos casos, os relatórios são gerados apenas após a ocorrência de falhas, impedindo intervenções proativas. Esse atraso nas informações faz com que as empresas percam oportunidades de otimizar os processos e evitar paragens não planeadas.

Com o aumento da complexidade dos sistemas industriais e a introdução de novas tecnologias, esses desafios tornam-se ainda mais evidentes. Além disso, o movimento em direção à Indústria 5.0, que enfatiza a colaboração entre humanos e máquinas, exige não apenas otimização técnica, mas também um foco maior na motivação e no envolvimento dos trabalhadores, conforme descrito no artigo (Pandey 2024 ).

A Indústria 5.0 surge como uma evolução da Indústria 4.0, centrando-se na colaboração entre humanos e máquinas para alcançar uma produção personalizada em massa e soluções mais sustentáveis. Enquanto a Indústria 4.0 se caracteriza pela automação, digitalização e integração de sistemas ciberfísicos, a Indústria 5.0 vai além, colocando o ser humano no centro do processo produtivo. O foco da Indústria 5.0 está na interação entre trabalhadores, inteligência artificial Artificial Intelligence (AI), robôs e outras tecnologias avançadas, visando não apenas a eficiência operacional, mas também o aprimoramento da qualidade de vida no trabalho, promovendo um equilíbrio entre a automação e a criatividade humana.

Para compreender o contexto da Indústria 5.0, é necessário conferir as fases anteriores do desenvolvimento industrial. A Indústria 1.0, ocorrida no final do século XVIII e início do século XIX, foi marcada pela Revolução Industrial, com a introdução da maquinaria a vapor, substituindo o trabalho manual e permitindo a produção em massa. A Indústria 2.0, no início do século XX, trouxe a eletrificação e a linha de montagem, elevando a produção em larga escala, mas ainda com uma grande dependência do trabalho humano. A Indústria 3.0, nas décadas de 1970 a 1990, introduziu a automação com o uso de computadores e sistemas cibernéticos, permitindo o controle automatizado dos processos produtivos. Por fim, a Indústria 4.0, que teve início no século XXI, foi marcada pela digitalização e pela integração de tecnologias como a Internet das Coisas ou Internet of Things (IoT), Inteligência Artificial ou AI, Big Data e robôs conectados, otimizando a eficiência e permitindo a automação inteligente dos processos.

Neste contexto, a Indústria 5.0 propõe um novo paradigma, onde as máquinas não substituem o trabalho humano, mas complementam e ampliam as capacidades dos trabalhadores, permitindo um processo de produção mais flexível, criativo e sustentável. Este modelo busca não apenas a otimização da produção, mas também o bem-estar dos colaboradores, destacando-se como uma resposta às limitações e desafios apresentados pelas revoluções industriais anteriores.

**A Automação e o RPA na Manutenção Preventiva:** Para enfrentar esses desafios, a Automação Robótica de Processos, ou RPA, surge como uma solução eficaz. Trata-se de uma tecnologia que utiliza "bots de software" para automatizar tarefas repetitivas e baseadas em regras, permitindo que processos empresariais sejam realizados de forma mais eficiente e com menos erros. Esses "bots" imitam a interação humana com sistemas digitais, realizando atividades como clicar, digitar, copiar ou mover dados entre diferentes aplicativos e plataformas.

Ao contrário da automação tradicional, que pode depender de código personalizado ou integração complexa, o RPA permite que os "bots" de software operem de forma autônoma em sistemas já existentes, como ERP, Customer Relationship Management (CRM), sistemas de gestão de manutenção, aplicações diversas entre outros. O RPA é particularmente eficaz em tarefas como:

1. Registo de Atividades: A automatização do processo de registo de dados sobre as operações de manutenção. Isso inclui o agendamento, a execução e a documentação das atividades de manutenção preventiva realizadas em equipamentos e máquinas.
2. Agendamento de Inspeções: O RPA pode ser programado para monitorizar as datas de manutenção e gerar automaticamente lembretes ou agendamentos para inspeções futuras, garantindo que as manutenções sejam realizadas conforme o planeamento.
3. Produção de Relatórios: A produção de relatórios periódicos sobre o estado dos equipamentos, atividades de manutenção realizadas, conformidade com as normas e performance geral da planta pode ser automatizada, permitindo que os gestores recebam dados em tempo real.

A principal vantagem do RPA é a sua capacidade de executar essas tarefas repetitivas com alta precisão, sem a necessidade de supervisão constante, o que elimina erros humanos comuns e reduz o tempo gasto em atividades administrativas.

Na manutenção preventiva, o RPA pode desempenhar um papel fundamental ao otimizar processos e melhorar a eficiência geral. Em um contexto industrial, as empresas enfrentam o desafio de garantir que todas as atividades de manutenção sejam realizadas de acordo com os planos estabelecidos, com um histórico preciso e dentro dos prazos definidos.

O uso de RPA em auditorias industriais pode automatizar a verificação de conformidade dos processos de manutenção, assegurando que as intervenções preventivas sejam registadas e executadas corretamente. Em vez de depender de relatórios manuais ou de inspeções físicas, os bots de software podem verificar automaticamente se os registos de manutenção estão completos, se os prazos estão sendo cumpridos e se as inspeções estão sendo realizadas conforme o esperado.

Por exemplo, um bot pode acessar os sistemas de gestão de manutenção e comparar os registos de manutenção com o plano de manutenção preventiva estabelecido. Se alguma atividade estiver pendente ou fora do prazo, o bot pode gerar alertas automáticos para os

responsáveis pela execução da tarefa. Isso garante que nenhum detalhe importante seja esquecido e que as operações estejam sempre em conformidade com os padrões estabelecidos. Trabalhos como os de (Becker e Olaoye 2024) e (Saatchi et al. 2024) demonstram melhorias significativas em qualidade e eficiência com a aplicação de RPA em auditorias internas.

O RPA oferece uma solução poderosa para melhorar a eficácia e a eficiência dos processos, minimiza os erros humanos e liberta os trabalhadores para atividades mais estratégicas. No entanto, para enfrentar desafios culturais e aumentar o engajamento das equipas, é essencial combinar o RPA com abordagens motivacionais, como a gamificação, criando uma solução integrada que não só automatiza, mas também envolve os colaboradores no processo de melhoria contínua.

## 2.2 A Gamificação

No decorrer do século XXI, os avanços tecnológicos deram-se num ritmo vertiginoso, transformando com enorme impacto o quotidiano dos cidadãos de praticamente todo o mundo, bem como a maneira como estes interagem entre si e com o meio envolvente. Enquanto isso, vingava também a indústria dos jogos, crescendo exponencialmente e atraindo cada vez mais pessoas de um público-alvo cada vez mais alargado. A opinião positiva e o gosto crescente pelo entretenimento e experiências digitais ganhava cada vez mais importância, tendo levado à conseqüente valorização por parte dos académicos. O seu intuito sendo a compreensão da razão pela qual as pessoas jogam jogos, e como transpor essa natureza aliciante e envolvente para outras áreas.

O nascimento do termo gamificação, do inglês *gamification* dá-se portanto em 2002 e é atribuído ao programador britânico Nick Pelling. É definido como o uso de mecânicas de jogo em contextos não relacionados com jogos, particularmente contextos sérios, como por exemplo o processo de aprendizagem ou o contexto organizacional. O conceito não é de todo inédito, tendo sido observado antes ao longo da história da humanidade, a um nível meramente intuitivo e não de uma forma estruturada, incorporando formalmente elementos competitivos, lúdicos ou recompensas em atividades do dia-a-dia.

Embora haja alguma falta de literatura académica sobre o tema, (Dreimane 2021) apresenta um estudo transversal da história da gamificação.

O objetivo da gamificação é então o aumento do sentido de compromisso e motivação no cumprimento de determinada atividade, bem como a melhoria da experiência geral em si para o utilizador. Baseada em psicologia humana, atendendo à motivação intrínseca, a gamificação explora conceitos e características como sistemas de pontos, emblemas ou medalhas, níveis, pódios, desafios, entre outros. O objetivo é tornar tarefas do dia-a-dia, quer do âmbito profissional, quer social ou pessoal, mais recompensantes e mais atraentes. No contexto profissional e industrial, pode ser bastante útil para melhorar o desempenho individual e de equipas, encorajar à formação contínua e influenciar de forma positiva o comportamento dos colaboradores.

Dando um exemplo afeto a esta dissertação, em operações de manutenção industrial e auditorias, a gamificação pode ser um agente de transformação de tarefas rotineiras e complexas em trabalhos mais dinâmicos e interativos, com recompensas associadas à sua correta execução, promovendo cooperação e competição saudáveis entre equipas e funcionários, mantendo histórico de informação e indicadores de desempenho atualizados em tempo real. Além de se basear em mera estratégia de entretenimento, a gamificação apela às necessidades humanas de reconhecimento, progressão e conquista, tornando-se especialmente importante em ambientes cuja natureza exige máxima concentração e rigor, (Ferreira-Oliveira et al. 2017).

Quando desenhada e implementada corretamente, esta integração promove não apenas o desempenho individual, mas também o desempenho coletivo, o sentido de responsabilidade, o sentido de propósito nas equipas, colaboração e competição.

## **2.3 Revisão Sistemática da Literatura**

A revisão sistemática da literatura realizada neste estudo seguiu as diretrizes do método Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA), um conjunto de recomendações amplamente aceite para a condução e relato de revisões sistemáticas e meta-análises. O PRISMA foi desenvolvido para melhorar a transparência e a consistência na realização dessas revisões, assegurando que todas as etapas do processo sejam rigorosamente documentadas e replicáveis.

### **2.3.1 Critérios de Elegibilidade**

Foi estabelecido um conjunto de critérios rigorosos para a inclusão e exclusão dos estudos. Para tal, recorreu-se à metodologia PRISMA, conforme já mencionado. A pesquisa baseou-se principalmente na string "automation AND audit AND gamification AND industry", sendo utilizadas algumas variantes. No entanto, dado que algumas variantes resultaram em um número limitado de resultados relevantes, optou-se por remover sucessivamente alguns termos, a fim de observar as variantes e os respetivos resultados. Na figura a seguir, apresenta-se o diagrama PRISMA relativo à pesquisa realizada, bem como o processo de eliminação dos estudos. Importa salientar que uma das bibliotecas escolhidas, ResearchGate, apesar de ser a mais abrangente em termos de resultados, não fornece na sua interface a indicação exata do número de resultados. Por este motivo, alguns números apresentados são meras aproximações, baseadas nos títulos que despertaram o interesse.

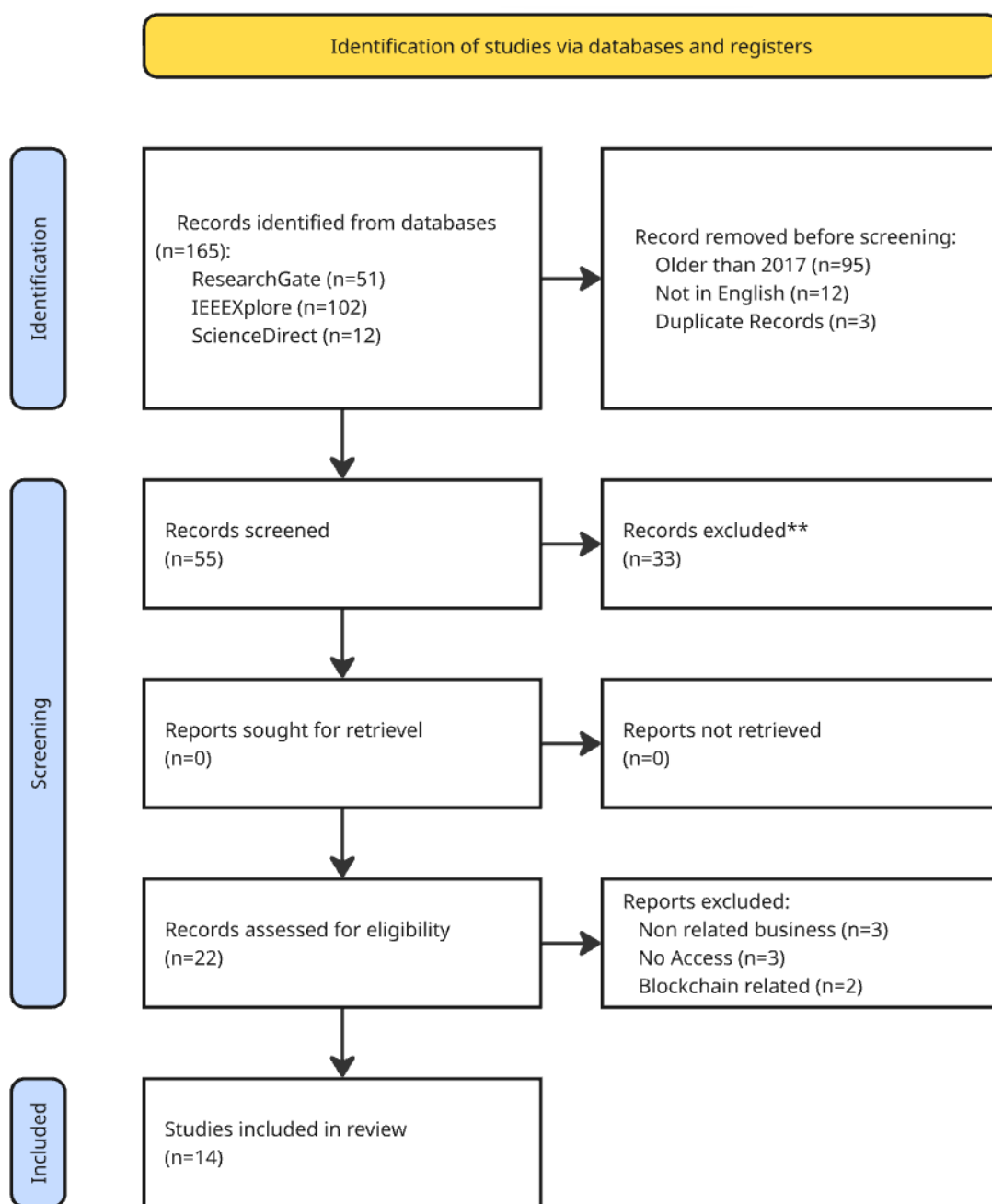


Figura 2.1: Diagrama PRISMA para as Questões de Pesquisa

### 2.3.2 Processo de Seleção dos Estudos

Os resultados obtidos permitiram a definição de critérios de filtragem essenciais para a seleção dos estudos. Entre os principais critérios, destacou-se a disponibilidade integral do texto, a escolha de literatura escrita exclusivamente em inglês, e a consideração apenas de estudos publicados a partir de 2020, tendo em vista os avanços contínuos na área e o caráter recente do tema em questão. As principais bibliotecas de pesquisa utilizadas foram a Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Xplore (disponível em [ieeexplore.ieee.org](http://ieeexplore.ieee.org)) e o ResearchGate (disponível em [ResearchGate.net](http://ResearchGate.net)). Esta seleção assegura a relevância e

atualidade dos materiais considerados, alinhando-se aos padrões de qualidade exigidos para este tipo de investigação.

O processo de seleção dos estudos foi realizado em duas fases: numa primeira etapa, analisaram-se os títulos e resumos para excluir estudos irrelevantes; na segunda fase, foram consideradas as conclusões dos artigos que cumpriam os critérios de elegibilidade. A extração de dados foi organizada de forma estruturada, garantindo consistência na recolha de informações, como o tipo de estudo, contexto industrial e a aplicação de abordagens de gamificação ou RPA.

### 2.3.3 Estudos Incluídos

Do processo de seleção de estudos resultaram as seguintes tabelas que compilam as conclusões dos mesmos.

Estudo	Conclusão
(Ferreira-Oliveira et al. 2017)	A pesquisa sobre gamificação no local de trabalho é limitada e pouco empírica, destaca a necessidade do desenvolvimento de medidas válidas e baseadas em evidências para aplicações organizacionais mais eficazes.
(Foley, Ferreira e Zimmer 2020)	Existe capacidade para a gamificação melhorar a eficiência e envolvimento, mas adverte para a necessidade de maior pesquisa e validação prática.
(Bright e Ponis 2021)	Tecnologias gamificadas e centradas no humano como a realidade aumentada, aumentam a eficiência no contexto laboral de armazém, embora acarretem desafios relativos a custos e adaptação.
(Oke et al. 2023)	Destaca o potencial da gamificação como ferramenta estratégica de gestão enquanto conclui que pode melhorar a produtividade na indústria da construção.
(Zou et al. 2024)	Aplicando a gamificação no sentimento de identidade emocional e construção de marca, conclui que tem resultados positivos num contexto industrial Chinês.

Tabela 2.1: Síntese de estudos relacionados com a Gamificação

Estudo	Conclusão
(Becker e Olaoye 2024)	Automação, AI e análise de dados estão aumentar a eficiência e qualidade de auditorias e consultoria, tendo no entanto desafios relacionados com custos, habilidade e privacidade da informação. Exige ainda investimento, formação e regulamentação.
(Abdulaali, Saleh e Metawee 2024)	Num contexto de auditoria, o RPA pode melhorar a qualidade, mas a sua eficácia depende da integração adequada da mesma nos sistemas existentes e da ultrapassagem de desafios da organização e técnicos.
(Saatchi et al. 2024)	À parte de desafios de implementação e adaptação, a RPA melhora significativamente a qualidade da auditoria interna num contexto bancário.
(.M 2024)	Mesmo existindo desafios identificados na escalabilidade em conformidade regulamentar, bem como na interoperabilidade, num contexto de gestão de abastecimento industrial os resultados são positivos, sobretudo na capacidade de monitorização.

Tabela 2.2: Síntese de estudos relacionados com RPA

Estudo	Conclusão
(Beheshti Fakher, Nourelfath e Gendreau 2017)	Uma abordagem focada na maximização de lucro que integre decisões de manutenção e produção apresenta resultados positivos, no entanto a despesa associada aos mesmos deve ser comparada com os ganhos efetivos.
(Janik Dostert 2020)	O desempenho dos operadores na assistência industrial, e consequentes resultados, beneficiam de maior motivação via autonomia, competência e relacionamento.
(Noor Hasnan et al. 2022)	Identifica-se que as não conformidades mais frequentes como documentação e controlo de processos são as mais frequentes, derivadas da falta de formação e recursos.
(Knop 2022)	A falta de documentação adequada e manutenção da mesma é uma das causas raiz de falhas em contexto industrial.
(R. Rudek e I. Rudek 2023)	Modelos matemáticos e algoritmos viabilizam a otimização da manutenção preventiva, equilibrando custos e fiabilidade.

Tabela 2.3: Síntese de estudos relacionados com Manutenção Preventiva

### 2.3.4 Resultados e Conclusões

Da análise conduzida na revisão da literatura emergem conclusões relevantes. De forma geral, verifica-se que, apesar de tanto o RPA como a Gamificação terem demonstrado eficácia comprovada em diversos contextos, persiste uma lacuna significativa no que respeita à aplicação conjunta destas abordagens.

Mais especificamente, não se encontram, até ao momento, estudos que explorem a integração de RPA e Gamificação num contexto particular, como o da manutenção preventiva e a consequente redução de não conformidades em auditorias industriais. Esta ausência sugere uma oportunidade de investigação que visa não apenas validar a complementaridade

destas estratégias, mas também explorar o seu potencial para melhorar práticas operacionais e garantir uma maior conformidade normativa no ambiente industrial.

## 2.4 As Ferramentas Existentes: Gamificação e Automação no Contexto Industrial

A gamificação define-se pelo uso de elementos ou dinâmicas características de jogos em contextos não propriamente relacionados com jogos. O seu objetivo é o de aumentar a motivação, engajamento e desempenho dos participantes em determinada atividade. Exemplos relativamente comuns de elementos gamificados são sistemas de pontos, sistemas de níveis, desafios e recompensas, entre outros. Visam assim incentivar comportamentos desejados e orientar esforços de maneira recreativa, tendo uma utilidade lúdica. Pode-se dizer, portanto, que é a face oposta dos Jogos Sérios, naquilo que é a metafórica moeda dos jogos. Em que os Jogos Sérios apresentam um propósito que não se cinge ao entretenimento. Na prática tratam-se de jogos que permitem atingir determinados objetivos envolvendo temas sérios como Saúde, Educação, Defesa, entre outros. Para melhor compreensão do tema, recomenda-se a consulta de (Dörner et al. 2016) como suporte de literatura cinzenta nesta área.

Estudos, como (Ferreira-Oliveira et al. 2017), apresentam uma visão sistemática da gamificação no ambiente de trabalho, destacando a sua capacidade de influenciar positivamente o comportamento dos trabalhadores. (Oke et al. 2023) relatam aumentos significativos na produtividade e envolvimento no setor de construção com o uso de estratégias gamificadas.

**Aplicações de Gamificação na Manutenção Preventiva:** A gamificação, quando bem implementada, transforma tarefas rotineiras e, por vezes, monótonas em atividades mais motivadoras e recompensadoras. Algumas formas eficazes de aplicar a gamificação incluem:

- **Motivar as Equipas:** Atribuir pontos e recompensas ao completar tarefas de manutenção dentro dos prazos é uma forma de aumentar o compromisso e motivação das equipas. Passando o exemplo de em cada inspeção concluída corretamente ou cada sistema atualizado dentro do período programado pode render pontos acumulativos. Esses pontos podem ser trocados por recompensas tangíveis, como dias de folga, vales-presente ou reconhecimento dentro da organização ou mesmo público. Além disso, o simples ato de visualizar o progresso pessoal ou da equipa em dashboards pode ser um agente de estímulo na sensação de realização e motivar os colaboradores a manterem um certo padrão de excelência. Esta abordagem ajuda-nos a alinhar objetivos individuais com objetivos organizacionais, de modo a criar um ambiente onde a manutenção preventiva é vista como um esforço de valor e recompensador.
- **Promoção de Competição Saudável:** Criar quadros de liderança (ou leaderboards) em que as equipas possam competir para manter os melhores índices de conformidade é uma maneira eficaz de encorajar o espírito de colaboração e competição amigável e saudável. Estes quadros podem mostrar métricas como a frequência de intervenções preventivas, ou o número de falhas evitadas ou ainda o tempo médio de execução de determinadas tarefas. Para tornar a competição inclusiva e mais equilibrada, é possível a introdução de categorias específicas, como "Melhor Equipa do Mês" ou "Melhor Técnico em Inspeções". Rotação de reconhecimentos periódicos, como medalhas virtuais ou certificados, reforçam a sensação de conquista e acabam por incentivar as equipas a melhorar continuamente nos seus processos. Contudo, é também importante

que seja garantida uma competição que permaneça positiva e colaborativa em toda a sua extensão, evitando pressão adicional e excessiva ou mesmo rivalidades prejudiciais.

- **Incentivar a Formação Contínua:** Utilização de desafios e de níveis para incentivar a aprendizagem contínua sobre novas tecnologias ou práticas de manutenção é uma estratégia eficaz, que ajuda a manter as equipas atualizadas. Como por exemplo, módulos de treino que possam ser estruturados em fases ou missões, onde os colaboradores necessitam concluir certos cursos ou certificações para que possam avançar de nível. Cada um dos níveis desbloqueados pode vir com benefícios novos, como acesso a ferramentas mais avançadas ou participação em projetos exclusivos. Desafios técnicos, como a resolução de um problema de manutenção simulada ou identificação de falhas em cenários virtuais, também ajudam a reforçar o conhecimento de uma forma prática envolvendo os participantes. Ainda crachás ou insígnias digitais podem também ser utilizados para reconhecimento de habilidades adquiridas, visando incentivar trabalhadores a procurarem de forma contínua novas competências e mais conhecimento.

**Combinação de Gamificação e Automação:** Embora gamificação e automação tenham mostrado resultados positivos individualmente, a integração das duas abordagens representa uma oportunidade para superar limitações atuais. A automação pode garantir que os processos de manutenção sejam executados com precisão e eficiência, enquanto a gamificação pode motivar os trabalhadores a aderirem a esses processos de forma proativa. Até porque, embora a automação ofereça um potencial de melhoria significativo, traz também à tona uma preocupação comum: o medo da substituição dos trabalhadores. A gamificação, também neste contexto, pode desempenhar um papel crucial ao engajar os trabalhadores, incentivando-os a abraçar a tecnologia e a evolução dos processos, ao invés de resistir à sua implementação.

## 2.5 Tentativas Anteriores de Gamificação e Automação

Nos últimos anos, diversas iniciativas procuraram aplicar gamificação e automação em contextos industriais para melhorar processos e resultados. Contudo, essas tentativas frequentemente apresentam limitações por abordarem essas ferramentas de forma isolada ou por não considerarem adequadamente os fatores humanos e tecnológicos envolvidos.

No campo da gamificação, (Bright e Ponis 2021) propuseram a introdução de elementos gamificados em processos logísticos de picking, com o objetivo de melhorar a eficiência e reduzir a percepção de monotonia, alinhando-se aos princípios de tecnologias centradas no ser humano destacadas pela Indústria 4.0. Esta abordagem envolveu a utilização de sistemas de pontos, quadros de liderança e recompensas por desempenho, promovendo ganhos em produtividade e motivação. No entanto, a aplicação em larga escala enfrentou desafios, como resistência organizacional e dificuldades de integração com outros processos automatizados, refletindo a necessidade de estratégias mais robustas para facilitar a adoção destas práticas.

No âmbito da gamificação no local de trabalho, (Ferreira-Oliveira et al. 2017), no documento de conferência intitulado *Gamification in the Workplace: A Systematic Literature Review*, identificaram que grande parte das investigações existentes é exploratória, com amostras pequenas e carência de métodos robustos. Apesar de apontarem benefícios potenciais, como o aumento da produtividade e do bem-estar organizacional, os autores destacaram

a ausência de referências relevantes e a dificuldade de traduzir resultados acadêmicos em práticas de mercado. Além disso, salientaram um desfasamento significativo entre ciência e prática, evidenciando a necessidade de estudos mais integrados que associem a gamificação a métricas organizacionais e individuais, como desempenho e eficiência.

Mais próximo ao que procuramos abordar nesta dissertação, temos a referência no contexto da Indústria 5.0 e da Sociedade 5.0, (Arumugam e Tyagi 2023) destacaram que a gamificação se apresenta como uma abordagem promissora para motivar e envolver stakeholders em setores como a educação, saúde e manufatura. Os autores exploraram o potencial da gamificação ao enfrentar desafios complexos recorrendo a tecnologias avançadas, sublinhando os benefícios na produtividade, na criatividade e na colaboração. Não obstante, enfatizaram a necessidade de um design rigoroso, estando alinhado às necessidades dos utilizadores e aos valores da organização, além de possíveis considerações éticas. Deste modo, a gamificação pode desempenhar um papel de significância na inovação e impacto social positivo, desde que seja implementada com uma abordagem estratégica bem fundamentada.

Por outro lado, no campo da automação, soluções como o RPA já foram amplamente implementadas para otimizar tarefas repetitivas e garantir a conformidade com procedimentos.

(Becker e Olaoye 2024), investigaram o impacto da automação, AI e análise de dados nos processos de auditoria e consultoria. Os autores demonstraram que estas tecnologias resultam em ganhos de eficiência e qualidade nas auditorias, permitindo aos profissionais focar em atividades de maior valor, como avaliação de riscos e detecção de fraudes. Contudo, identificaram também barreiras significativas à sua implementação, incluindo elevados custos iniciais, lacunas de competências e questões relacionadas com a privacidade de dados.

Trabalhos como o de (Saatchi et al. 2024) e (Abdulaali, Saleh e Metawee 2024) demonstram como o uso de RPA em auditorias internas melhorou a precisão e eficiência na recolha de dados e na geração de relatórios. Contudo, essas soluções enfrentam resistência por parte dos trabalhadores, que muitas vezes percebem a automação como uma ameaça aos seus empregos ou como uma imposição tecnológica que não considera o seu papel no processo.

Esses exemplos evidenciam que, embora a gamificação e a automação tenham mostrado resultados positivos em contextos específicos, a falta de uma abordagem integrada limita o seu potencial. A desconexão entre o fator humano e a tecnologia cria barreiras à adoção dessas soluções de forma ampla e eficaz.

**Os principais desafios das abordagens anteriores incluem:**

- **Falta de Integração entre Gamificação e Automação:** As soluções existentes tendem a focar em gamificação ou automação de forma isolada, sem explorar as sinergias potenciais entre essas abordagens. Enquanto a gamificação aumenta o engajamento, a automação melhora a eficiência; no entanto, sem uma integração eficaz, os benefícios de ambas são limitados.
- **Resistência Organizacional:** Tanto a implementação de gamificação quanto a de automação enfrentam resistência por parte das equipes. Os trabalhadores podem sentir-se desmotivados ou ameaçados pela automação, enquanto iniciativas gamificadas podem ser vistas como superficiais ou desnecessárias se não forem claramente alinhadas aos objetivos organizacionais.
- **Escalabilidade Limitada:** Mesmo quando essas abordagens têm sucesso em áreas específicas, sua aplicação em larga escala enfrenta dificuldades devido à falta de padronização e à complexidade dos processos industriais.
- **Desconsideração do Fator Humano:** Soluções automatizadas que negligenciam o papel dos trabalhadores falham em obter adesão e comprometimento. A manutenção preventiva, em particular, depende não apenas da eficiência técnica, mas também da motivação e proatividade das equipes.

**2.6 Justificação para uma Nova Abordagem**

- Diante destes desafios, torna-se necessário adotar uma nova abordagem que integre gamificação e automação de maneira sinérgica e complementar. Essa integração visa combinar o melhor dos dois mundos: a eficiência técnica proporcionada pela automação e o engajamento humano promovido pela gamificação. A seguir, destacam-se os principais motivos que justificam essa abordagem inovadora:
- **Melhoria da Adesão à Manutenção Preventiva:** A gamificação pode incentivar comportamentos proativos e motivar as equipes a seguirem os procedimentos de manutenção preventiva. Quando combinada com a automação, que garante a execução e o registro precisos das atividades, a adesão aos planos de manutenção torna-se mais eficaz e consistente.
- **Redução de Não Conformidades em Auditorias:** A automação assegura que todas as atividades de manutenção são registradas corretamente e em tempo real, facilitando a conformidade com os padrões exigidos. A gamificação, por sua vez, promove o engajamento contínuo das equipes, reduzindo a probabilidade de erros e omissões.
- **Criação de um Ambiente Colaborativo e Motivado:** A integração de elementos gamificados, como desafios, recompensas e feedback em tempo real, cria um ambiente de trabalho mais dinâmico e colaborativo. Isso ajuda a superar a resistência à automação, pois os trabalhadores passam a ver a tecnologia como uma aliada em vez de uma ameaça.
- **Enquadramento com Princípios da Indústria 5.0:** A Indústria 5.0 dá destaque à colaboração entre o humano e a máquina numa abordagem centrada na pessoa. A combinação de gamificação e automação está alinhada com esses princípios, promovendo a inovação tecnológica sem desconsiderar o papel essencial dos trabalhadores.

- **Sustentabilidade dos Resultados:** Ao motivar as equipas e automatizar processos críticos, essa abordagem integrada garante que os resultados positivos sejam sustentáveis a longo prazo, de modo a facilitar a melhoria contínua e a adaptação a novas demandas industriais.

Em suma, a integração entre gamificação e automação de processos surge como uma solução inovadora para enfrentar os desafios da manutenção preventiva em ambientes industriais. Esta abordagem procura combinar a eficiência técnica proporcionada pela automação, que garante precisão, consistência e conformidade, com o poder da gamificação de envolver e motivar as equipas, transformando tarefas rotineiras em experiências mais dinâmicas e interativas. Ao melhorar a adesão aos planos de manutenção, reduzir não conformidades em auditorias e fomentar um ambiente colaborativo, esta sinergia responde não apenas às necessidades atuais da Indústria 4.0, mas também aos princípios emergentes da Indústria 5.0, que valoriza a colaboração homem-máquina e uma abordagem centrada no ser humano. Assim, este estudo propõe uma estratégia integrada que promove inovação tecnológica sem negligenciar o papel essencial dos trabalhadores, garantindo resultados sustentáveis e facilitando a melhoria contínua nos processos industriais.



## Capítulo 3

# Design e Implementação

### 3.1 Conceção do modelo de gamificação

Em paralelo à aposta no desenvolvimento de robots, foi também feito um questionário de modo a perceber quais as principais motivações dos colaboradores na ótica do trabalho, da manutenção preventiva e da melhoria desses processos através da automação de tarefas repetitivas. O questionário aferiu as opiniões de dezasseis colaboradores de vários departamentos e com vários cargos e responsabilidades. Embora o ideal de respostas fosse o máximo número de contribuições possível, considera-se uma amostra relevante o suficiente para o estudo em causa. Os resultados são analisados de seguida com base nos princípios da ferramenta Octalysis, proposta por Yu-kai Chou, uma ferramenta que estrutura a motivação humana em oito pilares.

### 3.2 Metodologia

Esta secção descreve a abordagem metodológica adotada para investigar as percepções, motivações e barreiras associadas à manutenção preventiva, bem como o potencial da gamificação como estratégia de melhoria. Optou-se por uma perspetiva mista, combinando dados quantitativos e qualitativos, com o objetivo de captar a complexidade do comportamento dos colaboradores no contexto organizacional.

Foi desenvolvido um questionário dirigido a profissionais de diferentes áreas da organização, de modo a garantir uma amostra representativa da realidade operacional. Este instrumento incluiu questões fechadas e abertas, abordando a frequência e eficácia das ações de manutenção, assim como os fatores que condicionam a sua execução.

A análise motivacional baseou-se na framework Octalysis, concebida por Yu-kai Chou, que permitiu interpretar os dados recolhidos à luz de oito núcleos de motivação humana (Core Drives). Esta abordagem facilitou a identificação dos estímulos que mais influenciam o envolvimento dos colaboradores, como o reconhecimento, o progresso ou o propósito.

#### 3.2.1 Instrumentos de Avaliação

Foram utilizados dois instrumentos principais: o questionário e a framework Octalysis. O questionário recolheu dados empíricos sobre práticas e percepções relacionadas com a manutenção preventiva, evidenciando tanto a sua valorização pelos colaboradores como os principais desafios à sua implementação eficaz.

Em complemento, a framework Octalysis possibilitou uma análise estruturada dos fatores motivacionais, permitindo mapear os estímulos mais relevantes no contexto estudado. A combinação destes instrumentos proporcionou uma visão abrangente, articulando práticas operacionais com dinâmicas motivacionais, fundamentais para o desenvolvimento de uma solução gamificada coerente e eficaz.

### Modelo Octalysis

Octalysis, desenvolvido por Yu-kai Chou, é uma framework de análise de gamificação centrada na motivação humana. Baseia-se em oito *Core Drives* que representam diferentes motivações que influenciam os comportamentos humanos, quando experienciando serviços ou interagindo com produtos. Agrupando estes oito indicadores num octágono, a ferramenta procura criar uma interação mais engajante e motivadora, compreendendo e alavancando essas mesmas core drives. São elas então:

- **Significado Épico e Vocação** – sentir-se parte de algo maior.
- **Desenvolvimento e Realização** – progresso, conquista de objetivos.
- **Emancipação da Criatividade e Opinião** – resolver problemas com criatividade.
- **Propriedade e Posse** – sentimento de propriedade, acumulação de bens.
- **Influência Social e Afiliação** – interação social e reconhecimento.
- **Escassez e Impaciência** – desejo por aquilo que não se pode ter.
- **Imprevisibilidade e Curiosidade** – interesse por surpresas e descoberta.
- **Evasão e Perda** – medo de perder algo ou de retroceder.

O modelo permite avaliar experiências gamificadas de forma holística, considerando não apenas os elementos lúdicos, mas o impacto psicológico que exercem nos utilizadores. Trabalhos como (Weber, Grönewald e Ludwig 2022) oferecem um entendimento amplo da sua aplicabilidade, tendo o artigo (Haque e Panda 2024) especial foco na abordagem profissional.

#### 3.2.2 Questionário

Os participantes neste questionário revelaram um variado cenário profissional. Na amostra observada, identifica-se uma maioria de participantes como sendo colaboradora da área financeira e de informática. Analistas de Compras, Técnicos de Contabilidade, Técnicos de Informática, Analistas de Processos e de Melhoria Contínua, mas também trabalhadores ligados ao chão de fábrica, como Operadores, Planeadores, Gestores de Produção, Auditores e Analistas de Qualidade. Apesar da heterogeneidade dos cargos e áreas funcionais dos participantes, verifica-se uma notável convergência na valorização atribuída à manutenção preventiva. Esta percepção transversal reflete-se nos resultados do questionário, onde a totalidade dos inquiridos classificou a sua importância com os níveis mais elevados da escala proposta: onze atribuíram a pontuação máxima (5) e os restantes pontuaram com 4, numa escala de 0 a 5. Este dado sugere que, independentemente da função ou da proximidade ao processo produtivo, existe uma consciência partilhada sobre o papel crítico da manutenção preventiva na eficiência e fiabilidade dos processos industriais.

Relativamente à participação em ações de manutenção preventiva, observa-se que a maioria dos inquiridos não é, habitualmente, envolvida diretamente na sua execução. Ainda assim, entre os cerca de 44% que indicaram participar nessas atividades, a generalidade afirma

cumprir os prazos estabelecidos. Importa, no entanto, destacar que foram referidas algumas dificuldades no cumprimento desses prazos, sendo as mais recorrentes a falta de tempo disponível e a sobreposição com outras prioridades operacionais.

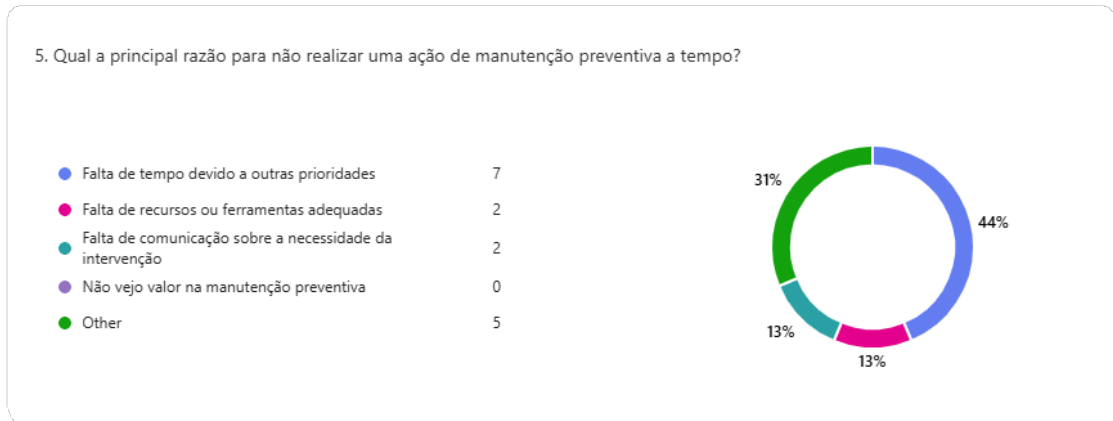


Figura 3.1: Motivos de falha em manutenções

Adicionalmente, surgem como obstáculos mencionados a escassez de ferramentas adequadas, a limitação de recursos humanos e materiais, bem como falhas na comunicação entre equipas e departamentos. Estes fatores sugerem a existência de constrangimentos estruturais e organizacionais que, mesmo perante uma perceção positiva da importância da manutenção preventiva, podem comprometer a sua execução eficaz.

De forma unânime, os inquiridos respondem "Sim", à pergunta "Acha que a manutenção preventiva reduz significativamente o número de não conformidades detetadas nas auditorias?". Embora cerca de 9 participantes não se sintam em posição de avaliar diretamente esse impacto, sete confirmaram melhorias nesse domínio. O que mostra que a cultura da organização, de uma forma abrangente, transmite a necessidade do rigor em questões suscetíveis a auditorias, mantendo toda a comunidade colaboradora ciente de que a manutenção preventiva é de extrema importância. Mesmo numa ótica de quem não participa em manutenções preventivas, nenhum desses colaboradores pôs em causa a sua capacidade de mitigar e reduzir não conformidades, dado que ninguém respondeu não nessa pergunta. Permite-nos perceber então que todos valorizam a manutenção preventiva e embora consigam ou não quantificar melhorias, ninguém discorda da sua eficácia.

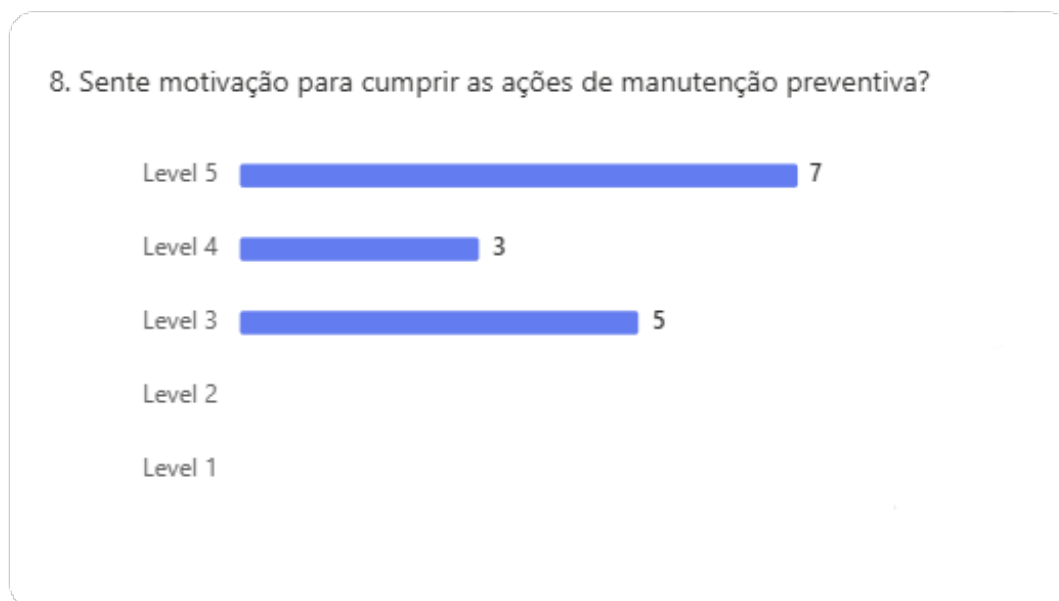


Figura 3.2: Motivação para participar em manutenções

Relativamente à motivação para cumprir as ações de manutenção preventiva, os participantes demonstram um nível de motivação positivo. Entre os fatores que mais contribuem para essa motivação, destacaram-se o reconhecimento do trabalho (10 respostas) e o impacto positivo na produção (10 respostas). Outros fatores referidos incluíram a cultura organizacional (4) e ferramentas adequadas (5), os incentivos financeiros tiveram um peso residual (2 respostas). Aqui observamos algum dispersar da distribuição dos níveis de motivação. Começamos a perceber que grande parte dos inquiridos, contrastando com a sensibilização que têm para a importância das manutenções, se sente pouco motivado a cumpri-las, cinco pessoas colocaram de 0 a 5 uma motivação nível 3. Número considerável, um terço das respostas a essa pergunta.

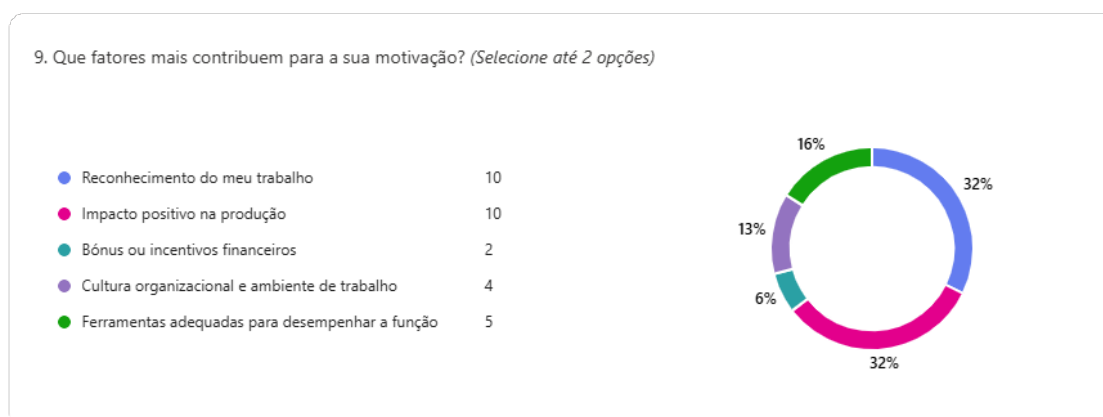


Figura 3.3: Motivações que potenciam as manutenções

Aqui começamos a presenciar a divisão entre o que o colaborador sabe que é correto e

aquilo que ele sabe que lhe trará visibilidade e valor dentro da empresa. Os fatores acima mencionados contribuem para essa motivação, mas como podemos ver, nem sempre são suficientes para equilibrar os ânimos enquanto os colaboradores desempenham tarefas que reconhecem ser cruciais.

Num exercício de priorização motivacional inspirado na framework *Octalysis*, os participantes distribuíram um limite de 20 pontos entre oito núcleos motivacionais, tendo um limite máximo de 5 pontos por cada núcleo. Aqui procura-se observar a gestão do escasso número de pontos, uma vez que para as 8 core drives, com 5 pontos cada, seriam necessários 40 pontos para máxima cotação. Ao ter acesso apenas a metade dos pontos totais, o inquirido é forçado a escolher as drives que mais lhe são intrínsecas, negligenciando por vezes com 0 pontos outras que não lhe originem tanto interesse. Os resultados desta pergunta traduzem-se então no seguinte gráfico de barras divergente:

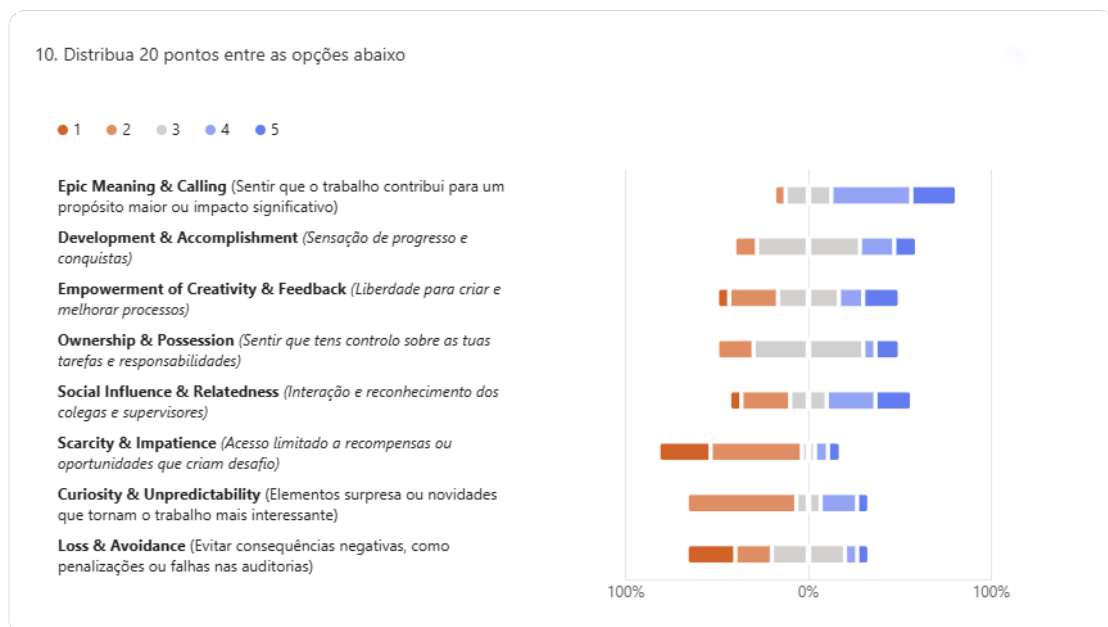


Figura 3.4: Resultados Octalysis

A azul e azul escuro vemos as core drives mais valorizadas, enquanto que a castanho e castanho escuro vemos as menos apreciadas. Observamos então que as dimensões mais valorizadas foram:

- **Development & Accomplishment** (Desenvolvimento e Conquista)
- **Epic Meaning & Calling** (Significado Épico e Vocação)
- **Ownership & Possession** (Propriedade e Posse)

E as menos prezadas foram:

- **Scarcity & Impatience** (Escassez e Impaciência)
- **Curiosity & Unpredictability** (Curiosidade e Imprevisibilidade)
- **Loss & Avoidance** (Perda e Evasão)

Estes resultados sugerem uma forte orientação para a realização pessoal, o propósito do trabalho e o sentido de responsabilidade e autonomia pelas tarefas. E uma orientação menos focada em oportunidades de agarrar algo efêmero e/ou limitado, participar em algo inédito ou desconhecido. A imprevisibilidade ou o medo de consequências negativas revelaram-se menos relevantes para os participantes.

Por fim, foi pedido em resposta aberta que se respondesse à seguinte pergunta: "Se pudesse melhorar um aspeto da manutenção preventiva na sua empresa, qual seria?". Apenas 10 dos participantes escolheram responder a esta questão, assumindo que 5 dos mesmos não se sentiram confortáveis ou não entenderam ter uma posição pertinente a expor. As sugestões mais frequentes incluíram:

- Maior integração entre os planos de manutenção e as auditorias;
- Melhor planeamento e disponibilidade de peças e ferramentas;
- Reforço da comunicação e da documentação associada;
- Aumento da autonomia nas equipas operacionais.

Estes itens resumem-se numa das respostas que transcreve: "Passar maior informação às equipas funcionais de forma a evitar erros por parte dos mesmos e dar-lhes mais autonomia na manutenção dos processos.". Aqui observamos uma clara necessidade de as chefias valorizarem mais este tipo de trabalho, instruindo as equipas funcionais devidamente e garantindo que têm meios e tempo para levar a cabo as manutenções preventivas. Estes contributos qualitativos complementam as respostas fechadas e revelam preocupações práticas e estratégicas que devem ser consideradas na otimização do sistema de manutenção gamificado.

### 3.2.3 Octalysis

A Figura 3.5 apresenta uma representação adaptada do modelo Octalysis aplicada ao contexto da manutenção preventiva, com exemplos concretos identificados ao longo do processo de desenvolvimento e avaliação da solução gamificada.

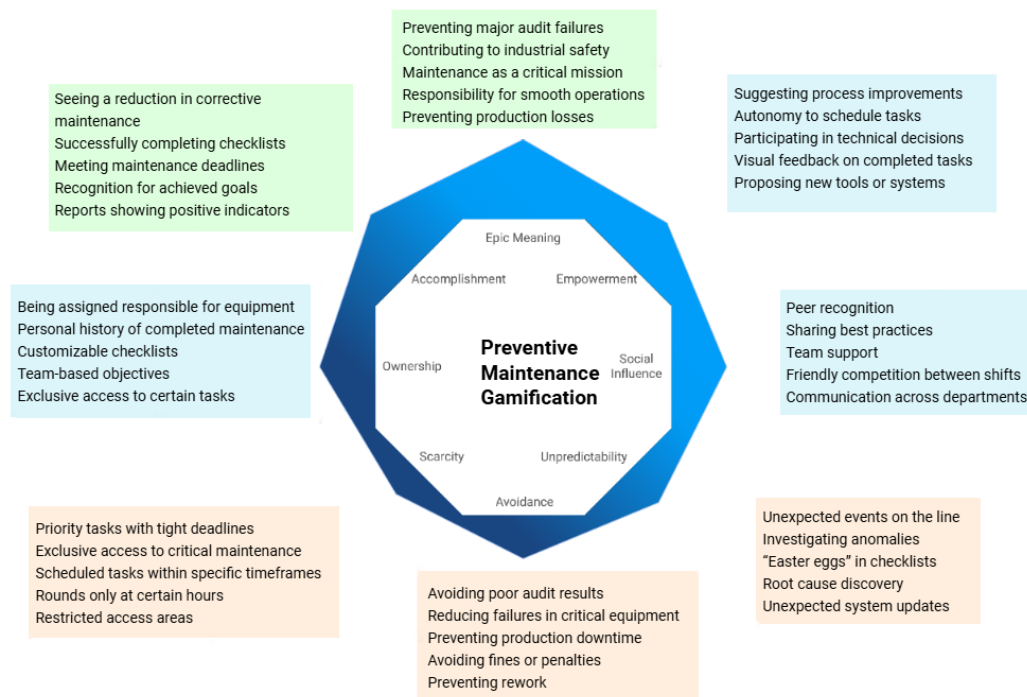


Figura 3.5: Framework Octalysis Resultante

Como se pode observar, a gamificação da manutenção preventiva pode ser estruturada de modo a responder a diferentes tipos de motivação humana:

- **Epic Meaning & Calling:** ações ligadas à segurança industrial, prevenção de falhas graves ou perdas de produção, que reforçam o sentimento de propósito dos colaboradores.
- **Development & Accomplishment:** centrado no progresso pessoal e no reconhecimento pelo cumprimento de objetivos e listas de verificação.
- **Empowerment of Creativity & Feedback:** valorização da autonomia, da participação em decisões técnicas e do retorno visual imediato sobre tarefas concluídas.
- **Ownership & Possession:** estímulo à responsabilização através de registo histórico, checklists personalizáveis e acesso exclusivo a tarefas.
- **Social Influence & Relatedness:** envolvimento social através de reconhecimento entre pares, partilha de boas práticas e espírito de equipa.
- **Scarcity & Impatience:** acesso limitado a tarefas prioritárias ou críticas, criando desafios adicionais baseados em restrições de tempo e acesso.
- **Curiosity & Unpredictability:** inserção de elementos inesperados, como atualizações imprevistas, eventos anómalos ou “easter eggs” em checklists, que incentivam a descoberta.
- **Loss & Avoidance:** motivação pela prevenção de consequências negativas, como falhas em auditorias, penalizações ou retrabalho.

Esta matriz prática serviu de base conceptual para o desenho e implementação dos elementos gamificados na solução proposta, assegurando uma abordagem motivacionalmente equilibrada e alinhada com os objetivos organizacionais.

### 3.2.4 Conceção

Através da aplicação de um questionário a um conjunto de colaboradores envolvidos direta e indiretamente com a manutenção preventiva, foi possível recolher contributos relevantes sobre perceções, motivações e desafios enfrentados no contexto organizacional. Os resultados revelaram que, de forma geral, a manutenção preventiva é amplamente valorizada pelos participantes, sendo reconhecida como um fator determinante na mitigação de não conformidades durante auditorias.

Verificou-se, contudo, que a execução das ações preventivas nem sempre é cumprida no prazo previsto, sendo a falta de tempo e a ausência de recursos ou comunicação clara os principais obstáculos identificados. Estes fatores devem ser considerados na reestruturação ou otimização dos processos, tanto a nível técnico como organizacional.

Do ponto de vista motivacional, os dados revelaram uma clara valorização dos núcleos definidos pela framework Octalysis, especialmente no que se refere ao desenvolvimento pessoal, sentido de propósito e sensação de posse sobre as tarefas. Isto indica que intervenções gamificadas com foco nestes pilares podem ter maior eficácia na promoção do envolvimento e compromisso dos colaboradores.

De modo a refletir os core drives mais valorizados pelos colaboradores, foi decidida a implementação de uma iniciativa que considerasse esses pilares como medidas gamificadas, assumindo o formato de concurso. A iniciativa contou com a colaboração de um dos diretores da empresa, sendo promovida pelo mesmo. O objetivo do concurso foi o de incentivar a partilha de ideias de automações que pudessem otimizar não só processos relacionados diretamente com a manutenção preventiva, mas também tarefas de outras naturezas, visando a fomentação do espírito inovador e da cultura digital. O concurso foi aberto a toda a comunidade da empresa, tendo os participantes sido convidados a submeter num portal especificamente elaborado para o efeito, propostas que viessem reformar e modernizar tarefas. A ideia mais relevante em termos de criticidade do processo, tempo poupado convertido em FTE e originalidade foi premiada com incentivo monetário. Esta atribuição foi feita apenas depois de análise da ideia, de modo a aferir a sua viabilidade. Para além do prémio principal, foram também atribuídas diversas distinções adicionais aos colaboradores, a expor em sessões globais, trimestrais onde é feito o reconhecimento de casos individuais de destaque pelo valor e contribuição para a empresa. Estas distinções foram atribuídas com base no maior número de ideias viáveis submetidas, envolvimento proativo na equipa de automação, e influência positiva no processo de melhoria contínua. Esta abordagem não reforçou apenas o sentimento de pertença e reconhecimento de conquista, mas também o sentimento de os colaboradores serem chamados a participar no futuro digital não só da empresa, como da indústria em geral.

Em suma, os resultados obtidos validam o potencial da gamificação e da automação inteligente como catalisadores de mudança positiva no contexto da manutenção preventiva. A adoção destas abordagens, quando fundamentada em modelos motivacionais sólidos e suportada por melhorias práticas, pode contribuir significativamente para a eficiência operacional e para a qualidade dos processos industriais.

### 3.3 Concepção do modelo de RPA

Esta secção é dedicada à concepção do modelo de RPA que constitui uma fase altamente crítica e estratégica na definição técnica da solução. Estabelecem-se aqui os fundamentos sobre os quais assenta a lógica de automação de processos. Este modelo visa responder a necessidades operacionais, viabilidade técnica, escalabilidade e sustentabilidade na manutenção da solução a médio e longo prazo. É envolvida aqui a análise aprofundada dos processos passíveis de ser automatizados, sendo a escolha criteriosa relativamente às tecnologias a adotar, tendo em conta a capacidade de desenvolvedores e suporte das mesmas, bem como exigências ou especificidades técnicas que impeçam optar ou não por soluções de código-fonte aberto. O delineamento de boas práticas de desenvolvimento, documentação, integração e manutenção contínua são prioritárias delinear nesta fase.

A concepção do modelo teve como premissa central a abordagem modular, que permite uma flexibilidade elevada e capacidade de adaptação face à adversidade de processos e especificidades de cada área funcional. Através de uma avaliação sistemática de fluxos de trabalho realizado por colaboradores, foi possível identificar atividades que se repetem de forma consistente, baseadas em regras que são relativamente estáveis e executadas em sistemas digitais. Configuravam assim estas atividades, candidatas ideais à automação robótica. A avaliação descrita assentou em critérios objetivos tais como a frequência, volume de transações, suscetibilidade a erro humano, a não necessidade de raciocínio e interpretação, impacto em auditorias e retorno em poupança de tempo.

Foi também elaborada uma framework técnica que serve de guia para o ciclo de vida de desenvolvimento da solução concessionada, incluindo detalhes nas fases de planeamento, análise, design, implementação e manutenção.

#### 3.3.1 Design e Implementação da solução de automações

Na presente subsecção é descrita a fase de design e implementação da solução, descrevendo o seu desenvolvimento e concretização. A proposta tecnológica desta solução reforça-se que visa reduzir não conformidades em auditorias industriais, através da combinação de automações robóticas de processos RPA e estratégias de gamificação. A solução foi implementada num contexto real de produção na indústria química, no fabrico de adesivos, selantes e produtos químicos especiais. Visa-se assim proporcionar uma base sólida para a validação prática do modelo proposto. A empresa onde decorreu a execução caracteriza-se pelos elevados padrões de exigência no que toca à qualidade e cumprimento normativo. Por razões de confidencialidade, o nome da organização permanecerá anónimo ao longo desta dissertação. Não obstante, todos os dados, fluxos de trabalho e validações descritas refletem um ambiente industrial real e rigoroso, reforçando a relevância e aplicabilidade da solução desenvolvida.

#### 3.3.2 Visão Geral da Arquitetura

Para garantir uma abordagem gerível e escalável, os projetos de automação e RPA, cujo ciclo de vida é descrito em seguida, têm que obedecer a uma estrutura coesa. A estrutura terá, por isso, que se dividir em níveis distintos que respondam aos requisitos da solução. A viabilidade da gestão e manutenção a longo prazo é foco principal desta arquitetura, que engloba os seguintes quatro níveis:

- **Gestão de ciclo de desenvolvimento:** Planeamento, desenvolvimento, teste e publicação dos projetos. Neste nível é onde são asseguradas todas as boas práticas do

desenvolvimento de software, incluindo o controlo de versões e capacidade modular. Azure DevOps é usado aqui como repositório de todos os projetos, distribuição e planeamento de tarefas;

- **Orquestração e automatização de execuções:** A calendarização, execução e monitorização dos processos implementados é aqui feita. UIPath Orchestrator e Azure Pipelines são utilizados neste nível da arquitetura, gerindo projetos desenvolvidos respetivamente em UIPath e Python. Cada projeto possui horários, dependências e/ou chamadas específicas. Os registos de execução são mantidos nestas duas plataformas com um histórico de cerca de 30 dias;
- **Armazém de dados com histórico e detalhes de todas as execuções:** Um repositório centralizado, alimentado por ambas as plataformas do ponto anterior. Guarda todo o histórico de execuções com um nível de detalhe inferior ao dos registos já mencionados. São guardados essencialmente metadados como horários, durações de execução, resultados e máquina virtual em que foi executado.
- **Visualização sintetizada de dados:** O nível em que os metadados das execuções são transformados em dados interpretáveis através de painéis de monitorização e quadros de indicadores, do inglês: Key Performance Indicators (KPI). Torna possível a identificação de anomalias, acompanhamento da evolução e estudo da eficácia ao longo do tempo entre outras análises. Serve de suporte à tomada de decisões e avaliação estratégica de todo o programa de automação.

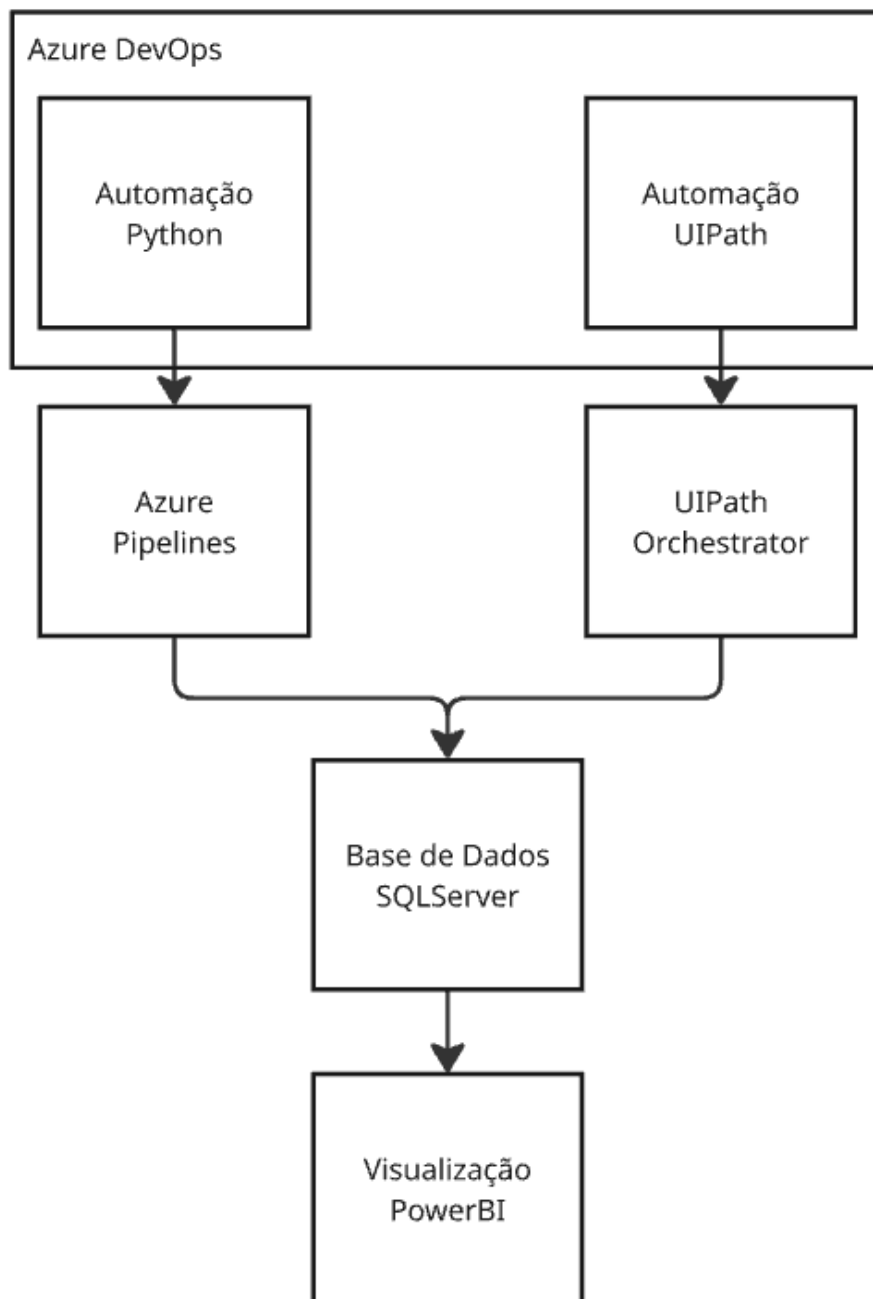


Figura 3.6: Explicação visual da arquitetura

### 3.3.3 Desenvolvimento das Automações em Python e UIPath

As automações, independentes entre si, são desenvolvidas num ciclo de vida próprio. O ciclo caracteriza-se pelos seis passos: Planeamento, Análise, Design, Implementação, Testes/Integração e Manutenção, sendo estes passos organizados no modelo DevOps. Em DevOps, é priorizada a integração contínua e desenvolvimento contínuo, do inglês Continuous Integration Continuous Development (CICD), o que permite ultrapassar de melhor forma as dificuldades na combinação entre o desenvolvimento e as equipas operacionais. Este modelo é comum ser aplicado em combinação com outros, sendo neste caso combinado com o modelo Iterativo, que por sua vez divide os projetos em partes pequenas e mais fáceis de

gerir, em que por cada iteração é entregue e testada uma versão funcional até atingir o produto final. Evitando uma abordagem em silos separados e mantendo o foco em resultados apresentados de forma mais rápida, enquanto permite um constante refinamento entre iterações. Existem outros modelos, como Ágil ou Cascata, bastante populares, com eficácia provada e casos de uso específicos; cada organização deve aferir a qual se adapta melhor. Literatura cinzenta como a de (Boyde 2014) e (McConnell 2004) confere um entendimento consideravelmente detalhado nesta área.

Nesta solução, chamam-se às automações desenvolvidas de 'robots', sendo estes desenvolvidos para equipas operacionais de diferentes departamentos. Na maioria, pertencem aos departamentos Financeiro, Compras e Informático, dado que a totalidade das suas tarefas e ferramentas se desenrolam em software, tendo maior abertura para projetos de automação. Existem, no entanto, também projetos em Operações, Melhoria de Processos, entre outros departamentos. É de realçar que quanto mais nos afastamos de um ambiente orientado à tecnologia, mais difícil é a sinergia entre equipas no ciclo de vida do robot.

Os projetos são desenvolvidos principalmente em duas tecnologias, na linguagem de programação Python e no software UIPath. Python permite maior abrangência de âmbito e de interações com aplicações externas, permite recorrer a soluções de fonte aberta, mantendo um carácter gratuito no desenvolvimento de funcionalidades na sua maioria, tem, no entanto, a desvantagem de precisar de conhecimentos e experiência sólidos de desenvolvimento de software, boas práticas de programação, entre outras qualidades que na sua generalidade dependem especificamente de formação superior na área informática. Já UIPath permite, com uma formação mais breve e mais prática, e uma abordagem que em pouco depende de programação, a criação de projetos justamente orientados ao RPA, aqui surge a carência de licenciamento deste software, e de licenças complementares para determinadas funcionalidades e ferramentas internas desenvolvidas pela empresa fornecedora.

### 3.3.4 Orquestração via Azure Data Pipelines

Depois de desenvolvidos, os robots são publicados em Pipelines Azure ou em Agentes no UIPath Orchestrator, onde são definidos horários nos quais devem executar com a recorrência necessária, aferida para cada projeto. A configuração de servidores, agentes e ambientes deve ficar a cargo da equipa de infraestruturas da empresa para garantir a segurança e conformidade de todos os ativos, bem como dos utilizadores de serviço e respetivas credenciais. Por questões de cibersegurança, deve-se evitar a todo o custo a publicação de automatismos que usem credenciais de colaboradores, e é altamente recomendada a encriptação de todos os detalhes de acesso. Azure Key Vault e o Credential Manager da UIPath oferecem o nível de segurança desejado e devem por isso ser sempre utilizados.

Esta orquestração garante que de forma automática e ordenada sejam executados todos os robots, mantendo total controlo e permitindo a consulta de registos de execução para a deteção e análise de falhas, erros, sucessos, entre outras métricas que sejam úteis para o efeito. Mantém-se também um histórico de cerca de 30 dias em ambas as plataformas, onde datas, hora, tempo de execução, entre outras informações, são disponibilizadas.

### 3.3.5 Integração e Fluxo de Dados

O fluxo de dados nesta solução procura manter o histórico total de execuções, guardando externamente num armazém de dados Structured Query Language (SQL) Server informação obtida nas pipelines de Azure e Orchestrator. De modo a manter a informação centralizada,

foram desenvolvidas duas Application Programming Interface (API) em Python, para contactar com ambas as plataformas e inserir numa tabela de factos a informação de todas as execuções.

De maneira a permitir visibilidade em tempo real, esta automação tem bastante recorrência, e popula parte da vista que será a seguir descrita.

### 3.3.6 Modelação e Estruturação da Base de Dados SQL Server

O esquema de bases de dados floco de neve, do inglês snowflake schema, é um dos mais conhecidos e utilizados, promovendo um modelo de armazém de dados especialmente orientado ao Business Intelligence (BI), onde existem tabelas de dimensão, normalizadas e relacionadas, e tabelas de factos, com medidas quantitativas. A normalização das dimensões, que ramifica para as tabelas de factos, dá por isso o nome de floco de neve ao esquema. É indicado para uma reduzida redundância dos dados, bons índices de desempenho em dimensões grandes e complexas, bem como uma consistência e normalização asseguradas. As tabelas de dimensão incluem dados como nome do processo automatizado, tecnologia em que foi desenvolvido, departamento a que pertence, data de implementação, estado, data de descontinuação (caso aplicável), poupança relativamente ao tempo que era gasto para fazer o processo manualmente e desenvolvedor.

Já os factos, contêm apenas o nome do processo, que funcionará como chave para ligação com a dimensão, data de início de execução, data de fim, estado, servidor em que correu e poupança total de tempo gerada na execução.

Uma vista de SQL é a forma mais segura de organizar os dados para exportação e ou consumo externo. Para o efeito, usa-se nesta solução a ferramenta de visualização da Microsoft, PowerBI.

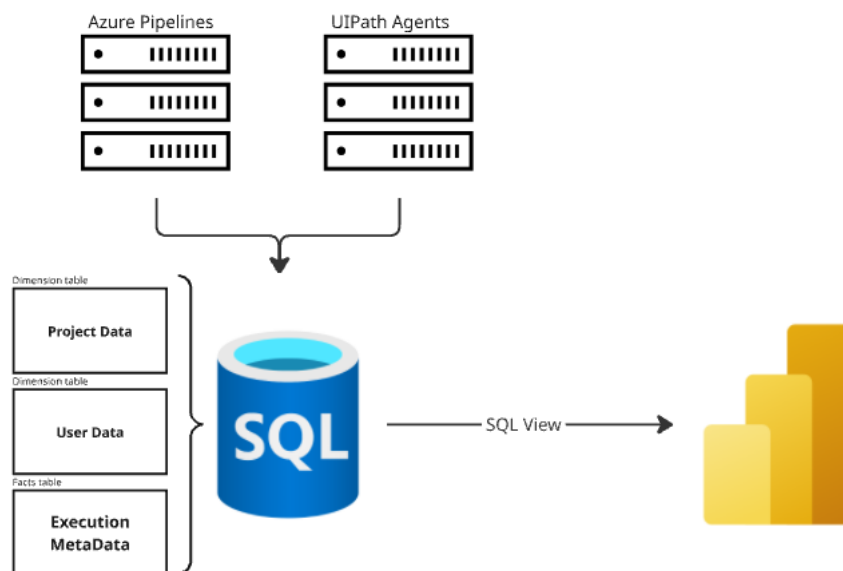


Figura 3.7: Modelação da base de dados

Descrevendo as tabelas utilizadas, esta revelou-se ser uma estrutura eficaz para o armazenamento, gestão e visualização dos dados a estudar. Primeiramente, descrevendo as duas

tabelas de dimensão, uma para os projetos e outra para os utilizadores envolvidos no estudo. Convém a tabela de dimensão ser sucinta, referindo ao detalhe as particularidades do processo, a que departamento pertence, a tecnologia em que foi desenvolvido, a região corporativa que afeta. Se está ativo, em desenvolvimento, ou já foi deixado de utilizar, bem como as datas a que ocorreram essas alterações. O tempo poupado por cada execução, caso o processo poupe uma quantidade fixa de tempo por execução, ou o tempo poupado por transação, caso o robot execute um número indeterminado de ações e cada uma delas tenha uma determinada quantidade de tempo poupado associado. A identificação do colaborador que desenvolveu, através de uma chave estrangeira e o ano fiscal em que foi desenvolvido. A chave estrangeira é um campo que faz referência direta à chave primária de outra tabela, que neste caso é a segunda tabela de dimensão dedicada aos utilizadores.

```
1  SELECT
2      [Nome_do_processo] ,
3      [Tecnologia] ,
4      [Departamento] ,
5      [Regiao] ,
6      [Estado] ,
7      [Data_go_live] ,
8      [Data_shut_down] ,
9      [Tempo_poupado] ,
10     [Tempo_poupado_por_transacao] ,
11     [ID_Desenvolvedor] ,
12     [Ano_fiscal]
13 FROM
14     [Base_de_dados] . [Esquema] . [Tabela_dimensao]
```

Aqui ID\_Desenvolvedor trata-se já de uma chave primária, não repetível, que facilita o relacionamento das duas tabelas, garantindo integridade e facilitando a gestão. Atendendo à proteção de dados, poderá ser necessária encriptação de alguns campos, o que deverá ser acessado para cada caso. Neste contexto apenas foi registado o endereço email profissional, nome, se é ou não auditor, e que cargo o desenvolvedor possui.

```
1  SELECT
2      [ID_Desenvolvedor] ,
3      [UserEmail] ,
4      [UserName] ,
5      [Auditor] ,
6      [Cargo]
7  FROM
8      [Base_de_dados] . [Esquema] . [Tabela_dimensao_users]
```

No que toca à tabela de factos, onde são registadas todas as execuções, a estrutura adotada foi de registar o nome do processo, data e hora de início de execução bem como do término, o tempo de execução também foi guardado, para evitar ter que fazer a subtração de dois campos através de fórmula Data Analysis Expressions (DAX) no PowerBI. O estado, caso tenha dado erro ou sucesso, o servidor ou máquina em que correu, número de erros e sucessos em trasações, caso se aplique, e o total de tempo poupado.

```
1  SELECT
2      [Nome_do_processo],
3      [Datetime_inicio],
4      [Datetime_fim],
5      [Estado],
6      [Tempo_execucao],
7      [Servidor],
8      [Transacoes_sucesso],
9      [Transacoes_erro],
10     [Total_tempo_poupado]
11 FROM
12     [Base_de_dados].[Esquema].[Tabela_factos]
```

Com as tabelas acima conseguimos já fazer visualizações de dados, mas não seria uma boa prática consumir os dados diretamente, tanto do ponto de vista da segurança como da otimização. Recomenda-se por isso que o acesso de visualizações seja dado apenas a vistas, tabelas virtuais que guardam uma consulta reutilizável sem duplicação de dados. Permite guardar pesquisas complexas, filtros, agrupamentos e transformações de dados. Permite também controlar o acesso a colunas ou linhas, e facilita a criação de visualizações. Não foi o caso desta solução mas podemos ainda recorrer a vistas materializadas, que fazem o armazenamento dos dados dessa mesma consulta, guardando de forma indefinida o resultado. Dependendo do horário de atualização de dados definido, isto pode trazer dificuldades na consulta de dados em tempo real, mas pode no entanto ser preferível por motivos de performance. Aqui os dados foram selecionados de forma a conter a maioria das transformações necessárias mais tarde na criação de gráficos e outros cálculos agregados. De um modo geral, junta as três tabelas anteriores dispondo toda a sua informação relevante em cada linha, desde a identificação do desenvolvedor, a identificação do projeto, até aos detalhes da execução.

```
1  CREATE VIEW [Base_de_dados].[Esquema].[vista_Processos_Detalhados] AS
2  SELECT
3      dim.[Nome_do_processo],
4      dim.[Tecnologia],
5      dim.[Departamento],
6      dim.[Regiao],
7      dim.[Estado] AS Estado_Processo,
8      dim.[Data_Go_Live],
9      dim.[Data_shut_down],
10     dim.[Tempo_poupado],
11     dim.[Tempo_poupado_por_transacao],
12     dim.[Ano_fiscal],
13     usr.[ID_Developedor],
14     usr.[UserEmail],
15     usr.[UserName],
16     usr.[Auditor],
17     usr.[Cargo],
18     fact.[Datetime_inicio],
19     fact.[Datetime_fim],
20     fact.[Estado] AS Estado_Execucao,
```

```
21     fact.[Tempo_execucao],
22     fact.[Servidor],
23     fact.[Transacoes_sucesso],
24     fact.[Transacoes_erro],
25     fact.[Total_tempo_poupado]
26 FROM
27     [Base_de_dados].[Esquema].[Tabela_dimensao] AS dim
28 LEFT JOIN
29     [Base_de_dados].[Esquema].[Tabela_dimensao_users] AS usr
30     ON dim.[ID_Developedor] = usr.[ID_Developedor]
31 LEFT JOIN
32     [Base_de_dados].[Esquema].[Tabela_factos] AS fact
33     ON dim.[Nome_do_processo] = fact.[Nome_do_processo];
```

Com os dados transformados e prontos a consumir, é importante ter em conta as permissões de acesso. Adicionar permissão de visualização à vista ao utilizador que vai criar a visualização é crucial para que se possa aceder aos dados. Ter em conta possíveis contas de serviço é também aconselhável, pois na publicação de relatórios, poderá ser preciso configurar atualizações periódicas de dados, ou portais de dados, que não convém serem configurados com credenciais pessoais de colaboradores.

### 3.3.7 Criação do Dashboard em Power BI

Para a visualização e monitorização em tempo real dos dados, foi criado um painel, em inglês dashboard, de PowerBI. A configuração da fonte de dados é feita com as credenciais de acesso ao servidor e base de dados de SQL, sendo de seguida especificada a vista ou tabela de dados necessária.

A manipulação de dados e programação no PowerBI é feita através de expressões de análises de dados, ou fórmulas DAX. As capacidades destas fórmulas apresentam algumas limitações, na sua maioria relativas à natureza da conexão à fonte de dados, se é contínua ou estática, e também relativas à natureza dos dados, pelo que é recomendável fazer o máximo de cálculos e sumarizações na vista SQL e importar os dados na sua forma mais completa possível.

A visualização foca na representação de percentagem de execuções que apresentam erros, na poupança total por processo, região, departamento e desenvolvedor, bem como FTE poupados, entre outros indicadores pertinentes a acompanhar. A consistência visual e a simplicidade são duas máximas da conceção de painéis, assegurando acessibilidade na perceção visual e evitando redundância. Uma hierarquia visual de títulos, subtítulos e valores principais deve ser claramente destacada também, guiando seguramente o utilizador às constatações que se pretendem transmitir.

O painel nesta solução possui quatro abas, cada uma dedicada especificamente a um tema, sendo estes a Visão Geral, o Desempenho por Desenvolvedor, a Evolução Temporal e, por fim, a aba de Monitorização em Tempo Real. No painel de Visão Geral, o foco é abrangente, tendo gráficos de barras mostrando a distribuição de processos por tecnologia, por região e por departamento. Soma de horas poupadas em conjunto por todos os processos de todos os desenvolvedores, bem como um mapa mundial com a distribuição das localizações afetadas pelas suas poupanças. Convém dar uma ideia da contagem total de processos ativos e em desenvolvimento, tal como os que já foram desativados. Uma visão da percentagem de erros face aos sucessos pode também ser útil para avaliação imediata de eficácia. É importante

manter uma visualização coesa e simples, de forma a facilitar a aquisição de informação por parte do utilizador sem qualquer confusão, mantendo apelativo o aspeto de todas as tabelas, gráficos, números entre outros indicadores visuais. Nesta aba não há ainda a necessidade de dispor filtros.

Em desempenho por desenvolvedor, espelha de forma imediata a percentagem total de sucessos face aos erros, a soma total de horas poupadas em todos os processos de determinado desenvolvedor somados e uma lista descritiva das execuções de cada processo, discriminando tempo de execução e tempo poupado. Tendo como objetivo perceber se houve, além da poupança do tempo que a tarefa exigiria de um recurso humano, um retorno também entre o tempo ocupado à máquina. Em caso de necessidade de proteção de dados, o filtro que faz a seleção do desenvolvedor a estudar pode ser automático para espelhar apenas os processos possuídos por quem consulta o quadro. Isso pode ser levado a cabo por um filtro dinâmico que compara o campo de endereço de email de desenvolvedor com o email da autenticação na aplicação de PowerBI.

Na aba de Evolução Temporal, o foco será em gráficos de linha com a soma cumulativa de horas poupadas ao longo do tempo, desde a implementação de cada processo. Este visual pode ter especial foco em diferentes linhas de diferentes cores, assinaladas a cada desenvolvedor. Podemos adicionar filtros que nos garantam alguma granularidade neste gráfico, que, embora simples, consegue transmitir de imediato se a evolução estagnou, vai acumulando, e ter também a noção de qual dos desenvolvedores apresenta melhores resultados e traz maior valor acrescentado à empresa e a esta iniciativa.

Por fim, na última secção de Monitorização em Tempo Real, apresentam-se todas as execuções de processos que tenham falhado nos últimos 5 dias. Esta janela temporal pode ser adaptada conforme a necessidade. Aqui o foco é perceber que processos têm falhado mais e contactar o desenvolvedor responsável. Permite, em tempo real, perceber falhas e reagir atempadamente, uma vez que as consequências do erro ou da não execução de determinados processos podem não ser percebidas de imediato.

### **3.3.8 Considerações sobre Segurança, Performance e Escalabilidade**

A conceção da solução teve em conta desde o início requisitos fundamentais de segurança, desempenho e capacidade de crescimento, essenciais para garantir a sustentabilidade e confiança no modelo implementado.

**Segurança** Em ambientes industriais regulados, como o da organização em questão, a segurança da informação e dos acessos é prioritária. Por esse motivo, foram adotadas práticas robustas de cibersegurança, com destaque para:

- Utilização exclusiva de utilizadores de serviço dedicados para execução de processos automáticos, evitando o uso de contas de colaboradores;
- Armazenamento seguro de credenciais e segredos em cofres de segurança, nomeadamente Azure Key Vault e UIPath Credential Manager, com políticas de acesso restritas baseadas em princípios de menor privilégio;
- Encriptação de todos os dados sensíveis tanto em repouso como em trânsito;
- Separação clara entre ambientes de desenvolvimento, testes e produção, assegurando que apenas código validado pode ser promovido para execução real.

**Performance** Para garantir um desempenho eficiente e fiável, a solução foi desenhada com foco na otimização dos recursos computacionais e na minimização de tempos de execução. Os principais aspectos considerados incluem:

- Definição de horários de execução estrategicamente distribuídos ao longo do dia para evitar sobrecarga de servidores;
- Monitorização constante dos tempos de execução e uso de recursos por robot, com alertas configurados para anomalias;
- Utilização de pipelines paralelos e agentes dedicados, sempre que necessário, para acelerar o processamento de tarefas com elevada frequência ou volume.

**Escalabilidade** A arquitetura modular e orientada a serviços adotada permite que a solução possa ser facilmente expandida. Isto inclui:

- Capacidade de adicionar novos robots de forma independente, sem impacto significativo nas automações existentes;
- Estrutura da base de dados preparada para alojar grandes volumes de informação histórica, com tabelas de factos otimizadas e indexadas;
- Possibilidade de integrar novos sistemas e fontes de dados através da criação de APIs adicionais, mantendo a mesma estrutura de ingestão e armazenamento;
- Compatibilidade com soluções de cloud e virtualização, assegurando elasticidade dos recursos conforme a necessidade.

A união destes três pilares reforça a robustez da solução, garantindo que esta não só responde às necessidades atuais, como está preparada para evoluir de forma segura, eficiente e escalável, acompanhando o crescimento do programa de automação e as exigências do setor industrial.





## Capítulo 4

# Avaliação da Solução

### 4.1 Avaliação da Solução

Após a implementação da solução proposta, composta por elementos de gamificação aliados à automação de processos através de RPA, tornou-se essencial avaliar o seu impacto real junto dos intervenientes diretos. Compreender de que forma foi vista e incorporada a utilização destas soluções no quotidiano laboral destes colaboradores, e perceber a sua opinião sobre a sua eficácia e possíveis pontos de melhoria a indicar. Optou-se por avaliar esta abordagem com uma componente qualitativa, recorrendo à realização de entrevistas semi-estruturadas. O carácter semiestruturado visa permitir uma maior abertura ao interveniente para condução da conversa, dando a possibilidade de realçar pontos paralelos que o entrevistador possa não conhecer, ou permitindo aprofundar aspetos específicos que sejam mais valorizados pelo entrevistado. Tendo em conta que seria difícil atingir um número elevado de participações nestas entrevistas, optámos por priorizar a participação de colaboradores com posições de chefia de equipas. Neste sentido, foi-nos possível obter conhecimento transversal a todo o funcionamento de diferentes equipas, reunindo testemunhos de todos os intervenientes de forma indireta, bem como uma opinião mais estratégica das dinâmicas implementadas. Os responsáveis pelas equipas conseguiram também identificar com facilidade os desafios e oportunidades, tendo em conta a sua convivência com diversos projetos e processos. Optou-se então por um número menor de entrevistas, mas orientado a colaboradores que nos poderiam dar um testemunho mais construtivo e rico.

Estas entrevistas tiveram como principal objetivo recolher impressões, perceções e sugestões dos colaboradores relativamente à eficácia da solução desenvolvida, bem como identificar eventuais limitações, resistências ou oportunidades de melhoria. Através deste diálogo mais próximo e informal, procurou-se captar a experiência dos utilizadores de forma mais profunda e contextualizada, contribuindo para uma compreensão mais rica da aplicação prática da proposta. Entre outros aspetos, em que medida os elementos de gamificação influenciaram o envolvimento nas tarefas, se a automação facilitou ou complicou rotinas existentes, e quais os fatores que condicionaram a sua aceitação.

#### 4.1.1 Avaliação da gamificação

A implementação de gamificação a avaliar é referente ao procedimento de submissão de projetos.

A atribuição do prémio monetário e do reconhecimento pelo maior número de ideias submetidas foi um sucesso, tendo levado a uma verdadeira chuva de submissões pertinentes, viáveis e bastante interessantes, garantindo uma quantidade de projetos que ocupará a equipa de

desenvolvedores durante tempo considerável. A quantidade de projetos permitirá visibilidade e uma incontestável prova de que há viabilidade de investimento visando aumentar a capacidade de resposta.

Concorrer pela distinção, sensação de pertença do processo e de fazer parte da transformação digital da empresa, e pelo prémio em dinheiro, levou a grande parte da comunidade participar de forma proativa e entusiasmada, considerando-se por isso um sucesso, reforçando a importância da equipa envolvida na construção das automações.

No seguimento deste capítulo, apresentam-se os principais resultados obtidos durante este processo de auscultação, organizados por temas emergentes, acompanhados de uma reflexão crítica sobre estes mesmos.

## 4.2 Guião da Entrevista

As entrevistas seguiram um guião semiestruturado, permitindo flexibilidade na exploração de temas relevantes e abertura na resposta aos mesmos. As perguntas principais foram quatro, de modo a manter a entrevista breve e objetiva, sendo as seguintes:

1. **Na sua experiência, de que forma a automação tem contribuído para a melhoria dos processos de manutenção preventiva?**

**Objetivo:** perceber perceções gerais sobre o impacto da automação.

2. **Já notou alguma redução de não conformidades desde a introdução de automações? Pode dar um exemplo?**

**Objetivo:** identificar impactos concretos e mensuráveis.

3. **Na sua opinião, de que forma a introdução de elementos gamificados pode potenciar o impacto das automações?**

**Objetivo:** explorar perceções sobre o papel motivacional da gamificação e o seu potencial para reforçar a eficácia da automação.

4. **Quais considera serem os principais desafios ou limitações na implementação de automações?**

**Objetivo:** captar obstáculos reais e pontos críticos.

Para além das questões apresentadas, foi também dada liberdade aos entrevistados para partilharem experiências adicionais ou opiniões relacionadas com a temática, promovendo assim uma abordagem impessoal e com maior abertura. A natureza do guião permitiu aprofundar aspetos específicos, ajustando a entrevista ao contexto e perfil de cada participante. As entrevistas foram conduzidas recorrendo à plataforma Microsoft Teams, que permite uma transcrição automática de reuniões, em diversas línguas. Desta forma, transformando automaticamente e com recurso a AI a conversa em texto, facilitamos o estudo e a documentação dos resultados.

As respostas recolhidas serão analisadas qualitativamente com o intuito de identificar padrões, desafios e boas práticas relacionadas com a aplicação da automação nos processos de

manutenção preventiva. Este processo visa contribuir para uma compreensão mais abrangente do impacto da automação na redução de não conformidades em ambientes industriais.

**Nota:** Todas as entrevistas foram conduzidas de forma ética, garantindo o anonimato e a confidencialidade dos participantes.

### 4.3 Resultados da Análise

A análise das entrevistas realizadas revelou um conjunto de impactos significativos associados à introdução da automação nos processos internos da organização. Na sua grande maioria positivos, impactos valorizados pelos intervenientes, e uma vontade evidente de potenciar a iniciativa para os multiplicar. Foram no entanto identificados também tópicos de alguma resistência, o que impede o pleno funcionamento ou total potencial de eficácia da solução.

Dividimos estes impactos em três tópicos principais: a melhoria de processos e redução de não conformidades, o incentivo dos colaboradores a participar na iniciativa e, por fim, as principais barreiras à implementação destas soluções. Contando com a colaboração dos quatro entrevistados, que partilharam a sua perceção e experiências com processos automatizados, no decurso deste estudo. Estes entrevistados assumem posições de chefia, tendo ao seu dispor equipas às quais foram atribuídos múltiplos processos. Isto permite que a opinião dos mesmos seja o mais abrangente possível, tornando o seu contributo valioso, holístico e crítico.

#### 4.3.1 Melhoria dos Processos

Um dos aspetos mais mencionados pelos participantes foi o facto de a automação ter impulsionado uma revisão cuidada dos processos existentes. Antes de se avançar com a implementação de soluções automáticas, foi necessário compreender detalhadamente cada tarefa, clarificando responsabilidades, documentando e formalizando procedimentos. Criando aquilo a que chamamos Product Design Document (PDD). Trabalho que por vezes não está feito, ou quando feito, tende a não ser atualizado. Esta etapa prévia revelou-se essencial para garantir não só a eficácia técnica das automatizações, mas também uma maior coerência e robustez nos métodos de trabalho. Segundo os participantes, é recorrente a existência de processos que apenas o colaborador interveniente conhece na íntegra, o que causa graves problemas na substituição durante férias ou aquando a saída desse colaborador.

A automação de alarmística foi também referida como uma melhoria relevante. A possibilidade de configurar alertas automáticos mais completos e em tempo útil permite aos colaboradores reagir de forma proativa a potenciais não conformidades. Esta capacidade de antecipação reforça a preparação das equipas, reduz o risco de falhas e contribui para um maior alinhamento com os requisitos de conformidade e qualidade internos e externos.

Outro benefício destacado várias vezes foi o reforço da auditabilidade. A automação tornou possível o registo claro e sequencial de todas as etapas de um processo, facilitando assim a verificação do seu cumprimento. Quer com a parametrização de valores que são inseridos no software, quer com a capacidade de automatizar capturas de ecrã. A capacidade de rastrear aprovações e decisões, especialmente em processos que requerem autorizações formais, veio resolver problemas antigos relacionados com a informalidade das aprovações por email. Práticas essas que, segundo os entrevistados, dificultavam a responsabilização e eram sentidas como impessoais. A partir da automação passa então a ser possível identificar com clareza

quem aprova, quando e em que condições o faz. Isto contribui para uma cultura de maior transparência e maior controlo. A automação, neste contexto, revelou-se um catalisador não apenas técnico, mas também organizacional. Ao exigir a decomposição rigorosa das tarefas, acabou por promover uma cultura de melhoria contínua e responsabilização. Um dos entrevistados afirmou que “pela primeira vez, tivemos de parar e perceber quem realmente fazia o quê e porquê” (**Participante B**), sublinhando o papel da automação como elemento de reflexão estrutural.

Estas observações corroboram a literatura recente sobre adoção de transformação digital, que aponta a necessidade de avaliar "cultura, processos, estrutura e recursos para melhor se preparar para a implementação de novas estratégias"(Rego et al. 2021).

### 4.3.2 Incentivo à Participação

Para além dos benefícios técnicos, emergiu da análise uma valorização clara das iniciativas que envolvem os colaboradores no processo de identificação de oportunidades de automação. Um exemplo destacado foi a realização de um concurso interno, promovido por um elemento da administração, que incentivava os colaboradores a submeter ideias de processos a automatizar, com a possibilidade de obterem uma recompensa monetária. Esta abordagem revelou-se altamente eficaz, não só pelo incentivo financeiro, mas sobretudo por criar espaço e tempo para a reflexão. Como apontado por um dos entrevistados, "as pessoas querem fazer, mas não param para pensar", sugerindo que, por vezes, a rotina e a pressão do dia-a-dia impedem a identificação de melhorias que seriam evidentes com uma pausa de análise. Ou ainda, por outro lado, ideias de robots que colaboradores já tinham tido, mas nunca tinham passado para a sugestão das mesmas, por falta de incentivo.

Ao existir um incentivo mais evidente, não só para a criação de automações mas também para sugestão de ideias para as mesmas, acabamos por potenciar a iniciativa. Os colaboradores proativamente acabam por pensar mais nas práticas enraizadas, questionando-as e sentindo-se valorizados enquanto o fazem. Recorrendo a elementos de gamificação, estudados e adaptados às core drives valorizadas neste ambiente, potenciamos portanto em grande significância o impacto das automações. Relativamente até a um ponto que mencionamos no tópico seguinte, o receio das mesmas.

Este tipo de envolvimento ativo revela-se particularmente relevante em organizações industriais, onde a proximidade com o terreno proporciona aos colaboradores uma visão privilegiada sobre constrangimentos operacionais. A criação de canais formais para recolha de sugestões permite, assim, a valorização desse mesmo conhecimento. Como indicado por um participante, “há muitos anos que sabíamos que aquele processo podia ser automatizado, mas nunca ninguém teve o incentivo ou a proatividade de sugerir a automação do mesmo” (Participante C). Através desses canais formais, adotar gamificação, como concursos, prémios ou distinções, surge como uma estratégia eficaz para fomentar esse tipo de participação. A experiência relatada pelos participantes sugere que esta abordagem se traduziu num empolgante e recorrente debate sobre o que pode ou não ser automatizado.

### 4.3.3 Barreiras Identificadas

Apesar dos aspetos positivos, a automação não é isenta de resistências. Algumas das barreiras mais referidas prenderam-se com o receio inicial por parte dos colaboradores de que estas tecnologias levassem à substituição de postos de trabalho ou a despedimentos. Esta percepção, ainda que infundada no contexto específico analisado, revela a importância de uma comunicação clara sobre os objetivos e benefícios da automação. A idade e falta de aptidão para tecnologia digital é também referida por um dos participantes como uma grande barreira.

Outra dificuldade identificada foi a escassez de tempo para avaliar e propor melhorias nos processos, uma limitação frequentemente associada à falta de sensibilização por parte das chefias intermédias. Sem uma gestão ativa que promova a transformação digital de forma estratégica, torna-se difícil libertar tempo das equipas para atividades de análise e proposta de soluções.

Por fim, foi igualmente mencionada a falta de conhecimento generalizado sobre o potencial das ferramentas de automação disponíveis. Esta limitação técnica e de sensibilização dificulta a identificação de processos passíveis de automação, reduzindo assim o impacto que estas soluções poderiam ter.

Alguns participantes referiram também que a ausência de um plano de formação estruturado contribuiu para a desconfiança e dificuldade de adoção. “Quando as pessoas não sabem como funciona, por vezes ignoram, por vezes têm medo ou não confiam.” (Participante A), afirmou um dos entrevistados, realçando a importância de uma abordagem pedagógica.

Assim, recomenda-se que a implementação de tecnologias RPA e gamificadas seja acompanhada por programas de capacitação contínua, sessões de esclarecimento e, idealmente, momentos de desenvolvimento em conjunto com as equipas funcionais.

## 4.4 Observações

Complementarmente às entrevistas, foi também feita de modo contínuo durante o decorrer do estudo a observação dos resultados qualitativos e quantitativos. No que toca a resultados quantitativos, estes eram aferidos numa regularidade diária, verificando os dashboards de PowerBI. Neles era transmitida uma clara tendência crescente nas horas poupadas, à medida que iam acumulando as execuções de robots, e a entrega de novas automações. Conforme se mostra abaixo na figura 4.3.

A maioria dos processos apresenta uma percentagem de erro diminuta, com exceções de processos complicados que, por vezes, requerem a consulta de portais externos às ferramentas da empresa. Nestes casos, o número de erros era, por vezes, superior a 30%, o que indica uma clara necessidade de reestruturação do processo e afinação de desenvolvimento. A vista global de todos os processos, conforme exposto na figura 4.1, reporta os resultados positivos mencionados. Observável era também o alargamento da equipa de desenvolvedores com o tempo, bem como o âmbito dos projetos que inicialmente se reduzia praticamente ao departamento financeiro e, mais tarde, se expandiu para muitos outros. Novamente representado na figura 4.3. O que indica um gradual aumento na adoção da solução, à medida que os seus resultados iam impactando cada vez mais departamentos e pessoas na organização.

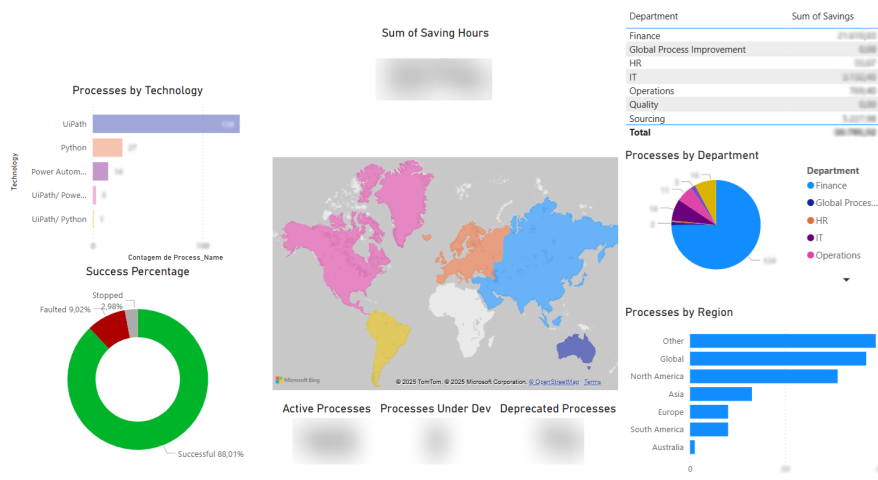


Figura 4.1: Painel geral de todos os processos

De um modo geral, os colaboradores demonstram um interesse maior em soluções digitais que substituam tarefas rotineiras e repetitivas, confiando na correta definição de parâmetros e nas boas práticas de desenvolvimento adotadas pelos desenvolvedores de automações. Numa ótica de apelar ao sentido de pertença e de conquista, é também exposto a cada desenvolvedor o seu painel de desempenho. A figura 4.2 mostra essa visualização, em que o utilizador tem acesso às métricas do seu desempenho, podendo consultar em tempo real os resultados do seu esforço e acompanhar a sua evolução.

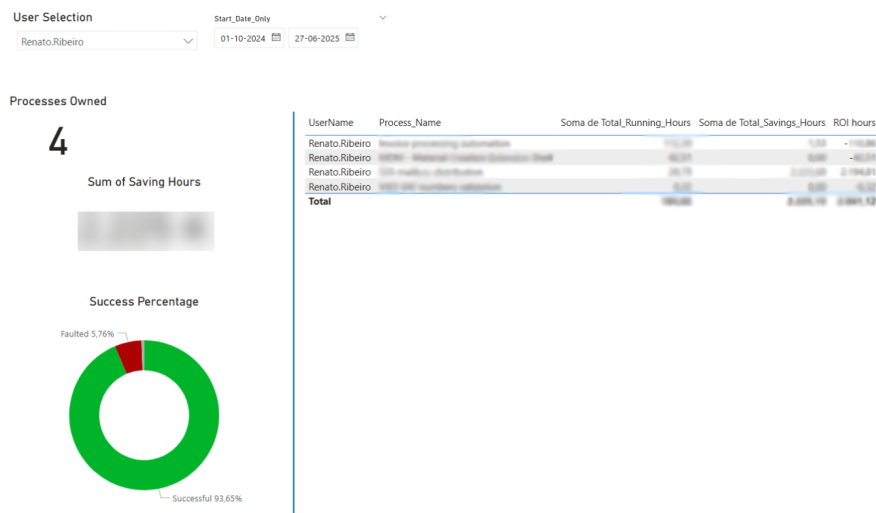


Figura 4.2: Painel individual com visão detalhada de progresso

O medo da substituição e da extinção de postos de trabalho começa também a ser desmistificado, à medida que diferentes equipas observam a rentabilidade adicional que é permitida quando se recorre a esta ferramenta. Algo também encorajado por medidas de incentivo que a gestão da empresa implementa, atribuindo distinção pessoal e prémios monetários a quem submeter mais e melhores ideias de novos projetos de automação. Ponto evidenciado também pelos entrevistados, e que tem um papel determinante na solução. Uma vez que a gerência seja convencida da viabilidade de iniciativas que apostam na automação e gamificação de processos, torna-se muito mais fácil transmitir segurança aos colaboradores e criar dinâmicas e programas que fomentem as mesmas.

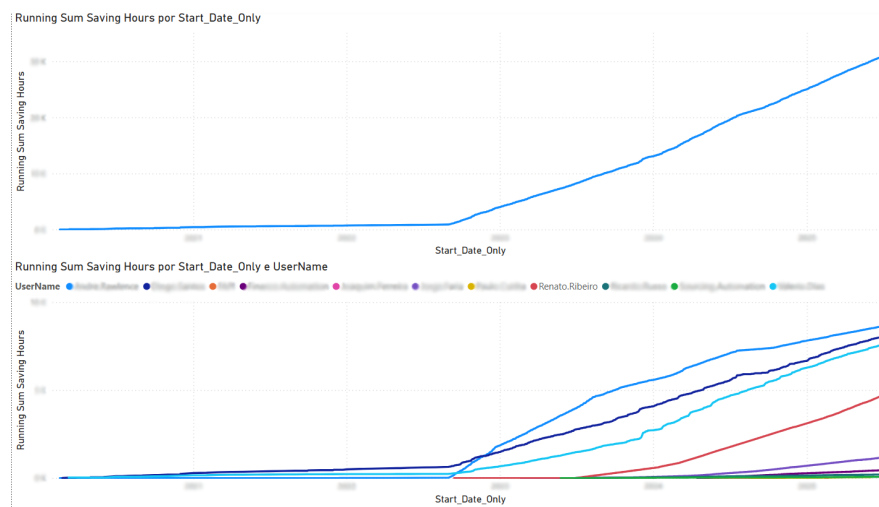


Figura 4.3: Horas acumuladas em função do tempo e comparação entre Desenvolvedores



## Capítulo 5

# Conclusões

### 5.1 Objetivo Principal

Dado o problema inicial da falta de motivação no desempenho de atividades de manutenção preventiva, aliada aos recorrentes desafios inerentes ao fator humano com que as tarefas são desempenhadas, torna-se evidente a necessidade de implementar melhorias na maneira como é gerida esta fulcral componente da indústria. O principal foco deste trabalho foi explorar uma abordagem que viesse inovar a redução de não conformidades identificadas em auditorias industriais, através de uma solução que combinasse elementos característicos de jogos e tecnologias de automação robótica de processos, num contexto de manutenção preventiva. Abordagens que incluíssem separadamente gamificação ou RPA existiam já na literatura revista, mas nenhuma menção foi encontrada de uma perspectiva que unisse ambas as aproximações.

### 5.2 Descrição da Solução, Avaliação e Limitações

A solução proposta passou por um modelo híbrido de automações desenvolvidas em Python e em UiPath, devidamente orquestradas, cujos metadados de execuções eram guardados em base de dados SQL e posteriormente reportados em PowerBI. O modelo de gamificação foi desenvolvido em função das core drives da framework Octalysis, após aferir quais os pilares que melhor demoviam a motivação dos colaboradores. Tal estudo foi feito recorrendo a um questionário, respondido por operacionais de diversos departamentos e funções. As automações tiveram um impacto positivo evidente, observável em tempo real no que toca a erros e horas de trabalho poupadas, tal como em auditorias no que toca, por exemplo, à auditabilidade e identificação de ações. A gamificação trouxe um efeito adjuvante, que acelerou a receção por parte da organização e incentivou largamente à adoção de soluções automatizadas. Aquando a avaliação de resultados, foi feita uma entrevista em que os participantes se mostraram satisfeitos com os resultados alcançados e ambiciosos com projeções futuras de melhorar e aumentar o âmbito da iniciativa. Nota-se ainda algum receio na adoção de determinadas tecnologias e avanços, fruto do desconhecimento e comodismo, mas que se mostram possivelmente ultrapassáveis com gamificação e formação adequadas.

Esta abordagem, foi em suma uma contribuição que completa a literatura já existente com uma abordagem mista ainda pouco explorada. Adotando uma solução que une gamificação e automação, a motivação humana e a tecnologia trabalham em conjunto, potenciando aquilo que é a Indústria 5.0. A importância de integrar o humano com os avanços digitais e tecnológicos é imperativa, tal como centrar o conceito da indústria no humano. Só assim poderemos efetuar a transição de saída da Indústria 4.0 e modernizar para a nova revolução

industrial.

É de assinalar que o presente estudo teve algumas limitações, como o facto de ser feito num contexto industrial específico. O contexto foi esse o da indústria química, em apenas uma entidade. Embora a empresa possua presença em diversos continentes e uma forte cultura global, o estudo foi conduzido apenas na planta fabril de Portugal. O estudo de diferentes ramos industriais e a recolha de uma amostra de nacionalidades diversificadas poderá mostrar-se bastante rica em detalhes que não são aqui refletidos. O tamanho da amostra é também uma limitação, foi estudado um número considerável de indivíduos, ainda que modesto. Existe também a limitação do tempo decorrido, tratou-se de um espaço de tempo reduzido que não permitiu averiguar na íntegra questões relacionadas com algumas auditorias que são realizadas em espaços de tempo de um ano ou mais. Ou mesmo o efeito da solução a médio e longo prazo. Ou seja, estamos a trabalhar com uma generalização limitada e conclusões que apenas o tempo poderá confirmar.

### 5.2.1 Resposta às questões de pesquisa

#### **Como pode a aplicação conjunta de gamificação e RPA reduzir as não conformidades detectadas durante auditorias?**

Aplicando de forma conjunta medidas gamificadas e RPA, demonstrámos ter elaborado uma ferramenta eficaz na redução de não conformidades ao termos proporcionado, de maneira paralela, rigor e mitigação do erro humano no cumprimento de tarefas e maior envolvimento por parte dos colaboradores responsáveis. Não obstante, a automação de processos repetitivos contribui para um aumento na consistência da execução de tarefas de manutenção preventiva, tendo uma evidente melhoria relativamente a uma traçabilidade garantida, rigor no cumprimento de prazos e conformidade na documentação. Estes aspetos são frequentemente alvos de avaliação em auditorias e estão identificados como causas-raiz de muitas não-conformidades. Por outro lado, a implementação de gamificação introduz uma componente motivacional que aumenta o compromisso dos colaboradores para com os seus processos, recorrendo a mecânicas de reconhecimento, progresso e desafio, visando inspirar atitudes proativas e focadas em qualidade e eficiência. A sinergia entre tecnologia e humano revelou-se fulcral para promover comportamentos alinhados com os objetivos de conformidade e melhoria contínua.

#### **Quais são os desafios e oportunidades na implementação de soluções de RPA gamificadas para a manutenção preventiva em diferentes sectores industriais?**

Os desafios identificados foram vários, sendo um dos principais a resistência à mudança. Protagonizada sobretudo por colaboradores menos aptos com tecnologias digitais ou menos recetivos a abordagens de incentivo no contexto profissional. A diversidade de sistemas, ferramentas e culturas organizacionais é também um desafio considerável. Exige uma abordagem personalizada do modelo de gamificação e requisitos específicos de cada setor industrial, o que envolve planeamento e flexibilidade. Algumas das oportunidades são, no entanto, igualmente significativas. Como a melhoria da eficiência operacional, níveis de motivação e envolvimento de equipas. Estes tópicos estão diretamente relacionados com a qualidade dos dados reportados, sendo que, quanto maior for a facilidade na monitorização dos dados e a tomada de decisões com base nos indicadores visuais dos mesmos, maiores serão as vantagens. Em setores onde a conformidade e a rastreabilidade assumem posições críticas, este tipo de abordagem oferece uma resposta moderna e alinhada com os princípios da Indústria 5.0. O humano mantém-se centrado, tendo a tecnologia ao seu serviço e não o

oposto. A reprodução deste modelo num contexto distinto poderá gerar valor acrescentado e promover a cultura de excelência na manutenção preventiva, diferenciando-se de abordagens não gamificadas pela sua capacidade de incentivo, aliciando o público menos familiarizado ou mais reticente com a tecnologia digital.

### **5.3 Trabalhos Futuros**

Na ótica de trabalhos futuros a desenvolver, será pertinente testar e avaliar esta abordagem em setores industriais distintos, culturas organizacionais e diferentes requisitos normativos. O recurso a uma amostra maior para questionar e personalizar o modelo de gamificação é também algo a ter em conta, bem como a possibilidade de incorporar inteligência artificial numa adaptação dinâmica e mais precisa do modelo. A eficácia e o impacto de tal sistema trarão certamente conclusões adicionais bastante valiosas.

Em suma, esta dissertação e o seu objetivo de, com uma abordagem inovadora, ajudar no refinamento da manutenção preventiva e da centralização da tecnologia no ser humano, esperam ter dado um contributo de valor à indústria. Espera-se que daqui surja inspiração para novas aplicações e investigações semelhantes que sejam orientadas a um futuro industrial mais colaborativo, motivante e alinhado com a segurança e sustentabilidade.



## Bibliografia

- .M, Kavitha (ago. de 2024). «Robotics and Automation in Industry 4.0». Em.
- Abdulaali, Aymen, Samir Saleh e Ahmed Metawee (jun. de 2024). «Applying Robotic Process Automation (RPA) in Sustainable Audit Quality: A Literature Review Survey». Em: isbn: 978-3-031-63716-2. doi: 10.1007/978-3-031-63717-9\_2.
- Arumugam, Senthil Kumar e Amit Tyagi (out. de 2023). «Gamification for Industry 5.0 at the Core of Society 5.0». Em: pp. 307–336. isbn: 9781668499191. doi: 10.4018/978-1-6684-9919-1.ch016.
- Becker, Manfred e Favour Olaoye (dez. de 2024). «HOW AUTOMATION, AI, AND DATA ANALYTICS ARE RESHAPING ADVISORY AUDIT PROCESSES AND IMPROVING EFFECTIVENESS». Em: *Applied Artificial Intelligence*.
- Beheshti Fakher, Hossein, Mustapha Nourelfath e Michel Gendreau (out. de 2017). «Integrating production, maintenance and quality: A multi-period multi-product profit-maximization model». Em: *Reliability Engineering System Safety* 170. doi: 10.1016/j.ress.2017.10.024.
- Boyde, Joshua (2014). *A Down-To-Earth Guide to SDLC Project Management: Getting Your System Development Life Cycle Project Successfully Across the Line Using PMBOK Adaptively*. 2ª ed. CreateSpace Independent Publishing Platform. isbn: 9781499619188.
- Bright, Athina e Stavros Ponis (mar. de 2021). «Introducing Gamification in the AR-Enhanced Order Picking Process: A Proposed Approach». Em: *Logistics* 5, p. 14. doi: 10.3390/logistics5010014.
- Dörner, Ralf et al., eds. (2 de set. de 2016). *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*. 1st. Springer. isbn: 978-3319406114.
- Dreimane, Santa (mar. de 2021). «GAMIFICATION BEFORE ITS DEFINITION -AN OVERVIEW OF ITS HISTORICAL DEVELOPMENT». Em: doi: 10.21125/inted.2021.1434.
- Ferreira-Oliveira, Ana et al. (mar. de 2017). «Gamification in the Workplace: A Systematic Literature Review». Em: pp. 283–292. isbn: 978-3-319-56540-8. doi: 10.1007/978-3-319-56541-5\_29.
- Foley, Bryony, Pedro Ferreira e Melanie Zimmer (abr. de 2020). «Towards gamification of the ramp-up process for Industry 4.0». Em.
- Haque, Shamima e Debadrita Panda (nov. de 2024). «Greening by enhancing self-efficacy: a viewpoint on employee-inclusive Octalysis framework». Em: *Development and Learning in Organizations: An International Journal*. doi: 10.1108/DLO-08-2024-0212.
- Janik Dostert, Romy Müller (jul. de 2020). «Motivational assistance system design for industrial production: from motivation theories to design strategies». Em: 23, p. 507535.
- Knop, Krzysztof (ago. de 2022). «Solving Critical Quality Problems by Detecting and Eliminating their Root Causes – Case-Study from The Automotive Industry». Em: pp. 181–188. doi: 10.21741/9781644902059-27.
- McConnell, Steve (2004). *Code Complete: A Practical Handbook of Software Construction*. 2ª ed. Microsoft Press. isbn: 0735619670.
- Noor Hasnan, Noor Zafira et al. (jul. de 2022). «Analysis of the most frequent nonconformance aspects related to Good Manufacturing Practices (GMP) among small and medium

- enterprises (SMEs) in the food industry and their main factors». Em: *Food Control* 141, pp. 1–11. doi: 10.1016/j.foodcont.2022.109205.
- Oke, Ayodeji et al. (ago. de 2023). «Leveraging gamification to enhance productivity and employee engagement in the Nigerian construction industry». Em: *Built Environment Project and Asset Management* 13. doi: 10.1108/BEPAM-04-2023-0064.
- Pandey, Shivam (jul. de 2024). «Industry5.0, An idea of smart human centric industrial revolution.» Em: *Artificial Intelligence* 1, pp. 4–11. doi: 10.5281/zenodo.12786395.
- Rego, Bruno et al. (nov. de 2021). «Digital Transformation and Strategic Management: a Systematic Review of the Literature». Em: *Journal of the Knowledge Economy* 13, pp. 1–28. doi: 10.1007/s13132-021-00853-3.
- Rudek, Radoslaw e Izabela Rudek (nov. de 2023). «Models and algorithms for the preventive maintenance optimization of railway vehicles». Em: *Expert Systems with Applications* 240, p. 122589.
- Saatchi, Seyed et al. (jun. de 2024). «Industry 4.0 Era: The Role of Robotic Process Automation in Internal Auditing Quality of Banking Sector in Jordan». Em: pp. 73–91. isbn: 978-3-031-56014-9. doi: 10.1007/978-3-031-56015-6\_6.
- Weber, Philip, Laura Grönewald e Thomas Ludwig (abr. de 2022). «Reflection on the Octalysis framework as a design and evaluation tool». Em.
- Zou, Weiyong et al. (mar. de 2024). «Research on the Impact of Gamification Marketing on the Expansion of the Pearl Industry Chain in Zhanjiang». Em: *Journal of Business and Marketing* 1, pp. 72–79. doi: 10.62517/jbm.202409211.