



---

# PROJETO LEONI - AUTO BALANCE PROCESS

---

## TECHNICAL REPORT

**Duarte Gonçalves Parente**  
**PG53791**

**Ivo Miguel Alves Ribeiro**  
**PG53886**

**Gonçalo Campos Pereira**  
**PG53834**

**José António Alves de Matos Moreira**  
**PG53963**

**Hugo dos Santos Martins**  
**A95125**

**Santiago Vicente Ferreira Fernandim Domingues**  
**PG54225**

29 de novembro de 2024



## ABSTRACT

O projeto inicial visava resolver um problema de otimização identificado pela **LEONI Portugal**, uma empresa de cablagem que "oferece soluções especiais para veículos *off-road*", através do desenvolvimento de uma aplicação que facilitasse a distribuição de tarefas nas linhas de montagem. Deste modo, pretendia-se elaborar um programa que tivesse a capacidade de balancear as tarefas dos funcionários durante a fase de montagem de cada cabo. Contudo, a ambição do projeto e o tempo limitado para realização do mesmo revelaram-se um problema, considerando a complexidade dos dados, a falta de conhecimentos especializados na área e a ausência de etapas preliminares essenciais para atingir o objetivo final.

Após uma avaliação da situação e várias reuniões com os representantes da **LEONI Portugal**, decidiu-se ajustar o âmbito do projeto, optando por uma abordagem incremental. O objetivo reformulado concentra-se no desenvolvimento de uma aplicação de *software* capaz de analisar imagens das tábuas de montagem da empresa para identificar e mapear a localização de todos os componentes dos cabos, incluindo coordenadas de forquilha e acessórios. A aplicação também deve permitir destacar visualmente percursos específicos de fios, conforme as definições de cada posto de trabalho, promovendo uma gestão eficiente das tarefas, assim como uma maior precisão na montagem.

**Keywords** *Otimização de processos · Distribuição de tarefas · Análise de imagens · Mapeamento de componentes*

## Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>4</b>
1.1	Contextualização . . . . .	4
1.2	Objetivos . . . . .	4
1.3	Metodologia . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Requisitos</b>	<b>5</b>
2.1	Levantamento . . . . .	5
2.2	Requisitos funcionais . . . . .	5
2.3	Requisitos não funcionais . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Restrições</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Fase de Desenvolvimento</b>	<b>6</b>
4.1	Descrição . . . . .	7
4.2	Implementação . . . . .	7
4.2.1	Modelos . . . . .	7
4.2.2	OCR . . . . .	8
4.2.3	Processamento de PDF . . . . .	9
4.2.4	DXF . . . . .	9
4.2.5	Visualização das deteções . . . . .	9
4.2.6	Coordenadas de perfuração . . . . .	10
4.2.7	Roteamento dos fios . . . . .	10
4.2.8	Resultados . . . . .	11
4.2.9	Limitações . . . . .	11
4.3	Modo de Funcionamento . . . . .	12
<b>5</b>	<b>Validação da Aplicação</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Modelo de Negócio</b>	<b>14</b>
6.1	Descrição . . . . .	15
6.2	Objetivo Principal . . . . .	15
6.3	Cientes Alvo . . . . .	15
6.4	Desafios dos Clientes . . . . .	15
6.5	A nossa Solução . . . . .	15
6.6	Valor . . . . .	16
6.7	Estrutura de Preços . . . . .	16
6.7.1	Planos Base . . . . .	16
6.7.2	Funcionalidades adicionais . . . . .	16
6.8	Mensagem de Valor . . . . .	16

6.9	Estratégia de Go-to-Market . . . . .	16
6.10	Investimento Necessário . . . . .	17
6.11	Oportunidade de Crescimento . . . . .	17
6.12	Generalização . . . . .	17
<b>7</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>	<b>17</b>

# 1 Introdução

## 1.1 Contextualização

A produção de cabos industriais é um processo que envolve a integração de múltiplos componentes e o trabalho coordenado de vários colaboradores distribuídos ao longo de linhas de montagem. Na **LEONI Portugal**, a otimização dos processos de montagem representa um fator crítico na melhoria da eficiência e na redução do tempo de produção. Neste contexto, a distribuição equilibrada das tarefas entre os trabalhadores é essencial para a maximização da produtividade.

O projeto inicial visava desenvolver uma solução que auxiliasse a empresa, automatizando os processos, a balancear as tarefas dos seus colaboradores ao longo das suas linhas de produção, facilitando a montagem de cabos complexos que exigem múltiplos operadores em sequência. Contudo, considerando o prazo limitado de dois meses e as dificuldades encontradas na integração com os dados reais e a documentação da empresa, a equipa, juntamente com os responsáveis da **LEONI Portugal**, reconheceu que o projeto inicial era demasiado ambicioso.

Após uma análise crítica do problema e uma discussão detalhada com a empresa, decidiu-se reformular o objetivo, dividindo o problema original em projetos menores e mais tangíveis que, combinados, permitiriam alcançar a solução desejada. Neste sentido, optou-se por focar o projeto numa das principais necessidades operacionais da **LEONI Portugal**: o mapeamento visual das tábuas de montagem. Este mapeamento é essencial uma vez que permite que os engenheiros da empresa se orientem não apenas pelos dados de componentes, mas também pelo *layout* visual, não documentado, dos cabos na tábua.

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo deste projeto é o desenvolvimento de uma aplicação capaz de processar e analisar imagens das tábuas de montagem utilizadas na produção de cabos, identificando e mapeando, com precisão, os diversos componentes presentes. A aplicação é projetada para atender às necessidades específicas da **LEONI Portugal**, garantindo maior eficiência e precisão nos processos de montagem.

Entre as funcionalidades principais da aplicação, destacam-se:

- **Identificação das Coordenadas:** Determinar as localizações exatas de elementos essenciais, como forquilhas e acessórios, permitindo uma organização precisa e visual das tábuas de montagem.
- **Mapeamento e Categorização:** Gerar um mapeamento detalhado dos componentes e classificá-los.
- **Destaque Visual:** Proporcionar a capacidade de destacar componentes ou percursos específicos, facilitando a adaptação às necessidades de cada posto de trabalho, aumentando a eficiência operacional.

Este projeto não é apenas uma solução pontual, mas um marco inicial de um plano estratégico mais amplo para a modernização das linhas de produção da **LEONI Portugal**. A longo prazo, espera-se que a aplicação permita à **LEONI Portugal** alcançar uma transformação digital mais profunda, promovendo avanços em áreas como gestão de dados e integração com sistemas industriais modernos. Assim, este projeto representa não apenas uma solução tecnológica, mas também um passo estratégico em direção à competitividade e sustentabilidade da empresa no setor de produção de cabos.

## 1.3 Metodologia

Devido aos desafios encontrados ao longo do projeto, a abordagem metodológica adotada foi orientada para a flexibilidade e adaptação. Optou-se sempre por dividir o trabalho em etapas iterativas, permitindo ajustar o âmbito à medida que novas informações e recursos se tornavam disponíveis.

O projeto seguiu uma abordagem iterativa baseada em metodologias ágeis, que oferecem maior adaptabilidade e foco em ciclos curtos de desenvolvimento e validação. Essa escolha foi motivada pela necessidade de integrar novas funcionalidades e ajustar as metas do projeto em resposta às limitações técnicas e temporais identificadas. A estrutura do trabalho foi organizada em fases distintas, incluindo o levantamento de requisitos, desenvolvimento de um modelo, implementação da aplicação e validação contínua, de forma a assegurar que as funcionalidades desenvolvidas atendiam aos requisitos definidos.

O ajuste de metas ao longo do desenvolvimento foi também possível devido a sessões semanais que foram realizadas com os responsáveis da **LEONI Portugal** para apresentar os resultados parciais e incorporar o *feedback* recebido diretamente no planeamento do *sprint* seguinte.

## 2 Requisitos

Neste capítulo, apresentam-se os requisitos identificados para a aplicação em desenvolvimento, divididos em categorias. Os requisitos funcionais descrevem as capacidades que o sistema deve fornecer para satisfazer as necessidades do utilizador, enquanto que os requisitos não funcionais abordam critérios de qualidade, como desempenho, usabilidade e compatibilidade.

### 2.1 Levantamento

O levantamento dos requisitos foi feito através de reuniões semanais com os integrantes da **LEONI Portugal** responsáveis pela gestão do projeto, assim como várias sessões do grupo de trabalho de forma a analisar aquilo que seria necessário. Esta etapa foi fundamental, uma vez que os requisitos estabelecem a base sobre a qual todo o projeto é construído, contribuindo não só para reduzir ambiguidades e subentendidos, mas também para permitir alinhar as expectativas dos utilizadores e garantir que o produto final esteja em conformidade com os objetivos previamente estabelecidos.

### 2.2 Requisitos funcionais

- O sistema deve ter a capacidade de carregar tábuas de montagem (ficheiros *PDF*)
- O sistema deve ter a capacidade de iniciar um processo de deteção de objetos
- O sistema deve ter a capacidade de identificar os elementos do ficheiro de *input*
- O sistema deve ter a capacidade de identificar as coordenadas dos elementos do ficheiro de *input*
- O sistema deve ter a capacidade de identificar os polos de cada fio (origem e destino)
- O sistema deve ter a capacidade de identificar e categorizar os revestimentos presentes nas cablagens
- O sistema deve ser capaz de identificar os elementos detetados com grau de confiança baixo para que o utilizador confirme, altere ou descarte a sugestão apresentada
- O sistema deve permitir eliminar, editar e adicionar a deteção de um objeto
- O sistema deve permitir fazer o *download* de um ficheiro com as informações dos elementos da tábua
- O sistema deve permitir visualizar um conjunto de fios específico e os seus respetivos percursos (*routing*)
- O sistema deve permitir a extração dos pontos de furação presentes nos componentes da tábua

### 2.3 Requisitos não funcionais

#### Usabilidade

- Um utilizador inexperiente tem de ser capaz de dominar as funcionalidades do sistema em menos de 10 minutos

#### Aparência

- A aplicação deve apresentar uma interface visualmente apelativa e interativa

#### Performance

- O sistema deve apresentar uma resposta em menos de 180 segundos
- A aplicação deve funcionar em computadores de gama baixa
- O sistema deve iniciar em menos de 20 segundos

#### Compatibilidade

- O sistema deve funcionar sem dependências externas complexas, como bases de dados ou servidores

#### Legal

- O sistema deve estar em conformidade com todas as leis e regulamentações aplicáveis

### 3 Restrições

Durante o desenvolvimento deste projeto, mostrou-se necessário considerar diversas restrições, tanto temporais como relacionadas à solução, que impactaram diretamente as decisões de design e implementação. Estas restrições encontram-se detalhadas da seguinte forma:

#### Restrições Temporais

- O produto final deverá ser concluído e entregue até ao dia **29 de novembro de 2024**

#### Restrições à solução

- A aplicação deverá ser instalada em máquinas da **LEONI Portugal** e executar no sistema operativo *Windows*
- A aplicação deverá ser capaz de funcionar eficientemente mesmo em computadores de desempenho limitado
- A aplicação necessitará de ser compatível com os processos e ferramentas já utilizados pela empresa, como os ficheiros *DXF* gerados pelo *software* de *CAD* utilizado pela mesma

### 4 Fase de Desenvolvimento

Nesta secção, explica-se, de forma detalhada, todo o desenvolvimento da aplicação, começando pelo modelo de domínio, que foi fundamental para definir as relações entre as diferentes entidades do sistema. O modelo de domínio foi construído com o objetivo de representar, de forma clara e concisa, os elementos essenciais da aplicação, como componentes das tábuas de montagem, fios, revestimentos e as respetivas coordenadas. Este mapeamento permitiu estabelecer as interdependências entre os dados e guiar o desenvolvimento de funcionalidades que garantissem uma análise eficiente e precisa.

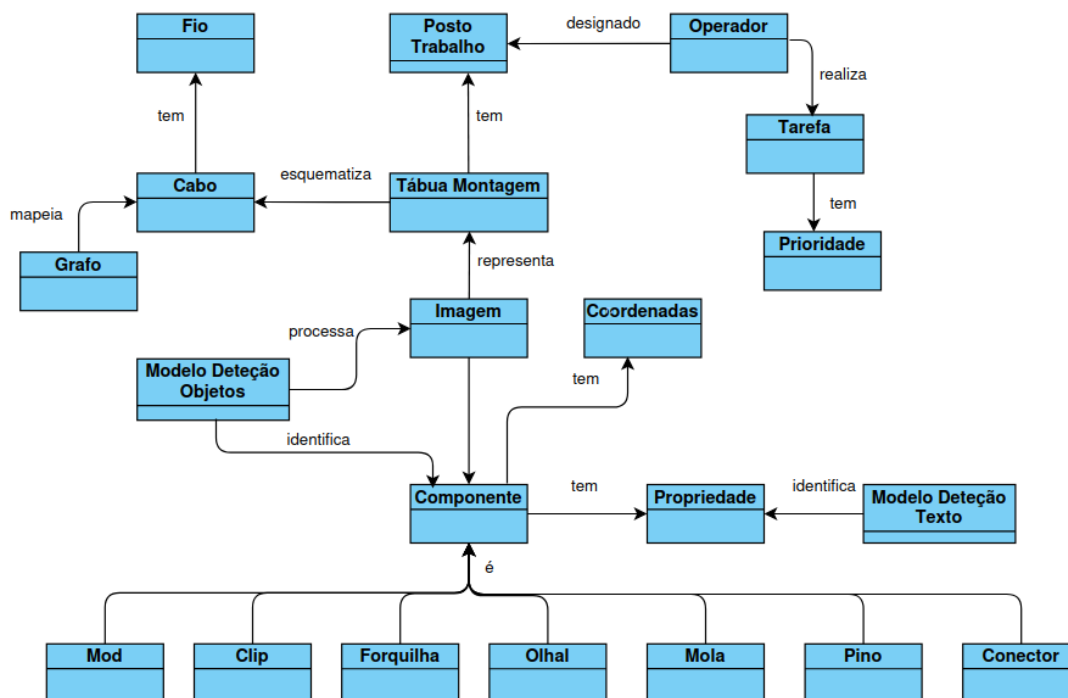


Figura 1: Modelo de Domínio

## 4.1 Descrição

Como já foi mencionado anteriormente, a aplicação foi concebida para atender às necessidades específicas da análise e manipulação de tábuas de montagem na produção de cabos. No entanto, neste capítulo, opta-se por descrever a aplicação de forma mais detalhada, com o objetivo de consolidar a sua estrutura e o seu funcionamento, proporcionando uma visão abrangente que contextualiza a secção seguinte, dedicada às instruções de utilização. Esta abordagem permite garantir que tanto os aspetos técnicos como as funcionalidades principais estão claramente apresentados antes de se entrar em pormenores sobre o seu uso prático.

A aplicação **Detectify** combina tecnologias de inteligência artificial com métodos tradicionais de integração de dados, oferecendo uma solução robusta e flexível para identificar, organizar e exportar informações relevantes sobre os componentes presentes nas tábuas. A aplicação inicia-se com a possibilidade de carregar ficheiros provenientes de duas fontes: imagens digitalizadas das tábuas ou ficheiros *DXF* exportados diretamente do software de *CAD* utilizado pela empresa. Após o processamento, a aplicação exhibe os resultados de forma interativa. A interface foi desenhada para ser intuitiva, permitindo ao utilizador visualizar os componentes detetados, ajustar manualmente os resultados, eliminar deteções de componentes ou adicionar novas quando necessário. Estas opções garantem que, mesmo em casos onde os modelos de deteção enfrentam limitações, como imagens de baixa qualidade ou objetos sobrepostos, o utilizador pode corrigir as informações facilmente. Por fim, a aplicação é capaz de exportar as respetivas deteções, não sendo assim necessário um novo processamento sobre o mesmo produto e permite, sobretudo, a exportação, visualização e identificação do posicionamento dos diferentes componentes, assim como o roteamento dos fios presentes.

## 4.2 Implementação

Desenvolveu-se a aplicação para oferecer flexibilidade na obtenção de informações das tábuas de montagem, permitindo a utilização de duas fontes distintas de dados. Inicialmente, devido à indisponibilidade de outras alternativas durante grande parte do período de desenvolvimento, a única solução viável passou por recorrer a modelos de **Inteligência Artificial** para identificar os diferentes componentes nas imagens das tábuas. Estes modelos, treinados com dados específicos, foram projetados para analisar imagens e detetar os diferentes componentes nelas presentes. Embora com um elevado grau de eficácia, esta abordagem apresenta limitações em situações de sobreposição de objetos ou baixa qualidade de imagem e no tempo necessário para a execução dos modelos. No entanto, numa etapa mais avançada do projeto, e em colaboração com os responsáveis pelo desenho na empresa, descobriu-se que o *software* de *CAD* utilizado para criar as tábuas de montagem oferece a possibilidade de exportar as informações diretamente num ficheiro de formato *DXF*. Este formato, amplamente utilizado na indústria, permite armazenar dados vetoriais detalhados, representando com precisão todos os elementos presentes na tábua. Apesar de o grupo não ter experiência prévia com este tipo de ficheiro, investiu as últimas duas semanas a investigar e compreender o seu funcionamento. Como resultado, foi possível integrar esta nova funcionalidade na aplicação.

Atualmente, a aplicação oferece duas opções para obter os dados necessários. A primeira utiliza os modelos de Inteligência Artificial, ideal em situações onde o ficheiro *DXF* não está disponível, como no caso de tábuas mais antigas armazenadas apenas em formato *PDF* ou ficheiros incompletos. A segunda opção é a importação direta do ficheiro *DXF*, que apresenta vantagens significativas, como uma taxa de precisão esperada de 100%. Por ser uma exportação direta do *CAD*, o *DXF* elimina os problemas associados à sobreposição de objetos ou à qualidade da imagem, fornecendo informações detalhadas e confiáveis. Esta flexibilidade garante que a aplicação seja eficaz em diversos cenários, adaptando-se às necessidades e limitações dos dados disponíveis.

### 4.2.1 Modelos

Relativamente aos modelos de *Machine Learning* utilizados para deteção de componentes representados na primeira versão *PDF* dada como *input* do programa, o grupo optou por utilizar dois modelos diferentes, um com o objetivo de detetar as imagens relativas a cada um dos componentes e outro com o objetivo de captar o texto associado a essas mesmas imagens.

No que toca ao modelo de deteção de imagens, a primeira abordagem passou pela utilização de um modelo de *feature extraction*. Este é um processo que envolve a identificação e extração de características ou padrões relevantes num conjunto de dados, características essas que contribuem posteriormente para o desenvolvimento de um *dataset* com mais qualidade, facilitando o processo de aprendizagem do modelo. Porém, o grupo não conseguiu chegar aos resultados desejados, pelo que alterou a abordagem.

De modo a obter melhores resultados, decidiu-se optar por utilizar *template matching*. Tal como o próprio nome indica, esta é uma técnica de processamento de imagem que consiste em encontrar partes de uma imagem que

correspondam a um padrão (*template*). Esta estratégia apresentou algumas limitações, mais concretamente ao nível da orientação dos objetos que eram pretendidos, pelo que também foi descartada.

Finalmente, e após analisar várias propostas e técnicas já existentes, o grupo seguiu uma abordagem de *Object Detection*. Para implementar estas técnicas, optou-se por usar o modelo *Ultralytics YOLO11*, a versão mais recente do aclamado modelo de deteção de objetos e segmentação de imagens em tempo real. A principal característica desta família de modelos é a capacidade de identificar múltiplos objetos numa dada imagem e prever simultaneamente as suas localizações e as classes a que pertencem, tudo numa única passagem pela rede neuronal, indo ao encontro do que o grupo desejava. Esta versão em concreto revela avanços de ponta em aprendizagem profunda e visão computacional, oferecendo um desempenho sem paralelo em termos de velocidade e precisão. Para o nosso caso de uso, foi treinado um modelo *YOLOv11m* com um *dataset* de cerca de 3000 imagens, sobre o qual iremos destacar algumas propriedades abaixo. Assim como referido pela documentação dos criadores do modelo presente em <https://docs.ultralytics.com/models/>, é possível observar graficamente o *tradeoff* de confiança e tempo necessário para a execução do modelo. Porém, mesmo assim, o grupo fez os próprios testes, testes esses que revelaram um ganho significativo de confiança nas deteções para a versão *YOLOv11m*, apesar de tempos de execução três vezes superiores à versão *YOLOv11s*. Nesta fase, e em reunião com os elementos da empresa, ficou definido que a versão ideal seria a *YOLOv11m*, pois, apesar de ser necessário mais tempo de processamento, o tempo poupado com menor número de edições aos resultados obtidos revelava-se mais vantajoso. Assim, não era necessário o utilizador despendar tanto tempo a editar os resultados obtidos pelos modelos, uma vez que a execução dos mesmos não implica a presença de um utilizador.

Relativamente ao modelo de deteção de texto, foi também escolhida a utilização de um modelo da família *Ultralytics YOLO11*, mas, para este caso, a versão *YOLOv11s*. A opção de utilizar um modelo deve-se ao facto de ser necessário obter o texto associado a dois componentes em específico, as forquilha e os olhais. Estes componentes usados nas tábuas de produção servem para auxiliar no posicionamento de outros componentes na tábua de montagem, porém oferecem características distintas correspondentes à sua identificação. Uma vez que, como imagens, se apresentam muito semelhantes, tanto todas as forquilha, como todos os olhais, e apenas apresentam um código que os identifica e distingue, nasceu como objetivo obter esse mesmo código mencionado. Apesar de parecer uma tarefa simples, obter esta identificação torna-se uma tarefa mais difícil quando, em grande parte dos casos, não está escrita horizontalmente e, muitas vezes, encontra-se sobreposta. Apesar de ser necessário usar um modelo de reconhecimento de imagens de modo a identificar esses códigos, os resultados obtidos pelo grupo revelam que não há necessidade da utilização da versão *YOLOv11m* para este caso de uso, uma vez que os valores de confiança com a versão *YOLOv11s* já são consideráveis, proporcionando uma melhor eficiência em custos de processamento.

#### 4.2.1.1 Dataset

Atualmente, existem milhões de *datasets* disponíveis *online*, abrangendo uma vasta gama de áreas. Contudo, quando se trata de desenvolver um modelo de deteção de objetos, encontrar um *dataset* que atenda perfeitamente às necessidades específicas do projeto é uma tarefa extremamente difícil. A complexidade aumenta quando se considera o contexto particular da **LEONI Portugal** e as especificidades das tábuas de montagem que precisamos de analisar. Embora existam *datasets* para tarefas genéricas de deteção de objetos, nenhum deles contém imagens ou informações diretamente relacionadas aos componentes de cablagem utilizados pela **LEONI Portugal**, bem como as suas particularidades em termos de *layout* e montagem. Assim, uma procura por *datasets* que atendam a esses requisitos específicos revelou-se impossível.

Dessa forma, mostrou-se necessária a criação de *datasets* próprios, personalizados e adaptados ao âmbito do projeto. Para a realização deste processo, o grupo começou por desenvolver um algoritmo que divide uma imagem de um cabo em múltiplos fragmentos. Desta forma, conseguiu-se obter várias imagens que contêm diferentes componentes. De seguida, estes fragmentos foram carregados para o *Roboflow*, uma ferramenta que permite fazer anotações em imagens. Foram então criadas as classes de objetos que se pretendia que fossem alvos de deteção, prosseguindo-se, assim, à respetiva anotação das imagens.

De modo a obter o melhor resultado possível com os modelos de Inteligência Artificial, após cerca de 20000 deteções diferentes na plataforma *Roboflow*, foram originados dois *datasets*, um para ser utilizado com o modelo de deteção de objetos, contando com mais de 2800 imagens anotadas, e um segundo *dataset* com mais de 800 imagens anotadas, utilizado para a deteção de texto associado aos componentes em cima especificados.

#### 4.2.2 OCR

Para além dos modelos, tirou-se partido do *EasyOCR*, um módulo de reconhecimento ótico de caracteres (*OCR*) em linguagem *Python*, que é flexível e fácil de usar. Este tipo de tecnologia é amplamente reconhecido e utilizado



no campo do reconhecimento de imagens, devido à sua capacidade de converter texto presente em imagens em texto editável de forma eficiente e precisa. A escolha por este modelo deve-se ao facto de se alinhar perfeitamente com os objetivos do projeto, oferecendo uma solução robusta para a deteção e extração de texto em diversos contextos visuais. Por estas razões, e como os textos dos componentes, para além dos dois casos acima descritos, estão posicionados horizontalmente e, normalmente, não são alvos de sobreposição, esta técnica mostrou-se a melhor opção para atender às nossas necessidades.

Contudo, em alguns casos onde foi observada alguma sobreposição de elementos sobre o texto, tirou-se partido de expressões regulares de modo a obter o conteúdo dos mesmos, com um grau de confiança o mais elevado possível.

#### 4.2.3 Processamento de PDF

Num fluxo de interação com a aplicação em que as deteções são obtidas através dos modelos de IA, torna-se necessário um procedimento adicional, que se segue à validação da totalidade das deteções. Na segunda versão da tábua de deteção recebida como *input* são incluídos, de forma exclusiva, novos componentes a serem identificados, como *splices* e conectores, juntamente com os respetivos fios associados.

Primeiramente, o modelo de deteção de objetos deve identificar as novas setas, presentes na tábua, que aparecem associadas às *splices*. No entanto, uma vez que a partir do resultado da deteção de uma seta apenas foi possível a extração da coordenada da ponta da mesma, foi necessário recorrer a um mapeamento vetorial para a associação à respetiva caixa da *splice*. Este algoritmo baseou-se na análise geométrica, considerando a direção da seta em relação às caixas de deteção do componente mais próximo, procurando garantir uma correspondência exata entre as setas detetadas e as *splices* a que estão associadas.

Numa segunda fase, mostrou-se necessário recorrer à extração do texto contido no *PDF* da mesma versão de forma a possibilitar a correta identificação de IDs relativos a *splices* e fios. A partir do mapeamento de cada fio ao respetivo componente mais próximo, mostrou-se também possível agrupar um conjunto final de fios, em representação de um conector.

#### 4.2.4 DXF

O principal objetivo da implementação do processamento de um ficheiro no formato *DXF*, amplamente utilizado em aplicações de *CAD*, reside na elevada eficácia e precisão alcançadas na extração das informações relativas à tábua de montagem.

Dessa forma, a solução encontra-se estruturada em dois módulos principais, responsáveis pela leitura e pelo processamento das informações extraídas do ficheiro *DXF*. O primeiro módulo, dedicado à leitura do ficheiro, tem como principal objetivo a interpretação de uma sintaxe complexa e de difícil compreensão para um qualquer observador humano, organizando-a numa estrutura unificada, de fácil interpretação, manipulação e acesso. Para tal, os dados foram organizados por blocos, procedendo-se à extração dos atributos relevantes de cada entidade, tais como a sua camada, as coordenadas de inserção, o texto associado (se aplicável), a cor e a geometria correspondente.

O segundo módulo diz respeito a um interpretador, responsável pela transformação dos dados recolhidos em informações estruturadas acerca dos componentes da tábua de montagem. Entre as principais funcionalidades implementadas neste interpretador, destacam-se:

- Determinação dos limites de cada elemento a ser identificado na tábua, facilitando a sua visualização e classificação. Este processo inclui a aplicação de transformações como translações e rotações, garantindo a correta inserção dos elementos nas coordenadas correspondentes.
- Identificação de elementos simples, como tubos e *splices*, acompanhados por setas que representam o ponto de ligação no cabo, incluindo a associação de fios às *splices* correspondentes.
- Mapeamento de conectores, identificando os seus fios associados e relacionando-os com os componentes representados. Esta associação pode ser feita através do auxílio de setas ou, na ausência destas, por um mapeamento baseado na proximidade dos elementos.
- Associação de etiquetas aos respetivos conectores, utilizando de igual forma o critério de mapeamento baseado na proximidade. Esta funcionalidade procura assegurar a correta identificação e organização dos conectores na tábua.

#### 4.2.5 Visualização das deteções

Independentemente da opção escolhida pelo utilizador para obter as deteções dos componentes acima descritos (modelos AI ou *DXF*), e de modo a seguir uma ordem cronológica do fluxo de uso da aplicação, o utilizador é

redirecionado para uma fase de visualização dessas mesmas detecções. Nesta fase, implementou-se uma interface gráfica que permite ao utilizador realizar uma série de operações, como adicionar, remover ou editar uma detecção, visualizar as características associadas a uma detecção identificada e, para o caso de existirem sugestões dos modelos, visualizar e validar ou rejeitar essa sugestão. Tudo isso permite garantir que a totalidade das detecções está identificada.

Esta interface apresenta as imagens relativas aos dois ficheiros *PDF* dados como *input* do programa, com as correspondentes detecções apresentadas sobre os componentes desenhados nas imagens. Abaixo dessas imagens, é apresentada ao utilizador uma *toolbox* que permite que o mesmo possa obter a informação associada a cada detecção com um clique sobre a mesma, adicionar uma nova detecção, adicionar uma associação, descrita mais à frente, para além de poder mudar de imagem a visualizar. Do lado direito destas imagens é apresentado um conjunto de tabelas que permite aceder à informação como o número total de detecções para cada classe. No caso de existirem sugestões dadas pelos modelos, é também apresentada uma tabela com uma lista de detecções indicando a classe e a confiança da mesma, que, quando clicada, proporciona um *highlight* da mesma na interface gráfica, permitindo ao utilizador validar ou rejeitar essa sugestão.

#### 4.2.6 Coordenadas de perfuração

A extração precisa das coordenadas de perfuração dos componentes apresenta uma enorme relevância no âmbito deste projeto. No desenvolvimento desta aplicação, implementaram-se métodos específicos para identificar e calcular as coordenadas de perfuração com base no tipo de componente. Essas abordagens foram adaptadas em concordância com as particularidades de cada elemento, considerando tanto as suas características geométricas quanto os requisitos técnicos do processo de montagem.

Em relação aos componentes com um ponto de perfuração único, como as forquilhas e os guias de montagem, a extração das coordenadas demonstrou-se um processo simples e eficiente. A identificação foi realizada com base no cálculo do ponto central dos limites do componente, que coincide diretamente com as coordenadas utilizadas para a sua inserção na tábua. Por outro lado, nos componentes que apresentam múltiplos pontos de perfuração, designados como módulos e identificados pela nomenclatura MODBI ou MOD, foi adotada uma abordagem mais complexa, envolvendo um método baseado no cálculo do centro de círculos com um raio previamente estipulado e padronizado. Tal como todas as estratégias implementadas, esta abordagem foi devidamente analisada e aprovada pelos responsáveis pelo projeto da **LEONI Portugal**.

Na aplicação desenvolvida, e num formato semelhante aos restantes componentes detetados, é possível visualizar todas as coordenadas de perfuração detetadas e efetuar a respetiva exportação das mesmas num formato estruturado e de fácil acesso e consulta, nomeadamente através de um ficheiro *JSON*.

#### 4.2.7 Roteamento dos fios

De forma a satisfazer um dos requisitos propostos para este projeto, nomeadamente a funcionalidade relativa à identificação e à visualização dos percursos realizados pelos fios que compõem um determinado cabo, surgiu a necessidade de representação da tábua de montagem através de um grafo não orientado.

Independentemente do contexto aplicacional utilizado relativamente à detecção dos componentes da tábua, a representação e a construção do respetivo grafo não apresentam qualquer tipo de variação. Os nós do grafo representam diretamente os componentes detetados, como forquilhas, conectores e *splices*, sendo definidos com base na posição e nos limites associados a cada elemento identificado. Através da identificação de componentes previamente realizada num fluxo de execução da aplicação, é também possível estender essa identificação aos nós folha do grafo, tornando possível o estabelecimento da associação entre a localização dos fios e o respetivo nó do grafo. Esta característica revela-se fundamental para uma eventual construção do seu percurso, dada a garantia que o mesmo é sempre efetuado pelo caminho mais curto.

Relativamente às arestas do grafo, estas servem como as representações das ligações físicas entre os componentes. A estratégia implementada para a sua identificação e subsequente mapeamento baseou-se na extração das linhas vermelhas presentes no ficheiro *PDF* relativo à tábua, uma vez que são estas a representação visual das ligações presentes. Após a extração, foi aplicado um algoritmo de detecção de contornos às linhas identificadas. De forma a traduzir esses contornos em arestas de ligação, realizou-se a análise dos pontos de interseção entre os contornos extraídos e as caixas de detecção dos componentes.

No contexto da aplicação, após a construção do grafo, é disponibilizada uma funcionalidade de visualização completa do roteamento dos fios presentes na tábua de montagem. Para facilitar a interação e a interpretação do grafo, implementou-se uma tabela que lista todos os fios representados pelos seus respetivos IDs, bem como os nodos de origem e destino de cada fio. A tabela permite ao utilizador selecionar qualquer ID, destacando automaticamente o fio

correspondente no grafo. Este destaque visual facilita a identificação e a análise das conexões individuais. Além disso, a aplicação suporta o destaque simultâneo de múltiplos fios, conferindo maior flexibilidade na análise e comparação de percursos específicos.

Adicionalmente, a aplicação permite capturar e guardar imagens do grafo em qualquer estado configurado pelo utilizador. Esta funcionalidade possibilita, por exemplo, selecionar quaisquer fios de interesse, destacá-los e gerar uma imagem com esses elementos específicos, tornando o sistema uma ferramenta útil para uma análise técnica e documentada.

#### 4.2.8 Resultados

Os resultados obtidos mostram que a aplicação **Detectify** cumpre com sucesso os objetivos propostos, oferecendo uma solução eficiente e flexível para o setor de montagem de cabos. A combinação de modelos de IA e integração de ficheiros *DXF* garante precisão e robustez, enquanto que a interface intuitiva facilita o uso prático, permitindo adaptações e correções rápidas. Os testes realizados validam a eficácia das abordagens implementadas, posicionando a aplicação como uma ferramenta estratégica na otimização de processos produtivos.

Além disso, a flexibilidade da aplicação em lidar com diferentes fontes de dados — desde ficheiros em formato *PDF* até ficheiros vetoriais no formato *DXF* — assegura a sua aplicabilidade em diferentes cenários, abrangendo tanto equipamentos mais antigos quanto novos processos altamente informatizados. A capacidade de personalização, aliada às ferramentas de edição e validação das deteções, permite que mesmo os utilizadores menos experientes consigam realizar ajustes com facilidade. Essa adaptabilidade reforça o papel da aplicação como uma solução que não apenas melhora a precisão dos processos, mas também reduz significativamente o tempo gasto em tarefas repetitivas. Outro ponto de destaque é a integração de tecnologias de ponta, como os modelos de *Machine Learning* da família **YOLO** e o módulo *EasyOCR*, que oferecem alto desempenho na deteção de objetos e textos, mesmo em cenários desafiadores, como em casos de sobreposição de elementos ou baixa qualidade de imagem. A escolha criteriosa dos modelos, aliada à elaboração de *datasets* personalizados, foi fundamental para alcançar esses resultados.

Do ponto de vista operacional, a funcionalidade de exportação de resultados, incluindo a identificação dos componentes e o roteamento dos fios, representa uma inovação significativa. Essa funcionalidade permite ao utilizador exportar os resultados em diferentes formatos, como *JSON* ou imagem, garantindo flexibilidade ao selecionar apenas as informações desejadas. O utilizador pode optar por exportar apenas os componentes específicos da tábua de montagem que são relevantes para o seu propósito. Além disso, a aplicação oferece a possibilidade de gerar um ficheiro dedicado que detalha exclusivamente as perfurações associadas aos componentes da tábua, proporcionando maior precisão e organização nos processos subsequentes.

A utilização do formato *DXF* para importar os dados assegura uma interoperabilidade perfeita com ferramentas de *CAD*, garantindo que os detalhes dos componentes e o posicionamento dos fios sejam preservados sem perdas de informação.

Por fim, a aplicação **Detectify** estabelece um novo padrão para soluções de apoio à produção de cabos, combinando inovação tecnológica, facilidade de uso e alta eficiência. O impacto vai além da automatização, abrangendo também a sustentabilidade e a economia de recursos, ao reduzir desperdícios e otimizar processos. Os resultados obtidos reforçam a relevância desta solução no contexto da Indústria, destacando-se como uma ferramenta essencial para empresas que procuram modernizar as suas operações e alcançar uma maior competitividade no mercado.

#### 4.2.9 Limitações

Durante o desenvolvimento do projeto, o grupo enfrentou diversas dificuldades, muitas delas previsíveis devido à complexidade de algumas tábuas abordadas. Este capítulo explora as principais limitações encontradas no projeto e descreve as estratégias adotadas para superá-las. Além disso, são apresentadas as restrições ainda presentes na aplicação, destacando os desafios técnicos e operacionais que poderão ser abordados em trabalhos futuros.

Uma das primeiras dificuldades enfrentadas pelo grupo relaciona-se com a eficiência do modelo de deteção de objetos. Conforme mencionado anteriormente, o *dataset* utilizado foi criado internamente pelo grupo. Embora o tamanho do *dataset* tenha sido considerado satisfatório para os objetivos iniciais, é evidente que um volume maior de dados poderia ter melhorado significativamente o desempenho do modelo. No entanto, devido às limitações de tempo impostas pelos prazos do projeto, não foi possível expandi-lo além do que foi alcançado. Além disso, as imagens dos cabos construídos pela **LEONI Portugal**, que são processadas pela aplicação, apresentam uma grande variação em termos de complexidade. Essa diversidade dificulta o desenvolvimento de um modelo com uma taxa de acerto de 100%. Para mitigar esse desafio, a aplicação inclui uma funcionalidade que permite aos utilizadores modificar as deteções

realizadas pelo modelo, possibilitando a correção manual de eventuais falhas, como objetos não detetados, existindo também a opção de importar um ficheiro *DXF*.

Outra limitação identificada está relacionada com a eficiência das deteções no contexto dos ficheiros *DXF*. A falta de padronização no design das tábuas torna impossível estabelecer uma relação completa e precisa entre todos os elementos representados. Para mitigar esse problema, o grupo implementou uma estratégia baseada na proximidade de determinados componentes, de forma a estabelecer a sua associação. Embora essa abordagem reduza significativamente os erros, não garante uma precisão de 100%, especialmente em casos onde a disposição dos elementos é ambígua ou irregular. A solução para este desafio foi discutida em reuniões com os representantes da **LEONI Portugal** e envolve a uniformização do design das tábuas. Essa padronização permite uma correspondência mais consistente entre os elementos, eliminando muitas das incertezas geradas pela ausência de um *layout* unificado. A implementação dessa solução, apesar de depender de mudanças no processo de desenho da empresa, representa um passo essencial para melhorar a precisão e a eficiência da aplicação.

Outro aspeto que, embora não constitua um problema crítico, pode ser considerado inconveniente é o tempo necessário para o modelo processar uma imagem nova pela primeira vez. Este atraso inicial está diretamente relacionado com a complexidade e o tamanho da imagem a ser anotada, bem como com o tempo necessário para o modelo carregar e executar as suas operações de deteção. Em situações onde as imagens apresentem um grande número de componentes ou sobreposições, o processamento pode ser mais demorado, o que pode impactar na fluidez do fluxo de trabalho. Para mitigar este problema e melhorar a experiência do utilizador, o grupo desenvolveu um sistema de *cache*. Este sistema armazena os resultados das deteções em ficheiros específicos após a primeira execução. Assim, quando a mesma imagem é reutilizada, o sistema recupera as anotações diretamente da *cache*, eliminando a necessidade de realizar novamente o processamento completo. Além disso, esta funcionalidade é especialmente útil em contextos onde é necessário trabalhar repetidamente com o mesmo conjunto de imagens, como revisões ou ajustes nas anotações. Ao introduzir este sistema, a aplicação demonstra um compromisso com a eficiência e a usabilidade, fatores essenciais para a adoção em ambientes de produção, como os da **LEONI Portugal**.

### 4.3 Modo de Funcionamento

A aplicação foi desenhada para ser intuitiva e flexível, de modo a atender às diferentes necessidades dos utilizadores. Ao iniciar a aplicação, o utilizador pode optar por carregar dois ficheiros no formato *PDF* correspondentes à mesma tábua de produção ou, se for uma tábua já trabalhada na aplicação, pode sempre aceder ao botão "*Open Recent*" no menu "*File*", que contém uma lista dos produtos em *cache* na aplicação, permitindo um acesso instantâneo à informação a ele relativa, passando diretamente à fase de visualização das deteções.

No caso do utilizador carregar novos ficheiros, pode optar por executar os modelos de Inteligência Artificial diretamente nas imagens através de um simples clique no botão "*Run AI Models*". Esta operação processa as imagens, detetando e anotando automaticamente os componentes presentes. Para além deste método, o utilizador pode optar por importar ficheiros do tipo *DXF* ou *JSON* de modo a obter a informação relativa às deteções presentes na tábua em questão. O formato *DXF* permite que a informação relativa à tábua implementada numa aplicação *CAD* seja lida pelo nosso programa e transformada em deteções da totalidade dos componentes da tábua. Por outro lado, o formato *JSON* é relativo a *outputs* da nossa própria aplicação que podem ser guardados para futuro uso.

Para o principal caso de uso da nossa aplicação, a **LEONI Portugal**, o modo de carregar dois ficheiros *PDF* é útil visto que os modelos de Inteligência Artificial a eles destinados têm em conta um *dataset* detalhado para componentes mais comuns à totalidade da informação da empresa. Deste modo, possibilitamos altos valores de confiança para este caso de uso. Porém, para tal, é necessária a introdução de dois *PDFs* que representam diferentes versões da mesma tábua, sendo uma versão mais leve apenas com os componentes mais comuns, e outra com a totalidade dos componentes, a qual é processada mais tarde.

No entanto, é mais vantajoso para os utilizadores da empresa que sejam usados os ficheiros *DXF* associados às tábuas de produção, uma vez que o tempo de execução da leitura deste tipo de ficheiros, de modo a retirar as deteções dos componentes, é significativamente menor do que o de executar os modelos de Inteligência Artificial.

Após selecionar a opção de execução de deteção dos componentes, o utilizador é direcionado para a fase de visualização dessas mesmas deteções. As imagens anotadas são exibidas juntamente com uma barra lateral detalhada, que lista a quantidade de deteções para cada classe definida.

Caso tenham sido executados os modelos de Inteligência Artificial, é ainda exibida, na barra lateral, uma tabela com sugestões de deteções dadas por esses mesmos modelos. Estas sugestões são deteções de componentes com grau de confiança abaixo do limite de confiança por nós definido como ótimo, que se revelam na sua maioria corretas. Deste modo, de forma a agilizar o fluxo de trabalho na nossa aplicação, decidiu-se que se torna mais rentável ao utilizador

adicionar estas mesmas sugestões quando corretas, o que corresponde a dois cliques, do que ter de iterar por todas as deteções exibidas na imagem verificando e eliminando os casos de falsos positivos.

Independente do método utilizado para gerar as anotações, o utilizador dispõe de completa liberdade para manipular os resultados. É possível ajustar as deteções automaticamente geradas, eliminá-las ou até mesmo adicionar novas deteções manualmente. Esta flexibilidade garante que o utilizador possa corrigir eventuais imprecisões ou adaptar as anotações a necessidades específicas.

De seguida, e apenas quando o caso de uso são os modelos de Inteligência Artificial, é necessário extrair o conteúdo relativo a componentes que apenas estão presentes na segunda versão dada como *input*, que pode ser obtido ao clicar no botão "*Process PDF*" no menu "*Run*". Esta ação deve ser realizada após a edição do resultado das deteções da primeira versão de modo a diminuir as falhas da nossa proposta. Contudo, tal como numa primeira fase de execução da aplicação, pode haver o surgimento de deteções incorretas. Para colmatar esta falha, o utilizador pode recorrer à mesma *toolbox* para efetuar as devidas correções.

Finalmente, após concluir a manipulação das deteções, a aplicação oferece duas opções de exportação dos resultados: o utilizador pode gerar um ficheiro *JSON*, contendo todas as informações detalhadas sobre os componentes detetados, ou exportar a imagem anotada, pronta para ser utilizada ou integrada em outros processos. Quanto à funcionalidade de gerar o grafo respetivo, o botão "*Build Graph*" cria, numa janela à parte, uma nova interface na qual é possível observar o *routing* de todos os fios presentes no cabo representado na tábu de produção, sendo ainda dada a opção ao utilizador de selecionar um conjunto de fios que quer ver representados em simultâneo. Toda essa informação pode ser exportada em formato de imagem para uso futuro.

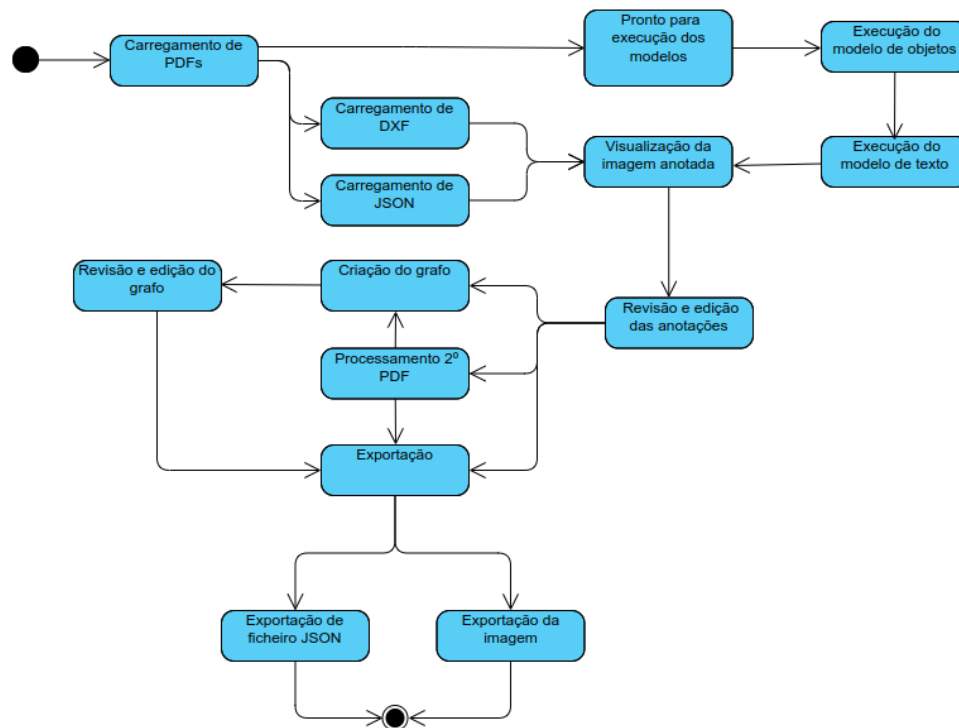


Figura 2: Diagrama de Máquina de Estados

## 5 Validação da Aplicação

A validação da aplicação desenvolvida é uma etapa fundamental para assegurar que os objetivos definidos no início do projeto foram efetivamente alcançados. Este processo garante que o sistema cumpre os requisitos funcionais e não funcionais estabelecidos, ao mesmo tempo que avalia a sua eficiência e precisão em condições reais de utilização. Além disso, a validação oferece uma visão crítica sobre os pontos fortes e as limitações da solução, servindo como base

para eventuais melhorias futuras. A validação comprova a viabilidade técnica da solução, reforçando também o seu alinhamento com as necessidades práticas identificadas pela **LEONI Portugal**, demonstrando a eficácia do projeto como uma ferramenta estratégica para otimizar os processos de montagem.

As tabelas seguintes apresentam os resultados obtidos para os testes realizados. Estes testes foram feitos a partir de 3 cabos diferentes, com diferentes níveis de complexidade. Os valores obtidos são os valores médios após 10 testes para cada cabo.

Cabo	Tempos de Execução (s)				
	Inicialização (s/ cache)	Inicialização (c/ cache)	Modelos IA	Processamento PDF	Grafo
ACW016487F	13.77	0.38	55.96	23.98	13.17
ACX248218C	15.85	0.42	72.83	35.58	12.11
ACX4237890	25.34	0.61	89.00	42.30	14.93

Tabela 1: Resultados de Validação - Tempos de Execução

Cabo	Taxas de Acerto (%)	
	Modelos de IA	DXF
ACW016487F	94.4	98.9
ACX248218C	91.3	97.8
ACX4237890	87.7	93.4

Tabela 2: Resultados de Validação - Taxas de Acerto

## 6 Modelo de Negócio

Esta secção detalha a abordagem estratégica adotada para maximizar o valor entregue pela aplicação **Detectify**. O modelo de negócio descreve como o *software* atende às necessidades dos clientes na indústria de montagem de cabos, aumentando a eficiência e a precisão nos processos de produção. Inclui os objetivos centrais, perfis dos clientes-alvo, estrutura de preços e oportunidades de crescimento, oferecendo uma visão abrangente sobre como a **Detectify** irá operar e ter sucesso no mercado.

De forma a generalizar o produto, desenvolveu-se uma plataforma de *software* voltada para a automatização e otimização de processos industriais de montagem, com ênfase em indústrias que exigem uma organização complexa de tarefas e uma coordenação precisa de múltiplos operadores e componentes. A proposta concentra-se em fornecer ferramentas que facilitam a distribuição eficiente de atividades e o mapeamento detalhado dos componentes e locais de montagem, utilizando tecnologias de visão computacional e inteligência artificial para interpretar *layouts* de montagem.

Essa plataforma inclui funcionalidades como o reconhecimento e a localização de componentes em linhas de montagem, a identificação de percursos e rotas de montagem específicas, permitindo uma análise visual que representa o *layout* físico dos cabos e peças. Com isso, a proposta abrange a criação de uma infraestrutura de *software* que permite aos funcionários da empresa uma percepção visual do roteamento dos componentes para o cabo em que estão a trabalhar. Do ponto de vista empresarial, quando a metodologia da empresa requer mudanças no *workflow* de cada colaborador ao longo do dia, a nossa proposta visa uma diminuição do tempo perdido entre mudanças de *workflow* de cada posto, uma vez que cada colaborador usufrui de uma ilustração do roteamento dos componentes para o contexto atual, proporcionando ganhos significativos para a empresa, visto que o tempo de produção por unidade diminui.

## 6.1 Descrição

**Detectify** é um *software* desenvolvido para simplificar e otimizar o processo de montagem, principalmente em ambientes onde os processos nas linhas de montagem variam inúmeras vezes ao longo do dia. Assim, a aplicação permite que os funcionários na empresa em questão tenham acesso a uma demonstração visual das suas tarefas, refletindo-se num ganho de tempo em produção, uma vez que os mesmos perdem agora muito menos tempo para processos com os quais não estão ainda familiarizados. Desta forma, a aplicação permite uma deteção automática e o mapeamento de componentes em tábuas de montagem a partir de ficheiros *PDF* e com recurso aos modelos de IA ou aos ficheiros *DXF* correspondentes a essa tábua. Apresenta uma interface intuitiva, onde os operadores podem aceder a informações críticas, identificar a localização de fios e componentes, assim como o seu roteamento, e gerar relatórios detalhados.

## 6.2 Objetivo Principal

O objetivo principal é oferecer uma solução centralizada para a **LEONI Portugal** que facilite o mapeamento, organização e validação dos processos de montagem. A **Detectify** visa aumentar a produtividade operacional, reduzindo erros humanos ao longo da montagem, promovendo eficiência e economia de tempo, principalmente quando há mudanças de colaboradores ou de processos nas linhas de montagem.

## 6.3 Clientes Alvo

A aplicação é voltada para empresas e organizações nos seguintes setores:

- **Produção de Cabos:** Empresas especializadas em montagem de cabos que procuram precisão na montagem e organização de componentes.
- **Indústria Dinâmica:** Alterações nos planos de trabalho e colaboradores pelos diferentes postos de montagem ao longo do dia.
- **Empresas com Operações Complexas de Montagem:** Fabricantes que operam com componentes complexos e diversificados, exigindo processos de montagem detalhados, com o menor número de falhas possível.
- **Manufatura e Indústria:** Organizações com recurso a manufatura de componentes e consequentes dificuldades e riscos inerentes ao recurso de mão humana, como falhas, distrações e tempo perdido em reconhecimento das tarefas.

## 6.4 Desafios dos Clientes

Os clientes enfrentam uma série de desafios que tornam a gestão de montagem complexa. Alguns desses desafios incluem:

- **Diversidade de Componentes:** A variedade de componentes e a especificidade inerente a cada um deles dificulta padronizar e otimizar a recolha de dados presentes na tábua.
- **Exigência de Alta Precisão:** Montagens com requisitos rigorosos de precisão necessitam de informações detalhadas e atualizadas sobre a disposição dos componentes.
- **Complexidade de Dados:** A falta de integração entre dados visuais e de produção dificulta a organização e otimização das tarefas de montagem.
- **Metas de Tempo de Produção:** A necessidade de reduzir o desperdício de tempo inerente a um trabalhador perceber o percurso e/ou posição de um componente para determinado produto, dada ao facto de haver muitas alterações ao longo do dia em ambiente de produção.

## 6.5 A nossa Solução

A **Detectify** oferece uma plataforma única que padroniza o fluxo de trabalho e melhora a precisão e a rastreabilidade, proporcionando uma redução nos tempos de produção. As principais funcionalidades incluem:

- **Deteção de Elementos:** Processamento de ficheiros *PDF* para identificar e mapear automaticamente a posição dos componentes na tábua de montagem.
- **Gestão de Componentes:** Ferramentas que permitem aos operadores organizar e gerir as deteções dos componentes da tábua de montagem eficazmente, com opções para visualizar, excluir, editar e adicionar deteções conforme necessário.

- **Relatórios Detalhados:** A solução permite gerar relatórios em *JSON* que incluem informações detalhadas sobre os componentes.
- **Visualização Interativa de Fios:** Interface para visualizar o caminho dos fios com a capacidade de marcar o percurso diretamente na imagem, facilitando a identificação.

## 6.6 Valor

A **Detectify** melhora a produtividade e otimiza o fluxo de manufatura de um produto ao fornecer uma interface fácil de usar e com atualizações em tempo real. A solução reduz o tempo de inatividade, melhora a gestão de ativos e apoia metas de sustentabilidade, posicionando a aplicação como uma ferramenta escalável e económica para a empresa em questão, assim como para outras empresas do mesmo segmento.

## 6.7 Estrutura de Preços

A **Detectify** oferece uma estrutura de preços flexível, desenvolvida para atender às diversas necessidades de organizações corporativas. Baseando-se num modelo de assinatura mensal ou anual, a plataforma permite que as empresas escolham o plano que melhor se adequa às suas operações, proporcionando uma experiência escalável e economicamente viável. Além disso, são disponibilizados serviços avançados e funcionalidades adicionais com um custo acrescido, aprimorando o desempenho e personalização da solução.

A seguir, apresenta-se os detalhes dos planos base e as opções de funcionalidades complementares que compõem a oferta da plataforma desenvolvida.

### 6.7.1 Planos Base

- **Período Experimental:** Acesso gratuito e limitado às principais funcionalidades, como o mapeamento da tábua de montagem através de um grafo, por um período inicial de 30 dias, de forma a permitir a avaliação da plataforma antes do compromisso com um plano.
- **Plano Base Mensal:** Modelo de assinatura com um valor fixo mensal, ideal para organizações que desejam flexibilidade e sem compromisso de longo prazo.
- **Plano Base Anual:** Inclui descontos progressivos em relação ao modelo mensal, oferecendo uma solução económica para organizações que pretendam a utilização da plataforma por um período prolongado.

### 6.7.2 Funcionalidades adicionais

- **Sistema de aprendizagem por reforço:** Implementação de algoritmos de aprendizagem por reforço que melhoram a precisão e a eficiência da deteção dos componentes a mapear ao longo do tempo, com base no histórico de edições e correções efetuadas pelos utilizadores da aplicação.
- **Serviço personalizado de suporte técnico 24/7:** Equipa técnica disponível em tempo integral para esclarecimento de informações, resolução de problemas e realização de manutenções, de forma a garantir a operação eficaz e contínua do sistema.
- **Análise preditiva com IA:** Sugestões baseadas em padrões históricos, ajudando na antecipação de possíveis etapas no fluxo de execução da aplicação.
- **Integração com APIs externas:** Conectividade total com sistemas corporativos já existentes e utilizados pela organização, para uma experiência integrada e contínua.

## 6.8 Mensagem de Valor

*“Otimizar o processo de Montagem. Aumentar a Eficiência. Alcançar a Precisão.”* A **Detectify** é comercializada como uma ferramenta indispensável para empresas que procuram gerir tarefas de montagem com precisão e suportar práticas de gestão de ativos sustentáveis.

## 6.9 Estratégia de Go-to-Market

Para assegurar uma entrada eficaz no mercado, a nossa estratégia inclui:

- **Marketing Direcionado:** Foco em campanhas para indústrias dinâmicas e com recurso a manufatura, destacando os ganhos de eficiência na produção.



- **Demonstrações Virtuais:** Realização de apresentações *online* para mostrar os benefícios da **Detectify** e a sua relevância para a melhoria da produtividade.
- **Programa de Teste:** Oferta de um período de teste gratuito para os clientes experimentarem o valor da aplicação antes de implementarem a versão completa.

### 6.10 Investimento Necessário

De modo a solidificar o projeto desenvolvido no âmbito de uma componente de aprendizagem na universidade, o investimento na **Detectify** seria estimado em **5.000€ a 10.000€** para cobrir:

- **Desenvolvimento e Testes:** Recursos para hospedagem na *cloud*, ferramentas de desenvolvimento e testes de software.
- **Marketing Básico:** Criação de material promocional e campanhas direcionadas para promover a nossa estratégia de modo a atrair os primeiros utilizadores.
- **Infraestrutura e Suporte Inicial:** Pequenos recursos de suporte técnico e escalabilidade inicial.
- **Novas Soluções:** Desenvolvimento de novas soluções focadas em explorar e conquistar novas oportunidades de mercado.

### 6.11 Oportunidade de Crescimento

Com o crescimento da automatização e a procura por precisão nas indústrias de montagem, a **Detectify** possui um alto potencial de expansão. Futuras integrações podem incluir:

- **Relatórios Personalizáveis:** Opções de relatórios personalizados para atender a necessidades específicas de diferentes setores.
- **Recolha de *timestamps* precisos:** Possibilidade de incorporar na solução da interface disponibilizada aos colaboradores uma ferramenta de medida do tempo de execução, possibilitando a extração com maior precisão do intervalo de tempo necessário para realizar cada tarefa.
- **Balanceamento Automático de Carga:** Com a **Detectify**, toda a informação necessária para algoritmos de balanceamento de carga na linha de produção está centralizada. Isso possibilita a criação de soluções automáticas para distribuir eficientemente as tarefas, reduzindo gargalos e aumentando significativamente a produtividade e o lucro da empresa.

### 6.12 Generalização

De um modo geral, a proposta por nós desenvolvida pode ser implementada num vasto leque empresarial, uma vez que grande parte das empresas de montagem de componentes utiliza ferramentas que recorrem a *CAD* ou baseadas no mesmo, pelo que podem fornecer *inputs* válidos à nossa solução. Contudo, torna-se realmente apelativa quando a metodologia da empresa requer rotação de funcionários por posto de trabalho e/ou várias mudanças na linha de montagem, proporcionando uma automatização e consequente redução significativa do tempo perdido com essas mudanças de processos.

## 7 Conclusões e Trabalho Futuro

A execução deste projeto possibilitou ao grupo, numa primeira instância, realizar uma análise crítica do objetivo inicialmente proposto, levando à identificação de desafios significativos. A falta de recursos técnicos e materiais necessários para a sua realização tornou inviável a sua concretização no prazo estipulado. Este processo não só evidenciou a complexidade do problema, como também exigiu uma adaptação estratégica, resultando na reformulação do âmbito para objetivos mais exequíveis dentro das limitações identificadas. Desta forma, conforme mencionado na introdução deste documento, esta reestruturação redirecionou o foco do projeto para a extração integral das informações contidas nas tábuas de montagem, representando um avanço significativo e indispensável rumo ao objetivo principal.

Além disso, a realização deste objetivo revelou-se fundamental para o aprofundamento do conhecimento em técnicas de deteção de objetos, permitindo-nos explorar diversas abordagens, compreender as vantagens e limitações de cada uma e, assim, tomar decisões informadas sobre qual metodologia adotar. Esta etapa também proporcionou o primeiro contacto com a plataforma *Roboflow*, uma ferramenta essencial para a anotação de imagens, enriquecendo significativamente a experiência do grupo na criação e gestão de *datasets* personalizados. No que diz respeito ao

desenvolvimento da aplicação, foi particularmente interessante compreender os fundamentos da programação voltada para a manipulação de imagens, incluindo funcionalidades como zoom e edição interativa. Este processo não apenas aprofundou o conhecimento técnico do grupo, como também contribuiu para o fortalecimento das competências em programação no ambiente *Windows*. Embora já tivéssemos alguma experiência prévia nessa área, este projeto foi uma oportunidade para consolidar e expandir as nossas habilidades, aumentando a confiança na execução de tarefas mais complexas neste sistema operativo.

Relativamente ao trabalho futuro, e com base nas últimas reuniões realizadas com os responsáveis pelo projeto na **LEONI Portugal**, foi definido que um dos objetivos prioritários será o desenvolvimento de uma funcionalidade de destaque visual dos cabos, já presente na nossa aplicação, mas integrada com dados de produção, como o tempo médio de execução de cada tarefa. Essa integração visa criar uma ferramenta que automatize a exibição dos percursos dos cabos, proporcionando uma visão clara e eficiente para otimizar os processos de montagem.