



**Instituto Politécnico de Tomar**

**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

**Nelson José da Silva Coelho**

**Sistema de Visão Artificial para Controlo de Qualidade  
de uma Linha de Embalamento de Notas**

Relatório de Estágio

Orientado por:

Luís Almeida – IPT/ESTT

Pedro Correia – IPT/ESTT

Relatório de Estágio apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar  
para cumprimento dos requisitos necessários  
à obtenção do grau de Mestre em  
Controlo e Eletrónica Industrial







## RESUMO

---

No âmbito da dissertação de mestrado, por opção e possibilidade, foi realizado um estágio curricular na instituição Banco de Portugal (BdP), o Banco Central Nacional (BCN), onde uma das suas áreas de intervenção e regulamentação é a emissão e o saneamento de numerário. Este foi inserido no Departamento de Emissão e Tesouraria (DET) - Núcleo de Manutenção e Desenvolvimento Tecnológico (NMDT).

Este estágio incidiu na resolução de um problema existente no sistema de embalamento automático de notas resultante da introdução em circulação da nova serie de notas Euro. Tradicionalmente, a verificação da quantidade correta de macetes (conjuntos de cem notas) num milheiro (conjunto de mil notas, dez macetes) é realizada controlando o peso de cada milheiro. Com a nova série de notas, essa verificação deixou de ser fiável devido à sua nova composição. A solução para o problema passa pela contagem dos respetivos macetes, pelo que é necessário apresentar soluções alternativas que executem o referido controlo. Neste contexto, o trabalho resultante do estágio curricular propõe uma solução para o controlo de qualidade da linha de embalamento, usando métodos de visão por computador para contagem de macetes num milheiro.

O trabalho apresenta um protótipo para o sistema de controlo de qualidade que consiste num algoritmo implementado em MATLAB<sup>®</sup>, que adquire as imagens da linha de embalamento em sequência, deteta a existência do mesmo, e conta com um elevado grau de fiabilidade o número de macetes em cada milheiro usando técnicas de processamento de imagem. Os resultados obtidos permitem afirmar que o algoritmo proposto apresenta-se como uma opção válida para uma futura implementação num sistema visão industrial.

**Palavras-chave:** BdP, BCN, DET, NMDT, Macete, Milheiro, Visão por Computador, Controlo de Qualidade.



## ABSTRACT

---

As part of the dissertation, by choice and possibility, an internship program was carried out in the institution Banco de Portugal (BdP), the National Central Bank (NCB), where one of its areas of intervention and regulation is the delivery and the sorting of cash. This was inserted into the Issue and Treasury Department (ITD) – Maintenance and Technological Development Unit (MTDU).

This internship work focused on solving an existing problem in the automatic packaging system resulting from the introduction of banknotes (BN) in circulation of the new Euro series. Traditionally checking the correct amount of packages (sets of hundred BN) in one bundle (set of ten hundred BN packages) was performed by means of weighting. With the new series this check is no longer reliable. Therefore, the solution to the problem is based on counting the respective packages and new alternative solutions are needed in order to make the counting control. In this context, the work resulting from the internship program presents a solution for quality control of the packaging line using computer vision methods for counting packages in a bundle.

This work presents a prototype for quality control system that is implemented in an algorithm based in MATLAB<sup>®</sup>. The algorithm acquires the images of the packaging line, detects the existence of a bundle, and counts the number of packages in each one with a high degree of reliability using image processing techniques,. The results have revealed that the proposed algorithm is a valid option for future implementation in an industrial vision system.

**Key words:** BdP, BCN, ITD, MTDU, BN, Package, Bundle, Computer Vision, Quality Control.



## **AGRADECIMENTOS**

---

Agradeço ao Banco de Portugal pela oportunidade concedida de realização deste estágio e a todos os seus colaboradores que de alguma forma ajudaram no seu processo e realização, em especial ao Sr. Carlos Alberto Gonçalves, meu orientador no Banco de Portugal e também aos meus colegas de profissão, por terem colaborado de forma a facilitar as minhas necessidades, especialmente no que se refere a tempo e disponibilidade.

Agradeço aos Professores Pedro Correia e Luís Almeida, meus orientadores de estágio, por todo o apoio, esclarecimentos e disponibilidade que me facultaram, em especial no decorrer deste estágio.

Agradeço à minha esposa, Maria Inês Coelho, e aos meus filhos, Carina Alexandra Coelho e Guilherme Filipe Coelho, por todo o esforço desenvolvido por forma a concederem-me o tempo necessário e imprescindível a dedicar a este Mestrado.



## Índice

<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>VII</b>
<b>Capítulo I</b> .....	<b>I</b>
<b>1</b> <b>Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Enquadramento do Estágio.....	1
1.2 Objetivos .....	4
1.3 Resumo do Trabalho .....	5
1.4 Estrutura do Relatório .....	5
<b>Capítulo II</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b> <b>A História e o Banco de Portugal</b> .....	<b>6</b>
2.1 Enquadramento Histórico.....	7
2.2 O Banco de Portugal.....	7
2.3 A Organização Banco de Portugal.....	12
2.3.1 Organização e Estrutura.....	12
2.3.2 Os Departamentos do Banco de Portugal.....	15
2.3.3 Departamento de Emissão e Tesouraria - DET.....	18
<b>Capítulo III</b> .....	<b>22</b>
<b>3</b> <b>Equipamentos e Tecnologias Atuais</b> .....	<b>22</b>
3.1 Sistema de Escolha de Notas BPS M7 .....	23
3.2 Sistema de Embalamento de Notas .....	30
<b>Capítulo IV</b> .....	<b>36</b>
<b>4</b> <b>Visão por Computador e Algumas Funções Associadas</b> .....	<b>36</b>
4.1 Visão por Computador .....	37
4.2 Técnicas de Processamento de Imagem .....	40
<b>Capítulo V</b> .....	<b>50</b>
<b>5</b> <b>Controlo de Qualidade Baseado em Visão por Computador</b> .....	<b>50</b>
5.1 O Algoritmo e Respetiva Descrição .....	51
5.1.1 Descrição do Algoritmo.....	54
5.2 Resultados .....	65
5.2.1 Resultados sem Verificação da Largura dos Objectos.....	65
5.2.2 Resultados com a Verificação da Largura dos Objectos.....	67
5.3 Processamento <i>Online</i> .....	69
5.3.1 Implementação.....	69
<b>Capítulo VI</b> .....	<b>71</b>
<b>6</b> <b>Conclusões</b> .....	<b>71</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>73</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 - Milheiro à saída da máquina de escolha .....	2
Figura 2 - Sistema de Visão Artificial .....	4
Figura 3 - Praça do Município (BdP, Banco de Portugal - Eurosystem, 2014).....	8
Figura 4 - Organograma do Banco de Portugal (BdP, Banco de Portugal - Eurosystem, 2014).....	13
Figura 5 - Organograma do DET (BdP, Informação diversa, 2014) .....	19
Figura 6 - BPS M7 (G&D, 2014) .....	24
Figura 7 - Sensor NotaScan Image (G&D, 2014) .....	25
Figura 8 - <i>NotaScan Image</i> com transporte de notas sem correias (G&D, 2014).....	26
Figura 9 - Módulo de saída de dispositivo de embalagem (G&D, 2014).....	30
Figura 10 - Sistema de embalamento - <i>Buffers</i> .....	32
Figura 11 - Sistema de embalamento – Etiquetagem de caixa.....	34
Figura 12 - Esquema de Visão por Computador (UMinho, 2004) .....	37
Figura 13 – Digitalização de Imagem.....	38
Figura 14 - Imagem RGB e as suas três componentes .....	41
Figura 15 - Imagem em Escala de Cinzentos .....	42
Figura 16 - Imagem em Binário .....	43
Figura 17 - Conversão para Binário em Diferentes Níveis .....	43
Figura 18 – Convolução do <i>pixel</i> (2,4) da imagem I.....	44
Figura 19 - Imagem da Aplicação do Filtro de Média .....	45
Figura 20- Imagem da Aplicação do Filtro de Gauss.....	46
Figura 21 - Imagem da Aplicação do Filtro de Sobel.....	47
Figura 22 - Resultado da remoção de pequenos objetos numa imagem binária.....	48
Figura 23 – Operador de dilatação (UMinho, 2004) .....	49
Figura 24 – Visão Global do Algoritmo de Contagem de Macetes .....	53
Figura 25 - À esquerda a Frame lida e à direita a Frame recortada.....	54
Figura 26 - À esquerda imagem em escala de cinzentos e à direita a mesma imagem após subtrair a média .....	55
Figura 27 - Imagem em binário .....	56
Figura 28 – Detecção de Milheiro.....	57
Figura 29 - Imagens antes e depois de aplicar o filtro de remoção .....	58
Figura 30 – Algoritmo da função <i>Strel</i> .....	59
Figura 31 - Fronteiras dos objetos .....	60
Figura 32 - Imagem dos objetos identificados.....	61
Figura 33 - Representação aproximada da matriz dos objetos .....	61
Figura 34 – Exemplo de macetes duplos .....	62
Figura 35 – Fluxograma do cálculo do nº de macetes com base na largura dos objetos.....	63
Figura 36 – Exemplo de análise de uma linha.....	64
Figura 37 – Montagem na linha de embalamento .....	69

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Exemplos de resultados do vetor votação sem análise da largura das cintas ..... 66  
Tabela 2 – Exemplos de resultados do vetor votação com análise da largura das cintas .... 68

## **Índice de Gráficos**

- Gráfico 1 - Exemplos de resultados do vetor votação sem análise da largura das cintas.... 67  
Gráfico 2 - Exemplos de resultados do vetor votação com análise da largura das cintas ... 68

## **Lista de Siglas e Abreviaturas**

AGV - Automated Guided Vehicle

BCE - Banco Central Europeu

BCNs - Bancos Centrais Nacionais

BdP – Banco de Portugal

BN - BankNote

BPS - Banknote Processing System

CC - Complexo do Carregado

DAS - Departamento de Averiguação e Ação Sancionatória

DAU - Departamento de Auditoria

DAU - Departamento de Auditoria DCC - Departamento de Contabilidade e Controlo

DES - Departamento de Estabilidade Financeira

DET - Departamento de Emissão e Tesouraria

DDE - Departamento de Estatística

DEE - Departamento de Estudos Económicos

DRH - Departamento de Gestão e Desenvolvimento de Recursos Humanos

DMR - Departamento de Mercados e Gestão de Reservas

DOI - Departamento de Organização, Sistemas e Tecnologias de Informação

DRI - Departamento de Relações Internacionais

DSA - Departamento de Serviços de Apoio

DSC - Departamento de Supervisão Comportamental

DSP - Departamento de Supervisão Prudencial

DJU - Departamento de Serviços Jurídicos

DPG - Departamento de Sistemas de Pagamentos

DGR - Departamento de Gestão de Risco

ETV - Empresa de Transporte de Valores

GAB - Gabinete do Governador e dos Conselhos

IME - Instituto Monetário Europeu

ITD – Issue and Treasury Department

MTC – Mecanismo das Taxas de Câmbio

MTDU - .Maintenance and Technological Development Unit

NCB – National Central Bank

NMDT - Núcleo de Manutenção e Desenvolvimento Tecnológico

RGB – *Red Green Blue*

SEBC - Sistema Europeu de Bancos Centrais

SME – Sistema Monetário Europeu

UE - União Europeia

UEM - União Económica e Monetária

# Capítulo I

---

## 1 Introdução

Até ao final do escudo, 31 de Dezembro de 2001, o Banco de Portugal (BdP) era a única entidade emissora das notas que circulavam em território nacional. A partir do dia 01 de Janeiro de 2002, com a entrada em circulação da nota Euro, as entidades emissoras destas notas passaram a ser todos os Bancos Centrais Nacionais (BCNs) da Euro área sob a coordenação do Banco Central Europeu (BCE).

Estas notas durante a circulação vão-se degradando adquirindo sujidade, rasgões, fita gomada, dobras, buracos, entre outros, o que leva à exigência de sanear estas notas. Inicialmente estas notas eram escolhidas manualmente, com a evolução tecnológica e com o aumento da circulação de notas passaram a ser processadas por sistemas de escolha automática que separam as notas suspeitas de serem contrafeitas, as notas boas para recirculação e as notas impróprias para recirculação.

Devido às exigências económicas atuais, produzir mais e melhor com menos recursos, a escolha mecanizada de notas também se tornou exigente para que se possa ter notas com boa qualidade em circulação e ao mesmo tempo destruir a menor quantidade possível, para que a necessidade de imprimir seja menor e deste modo poupar mais recursos.

Com o avanço da tecnologia, o processamento, acabamento e embalamento de notas foram sendo cada vez mais automatizados à medida que esta evolução tecnológica foi permitindo a substituição das funções humanas nos diversos sistemas.

### 1.1 Enquadramento do Estágio

O estágio decorreu no Núcleo de Manutenção e Desenvolvimento Tecnológico (NMDT) do Departamento de Emissão e Tesouraria (DET) do Banco de Portugal, responsável pela manutenção de equipamentos e projetos tecnológicos associados ao saneamento e escolha de notas. Este estágio surgiu numa conciliação entre a oportunidade, ou seja o facto de o estágio decorrer no local de trabalho e fazer parte das funções neste desempenhadas, e a

necessidade de solucionar um problema real existente, que também faz parte das funções atribuídas nesse mesmo local de trabalho.

Uma das funções a desempenhar consiste na manutenção e solução de problemas existentes numa linha de embalamento automático de notas.

O processo onde se insere a linha de embalamento automático tem como função garantir a qualidade e a genuinidade das notas em circulação. Depois de efetuar o saneamento das notas recolhidas de circulação em termos de contrafações, sujidade, manchas, dobras, rasgões ou outros defeitos, a linha de embalamento automático faz o seu acondicionamento para que possam voltar a ser distribuídas.

Esta linha de embalamento recebe as notas provenientes dos equipamentos de escolha na forma de milheiros (conjuntos de mil notas), que são constituídos por dez macetes (cada macete é um conjunto de cem notas), plastifica-os, verifica se a quantidade de macetes está correta e embala-os em caixas de dez milheiros, de acordo com a denominação e máquina onde foram processadas.

O sistema de embalamento recebe os milheiros tal como estão representados na Figura 1, embala-os numa película termoretrátil, verifica se o peso está correto através de duas balanças (redundância por segurança). De seguida agrupa-os por denominação e máquina de processamento e por fim embala-os numa caixa. Antes de ser enviada para um acumulador de caixas, a mesma é pesada para verificar se contém os dez milheiros.

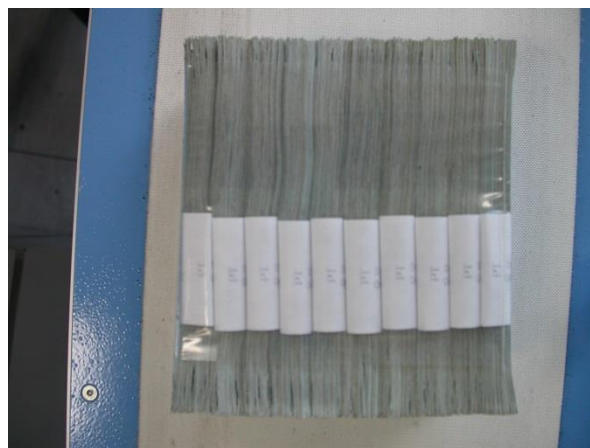


Figura 1 - Milheiro à saída da máquina de escolha

Com a introdução em circulação da nova serie de notas Euro, a serie Europa, o sistema de embalamento deparou-se com um problema real que consiste na variação de altura e peso de um conjunto de mil notas, denominado milheiro. Cada milheiro pode variar de peso consideravelmente, assim como de altura, bastando para isso que altere o fabricante e o nível de qualidade associado após alguma circulação.

A variação de altura vai influenciar o método de embalamento, o qual atualmente passa por embalamento em caixas e terá de ser substituído por sacos de película retrátil, por forma a adaptar o seu tamanho ao do produto.

A variação do peso é um parâmetro de grande importância, uma vez que esta variável é utilizada para controlo da quantidade de macetes. A solução passa pela contagem dos respetivos macetes, sendo que o tipo de solução a adotar para a resolução do problema não se encontra definida até à data. Esta foi a motivação principal e uma excelente oportunidade para definir como trabalho de estágio o estudo desta solução.

Antes de os milheiros serem embalados, é necessário confirmar que estão completos (dez macetes), tal como foi mencionado anteriormente, uma vez que existe a hipótese de uma anomalia não detetada na máquina de escolha, devido a erro humano de operação, e esta embale 9 macetes em vez de dez, ou até mesmo onze, por exemplo.

Atualmente, a verificação dos dez macetes é efetuada por balanças, tal como foi referido, no entanto, com a entrada da nova serie de notas Euro (a serie Europa), o peso de cada milheiro passou a ser consideravelmente variável e como tal a pesagem deixou de ser fiável.

Uma solução alternativa consiste na utilização de um sistema de contagem dos macetes de cada milheiro, garantindo desta forma a fiabilidade do sistema de embalamento. Sendo os sistemas de visão computacional uma abordagem bastante eficiente para controlo de qualidade em ambientes industriais, uma solução para o problema de contagem automática passa pela utilização deste tipo de sistemas. A contagem baseia-se na utilização dos métodos de processamento de imagem aplicados às imagens capturadas na linha de embalamento. Como método de controlo de qualidade, é necessário que este seja executado com a máxima fiabilidade possível, tendo em conta as condicionantes ambientais do local.

## 1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho de estágio consiste em apresentar soluções para o problema exposto anteriormente, através do desenvolvimento de um sistema de controlo de qualidade baseado em visão por computador para verificação final da contagem de macetes colocados em milheiros.

A Figura 2 apresenta um esquema do sistema desenvolvido, constituído por uma câmara e um computador responsável por adquirir as imagens na linha de embalamento, processar, detetar o número de macetes em cada milheiro, e enviar os resultados para o sistema de embalamento.

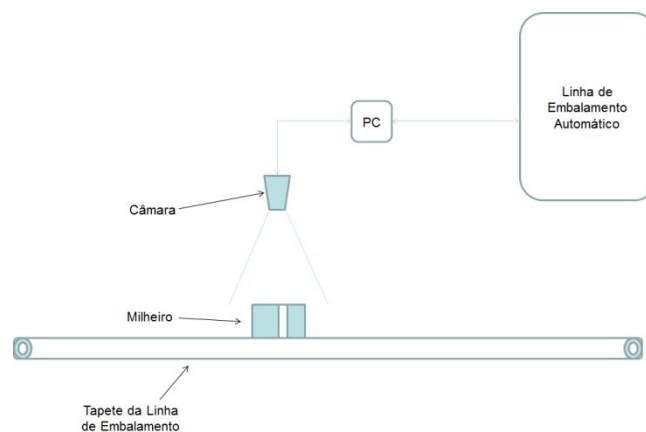


Figura 2 - Sistema de Visão Artificial

O trabalho de estágio é composto pelos seguintes objetivos:

- Projeto e proposta de implementação do sistema de automação associado ao controlo de qualidade baseado em visão industrial. Definição das câmaras, elementos óticos, *hardware* e *software* de processamento de imagem a utilizar no sistema;
- Estudo e desenvolvimento dos algoritmos de visão por computador para deteção fiável do número correto de macetes de notas existentes em cada milheiro;
- Implementação em tempo real do sistema de automação para controlo de qualidade;

- Testes exaustivos de fiabilidade do sistema com relatório dos dados obtidos;

### **1.3 Resumo do Trabalho**

O trabalho apresenta um protótipo para o sistema de controlo de qualidade que consiste num algoritmo implementado em MATLAB<sup>®</sup>, que adquire as imagens da linha de embalamento em sequência, deteta a existência do mesmo, e conta com um elevado grau de fiabilidade o número de macetes em cada milheiro usando técnicas de processamento de imagem. Os resultados obtidos permitem afirmar que o algoritmo proposto apresenta-se como uma opção válida para uma futura implementação num sistema visão industrial.

### **1.4 Estrutura do Relatório**

Este documento está organizado da seguinte forma: o capítulo 1 faz um enquadramento do problema e apresenta os objetivos do trabalho. O capítulo 2 apresenta o Banco de Portugal, a sua organização, e descreve em pormenor os departamentos que o compõem, em particular o que se refere ao trabalho de estágio. O capítulo 3 apresenta os equipamentos e tecnologias atuais associadas à linha de embalamento de notas. O capítulo 4 descreve os princípios básicos dos métodos de processamento de imagem utilizados em visão por computador. O capítulo 5 apresenta e descreve os algoritmos desenvolvidos e os resultados obtidos. Finalmente, o capítulo 6 apresenta as conclusões.

## Capítulo II

---

### **2 A História e o Banco de Portugal**

Este capítulo apresenta um breve enquadramento histórico do dinheiro em Portugal e do Banco de Portugal.

Apresenta também uma descrição da organização do Banco de Portugal e do departamento onde foi inserido o estágio.

## **2.1 Enquadramento Histórico**

As primeiras trocas indiretas conhecidas na região hoje denominada por Portugal deram-se com a chegada dos Gregos à península Ibérica. Foi a partir deste momento que o dinheiro começou a circular nesta região.

Antes de 1253 não existiu um sistema monetário próprio, existindo apenas um sistema monetário monometalista baseado no ouro dos estados muçulmanos, sendo a unidade monetária o dinar, conhecida como morabitino.

Em 26 de dezembro de 1253 foi introduzido em Portugal o sistema monetário, onde a unidade era a libra dividida em 20 soldos, que por sua vez cada um era dividido em 12 dinheiros.

Em 1435 a libra foi substituída pelo real que perdurou até à chegada do escudo em 1911. Cada real tinha o valor de 35 libras.

Em 1797 surgiram os títulos de dívida pública emitidos para financiar as guerras com França e os seus aliados. Em 1822 surgiu a primeira tentativa de retirar de circulação esse papel moeda, através da criação do Banco de Lisboa, que fracassou. No entanto dela resultou a introdução de um novo meio de pagamento, as notas convertíveis do Banco de Lisboa, às quais se viriam a juntar em 1835 as notas convertíveis do Banco Comercial do Porto. Foi por esta altura, entre 1835 e 1838, que foi retirado de circulação o papel moeda.

Em 1846, as notas do Banco de Lisboa tornaram-se inconvertíveis e receberam um curso forçado legal, prevendo-se a sua amortização legal em vários anos. Nesse mesmo ano, o Banco de Lisboa foi fundido com a Companhia Confiança Nacional no Banco de Portugal. (Valério, 2004)

## **2.2 O Banco de Portugal**

Por motivos de regulamentação interna do Banco de Portugal, o contexto histórico do Banco de Portugal foi retirado integralmente da sua página oficial na internet.

“O Banco de Portugal (BdP) foi criado por decreto régio em 19 de Novembro de 1846, tendo a função de banco comercial e de banco emissor. Surgiu da fusão do Banco de Lisboa e da Companhia Confiança Nacional, uma sociedade de investimento especializada no financiamento da dívida pública.

Foi fundado com o estatuto de sociedade anónima e, até à sua nacionalização, em 1974, era maioritariamente privado.” (BdP, 2014)

Em baixo na Figura 3 podemos observar a atual Praça do Município em Lisboa, e ao fundo à esquerda a igreja de S. Julião que hoje faz parte do edifício da sede do Banco.



Figura 3 - Praça do Município (BdP, Banco de Portugal - Eurosystem, 2014)

“Até 1887, o Banco de Portugal partilhou com outras instituições o direito de emissão de notas. Com a publicação do Decreto de 9 de Julho de 1891, o Banco de Portugal passou efectivamente a deter o exclusivo da emissão para o Continente, Açores e Madeira.

Durante a primeira década de existência, o Banco de Portugal atravessou um período agitado, findo o qual entrou numa longa fase de crescimento vigoroso, como banco comercial mais importante do país, a qual durou até à I Guerra Mundial. Contribuiu significativamente para isso o facto de a dívida pública, que era persistente, se ter podido monetizar, em grande parte, à custa de empréstimos públicos e não através da emissão de moeda. Enquanto durou o padrão-ouro (até 1891), uma das principais preocupações do

Banco de Portugal foi assegurar a convertibilidade em moeda metálica das notas que emitia.

Sem que oficialmente isso fosse parte das suas atribuições, o Banco de Portugal assegurava paralelamente a função de "prestamista de última instância" no sistema bancário, prevenindo ou atenuando várias crises do mesmo.

A partir da crise financeira e monetária de 1891 e do estabelecimento da inconvertibilidade das notas do Banco de Portugal, cessou esta política monetária activa, fixando-se a taxa de desconto num nível que perdurou até 1914. Em contrapartida, manteve-se e desenvolveu-se a função de "banco dos bancos", acompanhada de um certo grau de supervisão informal do sector.

Em Junho de 1931, operou-se uma profunda reforma nas funções e nos estatutos do Banco de Portugal. Foram definidas novas regras que limitavam a expansão do passivo do Banco de Portugal, relacionando-o com o montante de reservas em divisas. Estas regras, juntamente com outras de aplicação rigorosa, que limitavam a capacidade do banco para financiar o Estado, criaram condições para o controlo monetário efectivo. A dependência administrativa do Governo aumentou e o Banco de Portugal assumiu o compromisso de prosseguir uma política de taxas de juros e de câmbios fixos.

Em seguida, o comércio e os movimentos de capitais foram totalmente liberalizados. O facto de haver excedentes orçamentais possibilitou esta liberalização e assegurou a viabilidade de uma política monetária de modo geral passiva, até meados da década de setenta. Durante todo este período, as funções do Banco de Portugal modificaram-se substancialmente, e o seu âmbito foi alargado à área dos pagamentos internacionais, à gestão das reservas e à política monetária interna.

**Pós-guerra** Durante a II Guerra Mundial e no pós-guerra voltaram a ser introduzidas restrições às transacções internacionais, o que levou ao desenvolvimento de um sistema muito complexo de controlo cambial, abrangendo as operações de capitais, de mercadorias e de invisíveis correntes. As competências normativas nesta área, assim como a supervisão do sistema, passaram a ser da responsabilidade do Banco de Portugal, o qual começou a actuar como agente do Governo nas relações com organizações monetárias internacionais.

No final da década de 50, foi criado um enquadramento normativo regulador da actividade dos bancos comerciais e de outras instituições de crédito.

Entre 1957 e 1960, foram aprovadas leis que obrigaram os bancos a constituir reservas mínimas de caixa e que conferiam ao Banco de Portugal grandes responsabilidades, permitindo-lhe maior intervenção nas áreas de controlo do crédito e na fixação das taxas de juro.

### **Da nacionalização até 1997**

Depois da sua nacionalização, em Setembro de 1974, as funções e estatutos do Banco de Portugal foram redefinidos através da Lei Orgânica publicada em 15 de Novembro de 1975, que lhe atribuía o estatuto de banco central e incluía, pela primeira vez, a função de supervisão do sistema bancário.

Devido às alterações sociais, a política monetária tornou-se mais activa e o Banco de Portugal assumiu importantes responsabilidades nas áreas do controlo monetário e do crédito e na organização e regulamentação dos mercados monetários, principalmente após a adesão de Portugal à Comunidade Europeia, em 1986.

À medida que a política orçamental ia sendo controlada e se verificava uma integração crescente nos mercados europeus, as funções do Banco de Portugal aproximavam-se das dos restantes bancos centrais europeus.

Em Outubro de 1990, foi promulgada nova Lei Orgânica, cujas principais inovações diziam respeito às limitações impostas ao financiamento dos défices do Estado, sendo incluídas outras disposições garantindo maior independência ao Conselho de Administração do Banco de Portugal.

O enquadramento da política económica sofreria, entretanto, uma modificação substancial ao longo de 1992, traduzindo a opção das autoridades por políticas voltadas para a estabilidade nominal.

Assim, em Abril, ocorreu a adesão do Escudo ao Mecanismo das Taxas de Câmbio (MTC) do Sistema Monetário Europeu (SME).

Em Dezembro, foi decidida a completa liberalização dos movimentos de capitais, tornando o escudo plenamente convertível.

Também no quadro das adaptações decorrentes da preparação para a União Económica e Monetária (UEM), a Lei Orgânica do Banco de Portugal viria a sofrer alterações profundas em 1995.

A estabilidade dos preços surge como a principal missão do Banco de Portugal; é alargada a sua autonomia na condução da política monetária; e aumentam as suas atribuições no domínio dos sistemas de pagamentos.

### **União Económica e Monetária**

Em Janeiro de 1998, a Lei Orgânica do Banco de Portugal voltou a sofrer profundas alterações, que visaram reforçar a sua autonomia, nos termos exigidos pela participação de Portugal na terceira fase da UEM, e preparar a sua integração no Sistema Europeu de Bancos Centrais (SEBC) a partir de 1 de Janeiro de 1999.

Em Março de 1998, a Comissão Europeia propôs a participação na área do euro, a partir de 1 de Janeiro de 1999, de 11 Estados-membros, Portugal incluído. Nesse mesmo mês, o Banco de Portugal emitiu a pedido do Governo um parecer segundo o qual a recomendação formulada pela Comissão Europeia correspondia ao espírito e à letra do Tratado da União Europeia (UE).

Em 2 de Maio de 1998, os chefes de Estado e de Governo da UE decidiram que a UEM se iniciaria em 1 de Janeiro de 1999 com 11 Estados-Membros, Portugal incluído. Na mesma altura, os ministros dos Estados-Membros que adoptam o euro como moeda única, os governadores dos bancos centrais dos referidos Estados-Membros, a Comissão Europeia e o Instituto Monetário Europeu (IME) chegaram a acordo quanto ao método de determinação das taxas de conversão irrevogáveis para o euro na data de início da Terceira Fase da UEM. Decidiram também que as então taxas centrais bilaterais do MTC das moedas dos Estados-Membros participantes seriam utilizadas para determinar as taxas de conversão irrevogáveis para o euro.

A partir de 1 de Junho de 1998, o Banco de Portugal passou a fazer parte do SEBC.

Em 1 de Janeiro de 1999, depois de na véspera o Conselho da UE ter aprovado as taxas irrevogáveis de conversão entre o euro e as moedas dos 11 Estados-Membros participantes, deu-se início à Terceira Fase da UEM, marcada pela existência de uma política monetária única e de uma moeda única - o euro. As moedas dos 11 Estados-membros participantes, entre os quais o escudo, passaram assim a ser meras denominações nacionais do euro.

Nesta data entrou em vigor uma nova versão da Lei Orgânica do Banco de Portugal, incorporando as alterações decorrentes da sua integração no SEBC que apenas careciam de entrar em vigor a partir do início da Terceira Fase da UEM.

Em 1 de Janeiro de 2002, entraram em circulação as notas e moedas de euro. Na introdução física do euro em Portugal, bem como na campanha de informação que lhe esteve associada, o Banco de Portugal desempenhou um papel determinante.” (BdP, Banco de Portugal - Eurosystem, 2014)

## **2.3 A Organização Banco de Portugal**

### **2.3.1 Organização e Estrutura**

O Banco de Portugal tem a sua Sede em Lisboa, na Rua do Comércio, 148. Os seus serviços centrais, no entanto, estão essencialmente concentrados no Edifício Portugal, na Avenida Almirante Reis. As funções ligadas à emissão estão situadas no Complexo do Carregado.

O Banco de Portugal mantém uma presença no País através da Filial do Porto, das Delegações Regionais e das Agências.

A estrutura organizativa do banco está representada no organograma da Figura 4. Esta é encabeçada pelo Governador, que dirige o conselho de administração. Dele dependem todos os departamentos do Banco.

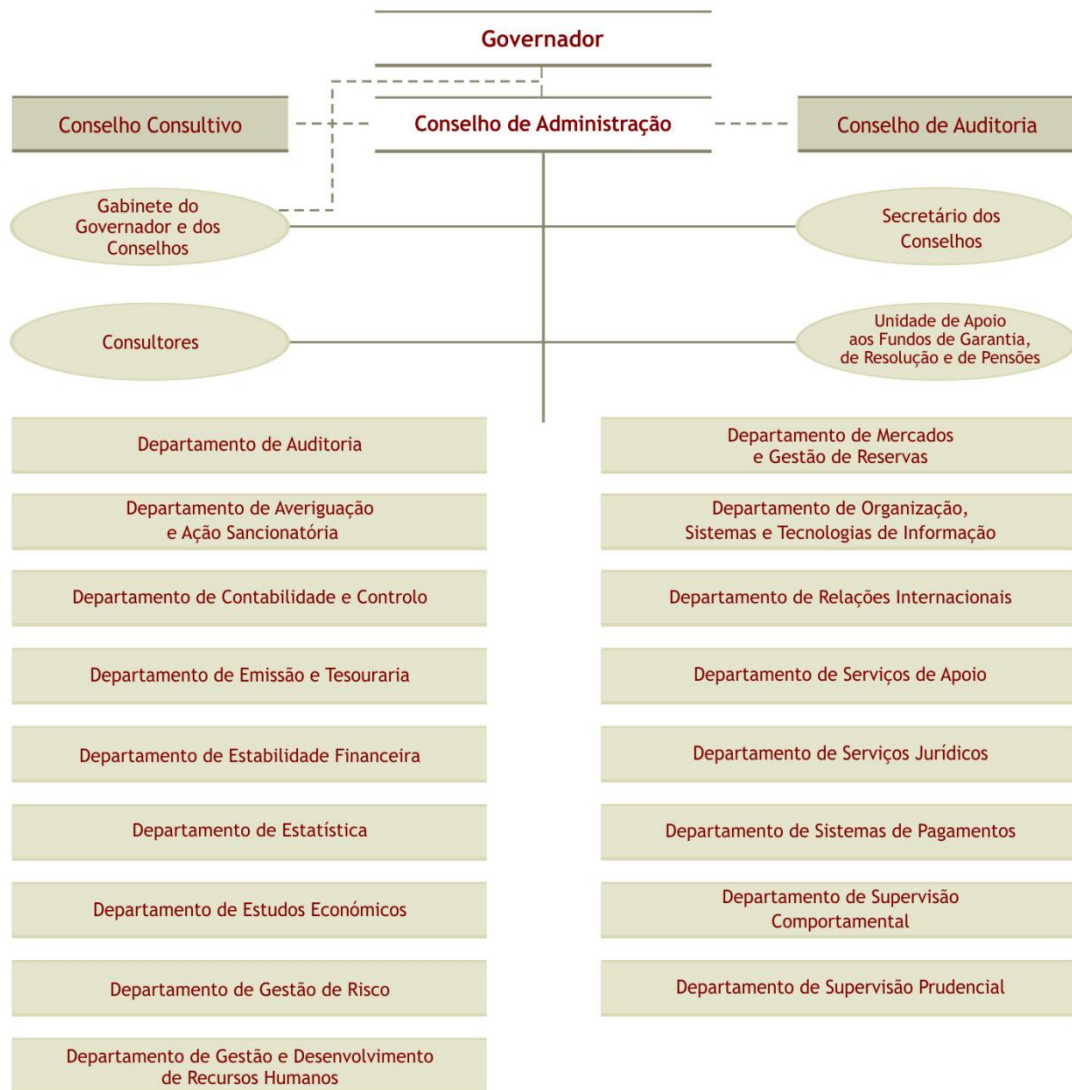


Figura 4 - Organograma do Banco de Portugal (BdP, Banco de Portugal - Eurosystem, 2014)

## **Órgãos do Banco de Portugal**

Segundo a sua Lei Orgânica, são órgãos do Banco de Portugal o Governador, o Conselho de Administração, o Conselho de Auditoria e o Conselho Consultivo. O **Governador** representa e atua em nome do Banco de Portugal junto de instituições estrangeiras ou internacionais. Preside ao Conselho de Administração. É igualmente membro do Conselho e do Conselho Geral do Banco Central Europeu.

**Ao Conselho de Administração** compete a prática de todos os atos necessários à prossecução dos fins cometidos ao Banco de Portugal. É composto pelo Governador, por um ou dois Vice-Governadores e por três a cinco Administradores. A nomeação dos seus membros é feita por resolução do Conselho de Ministros, sob proposta do Ministro das Finanças. Exercem os respetivos cargos por um prazo de cinco anos, renovável por uma vez e por igual período mediante resolução do Conselho de Ministros.

**O Conselho de Auditoria** acompanha o funcionamento do Banco de Portugal e o cumprimento das leis e regulamentos que lhe são aplicáveis e emite parecer acerca do orçamento, do balanço e das contas anuais de gerência. É composto por três membros designados pelo Ministro das Finanças: Presidente, com voto de qualidade, um revisor oficial de contas e uma personalidade de reconhecida competência em matéria económica.

**O Conselho Consultivo** pronuncia-se sobre o relatório anual da atividade do Banco de Portugal e sobre os assuntos que lhe forem submetidos pelo Governador ou pelo Conselho de Administração.

Presidido pelo Governador, integra os Vice-Governadores, os antigos Governadores, o presidente do Conselho de Auditoria do Banco, quatro personalidades de reconhecida competência em matérias económico-financeiras e empresariais, o presidente da Associação Portuguesa de Bancos, o presidente do Instituto de Gestão do Crédito Público, e os representantes das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, a designar pelos respetivos órgãos de governo próprio.

### **2.3.2 Os Departamentos do Banco de Portugal**

**GAB - Gabinete do Governador e dos Conselhos** - O GAB compreende um conjunto de apoios de natureza pessoal e técnica ao funcionamento do órgão "Governador" e, em colaboração com o Secretário dos Conselhos, os serviços de apoio e expediente administrativo relativos aos Conselhos de Administração, de Auditoria e Consultivo, Comissões Executivas e Reuniões de Trabalho da Administração, bem como a outros órgãos que integrem membros do Conselho de Administração.

**DAS - Departamento de Averiguação e Ação Sancionatória** - O DAS tem como missão o desenvolvimento de ações de natureza reativa ou contraordenacional, conducentes ao cumprimento, pelas entidades supervisionadas, das normas ou das determinações a que estão obrigadas e que, por qualquer motivo, não estão a ser observadas ou integralmente satisfeitas, bem como assegurar a supervisão legalmente atribuída ao Banco de Portugal, em matéria de prevenção do branqueamento e do financiamento do terrorismo.

**DAU - Departamento de Auditoria** - O DAU tem por missão essencial a verificação e apreciação da atividade de todas as unidades de estrutura e de apoio do Banco (Sede, Filial e Delegações Regionais e Agências).

**DCC - Departamento de Contabilidade e Controlo** - O DCC tem por missão essencial definir e gerir o sistema contabilístico-financeiro do Banco e assegurar o controlo interno contabilístico.

**DES - Departamento de Estabilidade Financeira** - O DES tem por missão desenvolver as atribuições e competências previstas na Lei Orgânica do Banco de Portugal, Regime Geral das Instituições de Crédito e Sociedades Financeiras (RGICSF) e demais legislação, no que se refere ao exercício das funções relacionadas com a estabilidade financeira, política macroprudencial e regulatória, e de autoridade de resolução nacional.

**DET - Departamento de Emissão e Tesouraria** - O DET tem como missão fundamental gerir a moeda legal necessária à economia nacional, através da definição, propositura e implementação de estratégias e políticas no domínio da conceção, produção, distribuição e saneamento do meio circulante, de acordo com orientações superiores e em estreita articulação com os princípios estipulados na Lei Orgânica do Banco, por forma a adequar a respetiva evolução às orientações da política monetária. O DET assegura a gestão e coordenação do Complexo do Carregado (CC), da Filial no Porto e da Rede Regional.

**DDE - Departamento de Estatística** - O DDE tem por missão essencial a elaboração e divulgação das Estatísticas Monetárias e Financeiras, das Estatísticas da Balança de Pagamentos, das Contas Nacionais Financeiras e a gestão das Centrais de Balanços e de Responsabilidades de Crédito.

**DEE - Departamento de Estudos Económicos** - O DEE tem por missão essencial a preparação técnica de actuação do Banco no domínio das suas atribuições como banco central, designadamente na definição das políticas monetária e cambial.

**DRH - Departamento de Gestão e Desenvolvimento de Recursos Humanos** - O DRH tem por missão perspetivar e garantir a adequação e desenvolvimento dos recursos humanos necessários ao funcionamento do Banco. Gere ainda as estruturas orgânicas e os postos de trabalho, visando uma ação integrada nos processos de desenvolvimento organizacional.

**DMR - Departamento de Mercados e Gestão de Reservas** - O DMR tem como missão principal a execução, a análise, o controlo e o processamento das operações de política monetária e cambial única e de gestão de reservas, bem como a participação do Banco de Portugal nos correspondentes órgãos de coordenação técnica do Sistema Europeu de Bancos Centrais (SEBC).

**DOI - Departamento de Organização, Sistemas e Tecnologias de Informação** - O DOI tem como missão prestar serviços ao Banco em matéria de Informação, numa perspetiva tecnológica e organizacional, prosseguindo esforços para garantir a sua qualidade, disponibilidade e coerência.

**DRI - Departamento de Relações Internacionais** - O DRI tem como missão coordenar e apoiar tecnicamente as atividades a desenvolver no âmbito das relações internacionais do Banco, em articulação com os outros Departamentos nas suas áreas específicas de atuação, particularmente no que respeita às relações com Organismos Internacionais e outros Bancos Centrais e à cooperação, assistência técnica e relações financeiras com os países em desenvolvimento.

**DSA - Departamento de Serviços de Apoio** - O DSA gere um conjunto de atividades de apoio, de carácter técnico e administrativo, de modo a assegurar ao Banco a afetação racional dos meios necessários ao seu funcionamento.

**DSC - Departamento de Supervisão Comportamental** - O DSC tem por missão a regulação e fiscalização da conduta das instituições financeiras sujeitas à supervisão do Banco de Portugal no âmbito das relações com os seus clientes, aquando da divulgação e comercialização dos produtos e serviços bancários a retalho, e o desenvolvimento de iniciativas de informação e formação dos clientes bancários.

**DSP - Departamento de Supervisão Prudencial** - O DSP tem por missão desenvolver as atribuições e competências previstas na Lei Orgânica do Banco de Portugal, no Regime Geral das Instituições de Crédito e Sociedades Financeiras (RGICSF) e demais legislação, no que se refere à supervisão microprudencial, em base individual e consolidada, das instituições de crédito, sociedades financeiras e outras entidades tipificadas na lei.

**DJU - Departamento de Serviços Jurídicos** - O DJU presta serviços jurídicos em todas as matérias de relevância jurídica suscitadas no Banco de Portugal.

**DPG - Departamento de Sistemas de Pagamentos** - O DPG tem por missão essencial assegurar a intervenção do Banco de Portugal nos sistemas de pagamento e liquidação interbancária e de títulos, aos níveis nacional e internacional, e exercer as funções atribuídas por lei ao Banco de Portugal relativas à utilização do cheque.

**DGR - Departamento de Gestão de Risco** - O Departamento de Gestão de Risco tem por missão a identificação, avaliação e controlo dos riscos associados à atividade do Banco de Portugal, de forma a assegurar que os mesmos se mantêm em níveis consistentes com o perfil e grau de tolerância ao risco definido pelo Conselho de Administração do Banco.

### **2.3.3 Departamento de Emissão e Tesouraria - DET**

O estágio a que se refere este relatório decorreu no DET, no CC, mais especificamente no Núcleo de Manutenção e Desenvolvimento Tecnológico (NMDT), que é responsável, entre outras funções, pela manutenção de equipamentos e projetos tecnológicos associados ao saneamento e escolha de notas.

O DET, tal como já foi referido anteriormente, tem como missão fundamental gerir a moeda legal necessária à economia nacional, através da definição, propositura e implementação de estratégias e políticas no domínio da conceção, produção, distribuição e saneamento do meio circulante, de acordo com orientações superiores e em estreita articulação com os princípios estipulados na Lei Orgânica do Banco, por forma a adequar a respetiva evolução às orientações da política monetária. O DET assegura a gestão e coordenação do CC, da Filial no Porto e da Rede Regional. O organograma do DET está descrito na Figura 5.

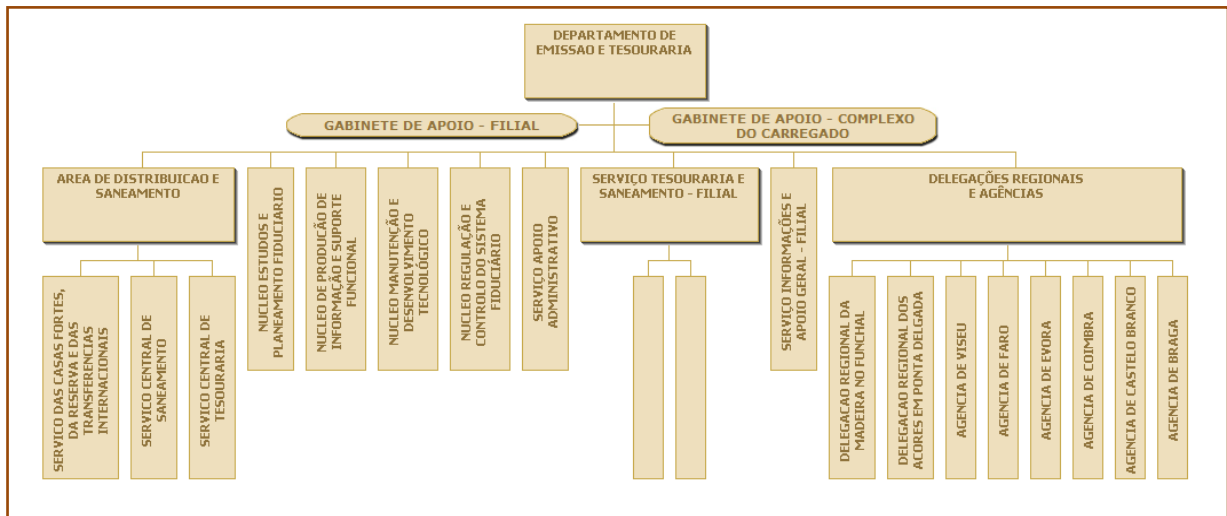


Figura 5 - Organograma do DET (BdP, Informação diversa, 2014)

A **Direção** é constituída por um diretor e três subdiretores (dois no CC e um na Filial), que têm como função gerir todo o departamento.

O **Gabinete de Apoio** tem como função assessorar diretamente a direção nos mais diversos assuntos e está dividido em duas localizações, uma no CC e outra na Filial.

A **Área de Distribuição e Saneamento** gere o Serviço de Casas Fortes e das Transferências Internacionais, que é responsável pela gestão de todas as casas fortes do CC e também pelas transferências de numerário internacionalmente, o Serviço Central de Saneamento, que é responsável pela escolha de notas no CC e pelo Centro Nacional de Contrafações, e o Serviço Central de Tesouraria, que é responsável pelas operações de tesouraria no CC e na sede.

**As Delegações Regionais e Agências** representam o Banco de Portugal perante o público em geral e nas Regiões Autónomas também perante os Governos Regionais.

**O Núcleo de Estudos e Planeamento Fiduciário**, tal como o próprio nome indica, é responsável por todos os estudos e planeamentos fiduciários, assim como todas as comunicações fiduciárias com o Banco Central Europeu (BCE).

**O Núcleo de produção de Informação e Suporte Funcional** é responsável por todos os sistemas informáticos do departamento, estando nalguns assuntos dependente de normas impostas pelo DOI.

**O Núcleo de manutenção e Desenvolvimento Tecnológico** é responsável por todos os equipamentos relacionados com a operação de numerário, assim como dos projetos com estes relacionados. É também responsável pelos testes de conformidade em equipamentos de numerário operados por profissionais ou pelo público.

**O Núcleo de Regulação e Controlo do Sistema Fiduciário** é responsável pela monitorização dos equipamentos e de operações com numerário efetuado pelas terceiras partes (banca comercial e similares), assim como todos os assuntos jurídicos do departamento, estando por vezes dependente de normas impostas pelo DJU.

**O Serviço de Apoio Administrativo** responsável por todo o apoio administrativo do departamento no CC.

**O Serviço de Tesouraria e Saneamento da Filial** responsável pela escolha de notas e pelas operações de tesouraria da Filial.

**O Serviço de Informações e Apoio Geral da Filial** é o serviço equivalente ao Serviço de Apoio Administrativo no CC.

## Capítulo II

---

### **3 Equipamentos e Tecnologias Atuais**

Este capítulo apresenta uma descrição do equipamento de escolha automática de notas BPS M7 e as suas principais características.

Na segunda parte do capítulo é apresentada uma descrição da linha de embalamento automático, dos seus componentes e do seu princípio de funcionamento.

### 3.1 Sistema de Escolha de Notas BPS M7

Este equipamento tem como principal função a segregação de notas suspeitas de serem contrafações e de notas impróprias para circulação devido à sua degradação.

A Figura 6 apresenta o sistema modular BPS M7 (*Banknote Processing System – Medium (size) n° 7*) para a o processamento e escolha de notas.

O sistema BPS M7, foi baseado estabelecido sistema BPS 1000, faz parte de uma nova geração de sistemas de processamento de notas em bancos centrais e outras entidades centrais que processem notas, tais como empresas de transporte de valores (ETVs) e em algumas instalações de bancos comerciais.

Estão instalados em todo o mundo, mais de 1,5 mil equipamentos do tipo BPS M7 e BPS 1000, sendo uma referência para o processamento de notas em bancos centrais e bancos comerciais em mais de 100 países.

O sistema BPS M7, sendo modular, pode ser configurado segundo as necessidades dos clientes. Está equipado com 2 a 20 acumuladores (saídas de notas com cintagem), e oferece uma elevada flexibilidade para uma configuração ideal.

De uma forma geral o equipamento BPS M7, possui duas opções para processamento de notas.



Figura 6 - BPS M7 (G&D, 2014)

Notas da mesma denominação:

- Orientação por faceamento e saída das notas escolhidas segundo os parâmetros de circulação, em macetes (conjunto de cem notas) cintados e, opcionalmente, em milheiros (conjunto dez macetes – mil notas).
- Saída para cintagem ou destruição em linha de notas que são impróprias para circulação.

Notas de diversas denominações:

- Processamento de depósitos em multidenominação num só processo, com separação por denominações e qualidade.
- Mesmo em países com mais de 50 séries diferentes, o BPS M7 tem capacidade para detectar as notas nas quatro orientações num só processamento, incluindo a verificação de autenticidade e a verificação qualitativa de circulação.

- O processamento com cartões de separação permite uma produtividade mais elevada, mantendo a contagem segura.

Este sistema tem capacidade de processar até 120 mil notas por hora, definindo assim novos padrões em relação à produtividade e, simultaneamente, assegura uma elevada exatidão de contagem e facilidade de operação. O processamento em modo contínuo e a alimentação automática de notas permitem operação ininterrupta e com um elevado desempenho para a sua classe de produto.

### **Sensores e medição**

O equipamento BPS está dotado de vários tipos de sensores para análise e escolha de notas durante o processamento, entre os quais se destacam o *NotaScan Image* (captura a imagem da nota através de câmara), representado na Figura 7, e o *NotaScan Profile* (analisa a espessura da nota através de ultra sons) que se pode observar na Figura 8 em conjunto com o *NotaScan Image left* e *NotaScan Image right* (são dois sensores iguais montados em oposição de forma a analisar ambas as faces das notas. Na Figura 8 o *NotaScan Profile* é o sensor que se encontra na parte superior, sendo este sensor constituído por duas metades *left* e *right*).

O *NotaScan Image* é um sensor de resolução que permite uma fiabilidade e reprodutibilidade de cor e o sensor *NotaScan Profile* é um sensor de espessura que cria uma “imagem” da nota baseada na espessura desta.



Figura 7 - Sensor NotaScan Image (G&D, 2014)

Os sensores *NotaScan Image* e *NotaScan Profile*, apresentados na Figura 8, num sistema de transporte sem correias na zona de análise, são padrões internacionalmente reconhecidos no mundo de processamento de notas, oferecendo uma solução de desempenho caracteristicamente elevada. Estes sistemas de sensores de última geração asseguram uma elevada avaliação de autenticidade e qualitativa de notas para circulação.

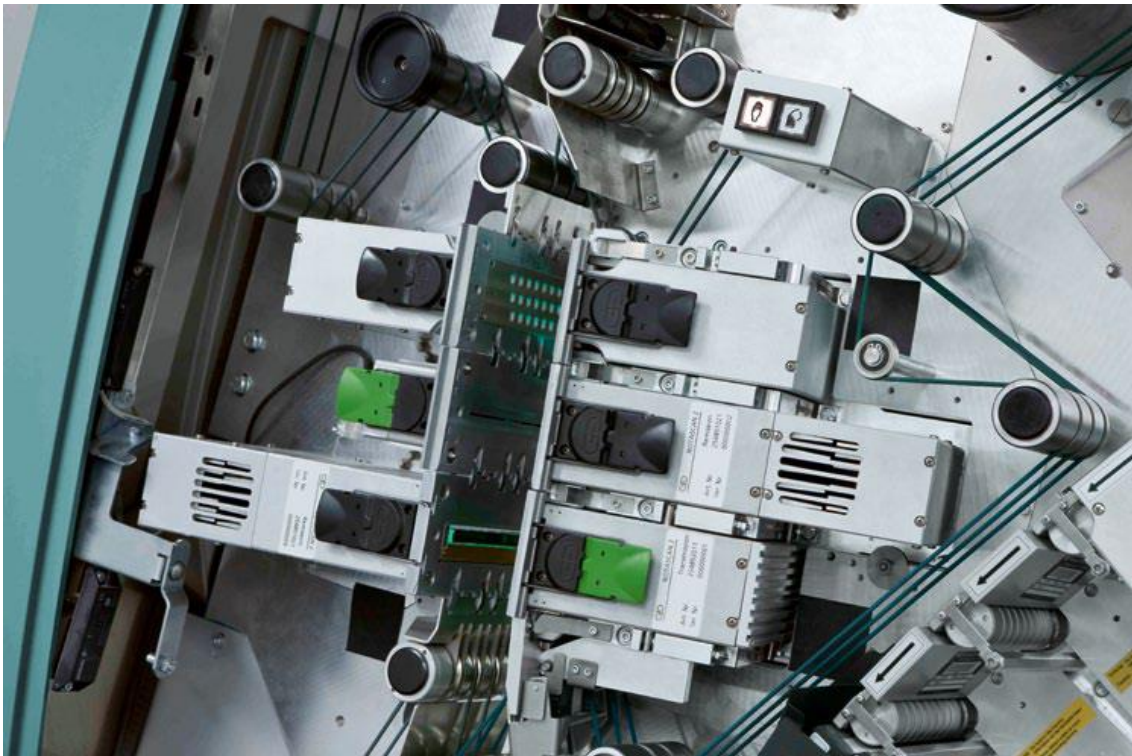


Figura 8 - *NotaScan Image* com transporte de notas sem correias (G&D, 2014)

O sistema BPS M7 é dotado de 12 pontos possíveis de instalação de sensores, 8 dos quais duplos (esquerdo e direito), sendo possível a instalação de sensores para soluções individualizadas, e ainda a integração de outros sensores mais específicos. A versão de série da zona de medição vem equipada com um sistema de transporte guiado por correias, que permite a medição em toda a superfície da frente e verso das notas bancárias, exceto na zona das correias. Este sistema de correias cilíndricas transporta as notas de forma

extremamente cuidadosa e segura, mesmo as notas de baixa qualidade. A opção, secção de medição sem correias Figura 8, que é a existente no BdP, permite o transporte de notas bancárias, sem correias, na área dos sensores *NotaScan Image* e do sensor de espessura *NotaScan Profile*. Isto faz com que as suas propriedades sejam igualmente avaliadas, mas em toda a superfície sem exceção.

### **Redundância**

Existe um armazenamento redundante de todos os dados de contagem e balanço de contas que oferece segurança máxima contra uma eventual perda de dados.

Isso inclui:

- Alimentação através de baterias integradas e ininterrupta para proteção contra falhas de energia.
- Sistema de base de dados *Oracle* com conceito de transação segura e função de *backup*.
- Memória *RAM* com alimentação permanente (bateria) nos controladores descentralizados.
- Recuperação de dados após falha de componentes com base em registos redundantes.
- Discos rígidos duplos (informação duplicada) com recuperação de todos os dados após falha de um dos discos rígidos.

### **Administração de utilizadores**

A administração de utilizadores é realizada a nível central e também pode ser feita num computador, independentemente da máquina.

- O cliente pode definir e alterar os grupos e direitos de utilizadores e guardá-los em cartão com *chip*.
- Cada utilizador é identificado por um cartão com *chip* pessoal e com *PIN* de acesso.

- Também é possível a administração de utilizadores de diferentes máquinas no caso de alteração do *PIN*.
- É possível usar o mesmo cartão com chip em máquinas e locais distintos.
- Para certas operações, como o desbloqueamento de notas na área de destruição, pode definir-se a exigência de *log-in* de um segundo operador ou supervisor (princípio dos quatro olhos).

### **Arquitectura de fonte única**

Os programas, adaptações e todos os parâmetros de configuração correspondentes são memorizados num único ponto do sistema, o computador principal e são distribuídos a partir daí quando ao iniciar o sistema. Isto assegura que todos os sistemas se comportam de modo semelhante e que as atualizações do *software* só necessitam de ser carregadas num único ponto.

### **Rede**

O sistema BPS M7 pode ser diretamente ligado ao sistema informático do cliente para a transferência de relatórios em formato digital. O *Windows XP* e a base de dados Oracle fornecem uma plataforma para a transmissão de dados de forma flexível e segura. Além disso, a G&D oferece amplas soluções de *software* para o processamento de numerário:

- Sistema de gestão de *Cash Center CompassCM* para balanço de depósitos e gestão de tratamento e administração de notas.
- Sistema de Informação de Gestão (*Management Information System – MIS*) para um registo e análise intersistema do processamento de notas centralmente, incluindo a alteração dos níveis da qualidade das notas em circulação.

### **Formação de pacotes e embalamento (opcional)**

A formação automática *online* de pacotes, apresentada na Figura 9, embala 10 ou, opcionalmente, 5 milheiros cintados com uma película de polietileno transparente, com uma largura de 75 a 106 mm, em função do formato das notas. Isto permite o transporte seguro das notas para um sistema de embalamento totalmente automático ou para processamento manual.

Vantagens da formação de pacotes em linha:

- Não exige espaço adicional junto do equipamento devido à integração completa no módulo de saída.
- Segurança dos pacotes:
  - Colocação segura dos milheiros, ou meios milheiros, no tapete de saída.
  - Ajuste automático à altura do pacote, que varia com a qualidade das notas.
  - Transferência sem impacto dos pacotes para o tapete de transporte, mesmo em sistemas com 20 acumuladores de saída.
  - Película transparente para o controlo visual dos pacotes em toda a sua periferia.
- Possibilidade de montagem posterior da opção de formação de pacotes no local.



Figura 9 - Módulo de saída de dispositivo de embalagem (G&D, 2014)

### 3.2 Sistema de Embalamento de Notas

O sistema de embalamento de notas recebe conjuntos de notas, compostos por dez macetes, denominados por milheiro como referido anteriormente, cintados com uma película plástica relativamente frágil, proveniente do sistema de escolha BPS M7.

Este sistema de embalamento de notas, também conhecido como linha de embalamento automático, é composto por um conjunto de transportadores que recolhem os diversos milheiros das diversas máquinas e os transportam para uma zona de convergência, existem várias áreas que se podem distinguir e denominar por zona de ensacamento, zona de pesagem, zona de carga, zona de *buffer*, zona de descarga, zona de encaixotamento, zona de etiquetagem e zona de armazenamento.

### **Zona de Ensacamento**

Na zona de ensacamento os milheiros são envoltos numa película plástica retrátil perfurada (para permitir sair o ar que se encontra no interior) que de seguida passa por um túnel de ar quente onde essa película é retraída de modo a convergir à forma do milheiro.

Este embalamento tem como função principal dar consistência à embalagem individual de milheiro, por forma a que se possa manusear durante o restante embalamento sem que haja a possibilidade de a embalagem romper e o produto ser espalhado aleatoriamente. Uma outra função é dar um bom aspeto visual à embalagem.

### **Zona de Pesagem**

Antes de serem pesados os milheiros passam individualmente por um leitor de código de barras que lê a etiqueta de milheiro (esta etiqueta é colocada a saída de cada máquina) para identificar a denominação por forma a saber o peso alvo de cada milheiro, passando depois pelas respetivas balanças (uma redundância de duas por segurança) e verificando efetivamente se os milheiros são compostos por dez macetes.

### **Zona de Carga**

Depois da verificação das balanças, os milheiros passam novamente num outro leitor de código de barras para identificar a máquina que o produziu e enviá-lo para o *buffer* do respetivo armazém.

### **Zona de Buffer**

Na zona de *buffer*, apresentada na Figura 10, cada *buffer* é constituído por duas secções, uma de entrada e outra de saída. A secção de entrada vai acumulando os milheiros até atingir a quantidade de dez (uma caixa), após o décimo trafere-os para a secção de saída onde ficam a aguardar até haver uma oportunidade de descarga para a encaixotadora.

Durante a transferência, caso venha algum milheiro para o mesmo armazém, este é enviado para uma zona de rejeição onde posteriormente o operador pega nele manualmente e o coloca novamente na linha na zona após o túnel de ar quente.

Após a transferência, mesmo que os milheiros da zona de saída ainda não tenham sido descarregados, o *buffer* fica pronto para receber mais dez milheiros.

Os *buffers* são configuráveis em função do equipamento de escolha e do armazém.



Figura 10 - Sistema de embalamento - *Buffers*

### **Zona de descarga**

A zona de descarga dos *buffers* é constituída por um tapete móvel (no sentido vertical) que faz a recolha dos milheiros dos tapetes de saída dos *buffers* e por um tapete que descarrega na entrada da encaixotadora. A descarga de milheiros do *buffer* de saída é feita em dois tempos (cinco milheiros de cada vez), passando por um percurso curto entre os *buffers* e a encaixotadora onde se encontra um leitor de código de barras que lê o código individual de

cada milheiro que posteriormente são guardados em base de dados sob o código individual de caixa.

### **Zona de Encaixotamento**

A zona de encaixotamento, um equipamento da marca Prodec que se pode observar na Figura 11, é constituído por uma zona de acumulação na entrada onde vai agrupar os milheiros em duas camadas de cinco, uma zona de formação onde forma a caixa e introduz no seu interior os milheiros previamente agrupados e por uma zona de selagem onde a caixa é fechada com uma fita de segurança antes de ser expelida para o exterior.

### **Zona de Etiquetagem**

Antes de entrar na zona de etiquetagem propriamente dita, a caixa é pesada para verificar se contém os dez milheiros, de seguida se o peso estiver correto é levada para a zona de etiquetagem de caixas, caso contrário é enviada para uma zona de rejeição de caixas, também visível na Figura 11.

A zona de etiquetagem é constituída por quatro etiquetadoras dotadas de rolos de etiquetas de quatro denominações diferentes (o sistema só permite trabalhar com quatro denominações diferentes em simultâneo) como se pode observar na Figura 11.



Figura 11 - Sistema de embalamento – Etiquetagem de caixa

Na zona de etiquetagem a caixa pára em posição de aplicação junto à impressora correspondente (dependendo da denominação) para a respetiva aplicação de etiqueta e em seguida é encaminhada para o armazém de acumulação respetivo. A etiqueta (com dois códigos iguais impressos lado a lado) é aplicada sobre uma das arestas verticais do topo frontal, ficando metade da etiqueta numa face e a outra metade na outra face. Este tipo de aplicação serve para o código ficar visível de dois lados diferentes e facilitar assim a sua identificação em armazém (casa forte).

As etiquetadoras são configuráveis em função da denominação.

### **Zona de Armazenamento**

A zona de armazenamento é constituída por cinco elevadores com capacidade para quatro caixas cada e que cada um corresponde a um equipamento de escolha e um *buffer* diferentes. Esta correspondência é configurável.

As caixas são retiradas dos elevadores manualmente por um operador e colocadas em paletes.

Um sistema de paletização automatizado, devido ao seu custo e em função do volume de trabalho, não é viável.

## Capítulo IV

---

### **4 Visão por Computador e Algumas Funções Associadas**

Este capítulo apresenta uma breve descrição do princípio da visão por computador e alguns dos princípios de análise de imagem por este efetuada.

Em seguida apresenta uma descrição sucinta de algumas funções ou dos seus princípios utilizados no algoritmo.

## 4.1 Visão por Computador

A visão por computador é uma tecnologia atual e em expansão, que permite o desenvolvimento de sistemas artificiais, que usam a informação de imagens ou outros dados multidimensionais, aumentando a autonomia e a eficiência dos sistemas industriais. (UMinho, 2004)

A Figura 12 mostra um esquema simplificado de visão por computador, o qual se descreve seguidamente:

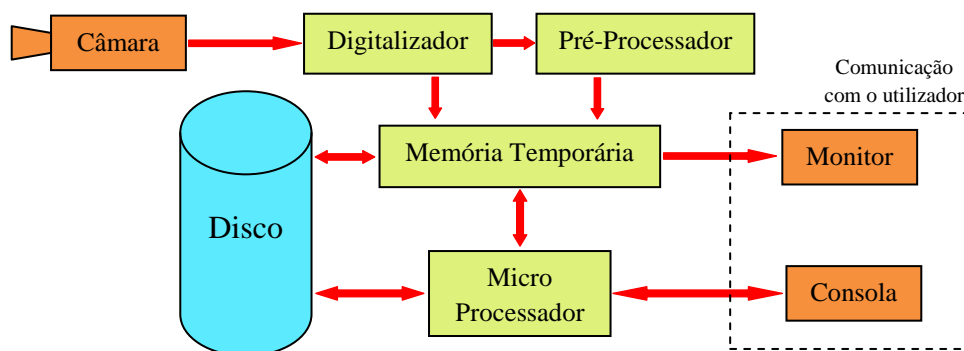


Figura 12 - Esquema de Visão por Computador (UMinho, 2004)

### Câmara

Na câmara a imagem é capturada por um (ou mais) sensor que tem elementos sensíveis à energia (gama do espectro) e que a converte numa tensão (sinal contínuo).

Esta captura pode ser feita numa ou várias faixas de cor (escala de cinzentos ou RGB – vermelho, verde e azul).

### Digitalização

A tensão dada pelo sensor é amostrada e quantizada, isto é, o valor é agrupado em intervalos fixos e associado a valores inteiros. Cada *pixel* da imagem corresponde a um

valor, ou seja a imagem é dividida numa matriz bidimensional onde cada célula (*pixel*) está associada a um dos valores referidos.

O resultado é uma matriz de M linhas por N colunas, dependendo da resolução da imagem (M×N), em que cada termo da matriz corresponde a um *pixel* da imagem, como está representado na Figura 13.



Figura 13 – Digitalização de Imagem

### Pré-Processador

O pré-processamento de uma imagem digitalizada consiste principalmente em transformações lineares e não lineares para remoção de ruído, melhoramento de contraste, entre outros.

Muitos dos métodos de processamento de imagem consistem na manipulação de propriedades estatísticas das imagens, como por exemplo o brilho e o contraste.

O brilho é dado pelo valor médio de todos os *pixéis* da imagem e contraste pelo desvio padrão.

Se  $\bar{v}$  for o brilho da imagem,  $v(i,j)$  a intensidade do *pixel* da linha “i” coluna “j” e o contraste for  $\sigma$ , tem-se:

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i,j} u(i,j) \quad \text{e} \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i,j} (u(i,j) - \bar{u})^2}$$

### **Memória Temporária**

A memória temporária (*frame buffer*) é o primeiro local onde a imagem é armazenada. A partir daqui a imagem pode ser guardada em disco rígido ou outro sistema de armazenamento de caráter mais permanente, podendo ser ainda enviada para um monitor ou para um processador para qualquer tipo de processamento definido. Esta memória faz também a comunicação entre o sistema de armazenamento, o processador e o monitor.

### **Monitor**

O monitor é um dos sistemas de interface com o utilizador, e é através dele que o sistema apresenta a informação para o utilizador.

### **Disco**

O disco é o local de armazenamento de informação, pode tratar-se de um disco rígido ou de outro sistema de armazenamento a longo prazo (e.g. memória *flash*).

### **Micro Processador**

O micro processador é o sistema que vai processar e analisar a imagem de forma previamente definida ou mesmo definida no momento pelo utilizador através dos canais de comunicação entre este e o sistema (monitor, consola, teclado, e outros similares).

É aqui que é feita a extração de características (texturas, formatos, e outras), a segmentação da imagem, no caso de se querer separar um ou mais objetos de interesse da imagem e é também feita a extração de dados para uso imediato ou posterior.

## **Consola**

A consola é um dispositivo através do qual o utilizador introduz comandos para o sistema.

## **4.2 Técnicas de Processamento de Imagem**

Esta secção aborda de forma sucinta algumas funções que são normalmente usadas em processamento de imagem. (Fu, 1987)

### **Imagem RGB e Respetiva Conversão em Escala de Cinzento e Binário**

A imagem RGB é uma imagem colorida digital muito semelhante à visão humana.

RGB é a abreviatura do sistema de cores aditivas formado por Vermelho (*Red*), Verde (*Green*) e Azul (*Blue*). O propósito principal do sistema *RGB* é a reprodução de cores em dispositivos eletrónicos como monitores de TV e computador, *datashows*, *scanners* e câmaras digitais, assim como na fotografia tradicional.

Numa captura de imagem, os sensores usados para esse fim, fazem a captura nas três faixas de cor mencionadas.

Usando uma função *Matlab*, filtrou-se uma imagem *RGB* nas diferentes faixas de cor, e resultado pode ser observados na Figura 14, salienta-se o facto de que as imagens resultantes são apresentadas numa escala de cinzentos, no entanto a diferença é notória. A imagem superior esquerda é a imagem *RGB* original, a superior direita é a imagem filtrada na cor vermelha (*R*), a inferior esquerda é a imagem filtrada na cor verde (*G*) e a inferior direita é a imagem filtrada na cor azul (*B*).

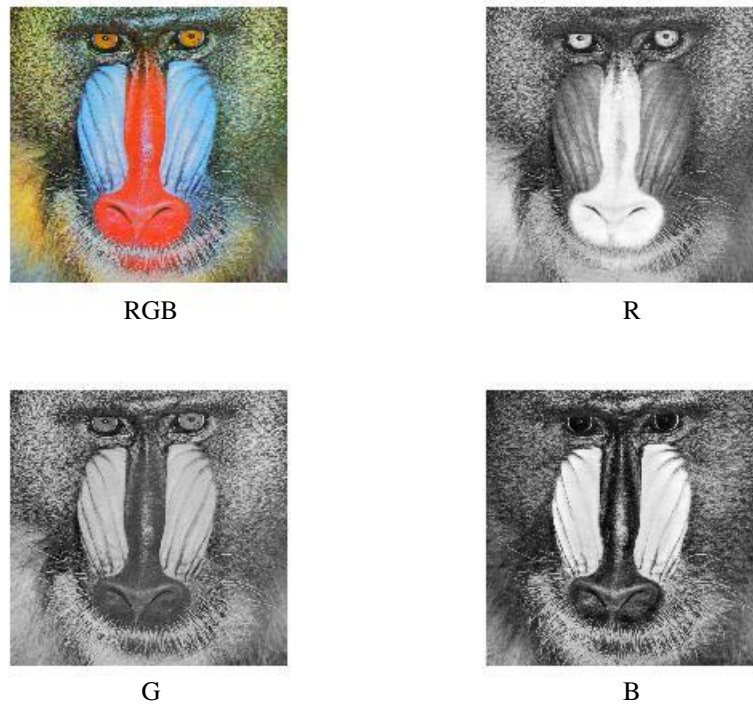


Figura 14 - Imagem RGB e as suas três componentes

Para converter uma imagem RGB em escala de cinzentos, é necessário obter as primitivas das três cores em separado e de seguida adicionar 30% do vermelho, 59% do verde e 11% do azul, independentemente da escala utilizada (0.0 a 1.0, 0 a 255, ou 0% a 100%) estas percentagens estão relacionadas com a perceção visual humana.

$$I = R + G + B$$

Em processamento de imagem, uma imagem em escala de cinzentos (vulgarmente chamada de imagem a preto e branco) é uma imagem geralmente resultante do cálculo da intensidade da luz em cada *pixel* e em cada faixa do espectro electromagnético (como por exemplo, o espectro visível). Informaticamente, as imagens monocromáticas são armazenadas utilizando-se oito bits (um byte) por *pixel*, o que permite 256 intensidades possíveis, geralmente numa escala não linear, daí que a escala de cinzentos normalmente varie entre 0 e 255 (em situações específicas pode-se usar 16 bits em vez de oito).

Ao converter uma imagem RGB em escala de cinzentos, obtém-se um resultado semelhante ao da Figura 15.

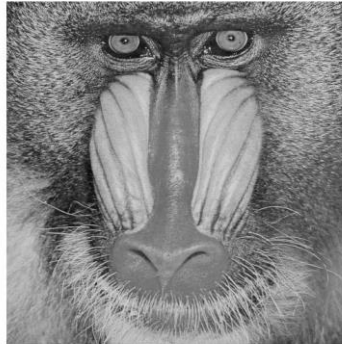


Figura 15 - Imagem em Escala de Cinzentos

Uma Imagem binária, é uma imagem digital na qual há apenas dois valores possíveis para cada *pixel*, 0 ou 1.

A conversão de uma imagem ( $I_0$ ) em escala de cinzentos numa imagem binária consiste simplesmente em escolher um valor na escala de cinzentos para ser a fronteira de conversão (*ths*), ou seja, abaixo desse valor cada *pixel* passa a ter o valor de 0 (preto) e acima o valor de 1 (branco).

$$I(i, j) = \begin{cases} 0, & I_0(i, j) < ths \\ 1, & I_0(i, j) \geq ths \end{cases}$$

A abaixo apresentada mostra a conversão de uma imagem em escala de cinzentos para binário.

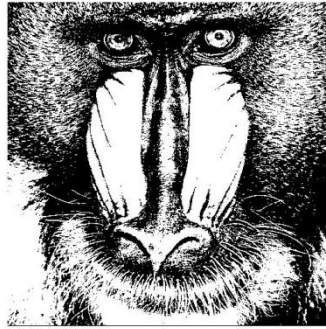


Figura 16 - Imagem em Binário

A Figura 17 mostra a conversão de uma imagem em escala de cinzentos (imagem superior esquerda) em imagens binárias usando diferentes níveis de conversão.

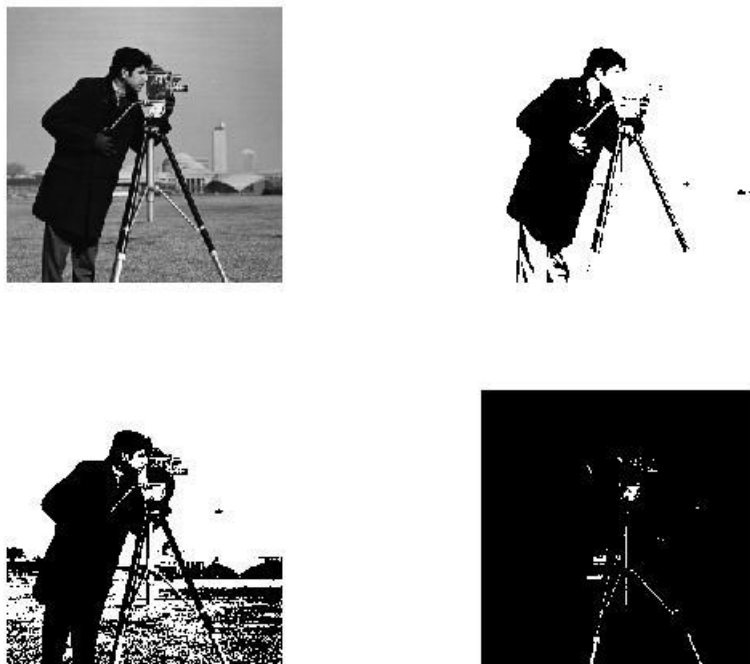


Figura 17 - Conversão para Binário em Diferentes Níveis

## Filtragem no domínio espacial

### Convolução

A filtragem de imagem é um processo que permite alterar a imagem ou realçar alguns aspetos do seu conteúdo. Por exemplo, permite a remoção de ruído, através da eliminação de componentes de alta frequência com um filtro passa baixo, ou então permitem realçar contornos de objetos através de uma filtragem passa alto selecionando as componentes de alta frequência. (Gonzalez & Woods, 2001)

A filtragem no domínio espacial realiza-se através da operação de convolução entre o conteúdo da imagem e os coeficientes do filtro. Esta convolução 2D é definida por

$$g(i, j) = I * h = \sum_{k=i-w}^{i+w} \sum_{l=i-v}^{i+v} I(k, l)h(i - k, j - l)$$

$g(i, j)$  representa o pixel filtrado,  $h(i, j)$  os coeficientes do filtro representados numa máscara 2D e  $I(i, j)$  o conteúdo da imagem original.

Ou seja, na operação de convolução, o valor de cada *pixel* da imagem filtrada resulta da média ponderada entre os *pixéis* da imagem original na sua vizinhança com os coeficientes do filtro. A Figura 18 apresenta um exemplo do processo de filtragem por convolução (MathWorks, 2013).

$$I_{(2,4)} = 1 \times 2 + 8 \times 9 + 15 \times 4 + 7 \times 7 + 14 \times 5 + 16 \times 3 + 13 \times 6 + 20 \times 1 + 22 \times 8$$

17	24	$1^2$	$8^9$	$15^4$
23	5	$7^7$	$14^5$	$16^3$
4	6	$13^6$	$20^1$	$22^8$
10	12	19	21	3
11	18	25	2	9

Figura 18 – Convolução do *pixel* (2,4) da imagem I

## Filtro de Média

O filtro de média é do tipo passa baixo muito útil para eliminar ruído com uma perda de qualidade mínima. A suavização da imagem é feita através da variação da janela (ordem de aplicação implementada), ou seja, quanto maior for a janela maior será a suavização na imagem, mas também maior será a perda de qualidade. A Figura 19 apresenta uma aplicação deste filtro.

$$G = h * I, \quad h = \begin{bmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{bmatrix}$$



Figura 19 - Imagem da Aplicação do Filtro de Média

## Filtro Gaussiano

Este filtro é também um filtro do tipo passa baixo, que funciona em função do desvio padrão que é usado no seu cálculo e que à semelhança do filtro de média, quanto maior for o valor utilizado maior será a suavização da imagem. No entanto é preciso ter atenção ao valor usado, uma vez que se este for muito grande a imagem irá degradar-se.

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

$\sigma$  é o desvio padrão. Com  $\sigma=0.3$  (o centro da máscara corresponde a  $(x,y)=(0,0)$ , todas as outras posições tem um incremento de 0.3 nas direcções x e y),

$$h = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.43 & 0.25 \\ 0.43 & 0.73 & 0.43 \\ 0.25 & 0.43 & 0.25 \end{bmatrix}$$

A Figura 20 apresenta o resultado da aplicação de um filtro de *Gauss*.

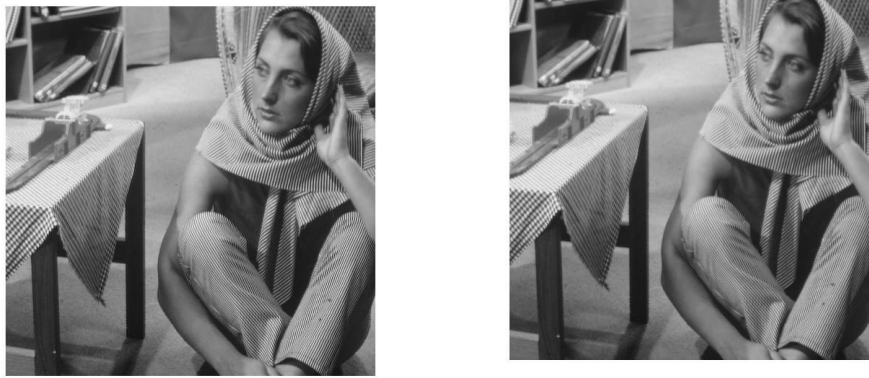


Figura 20- Imagem da Aplicação do Filtro de Gauss

### Filtro de Sobel

Este filtro tem como função realçar as transições e contornos de uma imagem. Para isso, usa os operadores de gradiente de modo a poder captar as várias direções de contornos existente.

A derivada ou gradiente ( $\nabla I$ ) é um vetor com módulo e direção da maior alteração de  $I$ . Este operador permite extrair por exemplo os contornos existentes numa determinada direção.

$$g_x = h_x * I \text{ e } g_y = h_y * I$$

Com módulo e fase

$$G = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad \theta = \tan^{-1} \left( \frac{g_y}{g_x} \right)$$

$h_x$  e  $h_y$  são os operadores de direção horizontal e vertical respetivamente.

Os operadores de *Sobel* são definidos por:

$$h_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad h_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

A matriz  $G$  corresponde à imagem filtrada resultante.

A Figura 21 apresenta uma aplicação de um filtro de *Sobel*.



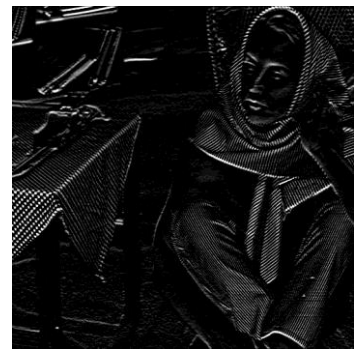
I – Imagem original



$g_y$  – Contornos horizontais



$g_x$  – Contornos verticais



$G$  – Contornos verticais e horizontais

Figura 21 - Imagem da Aplicação do Filtro de Sobel

## Remoção de Pequenos Objetos Indesejados na Imagem

Por vezes durante o processamento de imagem surgem ruídos ou pequenos objetos que nos dificultam a análise da imagem. Essa imagem pode “limpa” se removermos esses pequenos objetos, bastando para isso definir um número mínimo de *pixéis* para cada objeto, assim, deste modo, todos os objetos que tenham um número de *pixéis* inferior ao definido serão removidos.

Na Figura 22 poderemos observar o resultado da remoção de pequenos objetos numa imagem.



Figura 22 - Resultado da remoção de pequenos objetos numa imagem binária

Uma outra forma de melhorar as imagens dos objetos pretendidos é através de operadores de erosão e dilatação. O operador de erosão remove os *pixéis* mais exteriores da região e o de dilatação adiciona uma camada de *pixéis* à região. A utilização destes operadores pode ter alguns inconvenientes, tais como: divisão de uma região em duas e eliminação de pequenas regiões (que podem ser ou não ruído) para a erosão, junção de duas regiões numa só e preenchimento de pequenas concavidades (que podem ser ou não ruído) para a dilatação. (Gonzalez & Woods, 2001)

A imagem da Figura 23 apresenta um exemplo de aplicação do operador de dilatação.

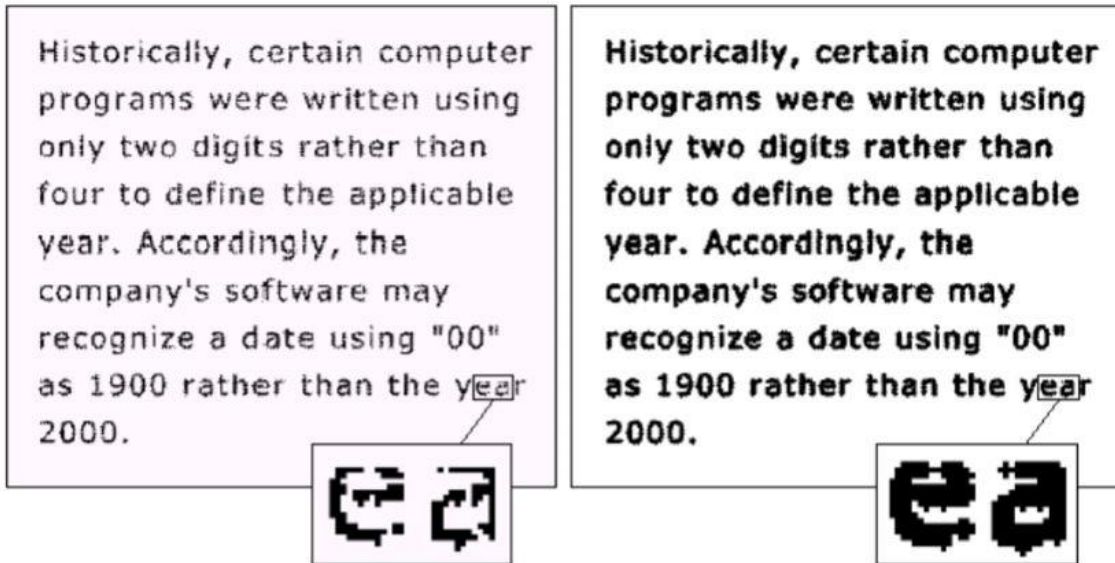


Figura 23 – Operador de dilatação (UMinho, 2004)

## Capítulo V

---

### 5 Controlo de Qualidade Baseado em Visão por Computador

Este capítulo aborda a descrição do algoritmo de controlo de qualidade para determinar o número correto de macetes em cada milheiro processado. Apresenta uma descrição pormenorizada das funções utilizadas.

## 5.1 O Algoritmo e Respetiva Descrição

A Figura 24 apresenta o fluxograma do algoritmo desenvolvido para deteção do número de macetes em cada milheiro na linha de embalamento automático de notas.

Este algoritmo é baseado na captação e processamento de imagens em sequência da linha de embalamento. O processamento de cada imagem capturada tem duas funções distintas.

- i. Verificar se existe milheiro na posição da câmara, e caso exista;
- ii. Executar todos os procedimentos necessários para contar o número de macetes em cada milheiro.

Para cada milheiro o número de macetes é verificado para várias imagens capturadas. A decisão final do número de macetes em cada milheiro resulta da ponderação dos resultados obtidos para as várias imagens processadas do mesmo milheiro. Em cada imagem são utilizados dois métodos distintos complementares para correção de eventuais erros.

Para efeitos de protótipo, a captação e processamento é realizado utilizando Matlab®-Image Processing Toolbox (Matlab, 2013).

O algoritmo é composto por dois ciclos distintos, um de aquisição de imagem e deteção de milheiro e outro de contagem de macetes nas imagens em que aparece o milheiro.

No primeiro ciclo, a aquisição de imagem é feita a partir de uma câmara que adquire imagens para análise. A partir destes, é extraída e convertida uma imagem, onde se verifica se existe ou não um milheiro. Se não existir milheiro efetua nova aquisição.

O segundo ciclo é executado quando existe milheiro. Inicialmente elimina pequenos objetos e lacunas da imagem. Posteriormente, faz a deteção dos contornos dos objetos restantes, que à partida são os correspondentes aos macetes de cada milheiro. Usando o resultado anterior, realiza uma segunda verificação baseada na largura dos objetos detetados.

Por fim, depois de analisadas todas as imagens do mesmo milheiro, é feita uma análise ponderada dos resultados dessas imagens e definido um resultado final, que corresponde ao valor que é detetado mais vezes nas imagens do mesmo milheiro.

Numa primeira fase para desenvolvimento e teste capturou-se um vídeo nos moldes aproximados em que o sistema irá funcionar. Este sistema de funcionamento é muito útil, pois permite que se estude e desenvolva o sistema em qualquer lugar, sem que se esteja dependente do sistema de processamento e embalamento de notas.

O modo de funcionamento em teste permite o estudo de problemas que possam surgir, ou de novas variáveis que possam ser introduzidas no sistema.

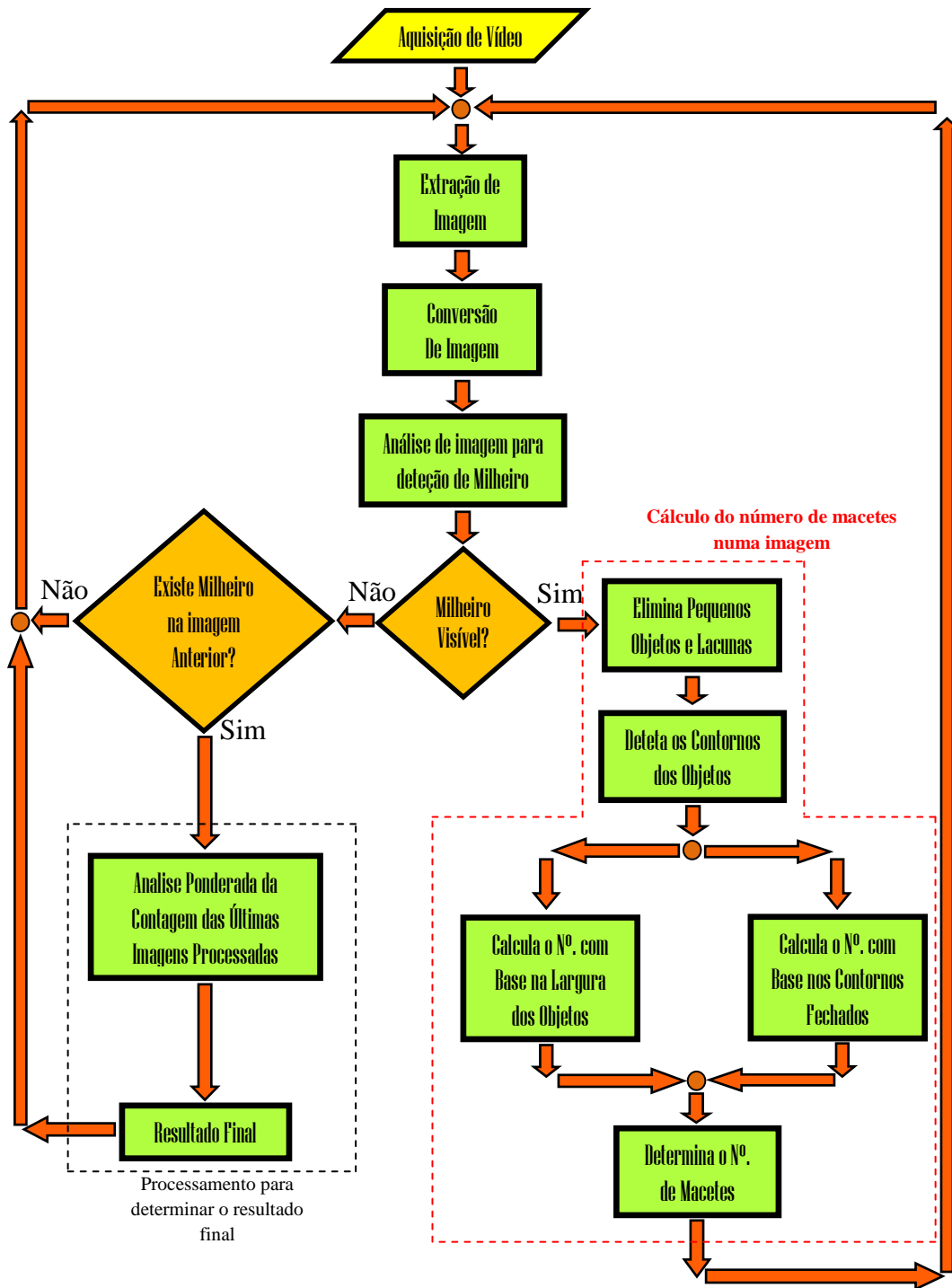


Figura 24 – Visão Global do Algoritmo de Contagem de Macetes

### 5.1.1 Descrição do Algoritmo

O algoritmo apresenta-se descrito módulo a módulo, onde no final de cada um é apresentado o respetivo código em *Matlab*.

#### Aquisição de vídeo

O vídeo é adquirido por uma câmara de alta definição. Este pode ser guardado em disco para análise posterior.

#### Aquisição de Imagem

Neste módulo as imagens a analisar são lidas, uma por cada ciclo de análise. No modo *offline*, a sequência de vídeo previamente gravada é lida segundo uma frequência de imagem desejada, que pode ser diferente da frequência usada na aquisição. No modo *online*, o sistema adquire e processa cada imagem em modo contínuo.

À esquerda na Figura 25 está representada uma imagem capturada pela câmara.

Em seguida essa imagem é redimensionada, usando uma janela fixa, por forma a seleccionar a área de interesse, onde poderia ocorrer a existência de ruído ou outros efeitos indesejados, ou seja, a imagem fica reduzida unicamente à zona onde é possível surgir o objeto (milheiro), como se pode observar à direita na Figura 25.

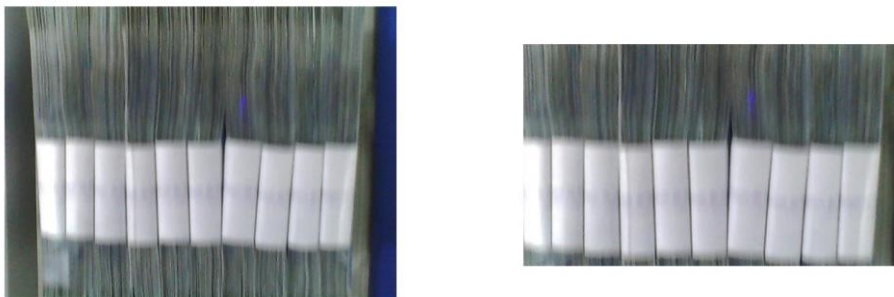


Figura 25 - À esquerda a Frame lida e à direita a Frame recortada

```
Img = imcrop(singleFrame,[60 80 550 320]);%redimensiona a imagem
```

### Conversão de Imagem

Neste módulo do algoritmo a imagem é convertida de “*RGB*” para uma imagem em escala de cinzentos, como mostra a Figura 26 à esquerda. Esta conversão consiste em eliminar a cor e manter a luminosidade, atribuindo-lhe valores que variam entre 0 e 255. Estes valores são guardados numa matriz da mesma dimensão da imagem, onde cada termo corresponde a um *pixel*.

```
Igray=rgb2gray(Img); %Converte a imagem rgb numa imagem de cinzentos
```

Em seguida é calculada a média de cada *pixel* da imagem e subtraído este valor a cada *pixel* da mesma imagem, eliminando assim as saturações, como está representado na Figura 26 à direita. A nova imagem irá ficar consideravelmente mais escura, no entanto, como no final só interessa os objectos que estão a branco, ou seja com valores próximos de 255, essa situação não constitui um problema, mas sim uma maior facilidade em analisar os objectos.

```
Iav=mean2(Igray);%calcula a média  
Igray1=Igray-Iav;%subtrai a média à imagem
```

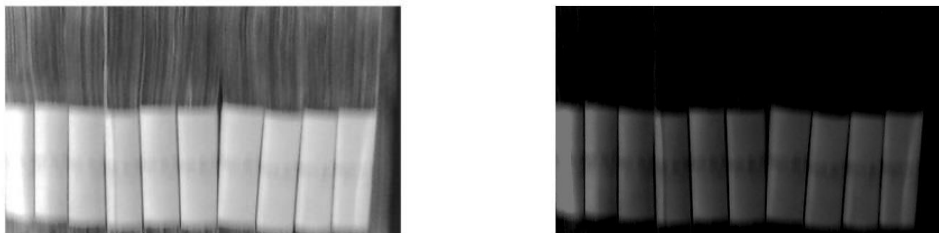


Figura 26 - À esquerda imagem em escala de cinzentos e à direita a mesma imagem após subtrair a média

Seguidamente a imagem é convertida de uma escala de cinzentos para binário, como se pode observar na Figura 27, ou seja, para preto e branco, de acordo com um intervalo definido. Nesta conversão todos os *pixéis* que tenham valores da escala de cinzentos entre 35 e 255 passarão a ter valor “1” (branco), os restantes valor “0”(preto). Este intervalo foi escolhido após alguns testes para verificar qual o valor a partir do qual as cintas apareciam bem definidas.

```
Iobj=roicolor(Igray1,28,100); %Converte a imagem em binário
```



Figura 27 - Imagem em binário

### **Análise de Imagem para Detecção de Milheiro**

Este módulo deteta se existe ou não milheiro na imagem.

Esta deteção é efetuada a partir do cálculo do valor médio quadrático (m.s.v.) dos *pixéis* da imagem, uma vez que, quando existe um milheiro dentro da imagem, o valor da média dos *pixéis* aumenta suficientemente como mostra na Figura 28. Pode verificar-se que o m.s.v. altera significativamente o seu valor quando o milheiro aparece na imagem.

Se existir milheiro entra no processamento para o cálculo do número de macetes numa imagem. Se não existir, entra no processamento para determinar o resultado final se for a última imagem do milheiro, caso contrário extrai nova imagem.

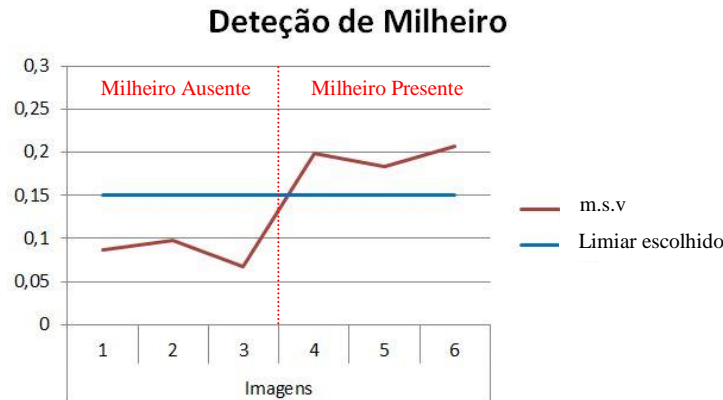


Figura 28 – Deteção de Milheiro

```
if (msv>0.15) % deteta a entrada do objeto
```

## Cálculo do Número de Macetes numa Imagem

### Elimina pequenos objetos e lacunas

Devido à existência de artefactos na imagem, foi necessário usar um filtro para proceder à sua remoção e assim obter melhores resultados.

Este filtro remove todos os objetos e lacunas que tenham uma dimensão inferior a um determinado número de *pixéis*, mas com pelo menos 8 ligados entre si. Neste caso, o valor de *pixéis* abaixo do qual vão ser eliminados é de 5000, uma vez que após testar com este valor, a imagem ficou limpa de objetos ou lacunas com dimensão inferior às cintas dos macetes. No teste usou-se múltiplos de 1000 até atingir o valor final utilizado.

```
BWAREAOPEN Imagem binária morfológicamente aberta (remove pequenos
objetos).
BW2 = BWAREAOPEN(BW,P) remove de uma imagem binária todos os componentes
(objetos) ligados que tenham menos de P pixéis criando outra imagem
binária BW2. A ligação por defeito é 8 para duas dimensões, 26 para três
dimensões, e CONNDEF(NDIMS(BW),'maximal') para dimensões superiores.
(Matlab, 2013)
```

Na Figura 29 pode observar-se a diferença entre o antes e depois de aplicar o filtro e podemos também verificar que a imagem se encontra invertida, isto deve-se ao facto de a função usada no filtro (“*bwareaopen*”) só funcionar para os *pixéis* com valor “0”, pelo que foi necessário inverter a imagem antes de aplicar o filtro.

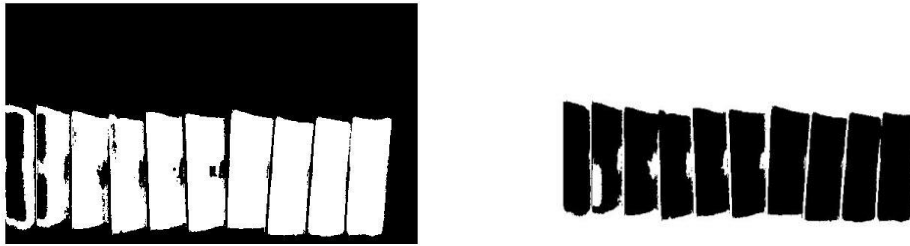


Figura 29 - Imagens antes e depois de aplicar o filtro de remoção

### Deteção de Contornos e Segmentação dos Objetos

Neste módulo serão determinados os contornos dos objetos (as cintas de cada macete), em forma retangular (a forma que as cintas apresentam na imagem), a partir de uma estrutura em forma de retângulos planos com uma dimensão de pelo menos 100 linhas por 5 colunas. Esta estrutura é realizada pela função *STREL*. Esta cria a estrutura de forma rectangular plana com a dimensão especificada.

```
SE = STREL('rectangle',MN) cria uma estrutura de elementos de forma
retangular plana com a dimensão especificada. MN tem de ser um vetor de
dois elementos inteiros positivos. O primeiro elemento de MN é o número
de linhas na vizinhança do elemento de estrutura; o segundo elemento é o
número de colunas. (Matlab, 2013)
```

A função acima referida, na prática, inicia a procura de *pixéis* com valor “1” percorrendo todas as linhas da imagem. Ao encontrar um *pixel* de valor “1”, faz a procura de *pixéis* com o mesmo valor na sua vizinhança, se o número de linhas e colunas desse conjunto de *pixéis* for igual ou superior ao valor MN identifica a estrutura, caso contrário ignora-a. Repete este procedimento até percorrer todos os *pixéis* da imagem.

A Figura 30 mostra o algoritmo desta função.

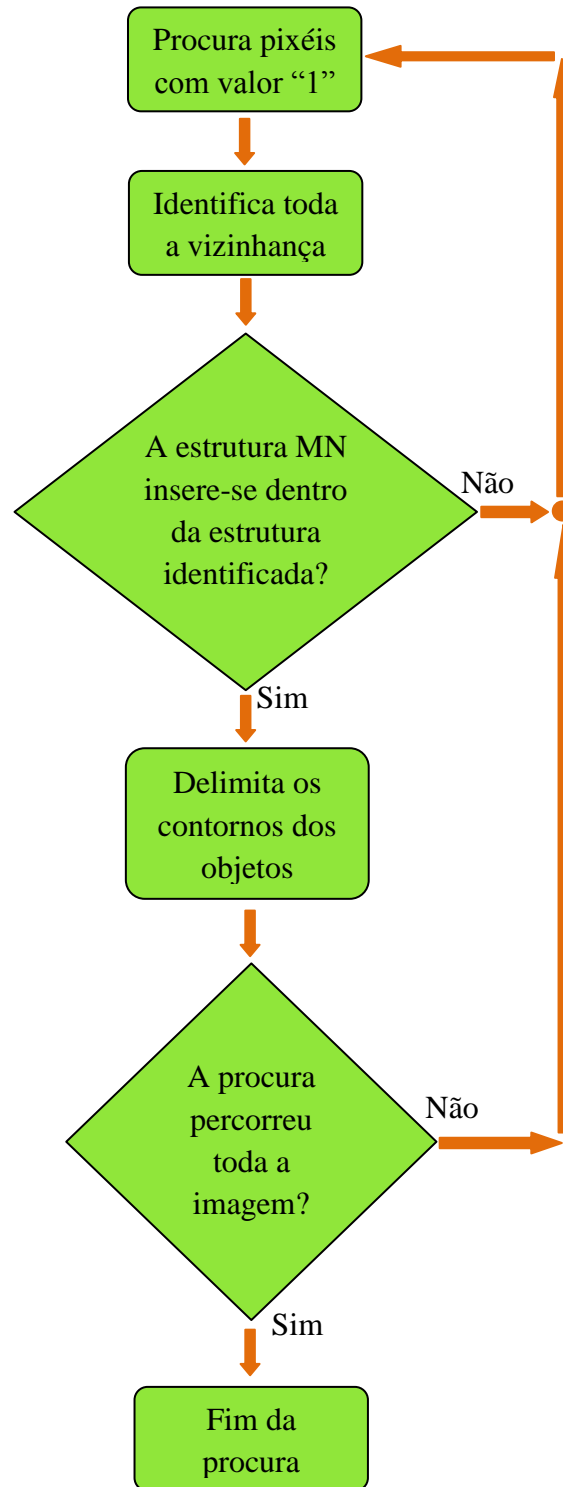


Figura 30 – Algoritmo da função *Strel*

Após terem sido traçados os contornos e com base nestes, é efetuado o fecho morfológico na imagem binária de modo a permitir identificar estes objetos separadamente e o resultado é o que se pode observar na Figura 31.



Figura 31 - Fronteiras dos objetos

```
bw3 = imclose(bw2,se); %Fecha as morfologias com os retangulos criados
```

### Identificação dos Vários Objetos

A segmentação dos objetos dá origem a um *array* de inteiros, baseados na imagem, onde cada *pixel* correspondente a um determinado objeto tem um mesmo valor.

Neste módulo é criada uma matriz bidimensional da imagem onde os termos da matriz de valor “0” correspondem ao fundo da imagem e os restantes corresponde a cada objeto sequencialmente, ou seja os termos que pertençam a primeiro objeto têm valor “1” e assim sucessivamente até “n”, onde “n” será o número total de objetos da imagem.

A Figura 32 apresenta a imagem dos objetos e a Figura 33 representa uma simulação reduzida da matriz dos objetos.



### Calcula o Número de Macetes com Base na Largura dos Objetos

No caso da contagem de objetos da imagem falhar, ou seja que dois ou mais macetes sejam contados apenas como um, vai ser possível detetar quantos macetes não foram contados. A Figura 34 identifica o problema detetado onde, em dois casos, dois macetes são reconhecidos apenas como um objecto.

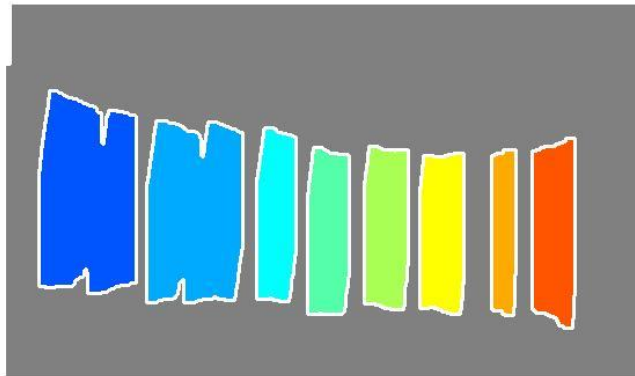


Figura 34 – Exemplo de macetes duplos

O algoritmo analisa a matriz de objetos a partir de três linhas distintas, uma centrada (ao meio da imagem), uma outra que dista 50 linhas para baixo e ainda uma que dista 50 linhas para cima, com o objetivo de efetuar uma contagem de objetos a partir dos termos da matriz diferentes de zero, como mostra a Figura 36.

A Figura 35 mostra um fluxograma do cálculo do número de macetes com base na largura dos objetos.

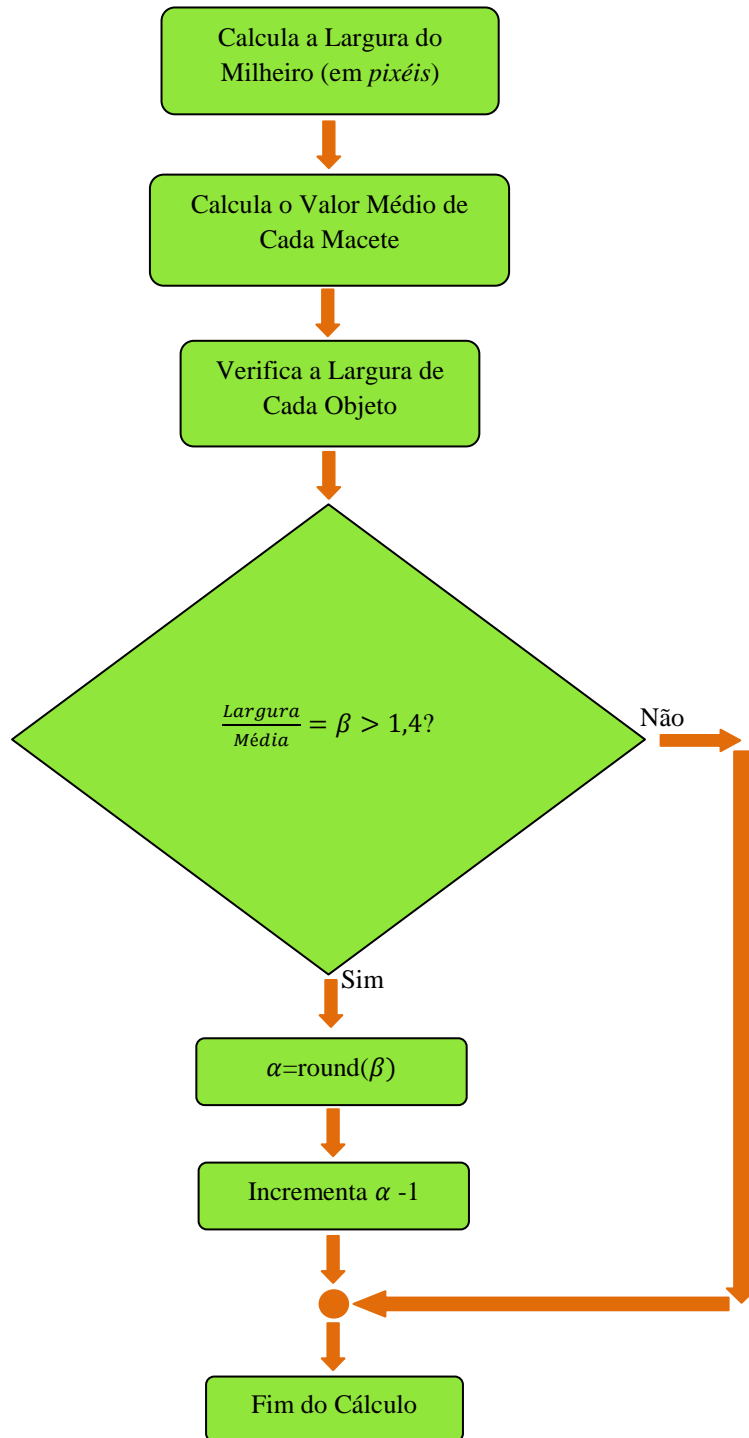


Figura 35 – Fluxograma do cálculo do nº de macetes com base na largura dos objetos



$$\frac{5}{2.2} = 2,27$$

O valor 2,27 arredondado dá 2, o que significa que são dois macetes.

### **Determina o Número de Macetes**

Se tiverem sido detetados macetes não contados no módulo “Calcula o N° de Macetes com Base na Largura dos Objetos”, neste módulo adicionam-se esses macetes não contabilizados ao valor determinado no módulo “Calcula o N° de Macetes com Base nos Contornos Fechados”.

### **Análise Ponderada da Contagem das Últimas Imagens Processadas**

Neste módulo, após processadas todas as imagens com o mesmo milheiro, verifica-se qual o resultado (contagem de cintas) que ocorreu com mais frequência no total de todas as imagens desse mesmo milheiro.

## **5.2 Resultados**

Esta secção apresenta os resultados obtidos pelo algoritmo proposto. O processamento de imagem é realizado em modo *offline*, ou seja a sequência de vídeo foi captada previamente. São apresentados os resultados do algoritmo de deteção de objetos i) sem a verificação da largura dos objetos; ii) com a verificação da largura dos objetos.

### **5.2.1 Resultados sem Verificação da Largura dos Objectos**

A Tabela 1 e o Gráfico 1 apresentam os resultados obtidos durante a análise de contagem de macetes nos milheiros. A decisão do número de macetes em cada milheiro resulta da análise do número de macetes detetados em cada imagem do mesmo. Como mostra a

Tabela 1, a decisão do número de macetes não é sempre correta, apresentando uma taxa de sucesso de 75%. As decisões erradas resultam de situações em que há empate no número detetado ou valores muito próximos do valor real mas não suficientemente fiáveis para que o sistema decida corretamente. Estes resultados levaram a ponderar o processamento adicional explicado anteriormente, cujos resultados se apresentam na secção seguinte.

<b>Indice</b> <b>Milheiro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>Resultado</b> <b>Final</b>
<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10
<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	10
<b>3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	10
<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	9
<b>5</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	10
<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	0	0	10
<b>7</b>	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0	0	8
<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	10
<b>9</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	0	0	10
<b>10</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	10
<b>11</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10
<b>12</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	0	9

Tabela 1 - Exemplos de resultados do vetor votação sem análise da largura das cintas

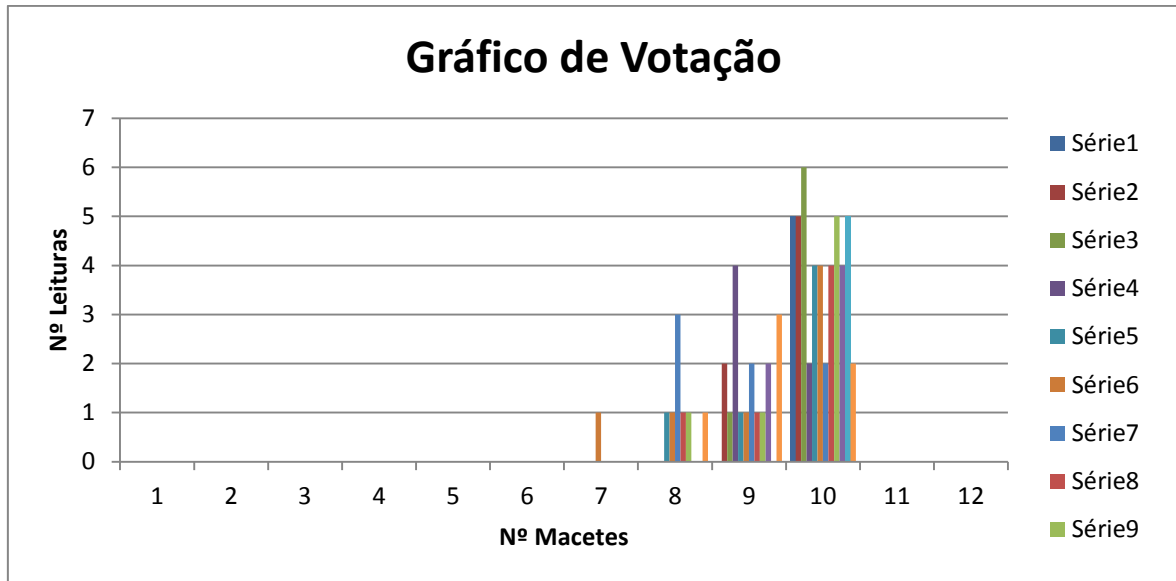


Gráfico 1 - Exemplos de resultados do vetor votação sem análise da largura das cintas

## 5.2.2 Resultados com a Verificação da Largura dos Objectos

A Tabela 2 e o Gráfico 2 apresentam os resultados obtidos durante a análise de contagem de macetes em alguns milheiros quando é acrescentada a verificação da largura dos objetos em cada milheiro. Os resultados obtidos apresentam uma taxa de sucesso de 100%, ou seja, o processamento inicial é corrigido e as votações que originavam valores errados de contagem deixam de existir.

Indice Milheiro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Resultado Final
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	10
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	10
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	10
5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	10
6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	0	0	10
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	10
10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	10
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	10

Tabela 2 – Exemplos de resultados do vetor votação com análise da largura das cintas

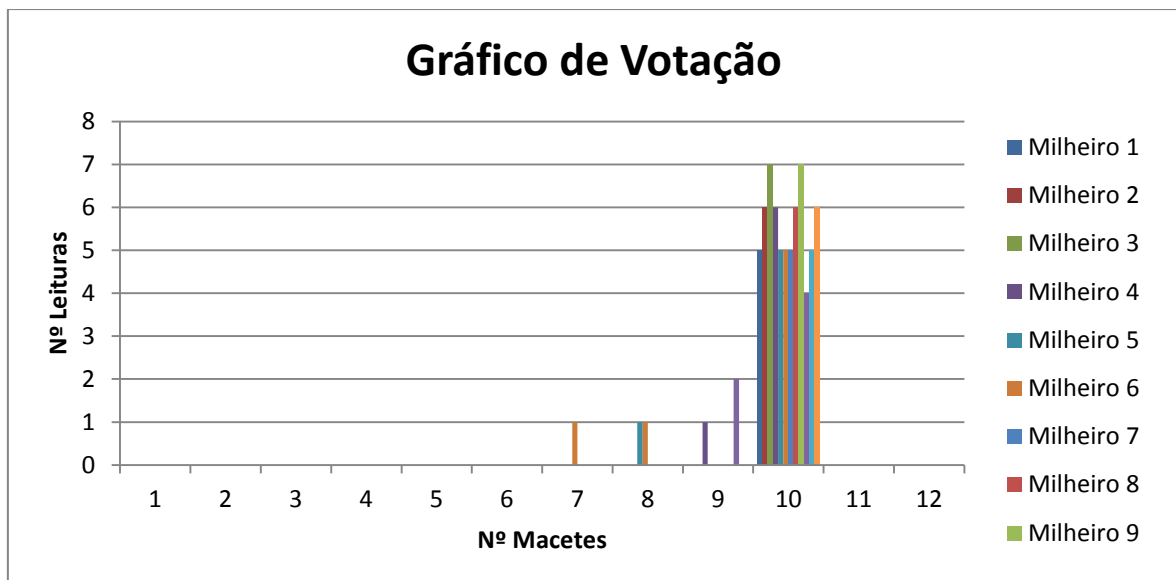


Gráfico 2 - Exemplos de resultados do vetor votação com análise da largura das cintas

Em conclusão, a contagem de macetes pelo método de análise da largura das cintas veio aumentar a eficiência do processo.

### 5.3 Processamento *Online*

O processamento *online* apenas difere do processamento *offline* na aquisição de imagem, uma vez que neste caso a captura de imagens é feita diretamente a partir da câmara.

```
vid = videoinput('winvideo',1,'RGB24_640x480') %ativa o video
vid.ReturnedColorSpace = 'rgb'%tipo de imagem
nframes = get(vid)%lê o video
Width=nframes.VideoResolution(1);%resolução
Height=nframes.VideoResolution(2);%resolução

singleFrame = getsnapshot(vid); %captura uma imagem em tempo real
Img = imcrop(singleFrame,[60 80 550 320]);%redimensiona a imagem
```

#### 5.3.1 Implementação

A Figura 37 apresenta duas imagens da implementação na linha de embalamento de notas.



Figura 37 – Montagem na linha de embalamento

Este projeto foi implementado em protótipo com um computador pessoal e uma *webcam* tendo-se revelado algo limitado para processamento em tempo real, com uma capacidade limitada de processar o número de imagens suficientemente grande para um resultado garantidamente fiável.

No entanto, dos testes experimentais realizados na linha de embalamento, conclui-se que usando iluminação adequada para o efeito e com capacidade de processamento, o método proposto é eficiente para a função de controlo de qualidade pretendida.

Para uma implementação industrial o algoritmo implementado deve ser transcrito para um processo industrial de visão por computador dedicado exclusivamente a este processamento ou seja, um computador com elevadas capacidades de processamento, uma câmara de elevada resolução e rapidez, ambos com capacidade para funcionar por longos períodos consecutivos.

## Capítulo VI

---

### 6 Conclusões

O estágio efetuado no Banco de Portugal foi bastante positivo a nível de enriquecimento de conhecimentos, uma vez que abordou temas tecnologicamente em expansão tais como a visão por computador, a análise e processamento de imagens. Este enriquecimento foi tanto pessoal como profissional, dado que a área de intervenção profissional está também relacionada com a análise e processamento de imagens e também com a visão por computador, uma vez que uma parte da análise das notas nos equipamentos de processamento automático usa este tipo de tecnologia.

Os estudos efetuados no decorrer deste projeto permitiram abordar áreas do processamento de imagens desde as mais elementares a outras mais complexas, tais como aquisição, redimensionamento, conversão, filtragem, segmentação entre outros aspectos tais como o processamento em tempo real.

Além destas áreas foi ainda abordado uma outra parte igualmente importante na visão por computador, a interpretação das imagens e a análise dos resultados. É esta parte que dá sentido à primeira, ou seja, é a partir daqui que se dá um sentido prático e útil à análise e processamento de imagens.

O trabalho de estágio permitiu o desenvolvimento de um protótipo para o sistema de controlo de qualidade que consiste num algoritmo de processamento de imagem implementado em *MATLAB* com um elevado grau de fiabilidade para a deteção do número de macetes em cada milheiro. O estudo serviu para dar indicações da viabilidade e exigências de um projeto desta natureza, identificar condicionantes a ter em consideração aquando do seu projecto e execução e de todas as vantagens que podem advir com a sua implementação.

Os resultados obtidos permitem afirmar que o algoritmo proposto apresenta-se como uma opção válida para uma futura implementação num sistema visão industrial. Apesar de uma implementação provisória, das condições de iluminação pouco favoráveis e do equipamento ser insuficiente (baixa capacidade de processamento), implementou-se o

sistema na linha de produção, onde processou imagens reais numa situação completamente normal para um dia de produção na linha de embalamento, e, ainda assim, obteve resultados promissores.

Para uma implementação industrial, o algoritmo implementado deve ser transcrito para um processo industrial de visão por computador dedicado exclusivamente a este processamento com capacidade para funcionar por longos períodos consecutivos.

## Bibliografia

---

BdP. (2014). Obtido em 12 de novembro de 2014, de <http://www.bportugal.pt>

BdP. (2014). *Banco de Portugal - Eurosystem*. Obtido em 12 de novembro de 2014, de <http://www.bportugal.pt>

BdP. (2014). Informação diversa. Banco de Portugal.

Fu, K. S. (1987). *Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence*. McGraw-Hill, Inc.

G&D. (2014). *Giesecke & Devrient*. Obtido em 15 de outubro de 2014, de <https://www.gi-de.com/pt>

Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2001). *Digital Image Processing 2nd Edition*. Prentice Hall.

MathWorks, I. (2013). *Image Processing Toolbox™ User's Guide*. MathWorks, Inc.

Matlab. (2013). *Patente N.º Matlab - Image Processing Toolbox*.

UMinho. (2004). Obtido em 12 de novembro de 2014, de <http://gec.di.uminho.pt/lesi/vpc0304/>.

Valério, N. (2004). O Escudo. In N. Valério, *O Escudo*. Banco de Portugal.