



Integração de sistema de visão em equipamento para aplicação autónoma de colas para o setor do calçado

Autores: Ana Pereira - INEGI; Philippe Pereira – INEGI; Ricardo Laranjeira/ Miguel Carneiro - TECMACAL

ENQUADRAMENTO

A indústria do calçado tem apresentado excelentes indicadores de desempenho posicionando-se como uma das indústrias mais inovadoras e dinâmicas no panorama nacional e com marcada vertente de internacionalização. O setor do calçado, constituído por 1 526 empresas, exportou em 2017 aproximadamente 95% da sua produção, perto de dois mil milhões de euros, cerca de 81 milhões de pares de sapatos. Um novo máximo histórico que faz esta indústria afirmar-se como uma das que mais contribui para a balança comercial nacional, e está a crescer há sete anos consecutivos, segundo dados estatísticos de 2018 da APICCAPS (Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, Artigos de Pele e seus Sucedâneos) [1].

RESUMO

O objetivo fundamental é desenvolver um novo bem de equipamento para a indústria do calçado, de deposição de cola em palmilhas, em que a abordagem inovadora assenta na integração de um sistema de visão, que favorece uma produção mais eficaz, económica e rápida.

O presente desenvolvimento surge no contexto de um projeto de investigação de conceção de um novo produto, que é um equipamento para a indústria do calçado. Trata-se de um equipamento de deposição de cola em palmilhas, em que a abordagem inovadora favorece uma produção mais eficaz, económica e rápida devido à utilização diferentes vetores tecnológicos de última geração: como sistemas mecatrónicos inovadores, com integração de sistemas de eixos heterogéneos e sistemas de aquisição e processamento de imagem para posterior controlo de posicionamento dos mesmos e sistemas para deposição das colas com estratégias de deposição avançadas. Esta abordagem disruptiva tem por base a flexibilidade de projeto inerente às tecnologias combinadas,

de aquisição de imagem artificial, aspersão de adesivos hotmelt, controlo avançado dos eixos de movimentação do sistema de deposição.

O trabalho de I&D associado tem como ações principais o desenvolvimento de um ecossistema que integre estas tecnologias, com um controlo adaptativo, com base no sistema de visão, em tempo real do sistema de eixos e do sistema de doseamento e aspersão de cola. Com o desenvolvimento deste trabalho, prevê-se uma redução da quantidade de cola aplicada, quer devido à possibilidade de controlo e de ajuste de precisão da tecnologia de deposição, quer através da implementação de estratégias de deposição de cola de largura e espessura variáveis ou pontos de diferente diâmetro, depositados com um único aspersor usando diferentes padrões de preenchimento. Consequentemente estes desenvolvimentos, também se traduzem na redução do impacto ambiental do processo de deposição de cola, face aos atuais processos semiautomáticos, que empregam a cola existente num rolo de filme, por pressão, que gera grande desperdício de cola, consumíveis e película.

1. INTRODUÇÃO

Os equipamentos e tecnologias de produção utilizados na indústria do calçado são, na sua essência, importados principalmente da Itália e Alemanha, países que apresentam uma forte oferta nas tecnologias de produção para a indústria do calçado. Simultaneamente, muitos dos processos encontram-se pouco desenvolvidos e são realizados ainda de forma manual ou, até, artesanal, como é o caso dos processos de deposição de cola em palmilhas.

1.1. Estado da arte

A progressiva evolução da procura tem vindo a despoletar a produção de séries cada vez mais curtas e, conseqüentemente, um significativo aumento da quantidade de modelos a desenvolver. Atualmente, existe uma tendência para o aumento da complexidade dos sistemas de produção que resulta de uma maior necessidade de flexibilidade e interoperabilidade para produzir produtos diferenciados, em séries cada vez mais pequenas e de acordo com as necessidades dos clientes. Para responder a estas exigências, os fabricantes de equipamentos produtivos procuram conceber sistemas modulares, adaptáveis e altamente flexíveis e configuráveis a diferentes linhas de produção e produtos. Neste contexto, os equipamentos precisam de integrar sistemas automatizados e robotizados, de rápido setup e configuração, capazes de realizar de forma autónoma ou quase autónoma um vasto número de tarefas

de movimentação e processamento de materiais em fabrico ou em curso de fabrico [2].

Surgem os denominados sistemas de fabrico adaptativos que dispõem de inteligência e capacidade de interação mecânica, eletrônica, automação e controlo por software. A conceção mecatrónica de sistemas inteligentes e adaptáveis de fabrico é de extrema importância para o desempenho final de sistemas complexos e requer uma profunda integração entre engenharia mecânica e de controlo [3]. Paralelamente sistemas de visão artificial e processamento de imagem são aplicados nos sistemas produtivos. A visão artificial é uma das tecnologias core de introdução de inteligência nos sistemas produtivos, os quais podem ser reconfiguráveis ou adaptativos, tendo a visão artificial o papel na inserção de uma nova camada de

análise, avaliação e decisão nestes sistemas [4,5]. No caso do trabalho de metais em chapa, uma das aplicações típicas da visão é a deteção geométrica e avaliação da posição de peças em chapa metálica para picking [6]. Assim, e como consequência, de uma maior exigência em termos de adaptabilidade dos sistemas de produção, estes devem ser mais complexos e flexíveis em novas solicitações e desafios, acompanhando a crescente automatização de operações e as evoluções em termos de sensorização e captação de informação para sistemas da indústria 4.0 [7].

1.2. Equipamentos de Deposição de Cola

De forma a perceber qual o estado da arte, são apresentadas na Tabela 1 as especificações técnicas das máquinas de diferentes gamas disponíveis no mercado. A informação obtida sobre estas máquinas é relativamente escassa, o que pode ser explicado pelo número reduzido de fabricantes e pela competitividade que existe neste setor. Da análise efetuada, verifica-se que todos os fabricantes estudados, à exceção de um, são oriundos de Itália. Sendo que o restante, a Honggang, é de Hong Kong.

As máquinas apresentadas na Tabela 1 estão divididas em três grupos: manuais, semi-automáticas e automáticas. Os critérios de distinção dos grupos são os seguintes:

- manuais - requerem uma grande intervenção do operador, quer na

alimentação e recolha de peças, quer no processo de aplicação de cola;

- semi-automáticas - exigem a alimentação das peças de forma controlada para que o seu posicionamento coincida com aquele que foi programado;
- automáticas - o posicionamento das peças poderá ser automático ou manual, sendo detetado por um sistema de visão.

Tabela 1 - Equipamentos do estado da arte disponíveis no mercado [Nd – Não definido, devido à escassez de informação proveniente dos fabricantes]

Fabricante		Especificações				
Nome	Modelo	Atravancamento [mm]	Peso [kg]	Potência [kW]	Área/largura de trabalho [mm]	Cola
Manuais						
OMAC	992	38x22x37	15	Nd	20 a 100	Base aquosa
OMAC	150IS	175x75x160	243	Nd	1300 x 700	Base aquosa
OVERMEC	TS2	184x92x190	165	0,3	1500 x 650	Base aquosa
Angeleri	TH	60x60x140	130	3,5	150 a 610	Hot melt
Semi-automáticas						
ALC	Kyo 100	104x74x85	52,5	Nd	140	Hot melt
OMAC	LT150	220x300x205	700	Nd	1400	Base aquosa
OVERMEC	DM1600x600	230x170x175	485	0,9	1600	Base aquosa
Angeleri	GP/S 1200	187x137x250	350	Nd	1200	Base aquosa
Automáticas						
OMAC	LT500	225x293x176	500	3	255x155	Base aquosa
OMAC	LT600	215x475x197	580	1,5	700x900	Base aquosa
OVERMEC	CCN0	240x200x170	380	1,1	600x400	Base aquosa
OVERMEC	CCN3	295x360x220	650	1,6	840x540	Base aquosa
Honggang	hg-1020	223x133x100	Nd	Nd	1000x2000	Nd
Angeleri	GSV 3/400	130x110x190	500	3,5	400x400	Base aquosa

Relativamente à tecnologia de aplicação da cola, há duas opções:

- laminagem das peças, para transferência da cola por pressão de um rolo ou uma fita, impregnados de cola;
- pulverização da cola nas peças.

A primeira forma de deposição é utilizada nas máquinas manuais que fazem a transferência através de um rolo, tem as vantagens do desperdício de cola ser muito baixo e do atravancamento ser menor. No entanto, este mecanismo de deposição é pouco flexível no tipo de peças a trabalhar pois tem uma limitação na largura e na espessura das peças que pode processar. No caso da “kyo 100”, apesar de ser semiautomática, têm as mesmas limitações e o desperdício de cola é mais elevado, pois, toda a área da película branca que

não é coberta pela palmilha representa cola que será desperdiçada, como se pode ver na Figura 1.



Figura 1 - Máquina semi-automática “KYO 100” da ALC Technologie Adesive

As máquinas que pulverizam a cola, essencialmente as semiautomáticas e automáticas, não dependem tanto de intervenção humana durante o processo de deposição, todavia, isto implica um aumento substancial nas dimensões e no peso da máquina, como se pode observar na Tabela 1. A flexibilidade nas peças a trabalhar é superior, o que permite a aplicação de cola em peças com larguras e espessuras superiores. Contudo, o desperdício de cola também aumenta, concretamente nas máquinas semiautomáticas, onde, para além do erro de deposição associado ao sistema de eixos que movimenta a pistola de cola e ao mecanismo de pulverização em si, existe o erro de posicionamento das peças por parte do operador.

Os modelos que integram um sistema de identificação de geometria e posicionamento das palmilhas, reduzem o desperdício de cola ao eliminar o erro no posicionamento das peças por parte do operador. Nestes casos, o posicionamento é aleatório e é a máquina que define as coordenadas de deposição de cola. Fabricantes como a OMAC e a OVERMEC recorrem a câmaras industriais com 1,3 MP de resolução para fazer a aquisição de imagem para o sistema de visão computacional.

A única referência feita em catálogo a cadências de trabalho é na máquina Kyo 100 da ALC. A velocidade de avanço máxima indicada em catálogo são 4,2 m/min, o que se traduz em 70 mm/s. Em alguns dos restantes modelos, só se refere a velocidade dos eixos de movimentação da cabeça de deposição, o que não indica especificamente uma cadência de processamento de peças pois esta varia com o tamanho e a forma das peças e com a largura de deposição do jato de cola, que também não é indicado. Contudo, após contacto com um fabricante de calçado que possui o modelo GSV com 5 eixos da Angeleri, este indicou que a máquina processa aproximadamente 4 palmilhas por minuto utilizando uma cola de base solvente.

Por fim, apurou-se que o preço de mercado do modelo kyo 100 da ALC é 6 000 euros e que o preço dos consumíveis, o conjunto de rolos, é 100 euros por 100 metros. Estes valores traduzem-se num custo que varia de 0,13 a 0,25 euros por par de palmilhas, dependendo do tamanho destas e da colocação cuidada e ordenada das peças na tela do rolo branco, com o objetivo de otimizar o aproveitamento de adesivo impregnado.

Apesar desta recente modernização dos métodos de produção, ainda se verifica uma grande necessidade de mão de obra na produção de sapatos. Esta intervenção humana nas linhas de produção de calçado, nomeadamente nas fases de aplicação de produtos químicos, como as colas utilizadas para juntar diferentes peças dos sapatos, sujeitam os operários ao contacto com colas e vapores dos solventes. Esta exposição prolongada a determinado tipo de adesivos, especialmente os de base solvente, podem causar graves problemas de saúde aos trabalhadores, alguns dos quais com efeitos crónicos [8]. Uma das etapas do fabrico de calçado consiste na aplicação de cola nas palmilhas para posterior colocação no sapato. Esta operação de aplicação de cola é tipicamente manual, podendo em alternativa ser com recurso a equipamentos semi-automáticos. Usualmente os tradicionais postos de aplicação de cola são locais sujos, que poderão provocar defeitos no calçado, numa fase próxima do fim da produção.

Considerando os constrangimentos apresentados, torna-se imperioso o desenvolvimento de um equipamento que se demonstre competente na mitigação de todas as limitações apresentadas, assim como, na integração das soluções mais modernas e avançadas disponíveis.

2. SISTEMA DE VISÃO

Um dos pilares deste trabalho visa o desenvolvimento e integração de um sistema de visão - aquisição de forma e orientação da sola para aplicação de cola.

Este sistema integra duas componentes:

- *hardware* (câmara, iluminação) e;
- *software* (aquisição da imagem e processamento de dados).

Tipicamente em processos industriais, onde a aquisição de imagem para a análise de características das peças e comunicação com outros dispositivos está integrada, existem diversas soluções comerciais já preparadas para controlar a aquisição da imagem e retirar as características pretendidas como, por exemplo, verificar se o prazo de validade foi impresso corretamente no rótulo de uma garrafa.

Não obstante, estas soluções "chave na mão", comercializadas por vários fabricantes de produtos de visão (Siemens, Sick, ifm, entre outros) requerem alguma parametrização ajustada à aplicação em questão, e, apesar das funções de reconhecimento e processamento já incluídas e disponibilizadas, limitam

a flexibilidade de customização e ajuste em aplicações específicas, sendo uma solução menos transparente para o integrador de sistemas heterogêneos (multi-marca). Para além disso, uma clara desvantagem destas soluções é o custo, ainda que o mesmo possa ser reduzido pelo encurtamento do tempo de desenvolvimento da solução.

Por outro lado, existe uma abordagem open source, que permite a construção de um software aplicativo de raiz perfeitamente ajustado ao problema a solucionar. Para tal, o integrador recorre a ferramentas de uso livre e universal (como bibliotecas OPENCV, HARVESTER, entre outras) para construir uma aplicação (em linguagem Python, por exemplo) que execute a aquisição de dados da câmara, tendo em conta o seu protocolo de comunicação, e processe a imagem de forma a obter os dados alvo a passar aos restantes sistemas do equipamento.

No âmbito do projeto, aproveitando as competências adquiridas e o baixo custo associado à componente *software*, optou-se por testar a viabilidade do seu desenvolvimento. Para tal idealizou-se o sistema de visão a desenvolver:

- uma câmara de captação de imagens (*frames*), com os requisitos mínimos necessários para a obtenção de imagens de qualidade e com a taxa de aquisição adequada à cadência de produção desejada, e;
- um *software* responsável por processar a imagem e comunicar a informação necessária para o processamento de dados da peça.

O desenvolvimento da solução de visão dividiu-se em duas etapas:

Etapa 1: definição de estratégia de aquisição e processamento da forma e orientação da peça

- Hardware: Câmara USB de resolução 1024x720 pixels, taxa de aquisição 12 fps (frame per second);
- Software: LabVIEW, National Instruments.

Etapa 2: migração para uma solução open source

- Hardware: Câmara USB de resolução 1024x720 pixels, taxa de aquisição 12 fps (frame per second);
- Software: Python e biblioteca open source OPENCV.

2.1. Estratégia de Aquisição de Forma e Orientação

No contexto do desenvolvimento da estratégia a de aquisição de

imagem, o trabalho iniciou-se com a utilização do software LabVIEW 2018 da National Instruments para programar funções básicas de deteção de características de uma peça simples (por exemplo, um dominó), tais como: identificar o número de círculos pretos; identificar o seu contorno e comprimento. O dominó foi escolhido devido à sua simplicidade geométrica e ao número de características que é possível retirar desse objeto. Os resultados desta etapa estão expostos na Figura 2.

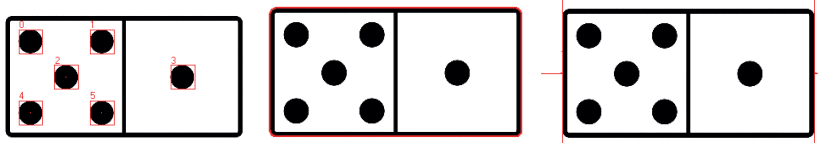


Figura 2 – Testes de aquisição de imagem com um dominó.

Uma vez dominada a ferramenta LabVIEW e as suas funções, seguiu-se a deteção da forma e orientação da palmilha. Para isso, fixou-se a câmara num suporte com uma distância à base de 500 mm para conseguir capturar uma área de 400x200 mm. Posteriormente, a peça escura que é a palmilha foi colocada num fundo branco para se garantir um bom contraste de cor e efetuaram-se os primeiros testes de aquisição de imagem.

Da parte do software, o processamento da imagem capturada pela câmara ocorreu segundo as fases descritas na Tabela 2, sendo o resultado identificado na Figura 3.

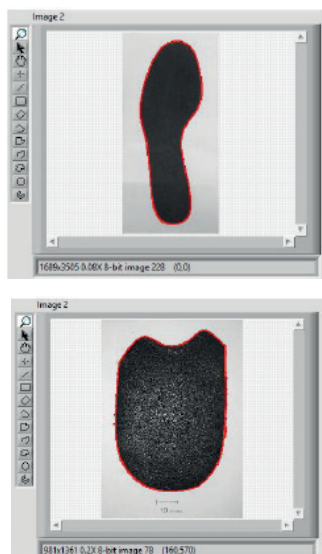


Figura 3 - Identificação do contorno de uma palmilha (em cima) e de uma forma irregular (em baixo)

Tabela 2 – Fases do processamento de imagem.

Calibração	Transformação de coordenadas de pixels para mm, com identificação de objeto de dimensões conhecidas.
Extração de plano de cor	Transformação de imagem RGB para escala de cinzentos, potencia a identificação de contornos através do contraste, isto é, limite da intensidade entre pixels.
Aplicação de filtros	Identificação do contorno da peça, com identificação da fronteira entre pixels de cor escura vs pixels de cor mais clara.
Identificação de contorno / comprimento peça	Mapeamento e discretização do contorno da peça em coordenadas X,Y no referencial de coordenadas da imagem.
Comunicação com o sistema de deposição	Envio da matriz de pontos em coordenadas X,Y para o sistema de deposição, para controlo de eixos.

A estratégia de deposição consistiu numa primeira fase em discretizar a palmilha, ao longo do seu comprimento, em segmentos da largura da palmilha e com um comprimento ajustável, dependendo da resolução pretendida, como demonstrado na Figura 4.



Figura 4 –Discretização da palmilha em segmentos para a deposição de cola

A informação comunicada, neste caso, foram duas coordenadas por segmento de deposição de cola, para que a cabeça de deposição fizesse o varrimento horizontal da palmilha. A representação gráfica destes pontos que foram comunicados ao controlador encontra-se na Figura 5.

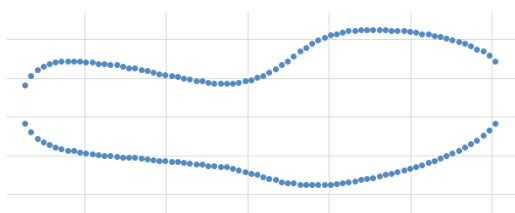


Figura 5 – Representação gráfica dos pontos de deposição de cola

A validação do algoritmo em LabVIEW foi alcançada utilizando uma banca de testes com um sistema de eixos lineares com três graus de liberdade Figura 6:

- dois graus no dispositivo que simula a cabeça de deposição (Y e Z) e;
- um na base que simula o transportador de tapete (X).

Neste caso, utilizou-se um marcador para simular o dispositivo dispensador da cola e uma folha branca para simular o movimento da palmilha, o que permitiu visualizar a trajetória final realizada pelo sistema.

O controlo do sistema de eixos foi realizado no computador (Figura 6), utilizando o software *TwinCat da Beckhoff*.

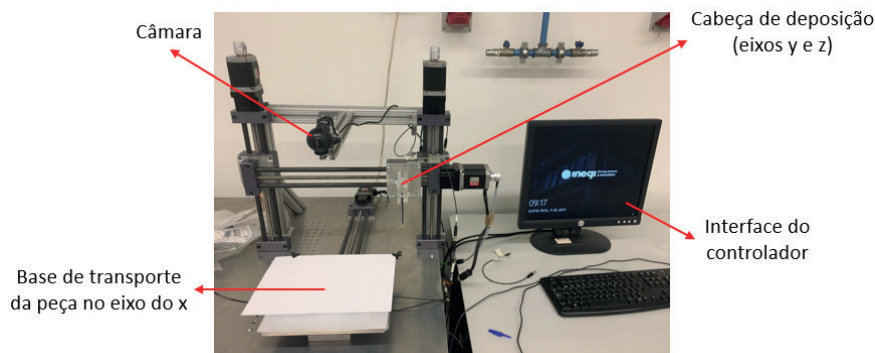


Figura 6 - Banca de testes preliminares de implementação do sistema de visão

Para a validação do algoritmo recorreu-se a peças plásticas de tonalidade preta e com diferentes formas, culminando com o uso de uma palmilha.

O procedimento de testes consistiu no seguinte:

- colocação da peça de teste sobre a folha branca, no campo de visão;
- leitura do contorno e orientação do objeto, com a mesa do eixo do x na posição zero (como na Figura 6);
- exportação das coordenadas dos pontos do contorno já discretizado para um ficheiro e alimentação do mesmo para o controlo de eixos;
- demarcação dos contornos da peça de teste na folha branca, de modo a balizar a zona a preencher e a remoção da mesma;

início da deposição, isto é, movimento controlado dos eixos de modo a preencher a área alvo;

comparação da área realmente preenchida com a área inicialmente marcada na folha branca.

Os resultados dos ensaios estão expostos na Figura 7.

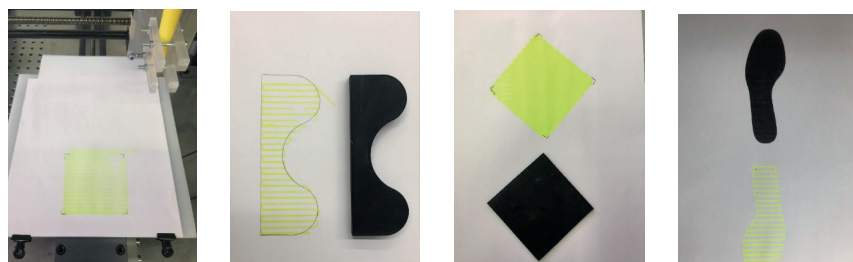


Figura 7 – Ensaios de deposição com marcador na banca de testes preliminares

Como se pode observar nas imagens anteriores, obtiveram-se formas de deposição muito próximas das pretendidas. Ao longo

dos ensaios, houve uma otimização do programa de aquisição de imagem e do controlador dos eixos, assim como correções dos offsets utilizados e do avanço no eixo (X). A utilização de formas diversas validou o funcionamento deste sistema para qualquer tipo de forma que seja contínua na sua largura em todo o seu comprimento, ou seja, sem consideração de ocos no seu interior.

2.2. Migração da estratégia para uma solução open source

Com o objetivo de se criar uma alternativa à utilização do software LabVIEW, que requer licença de custo elevado, procurou-se a migração da estratégia encontrada para uma aplicação em código Python que processa a imagem da mesma forma e tem um *output* idêntico ao código desenvolvido com o software anterior. Este software é de utilização gratuita e é compatível com qualquer tipo de hardware.

Para uma migração com sucesso, foi utilizado o OpenCV, uma biblioteca para Python criada especificamente para utilizações na área da visão computacional. Esta biblioteca tem funções pré-programadas que auxiliam à construção das diferentes funcionalidades necessárias para a aquisição e tratamento de imagem no projeto em questão.

Foi validado o funcionamento dos programas em LabVIEW e Python e a sua comunicação com o controlador. Como se pode observar, os resultados obtidos foram satisfatórios.

No fluxograma da Figura 8 resume-se o funcionamento deste módulo do equipamento com as duas soluções alternativas para o sistema de visão, desde o momento em que a imagem é captada pela câmara, passando pelo processamento, que poderá variar consoante o método de deposição, e finalizando na comunicação com o controlador dos eixos de movimentação da cabeça de deposição.



Figura 8 – Fluxograma de funcionamento do sistema de aquisição e tratamento de imagem

Analisando as vantagens e desvantagens da utilização dos dois softwares, optou-se pelo Python, na fase de desenvolvimento que

se segue, devido ao baixo custo desta opção e à grande compatibilidade desta aplicação com qualquer tipo de hardware a utilizar no futuro.

3. TESTES EM AMBIENTE REPRESENTATIVO – SISTEMA LABORATORIAL

No decorrer deste projeto foi implementado um sistema laboratorial experimental para validação e realização de testes de desempenho.

O sistema laboratorial (Figura 9), de cariz experimental (TRL3/4), detinha as características e funcionalidades que permitiu testar as funções do sistema de visão, controlo e de deposição de cola em ambiente representativo do seu funcionamento real.

O desenvolvimento e implementação dos módulos do sistema laboratorial, baseou-se numa construção modular, nomeadamente: sistema de visão; sistema de eixos e módulo de deposição de cola; e o sistema de controlo.

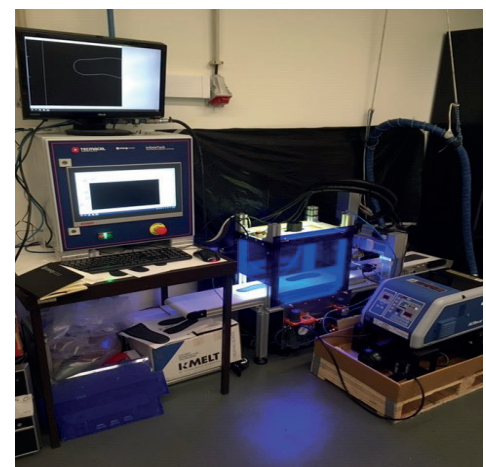


Figura 9 – Sistema laboratorial

Antes da operacionalização deste sistema laboratorial, foram integra-

dos os diferentes módulos e efetuadas as validações independentes de cada módulo de modo a garantir o funcionamento individual correto. Por fim foi possível realizar testes de deposição em condições reais de funcionamento, com troca de dados em tempo-real entre o sistema de visão desenvolvido e o sistema de eixos responsável pela deposição.

3.1. Sistema de visão – identificação de geometria

Para esta fase de testes foi desenvolvido um sistema de visão com base no que existia anteriormente, tendo sido alterado o *hardware* a utilizar, de modo a aumentar a robustez da solução de visão em meio industrial. Para isso, foi selecionada uma câmara industrial com protocolo de comunicação USB3 Vision, resolução 1296 x 966 pixels e taxa de aquisição de 30 fps, assim como uma lente de distância focal fixa de 8mm, F1.8-F22.0 de ajuste manual (Figura 10).



Figura 10 – Câmera industrial Basler acA-1300-30um, com lente C125-0818-5M-P f8mm.

Esta câmara estaria conectada ao PC industrial de controlo centrali-

zado do equipamento, onde se encontrava a componente de software responsável pela aquisição e processamento de imagem, tal como descrito no esquema de arquitetura de detecção de imagem da Figura 11.

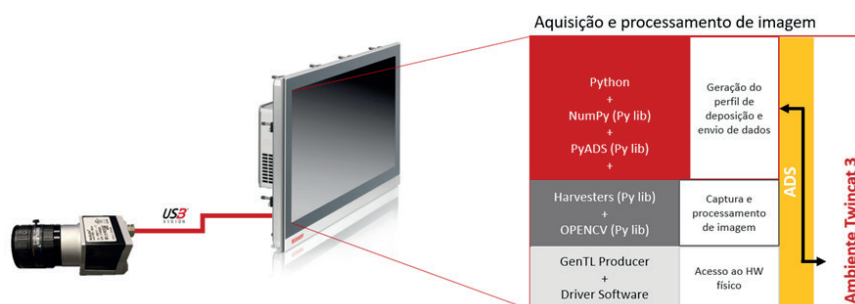


Figura 11 – Esquema da arquitetura de aquisição e processamento de imagem

Por forma a garantir um campo de visão adequado para os tamanhos maiores de palmilha, a distância da câmara ao alvo teria que ser superior a 500mm. Tratando-se de um sistema laboratorial de testes, optou-se por excluir as palmilhas de maior dimensão dos testes iniciais, sendo os resultados extrapoláveis para um campo de visão maior.

Para além dos pontos abordados até aqui, o funcionamento deste sistema exigiu que os seus constituintes promovessem um ambiente uniforme e estável, impermeável às variações de luz do exterior. Além disso, o contraste entre o tapete transportador e a sola, assim como o campo de visão da câmara, deveria permitir um funcionamento robusto com a maior variedade possível de solas.

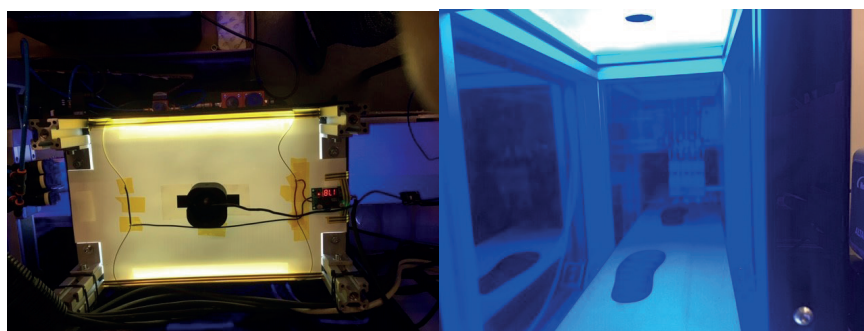


Figura 12 – Módulo de visão.

A solução idealizada e testada (Figura 12) possibilitou verificar que o acrílico de proteção do campo de visão promovia uma impermeabilização satisfatória da luz ambiente. Verificou-se ainda que a tela branca do tapete transportador favorecia a obtenção de contraste na maioria das gamas de solas testadas. Para os testes foram utilizados painéis de iluminação LED customizados, com vista a maxi-

mizar a difusão dos raios luminosos dentro da caixa de luz.

A solução de visão utilizada mostrou-se consistente, tendo proporcionado uma aquisição de imagem de resolução adequada, com um comportamento fluído na deteção de contorno com a tela em movimento (Figura 13 a)). Considerando a aquisição de imagem pretendida, a resolução de 1296x966px resultou na definição clara do contorno das solas (Figura 3 b)).

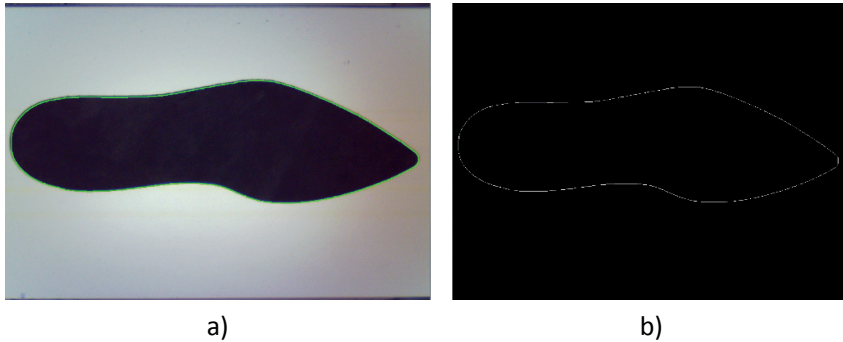


Figura 13 – a) - Frame a cores captada no módulo de visão; b) – Frame com contorno de palmilha bem definido.

3.2. Testes ao sistema integrado

Os testes à integração dos principais sistemas elementares permitiram obter um panorama do funcionamento geral do equipamento.

A confirmação do funcionamento da solução integral levou à definição de parâmetros preliminares, tais como as velocidades do sistema, assim como a confirmação da estratégia de deposição da cola.

Neste sentido, a primeira ação passou por ligar e configurar o sistema de deposição, assim como colocar a cola dentro do equipamento para que derretesse. O sistema de controlo, munido da interface com o utilizador foi usado para definir a cadência de solas e dar início ao ciclo de reconhecimento e deposição da cola.

Com o início do ciclo, o tapete transportador recebeu ordem para iniciar o movimento. A sola foi colocada sobre o tapete e avançou para a caixa de luz onde a câmara captou a sua imagem. O algoritmo de reconhecimento de contorno processou as coordenadas dos pontos pelos quais a cabeça de deposição deveria passar e o sistema de controlo calculou a velocidade da cabeça de deposição correspondente à cadência definida. Com os pontos definidos, a sola prosseguiu o seu avanço até ao pórtico de deposição. Ao atingir o pórtico, as válvulas de controlo do bloco de deposição

foram automaticamente ativadas, a velocidade do tapete foi alterada para a definida pelo sistema de controlo após o cálculo da cadência. A cabeça de avanço moveu-se de forma a atingir os pontos obtidos pelo cálculo do sistema de aquisição do contorno da sola. Assim que todos os pontos foram atingidos, o tapete voltou à velocidade inicial e a sola foi recolhida no outro extremo do tapete (Figura 14).



Figura 14 – Palmilha após uma corrida automática da banca laboratorial.

Os resultados dos testes ao sistema integrado comprovaram uma boa integração do sistema de visão desenvolvido, tendo a comunicação implementada entre solução de visão e controlo de eixos revelado uma latência baixa, permitindo o envio de dados consecutivos, para que possam ser guardados em FIFO

(First In First Out) no lado do controlo de movimento. Isto confere ao equipamento uma elevada capacidade para o reconhecimento de múltiplas peças dentro do campo de visão.

Por fim, a série de testes realizados neste sistema laboratorial mostraram o potencial da solução e servem de base para a afinação dos parâmetros de funcionamento. Com estes testes ficou validado o funcionamento da solução proposta e ficaram definidas as alterações necessárias para a elaboração do projeto de detalhe do equipamento InSoleTech.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste documento encontra-se compilada a estratégia de desenvolvimento e integração de um sistema de visão num sistema laboratorial para aplicação autónoma de colas para o setor do calçado. Com este trabalho, foi possível validar a possibilidade de desenvolver um equipamento de deposição de cola em palmilhas, que favorece uma produção mais eficaz, económica e rápida. Adicionalmente, os desenvolvimentos implementados e testados no sistema laboratorial viabilizaram uma solução para deposição controlada e completamente automatizada de cola em palmilhas, e uma franca alternativa aos proces-

sos tradicionais, manuais e semiautomáticas, colmatando um gap de mercado.

Para além disso, foi possível explorar duas vertentes de soluções de visão desenvolvidas “in-house”, alternativas às soluções de mercado “chave na mão”, de elevada transparência para o integrador de sistemas e com aplicação versátil. Isto permitiu concluir que existe um elevado potencial de aplicação noutros setores, para além do têxtil, calçado e marroquinaria.

REFERÊNCIAS

- [1] <https://www.apiccaps.pt/publications/statistical-report/112.html> - APIC-CAPS, Facts and Numbers 2018. 2018.
- [2] The Application Center Industrie 4.0 - Industry-driven Manufacturing, Research and Development, Martin Landherr, Ulrich Schneider, Thomas Bauernhansl, Procedia CIRP, Volume 57, Pages 26-31, 2016
- [3] Marcello Pellicciari, Angelo O. Andrisano, Francesco Leali, Alberto Vergnano, Engineering method for adaptive manufacturing systems design, International Journal on Interactive Design and Manufacturing, Volume 3, Issue 2, pp 81-91, 2009
- [4] Alexander Hornberg, Peter Waszkewitz, Machine Vision in Manufacturing, Handbook of Machine and Computer Vision: The Guide for Developers and Users, Wiley, 2017
- [5] Li Fu, Yuanhang Zhang, Quanjun Huang, Xinyu Chen, Research and application of machine vision in intelligent manufacturing, Control and Decision Conference, 2016
- [6] Xiaoming Qian, Lijuan Yang, Peihuang Lou, The autonomous detection of sheet metal parts using image processing, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 85, Issue 1- 4, pp 469-479, 2016
- [7] Gareth J. Monkman, Stefan Hesse, Ralf Steinmann, Henrik Schunk, Robot Grippers, WILEY-VCH, 2007
- [8] Elleuch, I.G.M.K.B., What are the Health Risks of Occupational Exposure to Adhesive in the Shoe Industry? 2016.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto de I&DT – InSoleTech - POCI-01-0247-FEDER-038470, cofinanciado pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (PO CI), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER)

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional