



Developing Innovative and Attractive CVET programmes in industrial shoe production

Manual de formação de tutores STEM

IO 3

Projeto financiado com o apoio da Comissão Europeia.

O apoio da Comissão Europeia à produção desta publicação não constitui um aval do seu conteúdo, que reflete unicamente o ponto de vista dos autores, e a Comissão não pode ser considerada responsável por eventuais utilizações que possam ser feitas com as informações nela contidas.

Co-financiado pelo
Programa Erasmus+
da União Europeia





Este trabalho encontra-se licenciado ao abrigo da Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. Para visualizar uma cópia desta licença, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Dados do Projeto:

Programa: Erasmus+

Título do Projeto: Developing Innovative and Attractive CVET programmes in industrial shoe production

Acronym: DIA-CVET

Project 2020-1-DE02-KA202-007600

Duração: 01.09.2020- 31.08.2023

Website: www.dia-cvet.eu

Editores: Andreas Saniter

Autores: DE: Sabina Krebs, Tatjana Hubel (PFI Pirmasens);
Klaus Ruth, Andreas Saniter, Vivian Harberts (ITB);
PT: Rita Souto, Cristina Marques (CTCP), Fátima Martins,
Ricardo Sousa (CFPIC), Carla Matos (CARITÉ);
RO: Aura Mihai, Bogdan Sarghie, Arina Seul (TU Iasi).

Conteúdo

1	Introdução	3
1.1	Objetivos do Projeto DIA-CVET	3
1.2	Manuais para orientar Tutores e Formadores.....	3
1.3	Relacione a formação com o processo de negócio associado à produção industrial de calçado	3
2	STEM na indústria de calçado	5
2.1	Introdução.....	5
3	Automação e Robots	5
3.1	O que é um robot.....	5
3.2	Robots e humanos.....	6
3.3	Diferentes tipos de robots	7
3.4	Como funciona um robot?	8
3.5	Programar um robot	8
	Programação manual	8
	Ensinar em processo.....	8
	Programação suportada por CAM	9
3.6	Processos existentes na indústria	9
4	Impressão 3D – Manufatura Aditiva	10
4.1	Visão geral de diferentes técnicas	10
	Estereolitografia	10
	Moldagem por Deposição Fundida.....	11
	Sinterização seletiva a laser ou fusão seletiva a laser	11
	Injeção de materiais.....	12
	Jateamento de ligante.....	12
4.2	Preparação de impressão / fatiador.....	13
4.3	Problemas e dificuldades.....	13
4.4	Visão geral.....	14
5	Visão de máquina	15
5.1	O que é Visão de Máquina?	15
5.2	O que é uma imagem?	15
5.3	Componentes chave	15
	Luz	15
	Lente	15
	Sensor da câmara.....	16

5.4	Processamento de imagem	17
	Detecção de código de barras e de código QR	17
	Controle de cores	17
	Medição de área	18
	Identificação de defeitos	18
	Detecção de posição	18
	Realidade aumentada	18
6	Anatomia e biomecânica	19
6.1	Sistema locomotor	19
6.2	Anatomia do pé	19
6.3	Ciclos de marcha	19
6.4	Métodos de medição	20
7	Sensores	20
7.1	O que pode ser medido?	20
7.2	Como medem os sensores?	20
	Distância	20
	Velocidade	21
	Aceleração	21
	Giroscópio	21
	Temperatura	21
	Campos magnéticos	21
	Pressão / Força	21
7.3	Unidade de Medida de Inércia (IMU)	22
7.4	Sensores locais	22
7.5	Sensores móveis	22
7.6	Uso de sensores em calçado	23
8	Lista de Figuras	24

1 Introdução

1.1 Objetivos do Projeto DIA-CVET

Os objetivos do projeto Erasmus+ «Desenvolvimento de programas inovadores e atrativos de formação profissional contínua CVET para a produção industrial de calçado» são:

- desenvolver, pilotar e implementar cursos abrangentes para as Esferas de Atividade (SoA) de encarregados na produção industrial de calçado a nível europeu; disponível em inglês (EN), bem como em DE, RO e PT,
- e desenvolver um quadro de qualificação sectorial de nível 5 e 6 e fazer referência a qualificações nacionais existentes ou recentemente elaboradas da Alemanha, Portugal e Roménia.

1.2 Manuais para orientar Tutores e Formadores

A finalidade dos manuais é preparar os formadores designados para o seu papel e fornecer conteúdo e apoio. Devido à natureza das SoA dos encarregados, elas não incluem formas específicas de formação; mas sugerimos uma abordagem combinada. Os programas bem-sucedidos de Educação e Formação Profissional Contínua (CVET) combinam aulas teóricas com a aplicação dos conhecimentos, habilidades e competências (KSC) adquiridos em ambientes de trabalho reais. As tarefas de um formador são:

- transmitir conhecimentos, habilidades e competências específicos para as SoA,
- demonstrar operações que se espera que os alunos aprendam a realizar,
- introduzir os alunos em cada nova tarefa e supervisioná-los durante as suas primeiras abordagens,
- organizar e supervisionar atividades mistas (ou seja, projetos),
- orientá-los para um desempenho independente das tarefas da respectiva SoA .

Os manuais não pretendem substituir um livro didático. Destinam-se a fornecer apoio aos formadores para planear e executar o seu ensino. Os formadores são convidados a recolher mais informações de outras fontes.

1.3 Relaçõe a formação com o processo de negócio associado à produção industrial de calçado

A produção industrial é um processo complexo, onde a Esfera de Atividade, descrita neste manual, está inserida no processo de negócio. Antes de iniciar a formação numa SoA específica, certifique-se de que os alunos estejam familiarizados com as outras SoA para encarregados industriais na produção de calçado.

Por exemplo, os alunos devem ser apresentados aos tipos de produtos que a empresa fabrica e seu uso pretendido, os diferentes segmentos de clientes, os canais de distribuição, etc. departamento de compras, planeamento da produção e todos os departamentos de produção desde o armazém à logística.

O processo de produção (não faz parte do DIA-CVET, para informações consulte: <http://icas-project.eu/>) está no centro do processo de negócio; as SoA do DIA-CVET desempenham um papel preparatório, de apoio ou de acompanhamento (ver Fig. 1).

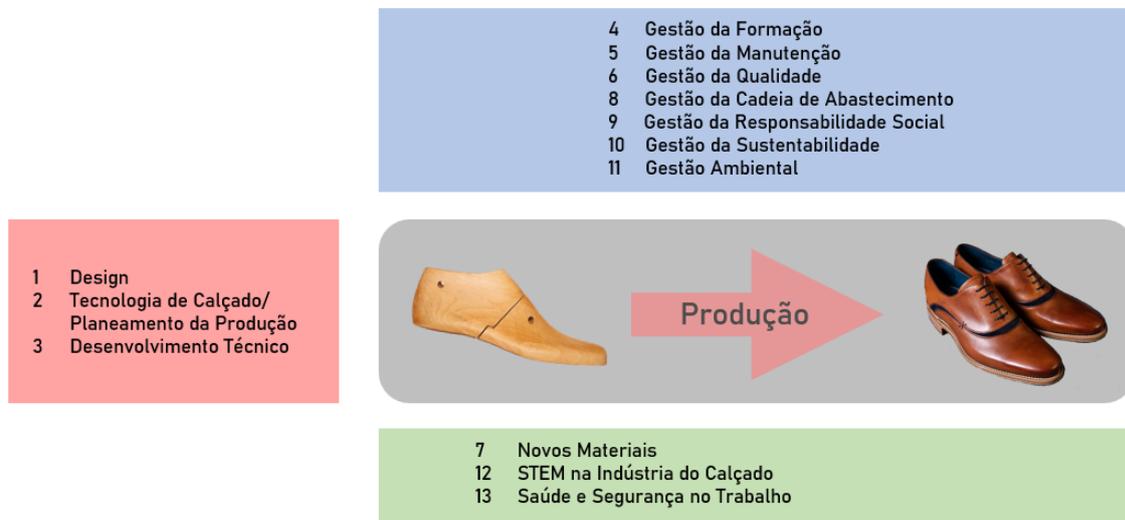


Fig. 1: Esferas de Atividade do DIA-CVET e sua relação com o processo produtivo.

2 STEM na indústria de calçado

2.1 Introdução

Adidas Speedfactory™ é um projeto bem conhecido de um fabricante alemão de calçado, onde o uso de robótica e processos automatizados obteve grande cobertura da imprensa. Para quem não conhece a indústria de calçado, parece que o uso de robots controlados por números é algo novo e revolucionário. Mas não é!

Em 1996, a Brightwood, fabricante de calçado desportivo da Flórida, investiu em três robots Staubli RX90 que atuam em processos de cardagem e colagem. Esses robots eram capazes de processar 1.800 pares de sapatos em oito horas. Este foi um passo necessário para competir com a produção off-shore dos seus concorrentes, onde o trabalho manual efetua tarefas semelhantes. Mas ainda antes, em 1980, a marca escandinava de calçado Eccolet SKO fez parceria com a Klockner DESMA para injetar diretamente as solas na parte superior (gáspea) dos seus produtos. Em 1984 instalaram o primeiro robot colaborativo (cobot) numa das suas fábricas.

Embora as máquinas sejam muito eficazes em algumas tarefas e possam, facilmente, ultrapassar as capacidades humanas, algumas outras tarefas, que são triviais para uma mão humana, são um desafio para robots que não dominam até hoje. Um exemplo perfeito é a colocação de atacadores em calçado.

3 Automação e Robots

3.1 O que é um robot

Um robot, em particular um robot industrial, é um sistema programável usado para tarefas repetitivas em processos de fabricação. As aplicações típicas de robots incluem soldagem, pintura, montagem, desmontagem, pick and place para placas de circuito impresso, embalagem e rotulagem, paletização, inspeção de produtos e testes; tudo realizado com alta resistência, velocidade e precisão.

No ano de 2020, cerca de 1,64 milhões de robots industriais estavam em operação em todo o mundo, de acordo com a Federação Internacional de Robótica (IFR).

Definição por VDI-Richtlinie 2860

“Os robots industriais são máquinas de movimento automático universalmente aplicáveis com vários eixos, cujos movimentos são livremente programáveis em relação à sequência de movimentos e caminhos ou ângulos (ou seja, sem intervenção mecânica ou humana) e, se necessário, são controlados por sensores. Podem ser equipados com garras, ferramentas ou outros meios de produção e podem realizar tarefas de manuseamento e/ou produção.” (PT)

– Diretriz VDI 2860



Fig. 2: Robot de 6 eixos com garra © PFI

Definição pela Robotic Industries Association

“Um robot é um manipulador multifuncional reprogramável projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados por meio de movimentos programados variáveis para a execução de uma variedade de tarefas”

Definição por JARA (Japan Robot Association)

Manipulador Manual: Dispositivo de Manipulação não automatizado, controlado diretamente pelo utilizador.

Robot de Sequência Fixa: Dispositivo de manuseamento com padrão de movimento fixo. A mudança desse padrão é relativamente complexa

Robot de Sequência Variável: Dispositivo de manuseamento, conforme descrito anteriormente, mas com a opção de alterar a sequência de movimentos de forma rápida e fácil.

Robot de reprodução: A sequência de movimento é estabelecida uma vez pelo operador e é guardada na memória do programa. Com as informações contidas na memória, a sequência de movimentos pode ser repetida conforme necessário.

Robot de controlo numérico: Este dispositivo de manuseamento funciona de modo semelhante a uma máquina controlada por Controlo Numérico. As informações sobre a sequência de movimento são inseridas numericamente no dispositivo por meio de botões, interruptores ou suportes de dados.

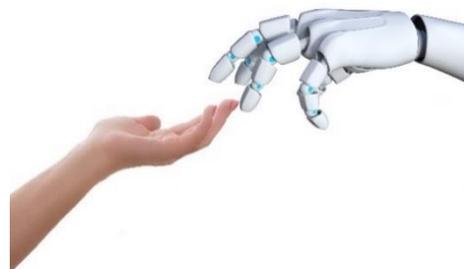
Robot Inteligente: Esta classe de robot superior destina-se a dispositivos que possuem vários sensores e, portanto, são capazes de adaptar automaticamente a sequência do programa às mudanças na peça de trabalho e no ambiente.

Apesar das várias definições, o entendimento comum real de um robot é:
dispositivo programável que possui pelo menos três eixos livremente móveis.

3.2 Robots e humanos

No passado, robots e humanos trabalhavam separadamente um do outro. Essa separação ainda é relevante hoje em muitas áreas de produção e é evidenciada por barreiras complexas e precauções de segurança. Estas barreiras destinam-se a evitar que uma pessoa entre na área de trabalho de um robot ativo e seja ferido ou mesmo morto pelos seus movimentos. As várias opções para proteger as áreas de trabalho dos robots contra a entrada não autorizada incluem, por exemplo, gaiolas com portas de segurança monitorizadas, barreiras de luz ou até mesmo restrições de acesso para salas ou corredores inteiros. Acionar essas medidas de proteção, geralmente, significa parar as máquinas afetadas imediatamente em conjunto com um alarme ótico e/ou acústico.

Apesar do perigo que os robots representam para os humanos, existem várias soluções para permitir que humanos e máquinas trabalhem de forma colaborativa. Neste caso, deve-se garantir que o robot seja fisicamente incapaz de ferir o humano ou, várias medidas de segurança inteligentes diferentes, devem garantir que o robot não execute nenhum movimento que possa resultar numa colisão prejudicial com o trabalhador.



Essas medidas de segurança podem ser:

- Sensores de proximidade
- Sensores de toque
- Sensores de distância a laser
- Scanners 3D
- Sistemas de vídeo combinados com visão de máquina

Além disso, o robot pode ser equipado com unidades de detecção de força ou torque, que fornecem feedback de força para a sua unidade de controle. Deste modo, o robot pode detectar se o utilizador interage com ele e responder ao seu parceiro em conformidade com essa interação.

No entanto, estes sistemas são altamente complexos, e mesmo pequenos erros podem causar a paragem completa da máquina, pois a segurança humana vem sempre em primeiro lugar. Esta complexidade também se reflete no preço, tanto em termos de compra como de manutenção.

3.3 Diferentes tipos de robots

Se pensarmos em robots industriais, o modelo mais comum que se pode imaginar será semelhante ao mostrado no capítulo "O que é um robot". É um braço de cinco a seis eixos com uma estrutura que integra uma ferramenta na ponta. Este tipo de robot é a construção mais versátil e pode lidar com várias tarefas desde o manuseamento de peças e alimentação de outras máquinas até a montagem de produtos ou mesmo fresagem, soldagem ou impressão (3D). Um robot de seis eixos pode alcançar qualquer ponto no seu espaço com a ferramenta orientada em qualquer direção necessária. Com cinco eixos, a orientação da ferramenta é, parcialmente, limitada e depende da posição que o robot está a alcançar.



Fig. 3: Robot Scara © PFI

Outro modelo comum é o chamado robot Scara. É usado, principalmente, para tarefas de pegar e colocar, onde a velocidade e a precisão devem ser obtidas a custos moderados. A cinemática de um robot Scara é limitada a um plano, com um manipulador regulável em altura. Com esta limitação é mais fácil atingir um alto grau de rigidez e precisão, mantendo a velocidade e custos moderados.



Fig. 4: Robot Delta © PFI

O último participante típico neste domínio é o robot Delta. Tal como o robot Scara, é usado, principalmente, para atividades de recolha e colocação em que a velocidade e a eficiência de custos são mais importantes do que a precisão e a versatilidade. Como no tipo Scara, o eixo da ferramenta é fixo e permanece perpendicular ao plano de trabalho.

3.4 Como funciona um robot?

A tarefa de quase todos os robots resume-se ao posicionamento de uma ferramenta ou peça de trabalho no espaço 3D. Para isso, o robot possui vários braços conectados por articulações de forma definida. Esta cadeia é conhecida como cinemática e é representada, matematicamente, no software de controlo da máquina.

Todas as transformações e rotações das articulações podem ser expressas em Matrizes, o que facilita o cálculo dos movimentos exatos de todos os eixos da cadeia. Muitos destes cálculos são necessários em cada passo que o robot efetua. Embora a maioria dos eixos do robot seja rotacional, uma rotação em um eixo resulta em rotação e, na maioria das vezes, uma translação de todas as articulações mais abaixo na cadeia. Felizmente, os computadores modernos têm poder de processamento mais do que suficiente, e toda a matemática complexa oculta-se sob uma interface de utilizador agradável e intuitiva, o que facilita o controlo e a programação do robot para várias tarefas.

Mas toda a matemática e software seriam inúteis, se não houvesse uma rede elétrica e eletrónica de sensores e motores, que traduzem todos os bits e bytes em ações do mundo real. Portanto, existem os sensores que informam ao controlador onde o robot realmente está. O controlador compara esses valores reais com os valores de setpoint especificados no programa em execução e regula a saída do motor em conformidade. Este círculo de controlo é executado o tempo todo em que o robot está ativo, seja no caso de um movimento complexo ou apenas enquanto mantém uma posição.

E, por último, mas não menos importante, há a parte mecânica do robot. O que vemos, normalmente, é um conjunto muito rígido e estável feito de aço e plástico, envolto em vários cabos e linhas de ar comprimido. Esta construção suporta as cargas, forças e torques das diferentes ações. O esforço neste domínio é criar uma construção que seja rígida o suficiente para lidar com as cargas, mas não muito pesada, de modo a não desacelerar demais a máquina. Esta aparência mecânica também define a área de manuseamento possível e o espaço necessário para a instalação.

3.5 Programar um robot

Existem diferentes métodos para dizer a um robot o que fazer.

Programação manual

Um programador especializado codifica todas as ações do robot manualmente. Isto, geralmente, é feito numa linguagem de programação especial chamada G-Code. G-Code é uma linguagem universal para máquinas CNC e consiste em uma longa lista de comandos que informam a máquina o que fazer em seguida. Embora existam alguns atalhos e suportes para algumas ações típicas, esta é uma tarefa que exige rigor e um simples erro de digitação pode causar desde um pequeno desalinhamento até um desastre total.

Ensinar em processo

O “teach in process” (ensinar em processo) é um método intuitivo para programar um robot industrial. Um utilizador controla o robot diretamente e regista as posições e atividades manualmente, para que o robot possa repetir essas ações. Este processo, normalmente, não requer um alto nível de formação e pode ser feito sem conhecimento de programação.

Programação suportada por CAM

Um software auxilia o utilizador na definição das ações do robot. Esta pode ser uma ferramenta simples que simula o robot, e o utilizador pode combinar técnicas de teach-In e programação manual para criar uma ação. Mas também existem situações muito mais complexas em que toda uma linha de produção é simulada no software e os utilizadores podem programar e simular as ações combinadas de todos os tipos de máquinas.

Este é o tipo de programação mais sofisticado e o caminho a seguir em um ambiente de construção complexo. Os robots podem ser programados enquanto estão em operação.



Fig. 5: Sistema CAM DEScom da DESMA; Programação de um ciclo de desbaste baseado em dados 3D-CAD; visualização do caminho e orientação da ferramenta. (Imagens fornecidas pela DESMA)

3.6 Processos existentes na indústria

Uma das primeiras empresas tecnológicas no domínio da automação e robots na indústria de calçado foi a empresa DESMA. Como referido na introdução, em 1980, instalou a primeira máquina para injetar solas diretamente na parte superior (gáspea). A partir daí, a DESMA desenvolveu soluções completas de automação para a indústria de calçado, como pode ser visto na imagem abaixo. Um carrossel, com várias estações para injeção direta suportada por moldes, inclui na sua estrutura robots para diversas operações, e para remover o produto acabado automaticamente que é colocado num transportador para processamento posterior.

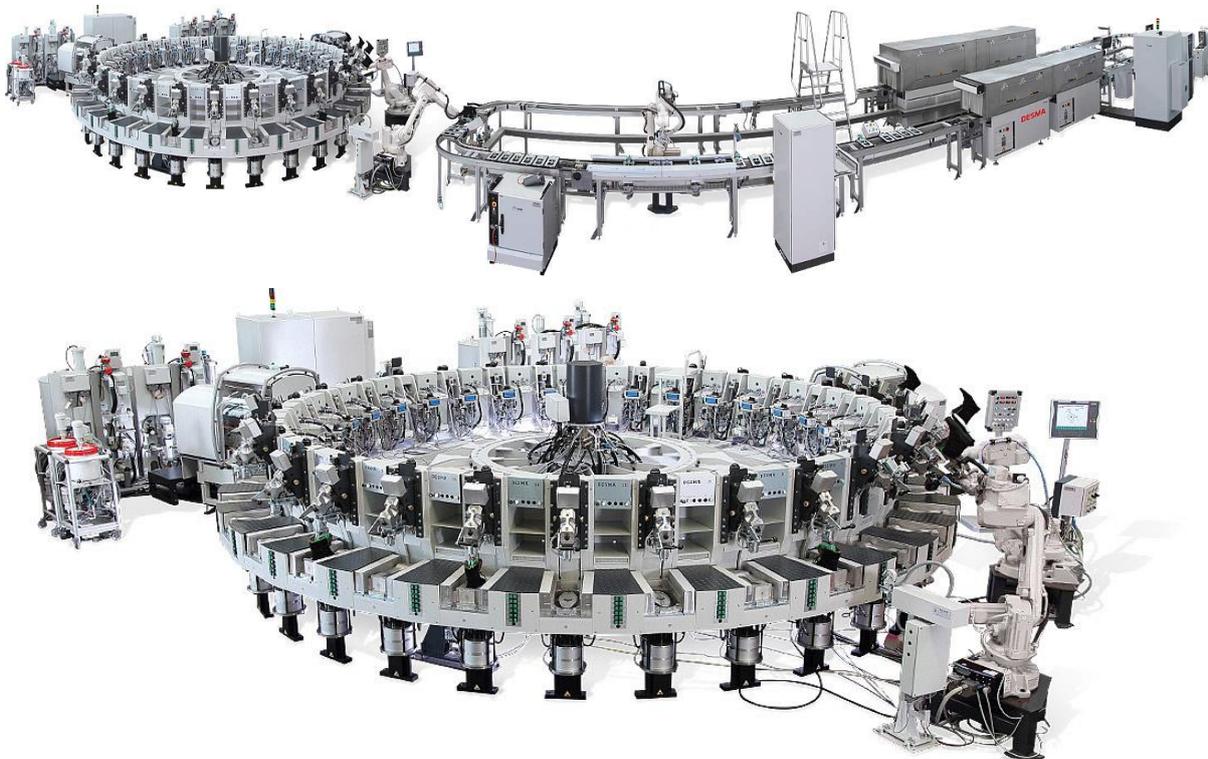


Fig. 6: Sistema de injeção direta automatizado da DESMA (Imagens fornecidas pela DESMA)

4 Impressão 3D – Manufatura Aditiva

Há pouco tempo, os processos de fabricação na indústria eram, principalmente, processos subtrativos nos quais a geometria desejada é extraída de uma matéria-prima existente por meio da remoção de material. Provavelmente, os processos mais conhecidos são tornear, fresar e cortar. Mas nos últimos anos, os processos aditivos ganharam destaque no setor industrial. Os custos decrescentes das impressoras 3D e os materiais mais apropriados estão a tornar os processos aditivos cada vez mais atraentes para uma ampla gama de aplicações.

A impressão 3D é um processo aditivo no qual o material é aplicado, camada por camada, para criar a geometria desejada. A matéria-prima pode estar em várias formas, como fio, pó ou líquido. A solidificação do material na estrutura desejada ocorre termicamente ou quimicamente.

A principal vantagem da impressão 3D é o curto período de tempo necessário desde o modelo CAD até à peça acabada, especialmente para geometrias de alta complexidade. Também oferece um novo grau de liberdade para os projetistas, pois a complexidade da peça é quase irrelevante para o processo de fabricação, mesmo peças interligadas ou estruturas internas complexas são possíveis.



Fig. 7: Esquerda: processo subtrativo (azul-escuro: produto desejado, azul claro: material removido) | direita: processo aditivo (azul escuro: camada de base, verde: camadas adicionadas) © PFI

4.1 Visão geral de diferentes técnicas

No campo da impressão 3D, existem diferentes abordagens para a aplicação do material, camada por camada.

Estereolitografia

Provavelmente, o método mais antigo é a chamada estereolitografia (SLA) que foi patenteada em 1984. Neste processo, um meio fotossensível é curado seletivamente por um feixe de laser para criar a estrutura desejada, camada por camada. Este método era, frequentemente, usado para criar modelos físicos a partir de CT-Data no setor médico. Hoje em dia o laser é, parcialmente, substituído por uma tela LCD que bloqueia seletivamente uma fonte de luz UV ou um projetor UV para curar o material. Após a impressão as peças devem ser lavadas e pós-curadas com luz UV-

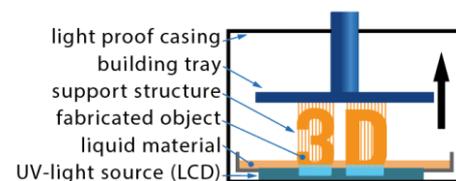


Fig. 8: Esquema de uma impressora SLA com fonte de luz LCD © PFI

Este método pode produzir peças altamente detalhadas com um bom acabamento superficial, mas os foto polímeros utilizados são tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente. A estabilidade física depende, significativamente, dos produtos químicos usados, mas pode ser bastante boa. Além disso, materiais flexíveis são possíveis. Várias empresas da indústria de calçado experimentam este método para imprimir solas com estruturas específicas para obtenção de propriedades de amortecimento variáveis.

MELHOR PARA: Prototipagem funcional, padrões, moldes e ferramentas

Moldagem por Deposição Fundida

O método de impressão 3D mais comum utiliza plásticos fundidos para criar a peça. A matéria-prima é alimentada por uma extrusora aquecida, onde derrete e pode ser prensada através de um bico na posição desejada. A extrusora e o bico são guiados por uma máquina tipo CNC, que, também, pode ser um robot. Uma placa de base aquecida serve como superfície de impressão para a primeira camada. Todas as outras camadas são aplicadas umas sobre as outras. Assim, a impressora precisa de algo para imprimir e, no caso de uma peça ter saliências, a impressora necessita das

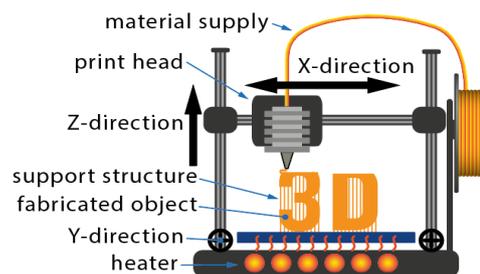


Fig. 9: Esquema de impressora FDM © PFI

chamadas estruturas de suporte. Estas estruturas são calculadas automaticamente no software da impressora, mas também podem ser modificadas por um utilizador experiente para acelerar o processo.

A remoção das estruturas após o término da impressão faz parte do pós-processamento manual e pode ser uma tarefa tediosa, mas necessária para o produto final.

A qualidade das peças depende muito das configurações usadas para impressão. Para configurações ideais, o utilizador precisa de alguma experiência, especialmente se forem utilizados muitos materiais diferentes. Alguns graus Celsius a mais ou a menos na extrusora podem significar a diferença entre peças boas e uma impressão com falhas.

Esta é a tipologia de impressoras 3D mais baratas do mercado, com impressoras de nível básico numa faixa de preço entre os 200 a 500 €.

MELHOR PARA: modelos básicos de prova de conceito e prototipagem simples.

Sinterização seletiva a laser ou fusão seletiva a laser

Este é um processo de manufatura aditiva em que áreas seletivas de uma camada de pó são fundidas usando energia térmica. Depois que as áreas desejadas são fundidas, a camada inicial é rebaixada e uma nova camada de pó é aplicada. A energia necessária é introduzida no material em pó pré-aquecido por meio de um laser, que varre a seção transversal atual do componente. Uma grande vantagem deste processo é que o pó não fundido serve como estrutura de suporte para as camadas superiores e pode ser facilmente retirado após a impressão. Portanto, nenhuma estrutura de suporte especial precisa de ser impressa e a remoção morosa desses elementos não é necessária.

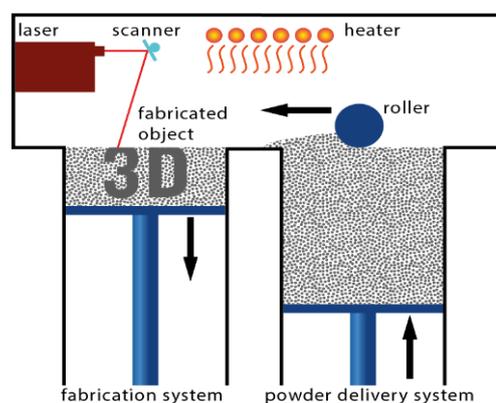


Fig. 10: Esquema de sistema SLS / SLM © PFI

Além disso, os metais são processáveis, mas é necessário um procedimento de pós-sinterização adequado para obter propriedades reais do material semelhante ao metal.

A superfície das estruturas impressas em SLA / SLM é granulada, mas pode ser lixada no pós-processamento para obter uma superfície lisa. A estabilidade geral das peças é uma das melhores possíveis e as camadas são quase invisíveis.

Dependendo das propriedades do material em pó usado, é possível obter peças rígidas ou flexíveis. Devido às pequenas tolerâncias e à estabilidade do processo, as peças podem ser utilizadas como elementos funcionais em diversos tipos de produtos.

Mas todas essas vantagens têm um preço, que é o custo das máquinas e da infraestrutura ao seu redor. Uma única máquina começa em cerca de 100.000 € e precisa de 10 ou mais metros quadrados de área de instalação com uma conexão de energia de alta corrente. O equipamento adicional para reciclagem de pó e pós-processamento das peças não está incluído.

MELHOR PARA: prototipagem funcional e produção de uso final.

Injeção de materiais

Este princípio de impressão é semelhante a uma impressora jato de tinta comum, mas, em vez de tinta, um polímero fotossensível é impresso e curado por luz ultravioleta. Como uma impressora de mesa típica, que, geralmente, imprime com quatro cores (ciano, magenta, amarelo e preto), uma impressora a injeção de material também possui cabeças de impressão separadas que podem ser utilizadas de diferentes maneiras. Esta injeção pode ser o mesmo material em cores diferentes, mas também pode ser de materiais com propriedades diferentes. Por exemplo, a injeção pode usar um material duro e um macio e até misturá-los para criar flexibilidade variável na peça.

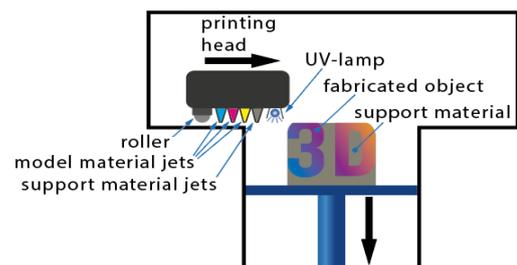


Fig. 11: Esquema de impressora com impressão de material por injeção © PFI

Outra vantagem é o uso de um material de suporte especial que, normalmente, é fácil de remover após o término da impressão. Portanto, não são necessárias estruturas de suporte explícitas, o que facilita muito o pós-processamento das peças.

Embora este seja um procedimento caro, a possibilidade de materiais misturados digitalmente ou mesmo cores foto realistas é uma propriedade que a maioria dos outros procedimentos de impressão não podem oferecer. Portanto, esta técnica é usada, principalmente, para design ou protótipos com foco háptico de produtos de consumo.

MELHOR PARA: prototipagem funcional com foco na sensação tátil e no design

Jateamento de ligante

A técnica de injeção de ligante é algo como uma combinação de sinterização seletiva a laser e injeção de material. Neste caso, uma cabeça de impressão injeta um agente ligante, camada por camada numa camada de pó para formar a peça final. Como outros procedimentos de camada de pó, não são necessárias estruturas de suporte.

Este procedimento é mais rápido que o SLS, embora capaz de coloração foto realista, mas as peças são frágeis sem pós-processamento especial. Além disso, os metais são processáveis, mas é necessário um procedimento de pós-sinterização adequado para obter propriedades reais do material semelhante ao metal.

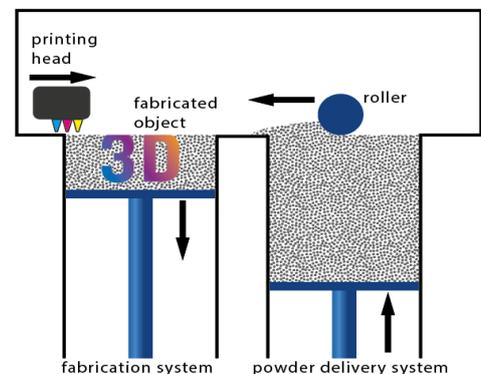


Fig. 12: Esquema de uma impressora por jateamento de ligante © PFI

MELHOR PARA: prototipagem funcional com foco em design e produção final

4.2 Preparação de impressão / fatiador

A preparação de uma peça 3D para impressão é relativamente simples, mas pode ter um grande impacto no tempo de impressão necessário e na qualidade da peça.

O primeiro passo é importar a peça desejada e colocá-la dentro do volume de impressão. O software de impressão (o fatiador), normalmente, escolhe uma boa orientação para a própria peça. *Para fins de demonstração, a estrutura em forma de T é deliberadamente trazida para uma orientação na qual é necessária uma alta proporção de estruturas de suporte (azul). Mas como é possível verificar é possível utilizar uma pequena quantidade de saliência sem a necessidade de um suporte.*

Em seguida, são ajustadas as configurações de impressão conforme necessário. As configurações mais importantes, em termos de qualidade e tempo de impressão, são a espessura das camadas.

Camadas finas: detalhes finos, mas mais lentos

Camadas grossas: rápidas, mas estruturas mais grosseiras

Dependendo da técnica de impressão usada, existem muitas outras configurações para ajustar. O procedimento FDM tem muitos parâmetros como temperatura, ventoinhas de arrefecimento, quantidade de preenchimento (material dentro da peça), taxa de alimentação do material, velocidade da cabeça de impressão, etc. “Rascunho”, “Normal” e Alta qualidade”.

Depois de preparar todas as configurações, o programa calcula as seções transversais de cada camada e, dependendo da impressora utilizada, as instruções para a máquina. Em uma 3D-Viewport é possível o processo de impressão e estimar se o procedimento será eficaz, e se o resultado se adequa aos seus propósitos.

4.3 Problemas e dificuldades

Embora a impressão 3D abra muitas novas possibilidades e ofereça aos designers muita liberdade, ainda é uma tecnologia muito recente. Isto é particularmente evidente no desenvolvimento de materiais, onde há constantes melhorias e novidades no mercado. Estes desenvolvimentos também são necessários, uma vez que as propriedades físicas das peças impressas são decisivas para saber se e como elas podem ser usadas em produtos para o utilizador final.

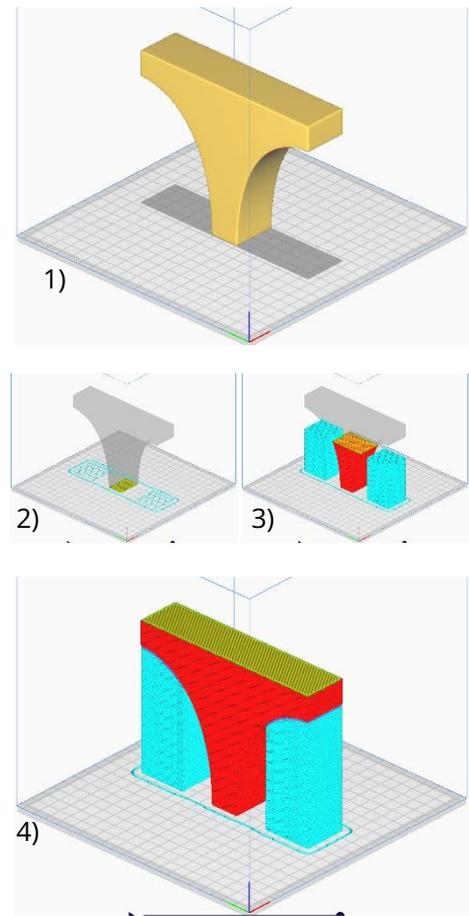


Fig. 13: Fatiador para uma impressora FDM. © PFI
1) parte colocada; 2) projeção de primeira camada;
3) meia impressão com preenchimento interior visível (laranja); 4) parte concluída

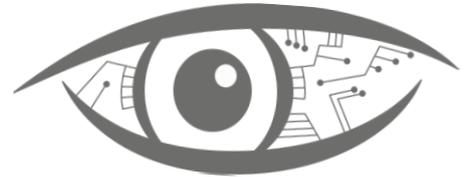
4.4 Visão geral

	SLA/DLP	FDM	SLS/SLM	MJT	BJT
Qualidade da superfície	Elevada	Baixa a média	Arenosa	Elevada	Média
Tolerâncias	Médias	Más	Boas	Boas	Médias
Durabilidade	Média a Elevada	Média	Elevada	Baixa	Baixa a Média
Cores possíveis	Cor única	1 a 4 cores	Cor única	Multicores	Multicores
Estruturas de apoio	Sim	Sim	Não	Não	Não
Custo de hardware	Baixo	Baixo	Elevado	Elevado	Médio
Custo de material	Médio	Baixo	Médio	Elevado	Médio
Experiência de utilizador	Instruções de segurança	Experiência necessária	Instruções de segurança	Apenas manutenção	Apenas manutenção

5 Visão de máquina

5.1 O que é Visão de Máquina?

A Visão de Máquina descreve o processo de captura e processamento de dados de imagem, para reunir diversos tipos de informações, que podem ser utilizadas para controle e/ou validação de processos.



5.2 O que é uma imagem?

Do ponto de vista dos computadores, uma imagem é apenas uma matriz de valores arbitrários que expressam as intensidades de cor para vermelho, verde e azul. Estas três cores são a base a partir da qual todas as cores visíveis são misturadas. Este processo é semelhante ao funcionamento dos nossos olhos. Os olhos também têm três células recetoras diferentes que são sensíveis ao espectro de luz vermelho, verde ou azul. Se, por exemplo, virmos luz amarela, isso significa que os recetores vermelho e verde são acionados igualmente, e o cérebro interpreta a cor como amarelo.

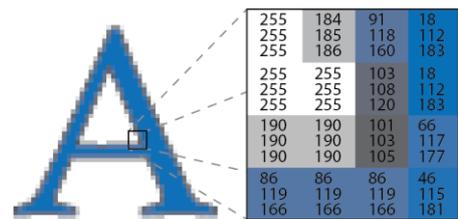


Fig. 14: RGB-valores de cor dos diferentes pixéis © PFI

Para imagens típicas, cada valor em cada canal tem um intervalo entre 0 e 255 (8 bits). 0 significa não e 255 significa intensidade máxima neste canal. A Figura 15 à direita mostra a mistura aditiva destes valores (cores).

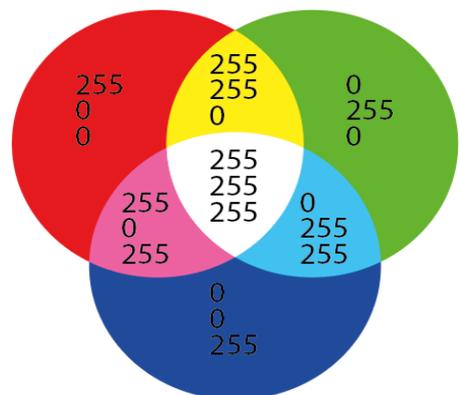


Fig. 15: Mistura aditiva de cores © PFI

5.3 Componentes chave

Os seguintes componentes são necessários para o processamento de imagem:

Luz

A luz artificial é, geralmente, usada para processamento de imagens industriais. Embora também seja possível trabalhar com luz natural, as condições de iluminação flutuantes podem interferir, significativamente, no processamento posterior dos dados da imagem. Portanto, fontes de luz especialmente adaptadas à tarefa são, geralmente, usadas para criar uma situação de iluminação consistente e sem sombras.

Lente

Antes que a luz refletida do objeto atinja o sensor da câmera, ela é agrupada e focalizada por uma lente para obter uma imagem nítida. Uma lente, geralmente, consiste num arranjo de lentes diferentes para minimizar aberrações e distorções. Uma aberração típica é, por exemplo, a chamada aberração cromática na qual diferentes cores são refratadas em diferentes graus quando passam pela lente. Isto resulta em bordos esbatidos e franjas coloridas, o que dificulta muito o processamento da imagem.

Embora alguns erros possam ser compensados por algoritmos apropriados, é sempre vantajoso usar ópticas de alta qualidade. No entanto, como os custos de tais lentes são significativos, deve-se sempre ponderar qual a qualidade da óptica que é realmente necessária.

Sensor da câmera

É necessário um sensor adequado para converter a luz em dados digitais. Dependendo da tarefa, é possível de imediato decidir se é usado um sensor preto e branco ou de cor. Um sensor preto e branco não é, necessariamente, mais barato do que um sensor de cor, mas um sensor de cor nem sempre deve ser usado por esse motivo. Com a mesma resolução, um sensor preto e branco tem melhor precisão de borda do que um sensor de cor, principalmente quando se trata de bordas coloridas.

Um sensor de câmera consiste numa matriz de elementos semicondutores sensíveis à luz (pixéis). Estes são carregados durante um processo de exposição e, ao ler, é medida a quantidade de carga que cada pixel individual absorveu. Uma carga alta significa uma alta intensidade de luz e, portanto, um pixel brilhante na imagem posterior. Com sensores preto e branco, as medições são feitas independentemente da cor da luz incidente. No caso de sensores de cor, um filtro de cor é adicionado na frente dos campos do sensor, o que limita a faixa espectral da luz incidente. Os componentes de cor são divididos em vermelho, verde e azul e, precisamente, estes componentes de cor são distribuídos nos pixéis. A figura ao lado mostra campos de sensores 8x8, dos quais 50% são sensíveis apenas ao verde, 25% apenas ao vermelho e 25% apenas à luz azul. A maior proporção de sensores de luz verde faz jus ao facto de que os nossos olhos também têm uma maior sensibilidade na faixa espectral verde. Esta estrutura de filtro é chamada de filtro Bayer. No entanto, para obter uma imagem colorida, os componentes de cor de cada pixel devem ser, posteriormente, intercalados.

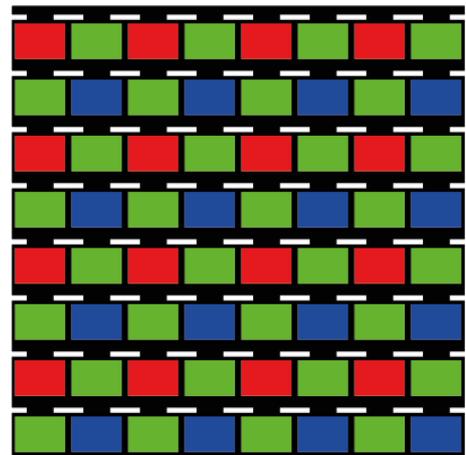


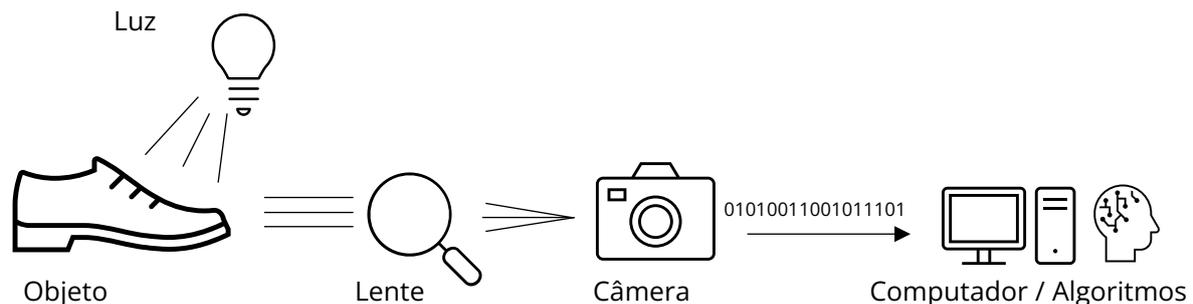
Fig. 16: Esquema de um sensor de cor com filtro de Bayer: partes a negro simbolizam the +areas do chip não sensíveis necessárias para a leitura eletrônica © PFI

Existem muitos algoritmos diferentes que podem ser usados para esta finalidade, mas eles não serão analisados em detalhes neste documento. A palavra-chave para encontrar mais informações sobre isso é "Demosaicing".

Com esta informação é mais fácil identificar as vantagens de um sensor preto e branco sobre um sensor colorido. A sensibilidade à luz é maior porque nenhuma luz é perdida devido aos filtros de cor e o processo de intercalar subsequente também é eliminado. Portanto, os sensores preto e branco podem resolver contrastes de cores fortes com mais precisão, mesmo com luz mais fraca.

Outra propriedade importante dos sensores de imagem é a resolução disponível e, novamente, mais sempre é melhor. Quanto mais pixéis existirem na mesma área, menor será o sensor e menos luz poderá absorver. O circuito eletrônico necessário a adicionar a áreas sensíveis à luz que são usadas para ler os pixéis, também reduz a área realmente utilizável e, portanto, a sensibilidade de todo o sensor. E por último, mas não menos importante, quanto maior a resolução, maior o volume de dados e, portanto, o poder de computação necessário para seu processamento aumenta. Ao selecionar a resolução, o princípio deve ser: "O quanto for necessário, o mínimo possível".

O tamanho real do sensor tem um grande impacto na quantidade de luz que pode absorver e, portanto, na sensibilidade geral. Sensores maiores fornecem imagens sem ruído com uma elevada faixa dinâmica. No entanto, são mais dispendiosos e também requerem óticas mais caras para que sejam compatíveis com a grande área do sensor. Uma sensibilidade mais alta significa tempos de exposição mais curtos com menos luz, o que geralmente é mais importante para os fotógrafos. Em ambientes industriais, no entanto, geralmente é mais fácil e de menor custo aumentar a iluminação para facilitar o trabalho dos sensores. Em certos casos, como em testes de colisão de veículos, isso pode significar que níveis extremos de iluminância são usados para assegurar imagens nítidas.



5.4 Processamento de imagem

Depois que as imagens são capturadas e convertidas em dados digitais, o computador precisa de entender o que vê. Com este propósito, muitos algoritmos diferentes foram desenvolvidos para realizar, desde tarefas simples de reconhecimento de cores até cálculos da área do couro e aplicações mais complexas de realidade aumentada. Não é possível abordar todas as opções neste documento, portanto, apenas alguns exemplos são apresentados abaixo.

Deteção de código de barras e de código QR

Uma aplicação de reconhecimento de imagem que vem sendo usada há muito tempo são os códigos de barras ou códigos QR. Padrões específicos são reconhecidos por um software e as informações contidas são disponibilizadas ao utilizador. Dependendo do âmbito do código, podem ser números de série simples, mas também conjuntos de dados complexos, como cartões de visita ou certificado de vacinação.

A formatação dos códigos individuais pode ser diferente, mas os telemóveis atuais com o aplicativo apropriado reconhecem-nos de forma muito confiável. No setor industrial, muitas vezes são encontrados scanners especialmente projetados para esta tarefa, seja no caixa do supermercado, no aeroporto ou em sistemas de armazenamento.

Controle de cores

Esta é uma das tarefas simples de que um algoritmo digital é capaz. A cor de uma amostra é comparada a um valor de referência de um banco de dados. Normalmente, isto significa, apenas, uma imagem numa área da amostra para obter um valor de cor representativo. Se este valor estiver dentro das tolerâncias especificadas, o objeto passa no teste. Embora seja simples no lado digital, uma boa situação de iluminação controlada é fundamental para obter resultados confiáveis.

Medição de área

Para a medição da área de um fornecimento de couro, é importante obter um bom contraste entre o objeto e o fundo. Além disso, é importante incluir corretamente a situação geométrica da câmera e da área de medição no software para que não haja medições incorretas devido a distorções de perspectiva. Um algoritmo reconhece a área da amostra em pixels e calcula a área nas unidades desejadas.

Identificação de defeitos

Esta tarefa é um pouco mais exigente para reconhecimento de imagem e, muitas vezes, é útil se várias medições (imagens) forem feitas sob diferentes situações de iluminação. Sob a luz certa, mesmo pequenas imperfeições e cicatrizes no material podem projetar sombras, o que faz com que o respectivo defeito se destaque claramente. O software pode examinar os dados da imagem em busca de irregularidades e comparar possíveis defeitos com amostras de um banco de dados. Desta forma, a matéria-prima recebida pode ser verificada automaticamente e categorizada em diferentes classes de qualidade.

Deteção de posição

Reconhecer a orientação e a posição de uma peça é uma tarefa comum de reconhecimento de imagem, especialmente em relação a robots. Se a posição de um componente for identificada corretamente, um robot adequadamente programado pode agarrá-lo de forma confiável e, por sua vez, alimentar uma máquina colocando a peça numa posição definida. Hoje em dia, isso é muito comum para componentes rígidos, mas segurar peças flexíveis ainda é uma tarefa complicada para robots.

Realidade aumentada

O objetivo das aplicações de realidade aumentada na indústria é apoiar o trabalhador com informações importantes diretamente no seu campo de visão. Por exemplo, números de peças e instruções de processamento podem ser exibidos de acordo com a peça que está a ser segurada na mão, facilitando o trabalho do trabalhador e reduzindo as fontes de erro. Em combinação, por exemplo, com outros links inteligentes os programas apropriados podem ser disponibilizados automaticamente nas máquinas usadas ao pegar uma peça.

6 Anatomia e biomecânica

6.1 Sistema locomotor

O sistema locomotor é, também, designado de sistema musculoesquelético. Consiste em:

- o esqueleto,
- músculos esqueléticos,
- tendões,
- ligamentos,
- articulações,
- cartilagem
- outro tecido conjuntivo.

O sistema nervoso (cérebro e nervos) envia sinais para ativar os músculos e permite movimentos voluntários.

O estudo da estrutura, função e movimento dos aspetos mecânicos dos organismos é designado de biomecânica. Os estudos biomecânicos são usados para obter uma compreensão abrangente dos movimentos e das forças geradas por e que atuam sobre o corpo. As principais áreas da biomecânica são: dinâmica, cinemática, cinética e estática.

6.2 Anatomia do pé

O pé faz parte do sistema locomotor e suporta a carga quando estamos em pé e em movimento. É uma estrutura complexa com 28 ossos, 33 articulações e muitos músculos, tendões e ligamentos, capaz de se adaptar a irregularidades e, ao mesmo tempo, ter rigidez suficiente para impulsionar o corpo para frente. A antropometria do pé é influenciada por muitos fatores, como idade, sexo, região, mobilidade e saúde.

Os sapatos devem ser projetados para apoiar o movimento natural do pé e não restringir e confinar o pé de forma significativa. As deformidades dos pés são, frequentemente, devidas a calçado inadequado usado durante os estágios iniciais de desenvolvimento. Problemas como pés chatos e tortos geralmente se manifestam em adultos devido a calçados errados, exercícios insuficientes e estilos de vida pouco saudáveis.

6.3 Ciclos de marcha

Caminhar e correr são movimentos dinâmicos e periódicos durante os quais são geradas forças que devem ser suportadas pelo sistema musculoesquelético. Durante as diferentes fases do ciclo de marcha, a carga e a função do pé variam. Durante o contacto inicial, o impacto precisa de ser amortecido, a carga suportada durante o período de apoio e, durante a caminhada, o corpo precisa de ser impulsionado para frente. A carga excede o peso corporal e pode atingir até 2,8 vezes o peso corporal durante a corrida.

6.4 Métodos de medição

Existem vários métodos de medição estáticos e dinâmicos para investigar o movimento, a distribuição de pressão e as forças geradas ao longo do ciclo da marcha. As variáveis que são medidas podem ser temporais, cinemáticas (posição, deslocamento, velocidade, aceleração), cinéticas (força, energia, trabalho, potência) ou relacionadas com atividade muscular e medidas metabólicas.

O equipamento de medição inclui plataformas de força, câmeras de alta velocidade, tapetes de sensores de pressão, palmilhas de sensores de pressão, sensores EMG, sensores IMU, sensores GPS, analisadores de gás.

7 Sensores

7.1 O que pode ser medido?

Cada propriedade física que pode ser experimentada por um ser humano é mensurável por algum tipo de sensor. As informações fornecidas pelos sensores eletrônicos são imparciais e objetivas. Além disso, existem muitas outras propriedades físicas para as quais um ser humano não tem percepção, como, por exemplo, ondas de rádio. As propriedades do mundo real a medir podem ser:

- Distância
- Velocidade
- Aceleração
- Tempo
- Pressão
- Temperatura
- Campos magnéticos
- Brilho
- Força
- etc.

7.2 Como medem os sensores?

Distância

Uma distância pode ser medida de várias maneiras. Um processo comum para sensores de distância bastante precisos, baseia-se no princípio da triangulação. Um laser projeta um ponto no objeto e uma "câmera", com um deslocamento em relação ao laser, observa a localização desse ponto, como pode ser visto na Figura 17. Outro método são os sensores de "tempo de voo", que medem o tempo de eco de um sinal previamente transmitido de natureza acústica ou eletromagnética.

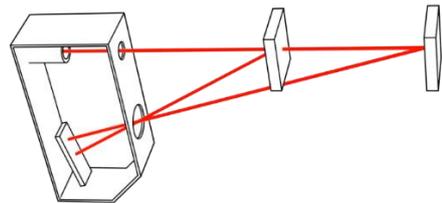


Fig. 17: Sensor de distância baseado em triangulação © PFI

Velocidade

A velocidade é a distância percorrida num determinado tempo e, portanto, pode ser medida usando o tempo necessário para uma distância conhecida. Em carros, por exemplo, a circunferência da roda é a distância conhecida e o tempo necessário para uma rotação é o outro valor para calcular a velocidade do carro. Uma velocidade é sempre medida em relação a um referencial.

Aceleração

A aceleração pode ser medida em termos do tempo necessário para um objeto acelerar de uma velocidade para outra, ou em termos da força que uma massa conhecida neutraliza uma mudança na velocidade. O segundo método em particular é benéfico, porque um sensor não precisa de nenhuma referência externa para medir uma aceleração.

Sensores de aceleração são embutidos, por exemplo, em telemóveis e são, frequentemente, usados para determinar a orientação do dispositivo por meio da gravidade. Uma massa oscilante é fixada livremente numa estrutura por vários elementos de mola. Quando a estrutura externa é acelerada, as molas são deformadas devido à inércia do centro de massa. Esta deformação é detetada e convertida em aceleração através de avaliação eletrónica correspondente. Os atuais sensores de aceleração de microconstrução não são maiores que uma cabeça de alfinete.

Giroscópio

Semelhante aos sensores de aceleração, os giroscópios podem detetar mudanças na taxa de rotação. Não requerem uma referência externa e são estruturados em processos comparáveis aos sensores de aceleração.

Temperatura

Existem muitas maneiras de medir uma temperatura. Uma metodologia acessível e confiável usa a resistência à temperatura de vários materiais para tirar conclusões sobre a temperatura ambiente.

Campos magnéticos

Sensores magnéticos são usados, principalmente, para registar o campo geomagnético e deduzir deste modo a orientação. Como uma corrente elétrica que flui através de um condutor em conexão com um campo magnético exerce uma força sobre este condutor, também é possível projetar componentes eletrónicos altamente integrados e de baixo custo.

Pressão / Força

A deteção de pressão ou força é um instrumento básico em estudos biomecânicos. Existem diferentes propriedades físicas que podem ser medidas, mas a maioria dos sensores possui uma camada deformável entre duas camadas condutoras.

Por exemplo, se a camada é isolante, as outras duas resultam num sensor, cuja capacitância depende da distância entre as duas camadas externas. Esta capacitância é medida e convertida na pressão aplicada e, por isso, esse tipo de sensor é chamado de sensor capacitivo.

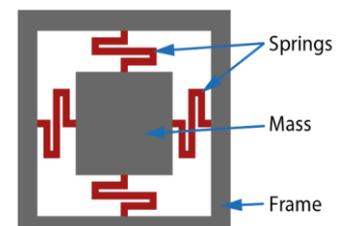


Fig. 18: Esquema de um sensor de aceleração © PFI

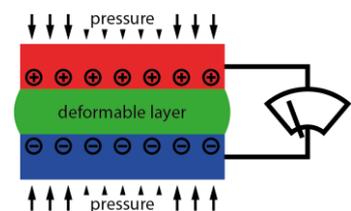


Fig. 19: Princípio de um sensor capacitivo © PFI

7.3 Unidade de Medida de Inércia (IMU)

Uma IMU não é um sensor único, mas uma combinação de um acelerómetro, giroscópio e sensor magnético em um. A unidade de avaliação e as interfaces digitais, muitas vezes, também são combinadas em um único elemento para que o componente possa ser facilmente integrado aos circuitos existentes. Esta unidade pode, assim, determinar a sua orientação no espaço e também reconhecer mudanças na sua posição. O alinhamento é muito confiável porque a rotação pode ser comparada repetidas vezes com o alinhamento magnético no campo magnético da Terra e a direção da gravidade. A posição, no entanto, só pode ser estimada com base nas acelerações, a partir das quais uma velocidade é calculada e a partir disso, por sua vez, é determinado o desvio espacial. Como um sensor possui um certo desvio e tolerância, gradualmente o erro é cada vez maior, que não pode ser compensado sem um posicionamento absoluto.

Exemplo: um sensor está parado sobre uma mesa. Neste caso, não deve existir nenhum movimento para além da aceleração devido à gravidade (gravitação). No entanto, os pequenos erros devido às tolerâncias de fabricação levam a um valor mínimo de aceleração. Isso significa que a unidade de avaliação assume uma velocidade cada vez maior, o que resulta em uma mudança de posição cada vez mais rápida. Num determinado momento, a unidade pensa que se está a mover no espaço à velocidade do som ou mais rápida, mesmo que não tenha se movido. Para compensar, alguma forma de referência da posição é necessária, como um sinal de GPS ou, por exemplo, a força de sinais Wi-Fi próximos.

7.4 Sensores locais

Os sensores fixos são ligados a uma estação de medição não móvel, como um tapete. Estes têm a vantagem de estarem, geralmente, prontos para uso imediato e a calibração só precisa de ser efetuada se houver problemas com a medição.

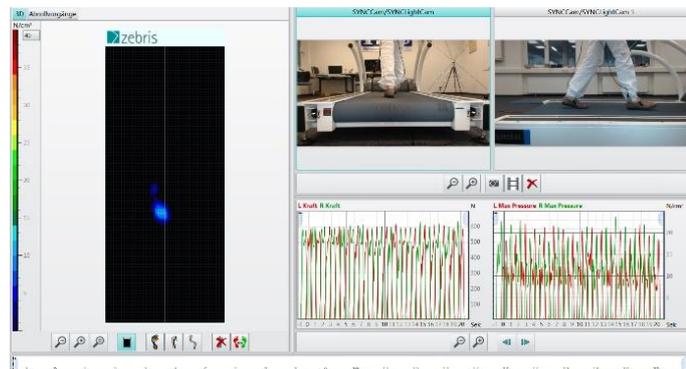


Fig. 20: Interface de software de um sensor que equipa um tapete; esquerda: perspectiva da superfície do tapete; direita em cima: perspectiva da câmara; direita em baixo: visualização dos dados captados. © PFI

7.5 Sensores móveis

Os sensores móveis são transportados com o utilizador e gravam os dados num cartão SD para posterior investigação ou transmitem as informações por meio de uma conexão de rádio como Wi-Fi ou Bluetooth. Estes sensores precisam de ser conectados diretamente ao utilizador e, geralmente, requerem algum tipo de processo de calibração. Exemplos deste tipo de sensores são:

- Unidades de medida inercial (IMU)
- Sensores de eletromiografia (EMG)
- Sensores de pressão ou força

7.6 Uso de sensores em calçado

O uso de sensores em calçado oferece uma ampla gama de possibilidades, desde simples conta passos até à análise biométrica da marcha na ciência e na pesquisa. A medicina também pode beneficiar de dados sobre o comportamento de caminhada e corrida dos pacientes e adaptar mais eficazmente os métodos de tratamento a cada situação. Adicionalmente, o descarte e a reciclagem dos componentes eletrônicos em calçado e vestuário não devem ser negligenciados.

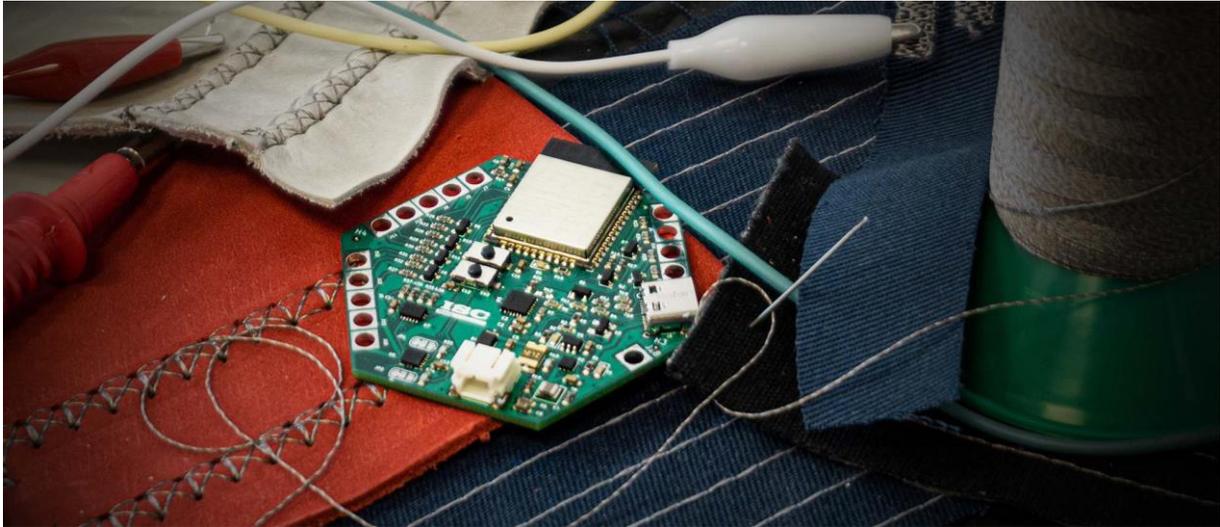


Fig. 21: Platina básica para têxteis inteligentes. © PFI

8 Lista de Figuras

Fig. 1: Esferas de Atividade do DIA-CVET e sua relação com o processo produtivo.....	4
Fig. 2: Robot de 6 eixos com garra © PFI.....	5
Fig. 3: Robot Scara © PFI.....	7
Fig. 4: Robot Delta © PFI.....	7
Fig. 5: Sistema CAM DEScom da DESMA; Programming of a roughing cycle based on 3D-CAD data; visualizing of tool path and orientation. (Picture by DESMA).....	9
Fig. 6: Sistema de injeção direta automatizado da DESMA (Imagens fornecidas pela DESMA).....	9
Fig. 7: Esquerda: processo subtrativo (azul-escuro: produto desejado, azul claro: material removido) direita: processo aditivo (azul escuro: camada de base, verde: camadas adicionadas) © PFI.....	10
Fig. 8: Esquema de uma impressora SLA com fonte de luz LCD © PFI.....	10
Fig. 9: Esquema de impressora FDM © PFI.....	11
Fig. 10: Esquema de sistema SLS / SLM © PFI.....	11
Fig. 11: Esquema de impressora com impressão de material por injeção © PFI.....	12
Fig. 12: Esquema de uma impressora por jateamento de ligante © PFI.....	12
Fig. 13: Fatiador para uma impressora FDM. © PFI.....	13
Fig. 14: RGB-valores de cor dos diferentes pixels © PFI.....	15
Fig. 15: Mistura aditiva de cores © PFI.....	15
Fig. 16: Esquema de um sensor de cor com filtro de Bayer: partes a negro simbolizam as áreas do chip não sensíveis necessárias para a leitura eletrônica © PFI.....	16
Fig. 17: Sensor de distância baseado em triangulação © PFI.....	20
Fig. 18: Esquema de um sensor de aceleração © PFI.....	21
Fig. 19: Princípio de um sensor capacitivo © PFI.....	21
Fig. 20: Interface de software de um sensor que equipa um tapete; esquerda: perspectiva da superfície do tapete; direita em cima: perspectiva da câmera; direita em baixo: visualização dos dados captados. © PFI.....	22
Fig. 21: Platina básica para têxteis inteligentes. © PFI.....	23