

12  
2022/1

# inter METAL

[www.intermetal.pt](http://www.intermetal.pt)

Informação para a indústria metalomecânica portuguesa

Preço: 10 € | Periodicidade: Trimestral | Março 2022 - Nº 12 | [www.intermetal.pt](http://www.intermetal.pt)

## O Bom é Agora EXCELENTE

**NEOLOGIQ**  
MACHINING INTELLIGENTLY



Member IMC Group  
**iscar**  
[www.iscarportugal.pt](http://www.iscarportugal.pt)

# 360 TECH IND STR Y

**TECH2CHANGE** 

26 - 27 MAIO

FEIRA INTERNACIONAL DA INDÚSTRIA 4.0, ROBÓTICA, AUTOMAÇÃO E COMPÓSITOS

# SUMÁRIO

## Edição, Redação e Propriedade

INDUGLOBAL, UNIPESSOAL, LDA.

Avenida Barbosa du Bocage, 87

4º Piso, Gabinete nº 4

1050 - 030 Lisboa (Portugal)

Telefone (+351) 217 615 724

E-mail: geral@interempresas.net

NIF PT503623768

Gerente Aleix Torné

## Detentora do capital da empresa

Nova Àgora Grup, S.L. (100%)

Diretora Luísa Santos

Equipa Editorial Luísa Santos,

Esther Güell, Nerea Gorriti

[www.intermetal.pt](http://www.intermetal.pt)

Preço de cada exemplar 10 € (IVA incl.)

Assinatura anual 40 € (IVA incl.)

Registo da Editora 219962

Registo na ERC 127299

Déposito Legal 455413/19

Distribuição total +4.100 envios.

Distribuição digital a +3.400 profissionais.

Tiragem +700 cópias em papel

Edição Número 12 - Março de 2022

Estatuto Editorial disponível em

[https://www.intermetal.pt/](https://www.intermetal.pt/EstatutoEditorial.asp)

[EstatutoEditorial.asp](https://www.intermetal.pt/EstatutoEditorial.asp)

## Impressão e acabamento

Gráficas Andalusi, S.L.

Camino Nuevo de Peligros, s/n - Pol. Zárate

18210 Peligros - Granada (Espanha)

[www.graficasandalusi.com](http://www.graficasandalusi.com)

## Membro Ativo:



ASSOCIAÇÃO  
PORTUGUESA  
DE IMPRENSA



VISAPRESS<sup>©</sup>  
Direitos de Autor Protegidos

Os trabalhos assinados são da exclusiva  
responsabilidade dos seus autores.

É proibida a reprodução total ou parcial  
dos conteúdos editoriais desta revista  
sem a prévia autorização do editor.

A redação da InterMETAL adotou  
as regras do Novo Acordo Ortográfico.

ATUALIDADE 4

EDITORIAL 5



Ferpinta investe €50 milhões  
na 'fábrica do futuro' 12

Entrevista a Miguel Oliveira, diretor  
comercial da Universal Robots  
Portugal 16

Formação em engenharia,  
uma urgência pós-pandemia 19

O que nos reserva o futuro do laser? 21



Uma abordagem à maquinação  
de ligas exóticas ou superligas 26

Tempos de maquinação breves  
graças à fresagem trocoidal TSC 30

Mitsubishi amplia gama de fresas  
para alumínio Alimaster 32

Torno multifusos e fresagem:  
dois conceitos incompatíveis? 34



Novos avanços em metrologia  
e tomografia 38

Tecnologia Zeiss otimiza os processos  
de produção 48

Testes de tensão: o que considerar  
ao procurar componentes normaliza-  
dos que serão submetidos a tensões  
elevadas 50

Capacidade de carga em engrenagens  
poliméricas: da simulação à solução 54

O futuro dos motores elétricos  
industriais 58

Alternativa vantajosa ao torneamento  
ISO convencional 62

Smart Cell da TCI Cutting: automação  
total para maior produtividade  
e rentabilidade 63

Hasco apresenta nova biblioteca CAD  
para SolidWorks 64

FIX8: o novo sistema de torneamento  
pesado da Kennametal com oito  
arestas de corte por inserto 65

## Hannover Messe 2022 reagendada para o início de junho

A Deutsche Messe AG anunciou o adiamento da Hannover Messe 2022 para os dias 30 de maio a 2 de junho, motivado pela prevalência mundial da pandemia de Covid-19. De acordo com a organização, a nova data oferece maior segurança de planeamento aos expositores e visitantes da principal feira mundial de tecnologia industrial.

Em junho, a Hannover Messe será o primeiro grande evento industrial do mundo. Espera-se que o seu enfoque na digitalização e sustentabilidade estimule abordagens inovadoras e eficientes à produção e à proteção climática. Recorde-se que Portugal é o 'País Parceiro' da edição de 2022, com mais de 100 empresas inscritas de setores como a metalomecânica, fabrico de equipamentos, mobilidade, automóvel, aeronáutica, têxteis, plásticos técnicos, moldes, tecnologias de produção e energias renováveis. O contingente português estará exposto num pavilhão central e em três pavilhões temáticos dedicados aos setores de Peças Técnicas & Soluções de Engenharia, Soluções Energéticas e Ecossistemas Digitais.

A participação portuguesa na Hannover Messe 2022 é organizada pela Agência Portuguesa de Comércio e Investimento (AICEP) em parceria com a Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins de Portugal (AIMMAP) e a Câmara de Comércio e Indústria Luso-Alemã.

## Formnext com mais de 300 expositores registados

No início do ano, a Formnext 2022, já tinha registado mais de 300 expositores. Entre eles, a elite mundial do fabrico aditivo, bem como multinacionais que oferecem soluções ao longo de toda a cadeia do processo. De acordo com a organização, a feira prevista para os dias 15 a 18 de novembro deste ano está quase completa.

52% das empresas inscritas provêm de 30 países de todo o mundo. Entre elas encontramos marcas como a 3D Systems, Additive Industries, AddUp, Arburg, BigRep, Desktop Metal, Dyemansion, EOS, Evonik, Farsoon, Formlabs, GE Additive, HP, Keyence, Markforged, Materialise, Nikon, Renishaw, Ricoh, Sandvik, Siemens, Sisma, Stratasys, Trumpf, Voxeljet, XJet e Zeiss.

Vários grupos conhecidos que oferecem soluções inovadoras ao longo da cadeia do processo, como a BASF 3D Printing Solutions, Covestro, GKN Sinter Metal Components, Höganäs, Oerlikon e SMS Group, também já se registaram.

Os interessados em expor no certame ainda podem beneficiar do desconto por antecipação (cerca de 17%) até 31 de março de 2022.



Formnext 2021.  
Copyright: Mesago / Mathias Kutt.

## S3D muda-se para a zona industrial da Marinha Grande

A S3D, especialista em soluções de software e metrologia para a indústria, anunciou no início de janeiro a mudança das suas instalações para o Edifício Mercúrio, localizado na zona industrial da Marinha Grande.

A empresa passa, assim, a contar com um espaço moderno, de 800 m<sup>2</sup>, com maior capacidade de organização dos diversos departamentos, melhores condições de trabalho, novas áreas para demonstração das soluções que representa e melhores condições de acolhimento aos seus clientes.

De acordo com João Ferreira, diretor executivo da S3D, esta mudança antecipa a possibilidade de aumentar a equipa, atualmente composta por 16 pessoas, e visa "incrementar a capacidade de intervenção no mercado, chegando assim a um maior número de empresas e dando respostas às necessidades da Indústria, área que está em constante desenvolvimento e na vanguarda da tecnologia".

A completar 29 anos de atividade, a S3D é hoje um fornecedor completo de software CAD, CAM, CAE, bem como de equipamentos de metrologia ótica 3D, formação e serviços de engenharia.



## MAQcenter e Modig assinam acordo de representação

A MAQcenter é o novo representante do fabricante sueco de centros de maquinação Modig para Portugal e Espanha. As soluções da empresa destacam-se pela flexibilidade e tecnologia inovadora e visam melhorar a produtividade dos clientes.



Fundada em 1947, em Virserum, e com sede em Kalmar, Suécia, a Modig Machine Tool é reconhecida como uma das empresas líderes em tecnologia de maquinação de alta velocidade. Na vanguarda da tecnologia há mais de 70 anos, dedica-se ao desenvolvimento, conceção e produção de máquinas de qualidade para maquinação de alto desempenho em indústrias de topo, como a aeroespacial, automóvel, de energia e equipamento de construção.

Albert Sellas, diretor-geral da MAQcenter, defende que este é um projeto de colaboração sólido e salienta que a marca "cria relações duradouras ao fornecer soluções de maquinação que melhoraram muito a eficiência e rentabilidade. Um centro Modig é capaz de reduzir os tempos de ciclo em até 70%". A empresa sueca olha para o futuro com o objetivo de se adaptar a novos mercados: "Um dos seus pontos fortes são as soluções que oferece para o fabrico de peças e componentes para veículos elétricos e agora é o momento de criar sinergias com aqueles que estão empenhados na mudança", acrescentou.

No seu portefólio, a Modig conta também com centros de maquinação para extrusão de alumínio, máquinas de alto valor acrescentado que, de acordo com a marca, oferecem um retorno do investimento de 11 a 13 meses.

## Um setor com nervos de aço

De acordo com a AIMMAP, as exportações portuguesas de metalurgia e metalomecânica atingiram em 2021 o valor recorde de 19.886 milhões de euros, um aumento de 16,2% face ao ano anterior. Isto, apesar de todos os entraves decorrentes da pandemia, desde a escassez de recursos humanos e de matéria-prima às dificuldades de logística e ao aumento dos custos com energia.

O início de 2022 fica, como todos sabemos, marcado pela guerra na Ucrânia e por mais consequências nefastas para o setor, com os custos da energia e dos combustíveis a ultrapassarem máximos históricos. Estes aumentos têm um inevitável impacto em qualquer empresa, mas sobrecarregam particularmente a indústria transformadora.

Por outro lado, as sanções impostas à Rússia também vão implicar um novo revés no abastecimento de matéria-prima, já que os metais base ocupam o quarto lugar nas importações portuguesas daquele país.

A tudo isto, as associações do setor respondem com um apelo a novas linhas de crédito que permitam minimizar os impactos que já se estão a sentir. Uma possibilidade seria reforçar a percentagem do Plano de Recuperação e Resiliência que cabe às empresas ou a criação de um novo programa de apoio.

Até lá, e às portas do Portugal 2030, concluem-se ainda projetos do quadro anterior. Nesta edição da InterMETAL divulgamos o exemplo da Ferpinta que, com o apoio do Compete 2020, colocou em marcha a construção de uma fábrica totalmente automatizada, de acordo com os critérios da indústria 4.0.

Se a tecnologia de ponta é essencial para aumentar a produtividade, principalmente nas empresas exportadoras que concorrem com multinacionais bem equipadas, não podemos esquecer-nos que a indústria metalomecânica não vive sem o mais básico: as ferramentas. Neste número, damos especial atenção às novidades nesta área.

Outro aspeto crucial no chão-de-fábrica, que assiste a uma evolução constante, é o controlo de qualidade. O artigo da página 38 faz uma retrospectiva histórica e uma análise do estado da arte da metrologia industrial e da tomografia computadorizada.

Uma nota final para o aumento do número de eventos nacionais e internacionais marcados para este ano. Já no final de 2021, a Emaf mostrou que a indústria valoriza muito as feiras presenciais. A afluência de público ao evento, podemos dizer, esteve ao nível de qualquer outra edição pré-pandemia.

Em 2022, dentro de portas, contamos com a 360 Tech Industry, em maio, e a Moldplas, em novembro (em simultâneo com a 3D Additive Expo, i4.0 Expo e Subcontratação).

A nível internacional, desde a BIEMH, à Euroblech, MTA, Metav, Tube, Wire, GrindTec, Hannover Messe, K 2022, entre muitas outras, o problema vai ser escolher onde ir.

Encontramo-nos numa delas. Até lá, boa leitura e bons negócios!

## 360 Tech Industry: Exponor promove espaço para premiar startups inovadoras

A Exponor prepara-se para receber uma nova edição da 360 Tech Industry, de 26 a 27 de maio. O certame aposta fortemente na inovação tecnológica, com iniciativas como o concurso The Best Ideas of the Industry, dedicado às startups inovadoras, cujos vencedores poderão expor gratuitamente na área Hubtech. As candidaturas decorrem até 18 de março.



Os vencedores do concurso The Best Ideas of the Industry poderão estar presentes, de forma gratuita, no espaço HubTech da feira.

Na 2ª edição da 360 Tech Industry – Feira Internacional da Indústria 4.0, Robótica, Automação e Compósitos o destaque volta a estar no espaço HubTech da feira, exclusivamente dedicado a startups da área tecnológica. É aqui que se integra o Concurso Hubtech by 360 Tech Industry, que visa premiar dez projetos inovadores, com a oferta de um espaço para exposição no certame.

Sob o mote 'Tech 2 Change', o evento promovido pela Exponor Exhibitions antecipa a transição da indústria 4.0 para a 5.0, mostrando soluções que, aliadas à tecnologia e inovação, permitirão otimizar processos e rentabilizar recursos nas mais diversas áreas industriais. Neste novo paradigma, as startups tecnológicas desempenham o papel de instigadores e aceleradores da mudança e terão, por isso, um palco especial na 360 Tech Industry.

## 705 milhões de euros para descarbonizar a indústria

Aviso foi publicado em janeiro e estará aberto até 29 de abril.

Foi publicado o Aviso n.º 02/C11-i01/2022 | Apoio à Descarbonização da Indústria. O documento enquadra-se “num conjunto de medidas que visam contribuir para o objetivo da neutralidade carbónica, promovendo a transição energética por via da eficiência energética, do apoio às energias renováveis, com enfoque na adoção de processos e tecnologias de baixo carbono na indústria, na adoção de medidas de eficiência energética na indústria e na incorporação de energia de fonte renovável e armazenamento de energia”.

Qualquer empresa do setor da indústria, independentemente da sua dimensão, assim como as entidades gestoras de parques industriais, se pode candidatar. Como explica o IAPMEI, “podem candidatar-se entidades individualmente ou em consórcios (conjunto de entidades, como referido acima, associações empresariais e centros tecnológicos com as condições acima mencionadas)”.

Mas, para que a candidatura seja aceite, o projeto em causa tem de se inserir em pelo menos um dos seguintes domínios de intervenção:

- “024ter - Eficiência energética e projetos de demonstração nas PME ou grandes empresas e medidas de apoio que cumprem os critérios de eficiência energética”;
- “022 - Processos de investigação e de inovação, transferência de tecnologias e cooperação entre empresas, incidindo na economia hipocarbónica, na resiliência e na adaptação às alterações climáticas”;
- “029 - Energia renovável: solar”;
- “032 - Outras energias renováveis (incluindo a energia geotérmica)”;
- “033 - Sistemas energéticos inteligentes (incluindo as redes inteligentes e sistemas de TIC) e respetivo armazenamento”.

Ao nível da tipologia de projetos existem três opções: processos e tecnologias de baixo carbono na indústria; adoção de medidas de eficiência energética na indústria; e incorporação de energia de fonte renovável e armazenamento de energia. O aviso estará aberto até 29 de abril.



## GrindingHub: a nova feira internacional de tecnologias de retificação

A cidade alemã de Estugarda vai passar a ser palco de uma nova feira bienal dedicada às tecnologias de retificação de superfícies. A primeira edição da **GrindingHub**, organizada pela Associação Alemã de Construtores de Máquinas-Ferramenta (VDW), terá lugar de 17 a 20 de maio de 2022 e conta já com 340 expositores inscritos.

De acordo com Wilfried Schäfer, diretor executivo da VDW, o foco da feira estará não só nas máquinas de retificação de superfícies e nos abrasivos, mas também em todo o ambiente de produção à volta desta tecnologia, incluindo ferramentas de software relevantes, periféricos de processo e sistemas de medição e teste necessários para todos os processos de gestão da qualidade relacionados.

Dada a elevada adesão de expositores, Schäfer antecipa um evento de sucesso. "O mercado espera pela GrindingHub com grande antecipação, depois de um período de dois anos sem feiras presenciais. Os eventos digitais simplesmente não são a mesma coisa. As pessoas precisam de se encontrar cara-a-cara", afirmou.

Por seu lado, Jürgen Hauger, diretor executivo do Grupo Vollmer, acredita que o certame terá um futuro brilhante. "Os organizadores conseguiram montar uma feira comercial atrativa num local ideal, orientado para as necessidades dos nossos clientes internacionais. Estamos convencidos de que a GrindingHub se tornará na nova feira comercial líder em tecnologia de retificação de superfícies. A Vollmer irá apresentar nada menos que cinco estreias mundiais nesta primeira edição", revelou o responsável.



A GrindingHub pretende ser o ponto de encontro do mercado das tecnologias de retificação de superfícies.  
Foto: Fritz Studer AG.

## Teclena e Juncor juntas no mesmo grupo empresarial

Objetivo é expandir as capacidades e portfólio de produtos.

No âmbito do projeto de consolidação e crescimento de ambas as empresas, a Teclena, fornecedor de referência em soluções integradas no mercado da automação industrial, e a Juncor, distribuidor de soluções na área da transmissão de potência mecânica, integram agora o mesmo grupo empresarial.

Esta transação permitirá às duas empresas expandir as suas capacidades e portfolio de produtos, e apresentarem-se ao mercado em conjunto, com valências ímpares em Portugal.

"A dinâmica e a experiência das duas empresas combinadas resultará num robustecimento da capacidade técnica, uma proximidade ainda maior e um nível de complementaridade de produtos que elevará o grupo para outro patamar de nível de serviço prestado a todos os clientes", lê-se no comunicado divulgado sobre a integração.

## Elevada Segurança certificada



### Para homem e máquina

A tecnologia de fixação auto-reforçada da SITEMA para cabeçotes de aperto e freios anti-queda tem agora um nome:



**Líder Mundial**

Líder mundial em freios e lineares anti-queda

Visite o nosso website!



**SITEMA**  
Expertise In Safety

SITEMA GmbH & Co. KG  
76187 Karlsruhe, Deutschland  
Tel. +49 721 98661-0  
info@sitema.de  
www.sitema.com

## Aplicação 'Tool Finder' coloca todas as soluções Yamawa na ponta dos seus dedos

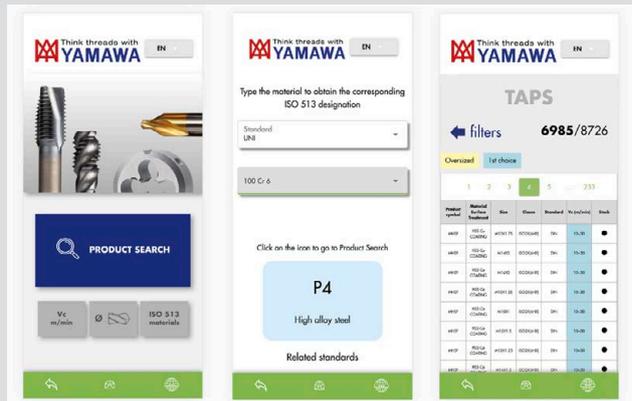
Juntamente com o Catálogo Europeu YEU21, a Yamawa Europe lançou, no ano passado, a 'Tool Finder', uma aplicação gratuita em 6 línguas para dispositivos móveis iOS e Android, que lhe permite selecionar a ferramenta Yamawa mais adequada para cada projeto.

Desde machos a fresas de roscar ou ferramentas de centragem, todos os produtos da Yamawa passam a estar disponíveis de uma forma simples e conveniente através da 'Tool Finder'.

Com esta App, os utilizadores têm acesso a toda a gama Yamawa para o mercado europeu. A informação sobre a disponibilidade de stock é atualizada regularmente, sem necessidade de descarregar dados para o dispositivo.

Além disso, a 'Tool Finder' incorpora a calculadora de parâmetros de corte, de diâmetro de furo e uma prática função que permite encontrar o material correspondente de acordo com a norma ISO 513.

A App está disponível para download em: <https://www.yamawa.eu/the-new-app-tool-finder/>



## Fanuc amplia gama de robôs colaborativos CRX

A Fanuc adicionou três novos modelos de robôs colaborativos industriais ao seu portfólio: CRX-5iA, CRX-20iA/L e CRX-25iA. Os novos cobots foram apresentados ao público na feira IREX (International Robot Exhibition), que se realizou de 9 a 12 de março, em Tóquio.

"Verificámos que existe muita procura de robôs colaborativos no mercado europeu e queremos oferecer soluções adequadas para um vasto leque de aplicações. Os nossos cobots são desenhados e projetados para apoiar todos os tipos de fabricantes – pequenos ou grandes – permitindo a expansão das suas capacidades de produção com a maior fiabilidade", afirmou Shinichi Tanzawa, presidente & CEO da Fanuc Europe Corporation.

Os mais recentes robôs colaborativos CRX complementam a linha de cobots CR e CRX da Fanuc que agora totaliza 11 modelos com capacidades de carga entre os 4 e os 35 kg. De acordo com a empresa, esta é a gama mais ampla de robôs colaborativos disponível no mercado atualmente.



O lançamento dos novos modelos CRX-5iA, CRX-20iA/L e CRX-25iA, que apresentam uma capacidade de carga útil de 5 kg, 20 kg e 25 kg, bem como um alcance máximo de 994 mm, 1418 mm e 1889 mm respetivamente, vem no seguimento do lançamento dos robôs colaborativos industriais CRX-10iA e CRX-10iA/L (ambos apresentam uma capacidade de carga de 10 kg e um alcance de 1249 mm e 1418 mm, respetivamente). Os cinco modelos CRX combinados com a série CR (cobots verdes) da Fanuc permitem o aumento da capacidade da Fanuc e é assim possível auxiliar mais empresas que procuram automatizar as suas linhas com cobots.

Os robôs colaborativos CRX complementam a linha de cobots CR e CRX da Fanuc.

# MAQUINARIA INTERNACIONAL

C/ CANTIR, 12 - NAVE 7  
POLÍGONO INDUSTRIAL MAGAROLA  
08292 ESPARRAGUERA  
BARCELONA (ESPAÑA)  
TELEFONE: +34 934 397 038

[WWW.MAQUINARIAINTERNACIONAL.COM](http://WWW.MAQUINARIAINTERNACIONAL.COM)



MÁQUINAS DE CORTE A LASER PARA CHAPAS E TUBOS. CENTROS DE MAQUINAÇÃO COM MOTORES LINEARES. MÁQUINAS DE CORTE A LÂMINA. FRESADORAS DE ROTEADOR DE 3 EIXOS. MÁQUINAS DE CORTE A JATO DE ÁGUA. CENTROS DE MAQUINAÇÃO PARA O SETOR ODONTOLÓGICO.



ASPIRADORES INDUSTRIAIS.



MÁQUINAS DE LAVAR INDUSTRIAIS COM SOLVENTES E COM ÁGUA-DETERGENTE. MÁQUINAS PARA REBARBAR PEÇAS COM ÁGUA DE ALTA PRESSÃO.



MÁQUINAS DE TRANSFERÊNCIA PARA MAQUINAÇÃO DE ALTO VOLUME E TORNEAMENTO DE PEÇAS.



PRENSAS.



FRESADORAS TIPO PÓRTICO DE 3 E 5 EIXOS. MÁQUINAS DE MANUFATURA ADITIVA. CENTROS DE MAQUINAÇÃO CNC DE 5 EIXOS. TERMOFORMADORAS. SECCIONADORAS. SEPARADORAS.



CENTROS DE MAQUINAÇÃO, CENTROS DE ROSQUEAMENTO E TORNOS CNC.



RETIFICADORAS DE ALTA PRECISÃO E ALTA PRODUÇÃO.



MÁQUINAS DE BRIQUETAGEM DE APARAS.



CABINES DE RAIOS X, TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA E MÁQUINAS PORTÁTEIS DE RAIOS X.



LAVADORES DE PEÇAS PARA APLICAÇÕES INDUSTRIAIS.



INSTALAÇÕES DE SUPERFILTRAGEM DE ÓLEO DE CORTE PARA TORNOS, RETÍFICAS, BRUNIDORAS, ETC.



ASPIRADORES PARA TORNEAMENTO, MAQUINAÇÃO E RETIFICAÇÃO DE APARAS. SISTEMAS DE PURIFICAÇÃO DE TALADRINAS - EMULSÕES DE ÓLEO.

## Simpósio Luso-Alemão debate Indústria 4.0

A Câmara de Comércio e Indústria Luso-Alemã (CCILA) vai realizar, no dia 5 de abril, entre as 9h00 e as 12h45, via Zoom, o Simpósio Luso-Alemão 'Indústria 4.0 - tecnologias inovadoras de automação em Portugal'. Os participantes poderão obter, em primeira mão, informações sobre os desenvolvimentos, novidades e projetos no contexto da Indústria 4.0 na Alemanha e em Portugal. As inscrições decorrem até 4 de abril de 2022.

A indústria transformadora atravessa uma fase decisiva de reestruturação das suas atividades e está a lutar não só pela modernização, mas também pela internacionalização. Além disso, no contexto da pandemia de Covid-19, a digitalização provou ser um fator-chave de sucesso, permitindo às empresas do setor industrial trabalharem de forma mais eficiente e flexível.

Neste contexto, a IA tornou-se uma das ferramentas mais importantes para a indústria. Outras tecnologias, tais como a Internet das Coisas (IoT), impressão 3D ou a cibersegurança devem ser integradas para aumentar a produtividade, qualidade e segurança das empresas industriais. No âmbito dos planos estratégicos do Governo português existem planos de investimentos que visam acelerar a introdução de tecnologias e conceitos da Indústria 4.0, de forma a promover as empresas tecnológicas portuguesas a nível internacional.

A Alemanha reúne um vasto conhecimento neste setor e apresenta diversas propostas no contexto da Indústria 4.0, que poderão contribuir para a resolução dos respetivos desafios e proporcionar parcerias bilaterais.

Além da reflexão sobre este tema e das oportunidades que se abrem, sete empresas alemãs fornecedoras de soluções e prestadoras de serviços irão apresentar as suas propostas e conceitos inovadores bem como possíveis domínios de cooperação com empresas portuguesas.

### Reuniões B2B com empresas alemãs

De 6 a 8 de abril, as empresas alemãs estão disponíveis para reuniões bilaterais com potenciais parceiros através da plataforma digital Microsoft Teams.

Caso tenha interesse em agendar reuniões com alguma(s) da(s) empresa(s) presente(s), é essencial facultar essa indicação através da plataforma de inscrição online. Após receção, entrarão em contacto para agendar as reuniões bilaterais.

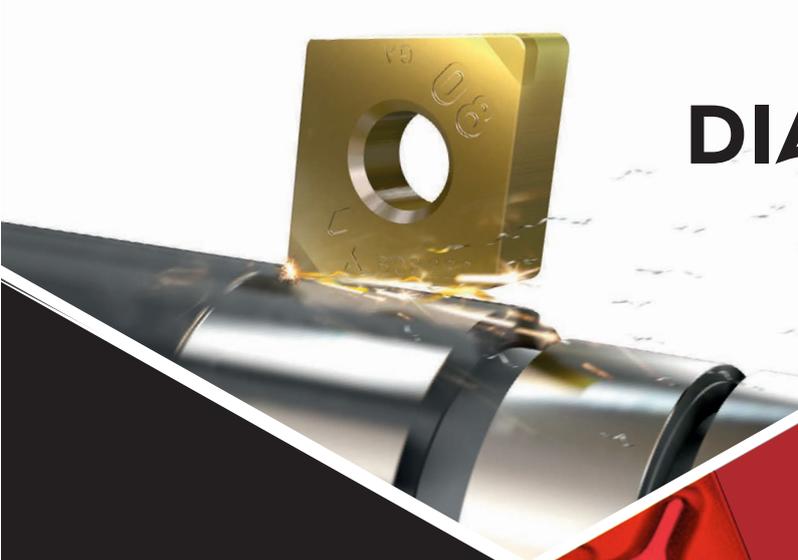
A participação no Simpósio Luso-Alemão é gratuita, mas carece de inscrição prévia e confirmação por parte da Câmara de Comércio e Indústria Luso-Alemã (CCILA), que organiza o evento.

As inscrições para uma participação digital deverão ser feitas até ao dia 4 de abril de 2022.

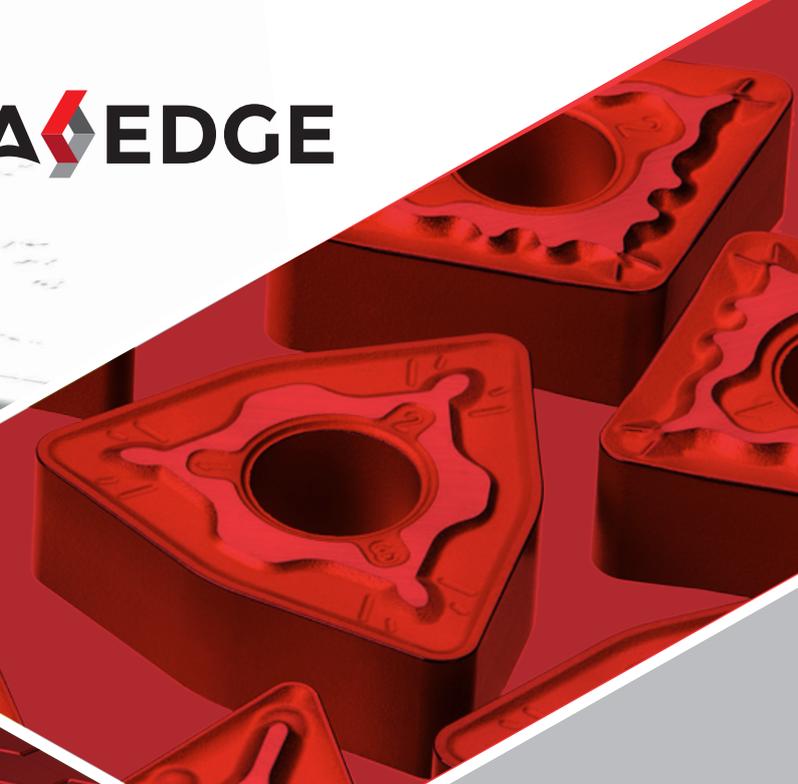




**DIA**  **EDGE**



**TORNEAMENTO**



**TECNOLOGIA  
DE ÚLTIMA  
GERAÇÃO**

Combine pastilhas de torneamento de última geração nas peças de aço em desbaste, acabamento e superacabamento com os mais altos níveis de vida útil e eficiência da ferramenta.

**MC6125**

FIRST for STEEL TURNING



[mmc-hardmetal.com/MC6125](http://mmc-hardmetal.com/MC6125)

**BC8220**

PCBN FOR HARDENED STEELS



[mmc-hardmetal.com/BC8220](http://mmc-hardmetal.com/BC8220)



A Distributor of  
**MITSUBISHI MATERIALS**

Tel. (+351) 229 737 965 // 229 737 966  
Email: [geral@maquimenta.pt](mailto:geral@maquimenta.pt)

[www.mmc-hardmetal.com](http://www.mmc-hardmetal.com)

 **MITSUBISHI MATERIALS**

# Ferpinta investe €50 milhões na ‘fábrica do futuro’

Atualmente, a Ferpinta produz tubos, perfis e chapas em aço para mercados como o da maquinaria agrícola, mobiliário metálico, indústria automóvel e aplicações de engenharia.

A comemorar este ano meio século de atividade, a Ferpinta dá um passo importante na sua história e inicia a construção de uma nova fábrica na Zona Industrial de Loureiro, em Oliveira de Azeméis. O investimento, na ordem dos 50 milhões de euros, prevê a instalação de uma unidade produtiva altamente disruptiva e tecnológica, equipada com sistemas avançados de produção e assente numa metodologia de trabalho automatizada e robotizada.

**Luísa Santos**



Muitos de nós ainda nos lembramos das robustas secretárias que equipavam as escolas primárias até à década de 80. Com estrutura em tubo de aço e tampo de madeira maciça, estas icónicas peças de mobiliário eram literalmente 'à prova' de qualquer criança.

Este foi, também, um dos primeiros mercados da Ferpinta. Constituída em 1972 pelo atual presidente do conselho de administração, o comendador Fernando Pinho Teixeira, a empresa começou a sua atividade com o fabrico de tubos de aço para mobiliário escolar, mas também para instalações de agropecuária e estruturas utilizadas em construção civil.

Desde então, a empresa deu lugar ao grupo empresarial, diversificou a produção, internacionalizou-se e, hoje, está presente em 29 pontos do globo, com as exportações a ocuparem já a maior parte do volume de vendas (71% em 2021).



Para além da Península Ibérica, da nova fábrica sairão produtos para os mercados da Suécia, Reino Unido, Países Baixos, Bélgica, Alemanha e França.

#### APOSTA NA INDÚSTRIA 4.0 E NA NEUTRALIDADE CARBÓNICA

No arranque de 2022, a Ferpinta anunciou o início de uma nova etapa na sua

história: a construção de uma fábrica totalmente automatizada e robotizada, com conclusão prevista para junho de 2023. Localizada na Zona Industrial de Loureiro, em Oliveira de

## The Global Market Leader in Heat Treatment Solutions



Representantes da Ipsen em Portugal e Espanha

Especialistas em fornos de tratamento térmico

- Fornos de têmpera, cementação e revenimento
- Fornos de soldagem, normalização e recozimento
- Fornos e fogões de baixa temperatura
- Fornos a vácuo e atmosféricos
- Fornos de laboratório

- Atualização e aprimoramento do controle e supervisão
- Assistência técnica SAT 24x7
- Manutenção preventiva e corretiva
- Ferramentas soldadas mecanicamente: muflas, cadinhos, cestos,...
- Ferramentas de fundição

Azeméis, a nova unidade terá uma área total 50.000 m<sup>2</sup>, com 16.000 m<sup>2</sup> de área total útil coberta.

Fernando Pinho Teixeira explica à InterMETAL que este projeto tem como principal objetivo “capacitar a empresa das condições necessárias para o desenvolvimento de produtos diferenciados e inovadores”, e acrescenta: “A Ferpinta, enquanto líder do mercado ibérico na indústria da metalomecânica, apresenta um portefólio diversificado de produtos com a incorporação do aço como matéria-prima principal. Por detrás do nosso trabalho diário está uma política interna de busca contínua por processos mais avançados e inovadores, que transformem a produção e, consequentemente, elevem a qualidade do produto. Contudo, as alterações do mercado face a emergentes tendências evidenciam alguns constrangimentos na aplicação dos produtos atualmente fabricados, pelo que urge uma alteração do atual paradigma”.

De facto, os mercados globais do tubo e da chapa de aço - como é o caso da maquinaria agrícola, do mobiliário metálico ou da indústria automóvel

e aplicações de engenharia -, procuram cada vez mais produtos únicos, que diferenciem a empresa da concorrência. Isto implica, da parte dos fornecedores, uma capacidade de flexibilização da produção que só é possível com processos automatizados, robotizados e digitalizados.

Nesta nova unidade, a Ferpinta pretende incorporar novas linhas de produção “altamente sofisticadas”, com mecanismos de automação e digitalização que possibilitem o estabelecimento de conexões entre os distintos pontos de produção. “As diferentes aplicações permitirão responder às solicitações dos clientes, garantindo ganhos de produtividade e registos ímpares no consumo de energia, pela introdução não só das referidas tecnologias avançadas, mas também pela instalação de um parque fotovoltaico no novo estabelecimento, que potenciará uma transição para o consumo de energias limpas”, refere Fernando Pinho Teixeira.

Na área produtiva, a instalação de equipamentos com maior complexidade técnica e a transição para a produção automatizada, centrada

na política setorial da indústria 4.0, implicam, naturalmente, uma aposta igualmente forte em conhecimento. “Para garantirmos o sucesso da introdução de ecossistemas de produção avançados, temos de capitalizar os nossos recursos humanos, através de formação especializada. Além disso, estão previstas contratações de trabalho altamente qualificado”, assegura o responsável acrescentando que, para já, serão criados 14 novos postos de trabalho, a acrescer aos atuais 380.

A empresa vai receber um crédito fiscal de 4,99 milhões de euros e um apoio a fundo perdido do Compete 2020 de 5,99 milhões de euros, num investimento a realizar em três anos.

Com esta iniciativa, a Ferpinta pretende continuar a afirmar-se como uma empresa inovadora no desenvolvimento e na produção de tubos e chapas em aço de elevada qualidade, enquanto referência no setor mundial e líder no mercado ibérico.

Para além da Península Ibérica, sairão da nova fábrica produtos para os mercados da Suécia, Reino Unido, Países Baixos, Bélgica, Alemanha e França. ■

Atuais instalações da Ferpinta, em Vale de Cambra. A nova unidade estará localizada em Oliveira de Azeméis e terá uma área total 50.000 m<sup>2</sup>, com 16.000 m<sup>2</sup> de área total útil coberta.



# Tecnologias de fixação Böllhoff



## Os seus projetos tornam-se realidade graças às nossas tecnologias de fixação 360°

Novos materiais e suas combinações exigem desenvolvimentos inovadores.

Böllhoff oferece um completo assessoramento e satisfaz os diferentes requisitos dos diversos setores da indústria propondo soluções de fixação de grande qualidade.

Beneficie da nossa extensa experiência em:

- Porcas e parafusos rebitáveis RIVKLE®
- Rebites cegos RIVQUICK®, rebites estruturais e de rosca HUCK®
- Filetes insertos HELICOIL®
- Insertos para plásticos AMTEC®

... e de uma ampla gama de elementos de fixação e equipamentos automáticos e manuais.

Necessita realizar uniões fiáveis? Escreva-nos para [info\\_es@boellhoff.com](mailto:info_es@boellhoff.com)

## MIGUEL OLIVEIRA, DIRETOR COMERCIAL DA UNIVERSAL ROBOTS PORTUGAL

Mais de 50.000 cobots instalados.  
E continuamos a contar.

*“Nascemos para  
democratizar a robótica”*



Miguel Oliveira, diretor comercial da Universal Robots Portugal, durante a Emaf 2021.

Luísa Santos

A robótica foi uma das áreas de maior representação durante a Emaf 2021. E, de acordo com Miguel Oliveira, diretor comercial da Universal Robots Portugal, foi também uma das que gerou maior interesse junto dos visitantes, com os profissionais da indústria metalomecânica a manifestarem particular curiosidade pelas soluções de soldadura robotizada. Nesta entrevista à interMETAL, o responsável pela UR em Portugal faz um balanço positivo da participação no certame e explica-nos o que podemos esperar, no futuro próximo, da empresa que, como diz, nasceu para democratizar a robótica.

### Após dois anos de espera, a indústria voltou a encontrar-se na Emaf. Como avalia a vossa participação na feira?

A feira correu muito bem. Tivemos um número muito considerável de contactos interessantes. De facto, já há algum tempo que não participávamos na Emaf e posso dizer que esta edição superou as nossas expectativas, principalmente tendo em conta que o evento decorreu ainda em plena pandemia.

Creio que o facto de estarmos bem localizados, no pavilhão 5 da Exponor, onde estavam os principais fornecedores de tecnologia transversal para a indústria, contribuiu para uma visibilidade acrescida. Além disso, não estávamos sozinhos: no nosso stand estavam também os nossos parceiros – integradores certificados -, o que nos ajudou a mostrar aos visitantes algumas das inúmeras aplicações dos robôs UR. Desta forma, conseguimos dar uma visão mais real das vantagens dos nossos produtos.

### Que novidades apresentaram?

Como disse, optámos por apresentar na feira soluções e não apenas produtos. Assim, uma das aplicações em exposição que mais interesse despertou junto dos nossos visitantes do setor da metalomecânica foi o Xbot, uma solução de soldadura robotizada desenvolvida pelo nosso parceiro Electrex.

Muitas empresas do setor que usam processos de soldadura têm falta de recursos nesta área, principalmente humanos. A soldadura robotizada é uma solução acessível e segura, que automatiza todo o processo, mitigando, por exemplo, lesões causadas por movimentos repetitivos, exposição a gases e vapores tóxicos, queimaduras na pele e olhos causadas pela exposição à luz UV e acidentes causados por choques elétricos.

Além disso, é uma solução que oferece elevada rapidez e repetibilidade de operações, o que se traduz em rentabilidade da empresa.

Contámos também com a presença de um integrador/parceiro que trabalha bastante na área dos plásticos, a Agix, que apresentou uma aplicação de colocação de insertos em peças plásticas, com alimentação automática e inspeção de qualidade integrada.

Na área alimentar, o nosso parceiro US Robot apresentou uma solução de paletização muito simples e compacta, que, na verdade, pode ser utilizada nos fins de linha de qualquer indústria. Durante a feira, a solução foi exibida a manipular caixas de café.

Com a WRK, um parceiro que trabalha muito na área automóvel, exibimos uma aplicação de posicionamento



Xbot, uma solução de soldadura robotizada desenvolvida pelo parceiro da UR Electrex.

automático de garrafas e aperto das respetivas tampas, desenvolvida para integração numa linha de embalagem.

Finalmente, tivemos um robô UR3e disponível para os nossos visitantes poderem ter um contacto real com o equipamento e testarem a programação, que é bastante simples e fácil.

### A Universal Robots tem soluções para uma grande variedade de setores...

Como o próprio nome indica, a Universal Robots nasceu para entregar soluções transversais a todos os setores e para democratizar a robótica. Desde a sua fundação, esta empresa sempre teve como objetivo fazer chegar os robôs a todo o tipo de indústria e a todo o tipo de utilizadores. Além da indústria, começamos a estar presentes também em áreas diferenciadas, como a da saúde, por exemplo em aplicações de fisioterapia. Mas também na área da cultura, por exemplo em espetáculos multimédia.

### No caso da indústria, há algum setor que se destaque na vossa carteira de clientes?

Eu diria que a indústria metalomecânica, bastante importante em Portugal, é aquela em que temos uma presença mais significativa.



### **Neste setor, quais são as principais aplicações para os vossos cobots?**

Na metalomecânica o leque de aplicações da robótica colaborativa é um dos mais abrangentes. Podemos utilizá-la em aplicações de processo, desde a soldadura à lixagem ou polimento, no atendimento de máquinas como quinadeiras, curvadoras, prensas, máquinas CNC... No fundo, podemos ter o robô a interagir com a máquina em vez de ter um operador a efetuar uma tarefa repetitiva de carga e descarga, com todas as desvantagens que daí advêm.

### **A pandemia veio acelerar a adoção deste tipo de solução?**

Sim, sem dúvida. Muitas empresas já estavam conscientes da necessidade de automatizar estes processos, quer por falta de mão-de-obra quer para aumentarem a competitividade, principalmente face à concorrência internacional. No entanto, a pandemia tornou esta questão ainda mais evidente. Quando foi necessário mandar as pessoas para casa, as empresas que já estavam automatizadas conseguiram adaptar-se muito mais rapidamente que as que não estavam.

Hoje, existe uma maior consciência de que as tarefas repetitivas podem ser feitas por um robô, que não está sujeito a vírus ou a outras doenças, podendo trabalhar 24 horas por dia e deixando as pessoas livres para outras tarefas de maior valor acrescentado.

### **Foi a intenção de democratizar a robótica que motivou o lançamento da vossa solução de leasing?**

Exatamente. Pela elevada proximidade que mantemos com as empresas através, por exemplo, da realização de seminários em vários pontos do país, com o objetivo de esclarecer as dúvidas que ainda surgem em relação a esta tecnologia, sabemos quais são as suas necessidades.

Sabemos que muitas empresas têm vontade de investir em tecnologia e automação, mas muitas vezes não o

No stand da UR, os visitantes puderam ver uma aplicação desenvolvida pelo parceiro Agix, de colocação de insertos em peças plásticas, com alimentação automática e inspeção de qualidade integrada.

fazem porque não têm capital disponível. Este serviço de leasing surge exatamente para facilitar esse processo, de forma a que o maior número de empresas possível possa beneficiar das vantagens que a robótica colaborativa oferece. Trata-se de uma parceria desenvolvida a nível mundial com a DLL, uma empresa especialista em soluções de financiamento, que visa quebrar a última barreira que impede as empresas que precisam da solução de robótica, conhecem-na, acreditam nela, mas tem dificuldade de tesouraria.

Portanto, sim, esta é mais uma ferramenta para tornarmos esta tecnologia acessível a todos.

### **Quais são as vossas perspetivas para este ano, em termos de volume de vendas em Portugal?**

Pre vemos que, apesar de todas as condicionantes, 2022 seja um ano positivo, tendo em conta os contactos e as oportunidades que têm surgido, alguns deles decorrentes da Emaf. Pelos indicadores que temos, a nossa expectativa é que, este ano, voltemos ao crescimento que temos vindo a registar desde a fundação da empresa a nível mundial. 2021 foi um ano também ele atípico, mas em que conseguimos recuperar do impacto da pandemia e terminar o ano com um crescimento significativo face a 2020.

### **No que respeita a novidade técnicas, estão previstos lançamentos para breve?**

Sim. Como disse, estamos muito atentos às necessidades do mercado e, nesse sentido, em breve vamos ter novidades na nossa gama de produto.

### **Mas, neste momento, a UR posiciona-se como mais do que um fornecedor de robôs, não é assim?**

Sim, nós sabemos que os robôs, por si só, não resolvem os problemas. Por isso, desenvolvemos um ecossistema que inclui parceiros especialistas em várias áreas, como ferramentas de processo, grippers, sistemas de visão, software ou acessórios, em que essas terceiras partes introduzem produtos certificados pela UR que complementam os nossos robôs. Desta forma, entregamos ao cliente uma aplicação robótica completa, simples, que se adequa às suas necessidades.

Além disso, a UR mantém uma forte aposta na formação, aspeto muito importante apesar de estarmos a falar de equipamentos bastante simples. Neste sentido, disponibilizamos uma academia online em que qualquer pessoa se pode inscrever para aprender a programar os nossos robôs. ■



# Formação em engenharia, uma urgência pós-pandemia

Uma investigação da Search Consultancy demonstrou que a indústria transformadora é mais afetada pela escassez de competências que qualquer outra indústria – com 85% das empresas prejudicadas pela falta de trabalhadores qualificados. Esta tendência agravou-se com a pandemia. A Sandvik Coromant quer ajudar a resolver esse problema.

**Daniel Strandell,**  
Gestor global dos Centros Sandvik Coromant

Tradicionalmente, são instalações como os Centros Sandvik Coromant que procuram fazer a diferença e fornecer formação especializada a engenheiros de todo o mundo. Contudo, a pandemia travou a forma-

ção consistente para muitos e, agora, a indústria tem de recuperar o tempo perdido. Neste artigo, analisamos a forma como a Sandvik Coromant está a ajudar a melhorar as competências dos trabalhadores.

A Sandvik Coromant dispõe de uma pegada global de Centros Sandvik Coromant localizados em todo o mundo, que se dedicam à formação de clientes na área das competências essenciais em traba-

lho de metais e que apresentam as avançadas tecnologias de maquinaria da organização. Nos centros, os clientes podem participar em palestras, apresentações e demonstrações de ambiente de produção que exibem os produtos e as técnicas de maquinaria da Sandvik Coromant. A empresa foi a primeira na indústria das ferramentas de corte a introduzir centros de aplicação e, actualmente, existem Centros Sandvik Coromant em vários locais da Europa, Ásia e Américas.

Contudo, durante a pandemia, as restrições devido à Covid-19 forçaram muitas unidades produtivas a fechar as portas ao público em geral e as visitas às instalações cessaram. Como resultado, os engenheiros de toda a indústria perderam mais de 18 meses de formação e educação vitais. Como podemos colmatar esta lacuna?

### UTILIZAR A INTERNET

Há muitos anos que a lacuna de competências gera preocupação, mas para muitas empresas industriais, a pandemia agravou esta situação. Com efeito, 58% dos inquiridos num recente inquérito da McKinsey afirmaram que colmatar a lacuna de competências dos trabalhadores das suas empresas se tornou ainda mais prioritário no pós-pandemia.

Instalações como os Centros Sandvik Coromant são cruciais para fornecer engenheiros com formação prática aprofundada, que as empresas podem aplicar nas suas próprias operações. Contudo, enquanto os centros estiveram fechados a visitantes, a Sandvik Coromant assegurou-se de que apoiava os seus clientes tanto quanto possível. A única forma de manter o contacto era via online e a empresa fê-lo através de séries de webinars, sessões de formação específicas de produtos e demonstrações de produtos em direto via conferências de vídeo em streaming.

Por exemplo, as sessões virtuais incluíram uma série de sessões de conhecimento mensais sobre ferramentas rotativas sólidas, que teve início em janeiro de 2021. As sessões online abrangem áreas críticas do corte de metais, desde a furação à fresagem e até áreas mais específicas como a maquinaria de alumínio para componentes automóveis e a maquinaria de materiais compósitos, tudo com o objetivo de fornecer conhecimentos de aplicação essenciais a quem não dispõe de capacidades de formação internas.

É evidente que as empresas estão a levar a lacuna de competências mais a sério que nunca. Muitos começaram a investir em algum tipo de formação, com grande destaque para a renovação e o melhoramento de competências. No entanto, só é possível ir até certo ponto no mundo virtual. As empresas, sobretudo na indústria do fabrico, têm de reunir as pessoas para melhorar as competências. E não deviam focalizar-se apenas nos seus trabalhadores atuais.

### COLMATAR A LACUNA

A Sandvik Coromant trabalhou com muitos clientes que explicam que a lacuna de competências é uma das principais razões para o investimento em formação. Outra investigação da Search Consultancy sobre a lacuna de competências concluiu que 40% dos participantes acreditam que a falta de candidatos qualificados é o fator que mais contribui para a escassez de competências.

Apesar de investir nas competências dos atuais trabalhadores ser vital, a indústria também tem de olhar para a próxima geração de engenheiros. Um relatório de 2020 da EngineeringUK concluiu que quase 50% dos jovens entre os 11 e os 19 anos sabem "pouco" ou "quase nada" sobre o que os engenheiros fazem. Além disso, a pandemia também teve impacto sobre o momento em que as pessoas ini-

ciam as suas carreiras. Assim, a BAE Systems concluiu que mais de 40% dos jovens entre os 16 e os 24 anos inquiridos no Reino Unido estão a suspender os seus planos de carreira até a pandemia terminar.

Para apoiar os futuros engenheiros, a Sandvik Coromant trabalha ativamente com escolas e universidades, para ensinar aos estudantes as principais tecnologias de corte de metal. Por exemplo, a empresa trabalhou com o Instituto Politécnico Rensselaer na produção de peças para carros para uma competição entre estudantes. No âmbito da colaboração, a Sandvik Coromant prestou aconselhamento quanto à escolha das ferramentas apropriadas para os componentes em alumínio de grau aeroespacial do carro de competição, bem como quanto às técnicas de maquinaria adequadas e conselhos gerais sobre a remoção de material. A Sandvik Coromant também disponibiliza vários programas educativos, em que os estudantes podem trabalhar na organização durante duas semanas ou seis meses, depois de acabarem as aulas.

Apesar de os recursos online serem suficientes como solução provisória, instalações como os Centros Sandvik Coromant permitem mergulhar os visitantes em ambientes produtivos da vida real, constituindo um método de formação precioso. Considerando a forma como os últimos 18 meses afetaram as competências de engenharia, torna-se óbvio que a lacuna de competências aumentou. Ao olharmos para o futuro,

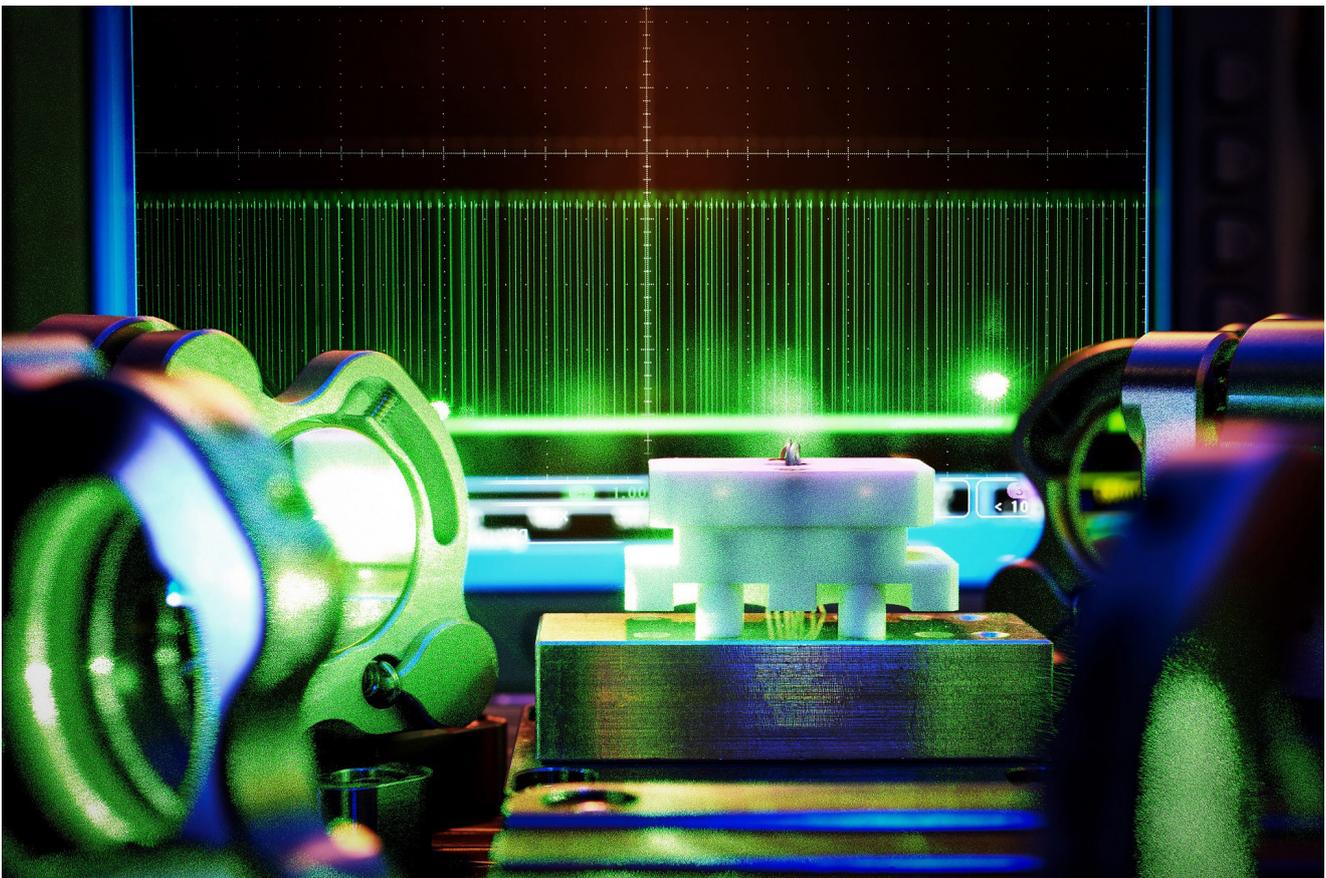
oferecer uma combinação de formação virtual e presencial a todos os engenheiros é fundamental para criar uma força de trabalho competente.

Para encontrar o seu Centro Sandvik Coromant mais próximo, visite [www.sandvik.coromant.com/sandvik-coromant-center/](http://www.sandvik.coromant.com/sandvik-coromant-center/) ■

# O que nos reserva o futuro do laser?

Peter Leibinger, chefe de tecnologia da Trumpf, fez levantar algumas sobrancelhas quando, em 2013, durante a feira Lasys, declarou que o laser tinha passado a ser uma mercadoria. Desde então, o mercado não parou de crescer e, apenas três anos depois, quatro empresas fornecedoras de soluções laser superavam já os mil milhões em vendas.

**Nikolaus Fecht e Andreas Thoss**



Conversão descendente paramétrica espontânea para a geração de pares de prótons emaranhados (Foto: Fraunhofer ILT/Volker Lannert). A tecnologia quântica dá-nos “uma oportunidade muito melhor de descrever a realidade, nos nossos modelos e nos nossos métodos, como realmente é, ou seja, em toda a sua incerteza”, diz o Professor Reinhart Poprawe.

Na China, o maior mercado do mundo para os lasers, os sistemas até à gama dos kilowatts competem duramente pelo preço mais baixo. O laser tornou-se em mais uma mercadoria? “Na realidade gostaria que fosse assim”, diz Christian Schmitz, diretor executivo da tecnologia laser da Trumpf. “A

mercadoria significa maiores quantidades, o que por sua vez faz com que o laser seja uma opção para outras aplicações. Vejo-o como um sinal de que o laser se tornou um grande sucesso”. Mas como será o futuro para um pioneiro da alta tecnologia como a Trumpf? “Como fabricante de laser

Os serviços para utilizadores do CAPS nos Institutos Fraunhofer de Jena e Aachen oferecem aos utilizadores uma variedade de fontes de fótons na gama dos quilowatts para fins de investigação aplicada. Foto: Fraunhofer IOF.

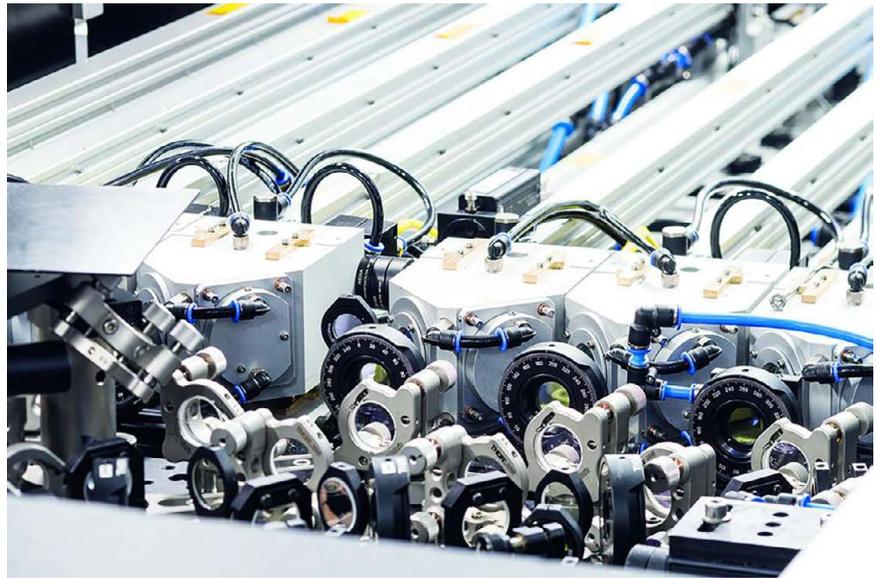
comercial, também somos capazes de competir em mercados maiores. No entanto, não planeamos renunciar ao mercado das aplicações de alta gama”.

Para Schmitz, isto significa, por exemplo, a produção de lasers para a indústria dos semicondutores. A Trumpf fornece à ASML, o fornecedor holandês de sistemas de fotolitografia, o laser mais potente do mundo produzido em série. A Trumpf dedicou 15 anos ao desenvolvimento desta aplicação laser extremamente especializada, que provavelmente representará mais de 10% das vendas totais em 2020. Além disso, está previsto que continue a crescer, o que irá contrariar a tendência geral da indústria da máquina-ferramenta.

Em novembro de 2020, uma equipa da Zeiss, Trumpf e Fraunhofer IOF foi galardoada com o ‘Deutscher Zukunftspreis’ (Prémio Alemão do Futuro) pelo desenvolvimento da litografia EUV. Um projeto que é sustentado por mais de 2000 patentes. “Para realizar um projeto de alta tecnologia como este”, explica Schmitz, “é cada vez mais importante encontrar os parceiros adequados, entidades com as quais se possa explorar todo o potencial tecnológico de aplicações avançadas como esta”.

### O PRINCÍPIO DO INSTITUTO FRAUNHOFER

Schmitz encontrou tais parceiros na Fraunhofer-Gesellschaft, a principal organização mundial de investigação aplicada, com sede na Alemanha. Desta parceria, destaque para o trabalho realizado pelo Instituto Fraunhofer de Ótica Aplicada e Engenharia de



Precisão IOF, responsável pelo desenvolvimento dos revestimentos de espelhos EUV. Estes espelhos devem ter uma rugosidade superficial de não mais que 0,1 nm, o diâmetro de um átomo.

Por detrás de uma constelação tão bem-sucedida encontra-se o princípio do instituto Fraunhofer de um equilíbrio entre a investigação básica e aplicada. Um terço do seu financiamento é proporcionado pelo governo para a investigação básica. Tudo o resto tem de ser gerado em projetos conjuntos e contratos de investigação para a indústria. Desta forma, este instituto conseguiu algo que é único no mundo: uma transferência de tecnologia eficaz.

Igualmente importante e eficaz para o sucesso da tecnologia laser na Alemanha foi o apoio proporcionado durante os últimos 60 anos pelos ministérios federais de ciência da Alemanha - inicialmente o Ministério Federal de Investigação e Tecnologia (BMFT), e agora o Ministério Federal de Educação e Investigação (BMBF) - e dos assuntos económicos. Ao financiar a investigação conjunta, conseguiram unir as empresas e os institutos. “A investigação conjunta só pode funcionar quando existe uma cultura de

cooperação entre a ciência e a indústria”, diz Andreas Tünnermann, diretor do Fraunhofer IOF.

### ABRAM ALAS AOS LASERS DE PRECISÃO

“Um exemplo disto, na minha opinião, é o desenvolvimento de lasers de impulso ultracurto para o processamento de materiais”, diz Tünnermann. “Nos anos 90 pudemos demonstrar [no Centro de Laser de Hannover] que os lasers de impulso ultracurto podem ser utilizados para texturizar metais com uma precisão na gama micrométrica, mas sem danos significativos para o material. A experimentação inicial para isto fez parte de um projeto conjunto do BMBF”. Entre os parceiros deste projeto encontravam-se empresas como a Bosch e a Trumpf. “Isto também deu lugar a um Deutscher Zukunftspreis, neste caso, para a equipa que tinha trabalhado no projeto conjunto do BMBF”.

Agora, o processamento de material com impulsos ultracurtos (USP) ascende a um novo nível. O CAPS ou Fraunhofer Cluster of Excellence Advanced Photon Sources é coordenado conjuntamente pelo Fraunhofer IOF e pelo Fraunhofer ILT. O CAPS encarrega-se de passar os lasers USP do laboratório para o fabrico industrial.

“Estamos a proporcionar acesso a estes novos lasers USP de alto rendimento numa fase precoce”, explica Constantin Häfner, recentemente nomeado diretor do Fraunhofer ILT. “E criámos instalações tanto em Jena como em Aachen, onde as empresas interessadas podem vir e testar estas fontes de laser únicas, e assim adquirir a experiência necessária para desenvolverem as suas próprias aplicações”.

Para este propósito, não se aumentou apenas a potência de saída para o inaudito valor de 20 quilowatts. Os especialistas do Fraunhofer também melhoram todas as tecnologias ao longo da cadeia de valor, desde a simulação até uma grande quantidade de aplicações. Portanto, os PAC oferecem não só uma base sólida de conhecimentos básicos sobre a tecnologia laser, mas também a oportunidade de cooperar com os institutos do Fraunhofer 13 no desenvolvimento de novas tecnologias e, em última análise, de novas aplicações.

### UMA NOVA ABORDAGEM DA COLABORAÇÃO: O CLUSTER DE FOTÓNICA EM AACHEN

Os grandes projetos, como o CAPS, revelam que a tecnologia do futuro surgirá do cruzamento de parceiros

bastante diversificados. O Fraunhofer ILT, em Aachen, tem muita experiência nisto e foi proporcionando instalações de teste específicas para os parceiros da indústria desde os primeiros dias.

Também foi esta experiência que levou Reinhart Poprawe, o predecessor de Häfner como diretor do Fraunhofer ILT, a promover a criação de um Cluster de Fotónica no Campus de Aachen da RWTH. Atualmente, trabalha-se para tornar realidade a sua visão da Produção Fotónica Digital DPP, uma abordagem interdisciplinar de uma nova técnica de fabrico.

Para isso, foram construídos dois novos edifícios perto dos Institutos Fraunhofer e da Universidade RWTH de Aachen. O primeiro é o Edifício Industrial DPP que alberga umas 30 empresas que estão a realizar investigações conjuntas com o Fraunhofer e a RWTH de Aachen como parte das atividades do Campus de Investigação de Produção Fotónica Digital (DPP). Este trabalho é financiado pelo BMBF.

Em frente encontra-se o Edifício de Investigação DPP, onde o Centro de Investigação para a Produção Fotónica Digital (RCDPP) começou a trabalhar. O RCDPP é um dos deno-

minados Institutos Interdisciplinares Integrados da RWTH de Aachen, também conhecido como I3, e envolve investigadores de 16 institutos de um total de 6 faculdades.

O que pode parecer um pouco complexo é na realidade uma abordagem nativa do século XXI. “Trabalhando de forma multidisciplinar e interligada, fomentando uma interseção entre diferentes culturas de investigação, vivendo e respirando um espírito de inovação... é assim que poderemos desenvolver todo o potencial da tecnologia laser para a indústria transformadora do amanhã”, diz Häfner, que também atua como porta-voz do Cluster de Fotónica.

### O FABRICO ADITIVO DE ÓRGÃOS HUMANOS

A investigação interdisciplinar já começou. No campo da medicina, por exemplo, já se utiliza a microscopia de exploração por laser de super-resolução, uma tecnologia que foi galardoada com vários prémios Nobel. No futuro, a tecnologia laser também se poderá estabelecer noutras áreas de trabalho de laboratório. No Instituto Fraunhofer de Tecnologia da Informação, os investigadores estão a investigar a interação entre os fotões e as células biológicas.



Uma estrutura ramificada, elástica e vascularizada produzida através da polimerização de um único fotão. Esta estrutura é um implante vascular biorreabsorvível que se decompõe progressivamente num período de 24 meses. Foto: Fraunhofer ILT, Aachen.

“Estamos a trabalhar na bioimpressão como uma forma de criar estruturas de tecido em 3D”, explica Häfner. “Usando biomateriais e células vivas, podemos agora criar estruturas biológicas que imitam as propriedades imunológicas, celulares e anatómicas de um paciente humano. A longo prazo, até poderá ser possível utilizar o fabrico aditivo para produzir tecidos e órgãos personalizados em laboratório. Isso iria ajudar-nos a satisfazer a necessidade de transplantes humanos”.

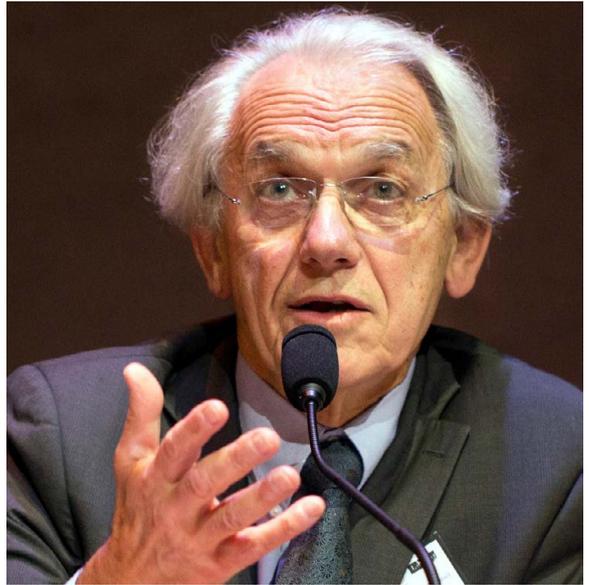
### A CORRIDA PARA APROVEITAR A TECNOLOGIA QUÂNTICA

O tema mais escaldante no campo da investigação aplicada do laser neste momento é a tecnologia quântica. Em fevereiro de 2020, o governo federal alemão anunciou um financiamento de 600 milhões de euros para este campo, seguido de outros 2000 milhões como parte do orçamento da Covid-19. Isto é provavelmente mais do que o total combinado de todos os fundos anteriores para a tecnologia laser.

Tünnermann, do Fraunhofer IOF, recorda que “a Alemanha tem estado a promover a tecnologia quântica desde há várias décadas” e que “estes programas significam que temos uma excelente base de investigação básica neste campo”. Em resposta à afirmação de que a China e os E.U.A. já se encontram muito mais à frente, responde: “A minha sensação sobre isto é que as economias mais bem-sucedidas serão aquelas que tiverem estruturas para promover ativamente a transferência desta tecnologia. Por isso, a fotónica é um excelente exemplo, e é um bom plano para um sucesso duradouro com a tecnologia quântica”.

Na atualidade, está a decorrer um processo de agenda nacional no qual os especialistas da indústria, da investigação e das comunidades de utilizadores se reúnem em rede para garantir que o financiamento da tecnologia quântica é utilizado da forma mais eficaz.

O prémio Nobel Gérard Mourou vê um grande futuro para os lasers que produzem impulsos extremamente intensos: “O melhor está para vir”, prometeu durante a sua conferência Nobel, em 2018. Foto: Jérémy Barande, Escola Politécnica, CC BY-SA 2.0.



## Os lasers podem vir a converter-se em aceleradores de partículas e, daí, em novas fontes de energia

### PODEM OS LASERS RESOLVER O PROBLEMA DA ENERGIA?

Na década de 1960, o laser era considerado “a próxima grande coisa” depois da energia atómica. Ao contrário da energia nuclear, a tecnologia laser tornou-se parte da vida quotidiana. Já desempenha um papel crucial nos campos das telecomunicações e da engenharia de produção, e a sua importância continuará a aumentar.

Uma nova empresa alemã tem planos ainda mais ambiciosos: A Marvel Fusion GmbH investigará a fusão nuclear baseada no laser. A tecnologia para isto baseia-se em sistemas do tipo que está a ser desenvolvido dentro de uma rede de investigação europeia conhecida como a Infraestrutura de Luz Extrema (ELI).

Apoiada por um financiamento que chegou até aos mil milhões de

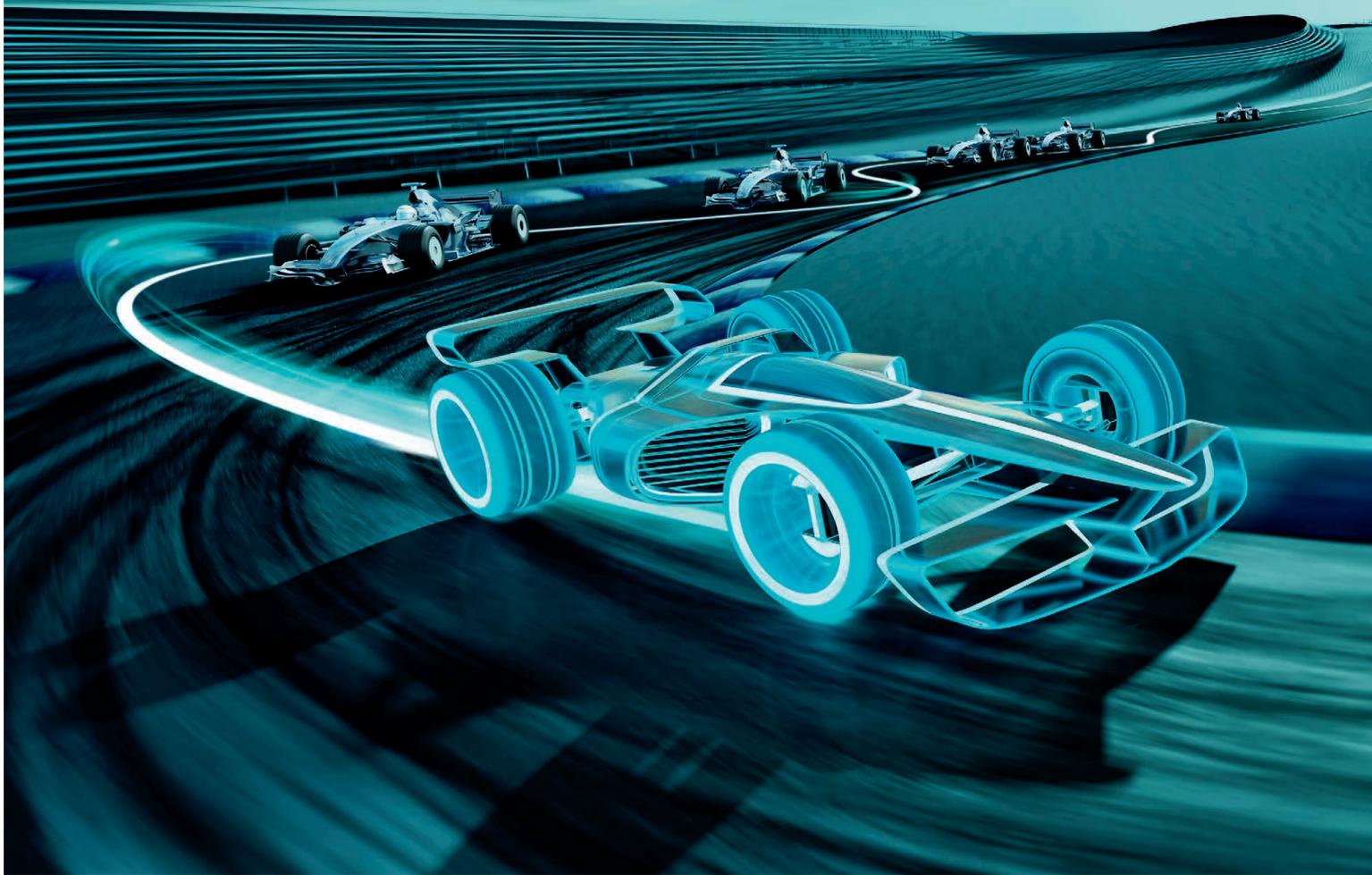
euros, a ELI compreende três institutos na Europa de Leste. Estes estão a trabalhar para tornar realidade a grande visão de Gérard Mourou, vencedor do Prémio Nobel da Física, em 2018. Na sua conferência Nobel, Mourou passou da descoberta inicial de Maiman para um ponto muito distante no futuro, no qual os lasers se podem converter em aceleradores de partículas, ou criar condições comparáveis às do interior das estrelas. Iniciarão a fusão nuclear. E serão tão intensos que retirarão partículas do vazio. A Marvel Fusion está a trabalhar neste caminho rumo a soluções exequíveis.

Portanto, o laser resolveu muitos problemas que eram desconhecidos quando Maiman falou de uma solução em busca de um problema. No entanto, como prometeu o visionário Gérard Mourou, “o melhor está para vir!” ■

Este texto constitui a segunda parte do artigo 'O laser, uma solução para tantos problemas...', publicado na InterMETAL número 10.



# REDUZA O CONSUMO DE GÁS



## REDUZA O CONSUMO AUMENTE A PRODUTIVIDADE

Com a tecnologia HIGHSPEED ECO, irá alcançar novos recordes de velocidade no processo de corte com azoto no laser guiado por fibra. Devido à potência contínua do laser, existe um aumento de produtividade de até 100%, dependendo da espessura da chapa. Além disso, há uma forte redução do consumo de gás, em até 70%. Está pronto para um novo recorde?

[www.trumpf.com](http://www.trumpf.com)



# Uma abordagem à maquinação de ligas exóticas ou superligas

O que são as ligas, ou materiais, exóticas? Porque são tão raras e como são maquinadas? Para as entendermos, primeiro precisamos de as definir. Os materiais mais utilizados em engenharia são ligas de base de ferro, como os aços, aços inoxidáveis e fundições. Outro grupo de materiais utilizados com frequência são as ligas de base não férrica, como as de alumínio, latão e bronze. Para além disso, existem os materiais de tipo exótico, desenvolvidos para responder a necessidades mais específicas. Estes materiais exóticos foram desenhados para aplicações específicas; são raros, não são utilizados regularmente e o seu fabrico costuma ser dispendioso.

**Andrei Petrilin,**  
Technical Manager da Iscar

Não existe uma definição rigorosa para os materiais exóticos. Por isso, muitos especialistas definem os metais como o Berílio, Zircônio, e as suas ligas, como cerâmicas, compósitos e superligas. No que à sua utilização como materiais estruturais diz respeito, as superligas e os compósitos ocupam o primeiro lugar. A baixa maquinabilidade destes materiais é um dos desafios que a indústria da maquinação de metais enfrenta. As superligas, ou de forma mais específica, as ligas a altas temperaturas (HTSA), foram desenhadas para condições de altas cargas mecânicas e temperaturas. São utilizadas principalmente para turbinas de gás, diferentes tipos de válvulas e equipamento petroquímico.

O 'exotismo' das superligas reside no seu desenho metalúrgico, que as dota de uma elevada resistência

à fadiga para evitar deformações a altas temperaturas. Considerando o seu componente principal, as HTSA podem ser divididas em três grupos: Com base de Níquel (Ni), Cobalto (Co) e Ferro (Fe). Estas superligas, em particular as que possuem base em Ni e Co, possuem uma maquinabilidade muito baixa.

Por outro lado, os designados de Compósitos, são materiais multicomponentes. Ao contrário do que acontece com qualquer material tradicional, como o aço ou o alumínio, a forma e dimensões das peças do compósito são praticamente as finais, pelo que não necessitam de uma extração significativa de material. No entanto, os diferentes componentes de um compósito apresentam propriedades distintas, formando uma estrutura heterogênea que dificulta a maqui-

nação. O processo de maquinação dos compósitos é diferente dos metais, e frequentemente parece que se quebram em vez de se cortarem. A grande capacidade de abrasão dos compósitos pode ocasionar uma intensa perda do fio de corte da ferramenta assim como outros problemas, como a degradação da precisão ou defeitos de maquinação irreparáveis.

A indústria da maquinação de metais tem avançado de forma significativa neste campo. As máquinas-ferramentas vanguardistas e as novas e eficazes estratégias de corte aumentaram o rendimento das operações de maquinação para um patamar completamente novo. O impressionante salto para a impressão 3D, que pode reduzir de forma espetacular o número de operações de maquinação, parece muito promissor. Mas

existe uma exceção que não permite aproveitar por completo o aumento considerável das capacidades das máquinas-ferramentas. Esta exceção é a ferramenta de corte. Apesar do seu claro avanço, as ferramentas de corte continuam a ser um entrave para a eficiência da maquinação. Portanto, os planos de inovação para uma maquinação produtiva dos materiais exóticos estão fortemente relacionados com as ferramentas de corte.

Os fabricantes de ferramentas de corte continuam a esforçar-se para encontrar soluções fiáveis e produtivas para a maquinação de materiais exóticos. Há alturas em que pode parecer que os recursos tradicionais não são válidos e que apenas as novidades mais vanguardistas podem oferecer grandes avanços. De qualquer forma, os fabricantes de ferramentas de corte oferecem produtos interessantes que combinam os meios e recursos disponíveis com novas ideias.

Os últimos desenvolvimentos da Iscar, lançados durante os últimos anos, são um exemplo claro disto, assim como o esforço da empresa para solucionar os entraves existentes e encontrar novos caminhos para evoluir.

### EXÓTICOS PARA EXÓTICOS: AS VANTAGENS DOS MATERIAIS CERÂMICOS

O metal duro sinterizado continua a ser o principal material utilizado na maquinação. O lançamento das ferramentas de corte de metal duro revolucionou a indústria metalomecânica, garantindo um crescimento significativo da produtividade devido ao drástico aumento das velocidades de corte. No entanto, e apesar deste crescimento, nos dias de hoje as velocidades de corte para superligas a altas temperaturas com base de Níquel e Cobalto continuam a ser baixas, normalmente entre os 25 e 50 m/min. Como podemos aumentar esta velocidade?

Atualmente, os materiais exóticos cerâmicos são considerados materiais de corte. A sua utilização garante um nível de velocidade de corte completamente diferente. Por exemplo, quando as superligas são mecanizadas com ferramentas cerâmicas, é perfeitamente normal uma velocidade de 1000 m/min. É por isso que as ferramentas cerâmicas são cada vez mais comuns na maquinação de HTSA.

Recentemente, a Iscar desenvolveu uma família de fresas onde se montam pastilhas de cerâmica de dupla face (Figura 1). Estas fresas foram concebidas para operações de desbaste e semi acabamento de superfícies planas e 3D, com velocidades de corte extremamente altas. Estas pastilhas são fabricadas em diferentes qualidades cerâmicas, como 'pretas' e whisker reforçadas a SiAlON (um tipo de cerâmica com base de Nitreto de Silício). Graças ao design de dupla face, permitem um vasto leque de utilizações. Com estas novas fresas, é possível maximizar o índice de extração de material (MRR) e reduzir significativamente a duração do tempo de maquinação.

Outro exemplo de uma aplicação de sucesso deste material é um dos mais recentes lançamentos da Iscar: uma família de fresas integrais de SiAlON (Figura 2). Foram desenhadas especificamente para o desbaste eficiente de superligas com base de Níquel e de diferentes qualidades de Inconel, Incoloy, Haynes, etc., para a indústria aeroespacial. Em comparação com as fresas de metal duro integral, as de SiAlON permitem velocidades até 50 vezes superiores.

É de salientar que o comportamento das ferramentas cerâmicas é diferente das de metal duro. De forma geral, o final de vida de uma ferramenta está mais relacionado com o nível de acabamento superficial ou com as rebarbas geradas, do que com o desgaste da ferramenta.



Figura 1. Fresas com pastilhas redondas cerâmicas.



Figura 2. Fresas integrais Iscar de SiAlON (Nitreto de Silício Alumínio)

### DIAMANTE DE CORTE

No fabrico de peças de compósito, a furação está amplamente considerada como a operação principal. A melhoria das capacidades nas ferramentas de furação teve um impacto direto na eficácia da maquinação deste tipo de materiais.

Recentemente, a Iscar lançou uma série de novas brocas integrais com uma gama de diâmetros de 3.3 a 12 mm, especialmente desenhadas para compósitos (Figura 3).

A principal característica destas ferramentas é o revestimento de diamante policristalino (PCD) ou de diamante que garante uma elevada resistência ao desgaste por abrasão. Estas brocas podem ter uma ponta de diamante PCD integral ou integrar apenas uma



Figura 3. Brocas revestidas de diamante policristalino ou pontas de diamante (PCD) soldado.



Figura 4. Estão disponíveis diversas formas de levar a refrigeração ao ponto ótimo, inserindo-se nas flanges para aplicações de desbaste.

lâmina de diamante na ponta (brocas tipo wafer). Ambos os tipos de brocas permitem múltiplas afiações.

Existem também brocas de metal duro integral onde toda a zona de corte se encontra revestida de diamante. O fio de corte ondulado reduz a formação de rebarba, especialmente durante a perfuração de plásticos reforçados com fibra de carbono (CFRP) e de CFRP-alumínio.

### SOLUÇÕES COM REFRIGERANTE

Na maquinação de superligas exóticas, um fornecimento de refrigeração eficaz é a pedra angular do sucesso. A refrigeração a alta pressão realizada com precisão (HPC) é determinante para melhorar o rendimento. Além disso, aumenta o ciclo de vida da ferramenta, melhora o controle de aparas e oferece uma maior produtividade.

Um dos lançamentos de sucesso da Iscar é uma família de ferramentas de torneamento com pastilhas ISO intercambiáveis (Figura 5). Dispõem de um

A maquinação de materiais exóticos implica, muitas vezes, o desenvolvimento de ferramentas também elas 'exóticas'



Figura 5. Ferramentas de torneamento com pastilhas ISO intercambiáveis, com fixação de flanges superior.

sistema de fixação por flanges superior que mantém a pastilha com precisão no seu assento, incluindo em condições de corte interrompido ou pesado. As anteriores ferramentas de torneamento com HPC tinham uma fixação por alavanca.

A fixação por flanges superior ocas oferece duas vantagens:

- Fixação da pastilha forte e rígida;
- Elimina qualquer obstáculo que impeça que o refrigerante alcance o fio de corte.

Portanto, a flange tem uma característica funcional adicional, visto que atua como um bocal de refrigeração nas novas ferramentas.

Estas ferramentas com refrigeração interna também podem ser utilizadas com sucesso aplicando refrigeração externa a baixa pressão (10-15 bars), obtendo-se um maior rendimento.

Em aplicações de sangramento e ranhurado de canais, especialmente em profundidade, é crucial uma formação de aparas eficiente. A refrigeração à pressão no fio de corte diminui significativamente a obstrução das aparas e reduz o recrescimento do fio. Durante o último ano, a Iscar ampliou a sua gama de produtos HPC com ferramentas para ranhurar canais com esta opção (Figura 6). Estas ferramentas são adequadas para uma pressão de refrigeração até 140 bars.



Figura 6. Adaptadores Iscar para ranhuramento frontal do sistema Modular-Grip.

## A INOVAÇÃO NAS GEOMETRIAS NUNCA PARA

Nos últimos anos, as pastilhas existentes no mercado foram sendo consecutivamente melhoradas na sua geometria de corte. De forma geral, as soluções inovadoras apresentadas pelos diversos fabricantes estão, essencialmente, relacionadas com a formação de aparas, fios de corte reforçados e uma preparação de fio progressiva.

O novo quebra-aperas F3S da Iscar, para o torneamento do acabamento de superligas exóticas (Figura 7) está desenhado para as populares pastilhas ISO (CNMG, WNMG, etc.). Uma operação típica de acabamento caracteriza-se pelos baixos valores de profundidade de corte e avanço. Portanto, o sucesso de um quebra-aperas reside na pequena zona adjacente ao fio de corte da pastilha. É toda uma 'arte' e redesenhar esta zona para obter um rendimento muito maior que a da pastilha existente implica um grande esforço.



Figura 7. Novo quebra-aperas F3S da Iscar, para torneamento do acabamento de superligas exóticas.

O quebra-aperas F3F é um exemplo de sucesso. Possui um fio de corte reforçado para evitar o desgaste do núcleo e possui um defletor especial desenhado para um eficiente controlo de aparas em torneamento de acabamento de HTSA. Tudo isto, em conjunto com o desprendimento positivo, garante uma maquinação suave e fácil, com excelente rutura das aparas e uma importante redução das forças de corte.

A maquinação de materiais exóticos apresenta vários desafios aos fabricantes de ferramentas de corte. Para desenvolver uma ferramenta inovadora, à vezes é necessário encontrar soluções também elas 'exóticas' ou, em alternativa, encontrar uma forma inovadora de realizar o trabalho com as ferramentas tradicionais. A Iscar procura continuamente dar resposta a este desafio, desenvolvendo soluções inovadoras e eficientes para a maquinação deste tipo de materiais. ■



O poder de transformar

# gom

a ZEISS company

Soluções que garantem produtividade e rentabilidade na metrologia industrial



**Soluções de Produção  
Metrologia Ótica Industrial  
Engenharia de Processo  
Formação**

244 573 100

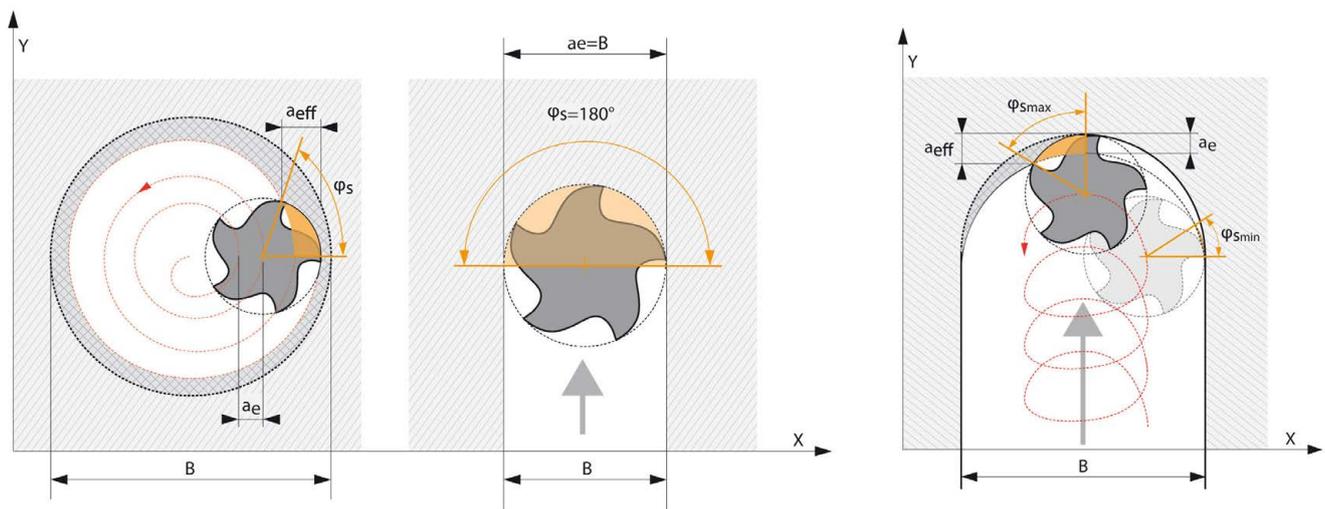
info@s3d.pt



www.s3d.pt

# Tempos de maquinação breves graças à fresagem trocoidal TSC

Para fabricar contornos complexos ou profundos a velocidades de avanço elevadas e com baixas forças de corte, a fresagem trocoidal de alta velocidade (Trochoidal Speed Cutting ou TSC) é a estratégia ideal.



Ao combinar a fresagem circular (esquerda) com a fresagem de canais (centro) surge a fresagem TSC (direita).

Foto: Inovatools Eckerle & Ertel GmbH.

Para poder aplicar este processo, é necessário um software de programação avançado, como o SolidCAM iMachining ou o hyperMILL com MAXX Machining. Para além disso, a cinemática da máquina e as suas capacidades devem ser desenhadas para responder a fortes acelerações e alterações de carga dinâmicas. Trata-se de passar as ferramentas TSC especiais com as suas trajetórias sobrepostas de círculos elípticos por toda a longitude da zona de corte, para que o material possa ser removido em tempo perfeito. Em comparação com a fresagem de canais tradicional, consegue-se assim reduzir consideravelmente os tempos de

maquinação e diminuir o desgaste a alta velocidade e com um baixo nível de vibrações, especialmente em condições de utilização críticas ou materiais difíceis de maquirar.

No processo de fresagem dinâmico Trochoidal Speed Cutting (TSC) combinam-se as trajetórias elíticas ou quase circulares calculadas de forma contínua em função da espessura média das aparas, com a velocidade de corte ideal. Em comparação com a fresagem de canais tradicional, a maquinação com ferramentas mais pequenas possível é mais rentável devido à força de corte praticamente invariável.

De acordo com Dennis Marz, gestor de produto na empresa de fabrico de ferramentas Inovatools com sede em Kinding-Haunstetten, "na fresagem TSC, tudo tem que encaixar: o requisito básico para a maquinação trocoidal é a dinâmica unida à estabilidade, porque aqui a ferramenta move-se com avanços muito elevados dentro do material e com o máximo avanço fora dele. A Inovatools oferece soluções de ferramentas TSC que, de acordo com a aplicação, permitem reduzir consideravelmente o tempo de maquinação em cavidades profundas em comparação com o procedimento de fresagem de canais tradicional".

## AMPLA GAMA DE FERRAMENTAS TSC

O catálogo TSC 2021 da Inovatools compreende uma ampla seleção de conceitos de ferramentas: trata-se de soluções de TSC perfeitamente adaptadas quanto à composição de metal duro integral, à geometria, à remoção de aparas e ao revestimento, desenhadas para diferentes materiais, como ligas especiais, aços temperados, aços tratados termicamente, INOX, aços de construção, assim como alumínio, materiais compósitos e plástico.

Alguns exemplos são a fresa híbrida de metal duro integral (595...) de quatro fios com o revestimento de alto rendimento e extremamente liso VAROCON para a fresagem HPC e TSC de aço e INOX, assim como as fresas dinâmicas de metal duro integral (591...; 597...; 598...; 592...) em diferentes execuções e dimensões para a fresagem TSC em aço, INOX e ferro fundido.

Graças ao design das ferramentas, fabricadas em metal duro especial de grão ultrafino numa proporção de mistura equilibrada, às geometrias e ranhuras adaptadas e aos revestimentos de alto rendimento ajustas à aplicação, a gama de fresas TSC da Inovatools cumpre com elevados padrões no que diz respeito ao rendimento, à qualidade e à integridade. Como exemplo das vantagens construtivas convém destacar a rutura ideal de aparas que as fresas TSC proporcionam. Ou seja, conseguem aparas curtas que se rompem com rapidez e que a fresa retira de forma completa e a uma grande velocidade da zona de contato, eliminando assim o calor gerado pelo arranque de aparas. Assim, cuida da ferramenta e da peça mecanizada. Desta forma pode utilizar diversas ferramentas da Inovatools com elevadas profundidades, velocidades e avanços de corte e conseguir uma distribuição uniforme das forças de arranque de aparas em todo o comprimento do fio, inclusive na maquinação em seco, caso seja necessário.

Dennis Marz acrescenta: “As nossas fresas TSC são especialmente robustas devido à sua microgeometria específica. Para além disso, o arredondamento definido das arestas de corte confere às ferramentas uma estabilidade de arestas extrema. Isto permite que estejam perfeitamente preparadas para as maiores exigências e garantam também uma vida útil prolongada, inclusive com níveis de avanço e velocidades de arranque de aparas elevadas”.

Também no arranque de aparas em alumínio, plástico ou materiais compósitos como os plásticos reforçados com fibra de vidro (PRFV) e plásticos reforçados com fibra de carbono (PRFC) é possível alcançar um aumento notável do rendimento com as ferramentas TSC da Inovatools. As fresas dinâmicas TSC de três fios em metal duro integral (2.414...; 2.410...) em diâmetros de 6 a 20 mm, contam com um design ideal para os seus requisitos especiais de arranque de aparas. ■

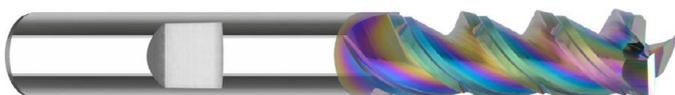
### Alguns exemplos das fresas TSC da Inovatools:



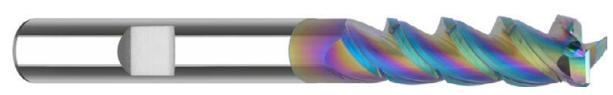
595: fresa híbrida de metal duro integral (revestimento Varocon), aplicação: fresagem de alto rendimento de INOX/aços ligados (elevada resistência à oxidação, dureza própria e dureza em quente). Foto: Inovatools Eckerle & Ertel GmbH.



789: fresa cilíndrica Turbomax de metal duro integral (revestimento naco blue), aplicação: fresagem de alto rendimento/maquinação de materiais duros (camada de nanocompósitos com extrema dureza em quente e resistência à oxidação). Foto: Inovatools Eckerle & Ertel GmbH.



2414: fresa dinâmica de metal duro integral (revestimento ta-C), aplicação: metais não ferrosos, plásticos PRFV/PRFC (revestimento de carbono de camada fina e alto rendimento). Foto: Inovatools Eckerle & Ertel GmbH.



2410: fresa dinâmica de metal duro integral ER (revestimento ta-C), aplicação: metais não ferrosos, plásticos, PRFV/PRFC (revestimento de carbono de camada e alto rendimento). Foto: Inovatools Eckerle & Ertel GmbH.

# Mitsubishi amplia gama de fresas para alumínio Alimaster

A gama Alimaster da Mitsubishi está mais completa. A otimização do substrato de metal duro micro granulado juntamente com uma inovadora geometria das hélices e dos fios de corte fazem destas fresas um caso de sucesso no mercado da maquinação de alumínio. A partir de agora, uma parte da gama passa a contar com um novo revestimento DLC tecnologicamente avançado.



Este tipo de ponta quadrada A3SA / DLC3SA está disponível de  $\varnothing 12$  -  $\varnothing 25$  e a A3SARB / DLC3SARB também em diâmetros 12 - 25 com uma gama de raio angular de 1,0 mm - 5,0 mm.

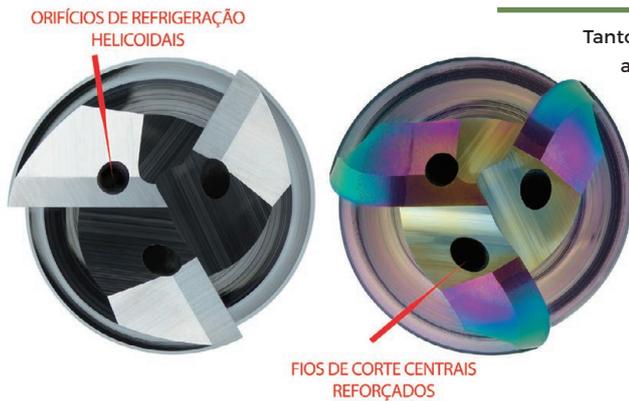


O portfólio de fresas de metal duro da Mitsubishi Materials inclui a gama Alimaster, desenhada especificamente para a fresagem de alta eficiência de ligas de alumínio.

A gama Alimaster, concebida especificamente para a fresagem de alta eficiência de ligas de alumínio, passou a incluir as fresas de ponta plana de três hélices, A3SA / DLC3SA, e as fresas de ponta métrica de três hélices A3SARB / DLC3SARB, ambas disponíveis sem revestimento e também com o novo revestimento DLC.

## NOVA TECNOLOGIA DE REVESTIMENTO

O revestimento DLC, de desenvolvimento exclusivo, proporciona a máxima resistência durante a



Tanto a A3SA / DLC3SA como a A3SARB / DLC3SARB estão disponíveis sem revestimento e também com o novo revestimento DLC.

### GEOMETRIA OTIMIZADA DA PONTA ÀS HÉLICES

Os dois novos tipos de fresas da Alimaster apresentam hélices helicoidais irregulares e fios de polimento. A geometria irregular das hélices elimina as vibrações e permite obter excelentes acabamentos das superfícies, enquanto as superfícies altamente polidas das hélices evitam a formação de bordos e facilitam a evacuação das aparas durante a maquinação. Para além disso, os fios de corte centrais foram otimizados para proporcionar uma maior resistência e fiabilidade, inclusive durante o ponteados.

Para completar a inovadora gama de características em todos os novos tipos, foi criada uma geometria de raio suave na saída das hélices que evita as marcas de sobreposição da ferramenta na peça na maquinação de paredes profundas. ■

maquinação a alta velocidade e é especificamente eficaz quando se reduz o fornecimento de refrigerante. Para além disso, o baixo coeficiente de fricção reduz a resistência ao corte em todos os modos de corte e ajuda a proporcionar uma eliminação suave das aparas para evitar o problema comum da obstrução da hélice quando se mecanizam ligas de alumínio a altas velocidades e avanços.

### ORIFÍCIOS HELICOIDAIS PARA PASSAGEM DO REFRIGERANTE

Os orifícios helicoidais mantêm um fornecimento estável de refrigerante incluindo depois da retificação. Isto significa que a evacuação das aparas durante o ponteados, a fresagem em rampa e o ranhuramento foram melhorados de forma significativa, para um corte estável e de alta eficiência.

 **inegi** driving science & innovation

Convertemos **conhecimento** em **valor**

INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

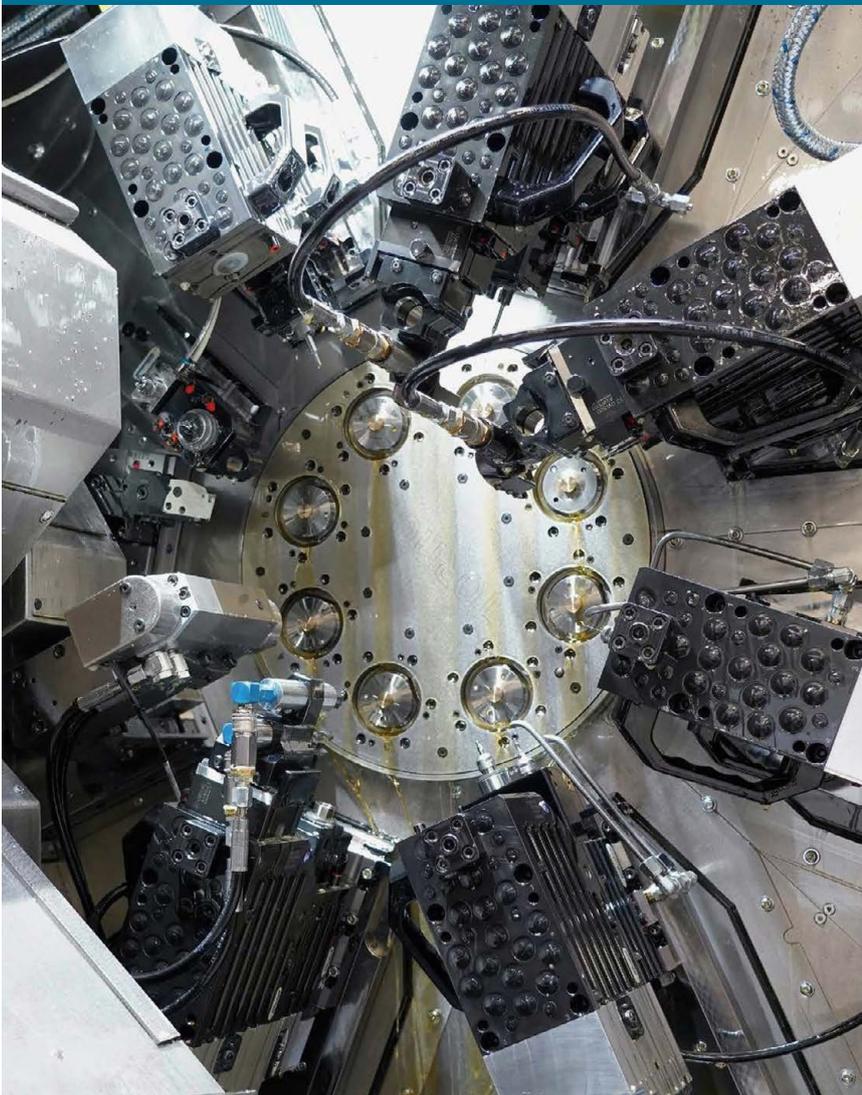
INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

SERVIÇOS DE CONSULTORIA, LABORATORIAIS E FORMAÇÃO

WWW.INEGI.PT

# Torno multifusos e fresagem: dois conceitos incompatíveis?

O mundo das máquinas de grande produtividade divide-se em duas grandes famílias: as máquinas de transferência e os tornos multifusos.



Em geral, as máquinas de transferência são mais indicadas para realizar tarefas complexas e, na maioria dos casos, são utilizadas para maquinar peças presas num sistema de fixação, pinça ou prato de garras.

Tradicionalmente, as máquinas multifusos são mais indicadas para maquinar peças menos elaboradas, por exemplo, de material em barra. Mas, ainda é assim? O que acontece caso se unam as capacidades

de fresagem de uma máquina de transferência com uma máquina multifusos? A Tornos apostou nesta solução híbrida e explica-nos porquê.

## MULTISWISS: FLEXIBILIDADE COMO PRINCIPAL VANTAGEM

As máquinas MultiSwiss dispõem de uma zona de maquinação modular que permite equipá-las com distintas opções, incluindo numerosas unidades de ferramentas giratórias utilizadas para realizar tarefas de fresagem. A zona de maquinação é muito espçosa, ventilada e bastante ergonómica, o que permite ao operador entrar na máquina para realizar os trabalhos de afinação necessários. Graças a estas características, estes equipamentos são, hoje, reconhecidos pela sua elevada flexibilidade.

## A PEÇA IDEAL PARA UM TORNO MULTISWISS

A Tornos oferece uma solução de elevada produtividade, flexibilidade e facilidade de utilização para o acabamento completo de uma ampla gama de peças como, por exemplo, cilindros de fecho. O resultado final: peças de elevada qualidade, sem necessidade de realizar operações secundárias. Tempo de ciclo: de 12 a 20 segundos, dependendo da peça.

# Perfeição japonesa.

1.400.000 machos produzidos todos os meses:  
cada um passa por 3 controlos de qualidade, todos são perfeitos.  
Uma liderança construída com paixão, peça por peça, desde 1923.

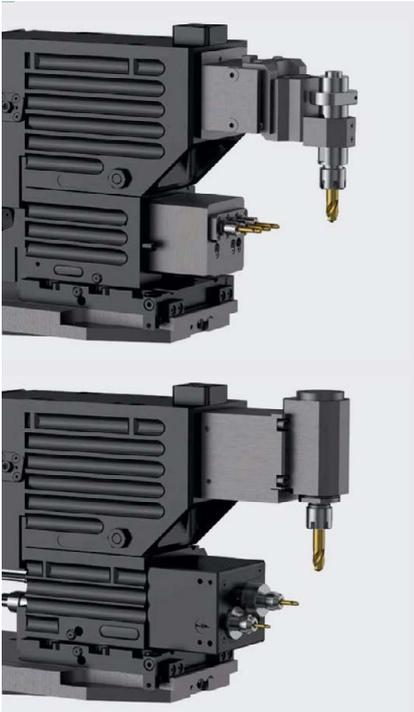


**NOVO CATÁLOGO  
ENCOMENDE UM EXEMPLAR**



[www.yamawa.eu](http://www.yamawa.eu)

 Think threads with  
**YAMAWA**



A máquina MultiSwiss pode ser equipada com um grande número de porta-ferramentas e é extremamente flexível.

Tanto na Europa como na América ou na Ásia, cada utilizador chega à mesma conclusão: a máquina pode ser afinada de forma tão rápida como um torno mono fusos. Por outro lado, a sua produtividade é 5, 6 ou até 8 vezes superior. As MultiSwiss permitem um maior nível de produção, melhorando ao mesmo tempo de forma drástica a qualidade da peça. Devido ao seu sistema de rolamentos hidrostáticos, o fuso é extremamente estável, independentemente da carga.

Esta estabilidade tem um efeito positivo na vida útil das ferramentas: quanto mais duro for o material, de melhor forma a máquina pode provar a sua eficácia. O transportador de peças e os dispositivos periféricos fornecidos com a máquina permitem levar a cabo uma produção ininterrupta durante horas. A máquina pode ser equipada

com um número impressionante de opções para satisfazer todas as necessidades. As soluções oferecidas vão desde um carrossel para descarregar peças em diferentes células de automatização e robôs de carga até um armazém de barras com o qual é possível carregar várias toneladas de material.

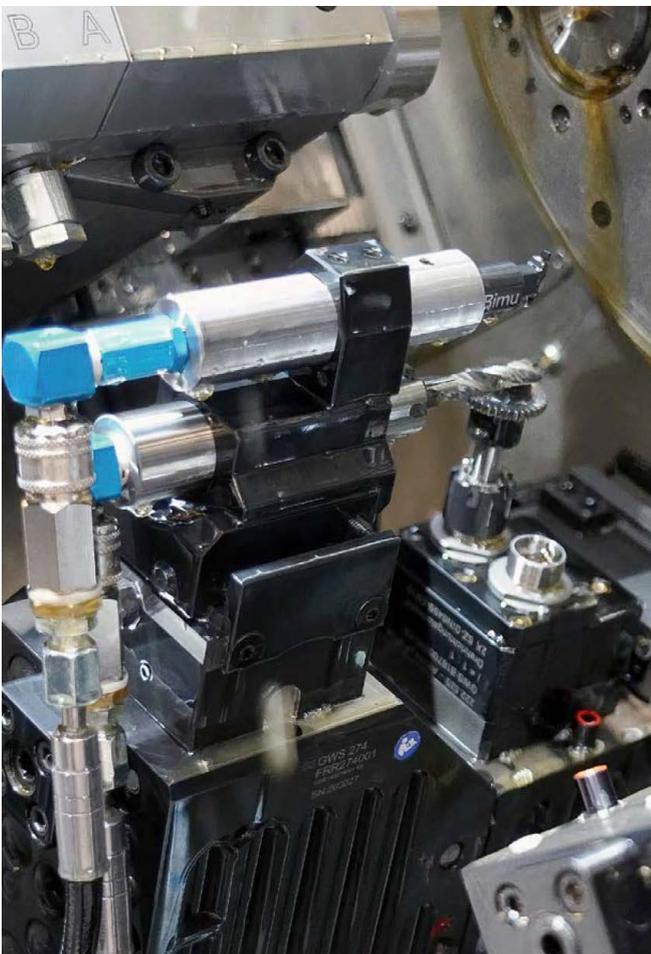
### UM SISTEMA CINEMÁTICO ECONÓMICO

Graças à cinemática, em particular à cinemática da MultiSwiss 8x26 com os seus 6 eixos Y, é possível ir mais longe. Como os carros estão instalados nos eixos X e Y correspondentes, é possível executar operações de maquinação em conjunto com o eixo Z do fuso. Desta forma, elimina-se a necessidade de desenhar as ferramentas adequadas para realizar operações de fresagem num torno multifusos. Isto é possível com o novo sistema de fresagem de cabeçote múltiplo desenhado exclusivamente para as máquinas MultiSwiss.

Com este sistema é possível instalar até três ferramentas de fresagem por carro. Deste modo, a máquina pode ser equipada com 15 ferramentas giratórias de perfuração ou fresagem transversais e cinco ferramentas de perfuração ou fresagem para operações de maquinação frontal. Assim, é possível realizar um grande número de operações de fresagem num torno MultiSwiss que, de outro modo, teriam de ser realizadas numa máquina de transferência.

Além disso, a máquina mantém as vantagens de maquinação em barra, o que simplifica a logística de fornecimento contínuo de material.

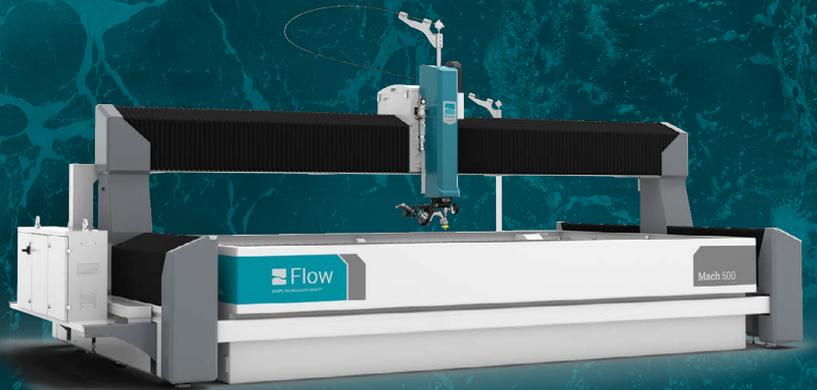
Para além da sua elevada produtividade e qualidade de processos, a máquina é extremamente precisa. Graças à sua tecnologia de alta precisão por controlo numérico, o posicionamento de cada eixo tem uma precisão de aprox. 0,015 mm. ■



Para além disso, permite montar ferramentas giratórias frontais e radiais. As bases estão equipadas com um sistema de substituição rápida, pelo que é possível reconfigurar completamente a máquina em menos de 4 horas.

Fabricamos apenas máquinas de jato  
de água - é por isso que somos o  
**número 1**

**Mach 500**  
make more.



**Mach 200**  
elevate expectations.

**Mach 100**  
performance made affordable.



 **Flow**

SHAPE TECHNOLOGIES GROUP®

Flow SW Europe & NW Africa  
C/ Foronda, 6 Plta 1  
28034- MADRID  
+34 916407393

[www.flowwaterjet.es](http://www.flowwaterjet.es)

Muitas empresas já começaram a repensar os processos de medição adaptando-se à Indústria 4.0

# NOVOS AVANÇOS EM METROLOGIA E TOMOGRAFIA

**Ibon Holgado, Soraya Plaza e Naiara Ortega,**  
do Centro de Fabrico Avançado em Aeronáutica (UPV/EHU)

A Indústria 4.0 veio alterar o panorama da fabricação a todos os níveis. Tanto as pequenas empresas como as grandes multinacionais procuram automatizar os seus sistemas e adotar tecnologias de controlo de qualidade modernas, como a metrologia dimensional, com o objetivo de se manterem competitivas. No entanto, o impacto desta grande tendência é especialmente significativo nas indústrias onde a inspeção é a fase mais importante de qualquer processo de fabrico devido aos elevados requisitos de qualidade, como é o caso da aeronáutica.

O novo modelo metrológico implica a incorporação de sensores na produção para realizar as medições nas próprias máquinas em que se fabricam os componentes. Desta forma, e com uma sólida infraestrutura e uma rápida conexão entre os componentes de toda a fábrica, será possível alcançar o fabrico sem defeitos, sem atrasos, sem surpresas e sem desperdícios. Particularmente, a tomografia computadorizada de raios X estabeleceu-se como resposta à inspeção de componentes com características inacessíveis através de outros métodos e à aquisição holística dos dados que descrevem a geometria das peças.

## INTRODUÇÃO

A 4ª revolução industrial é cada vez mais relevante no largo campo do fabrico. A Indústria 4.0 representa uma nova onda de tecnologia que

impulsiona a eficiência em todas as operações, baseando-se em sistemas ciber-físicos que combinam a infraestrutura física com o software, sensores, nanotecnologia e tecnologia digital de comunicações. A transformação digital é necessária para que as organizações compitam melhor num ambiente económico com constantes alterações à medida que a tecnologia evolui.

São várias as principais razões pelas quais as empresas de fabrico de componentes industriais adotam cada vez mais as tecnologias da Indústria 4.0. Por um lado, as soluções de monitorização de máquinas, as estratégias de manutenção preditiva e outras tecnologias operacionais avançadas estão a ajudar os fabricantes a diminuir o tempo de inatividade, a aumentar o rendimento e, de forma

geral, em reduzir o custo de fornecimento de peças de qualidade. Outro aspeto relevante está relacionado com a democratização dos dados: o fabrico tem-se verificado afetado ao longo dos anos por dispor os dados em contentores, onde a informação não era partilhada entre departamentos nem ao nível da unidade de produção. A desejada conectividade está a permitir uma acessibilidade a fontes de dados que há uns anos era impensável e, realizada de forma correta, proporciona uma forma fácil de utilizar esses dados para uma tomada de decisões eficaz. Para além disso, com a informação digitalizada é possível armazenar uma quantidade quase ilimitada de dados de fabrico através da nuvem que podem ser utilizados para formar novos trabalhadores, criar algoritmos avançados com dados históricos, etc. As opções são ilimitadas desde que os

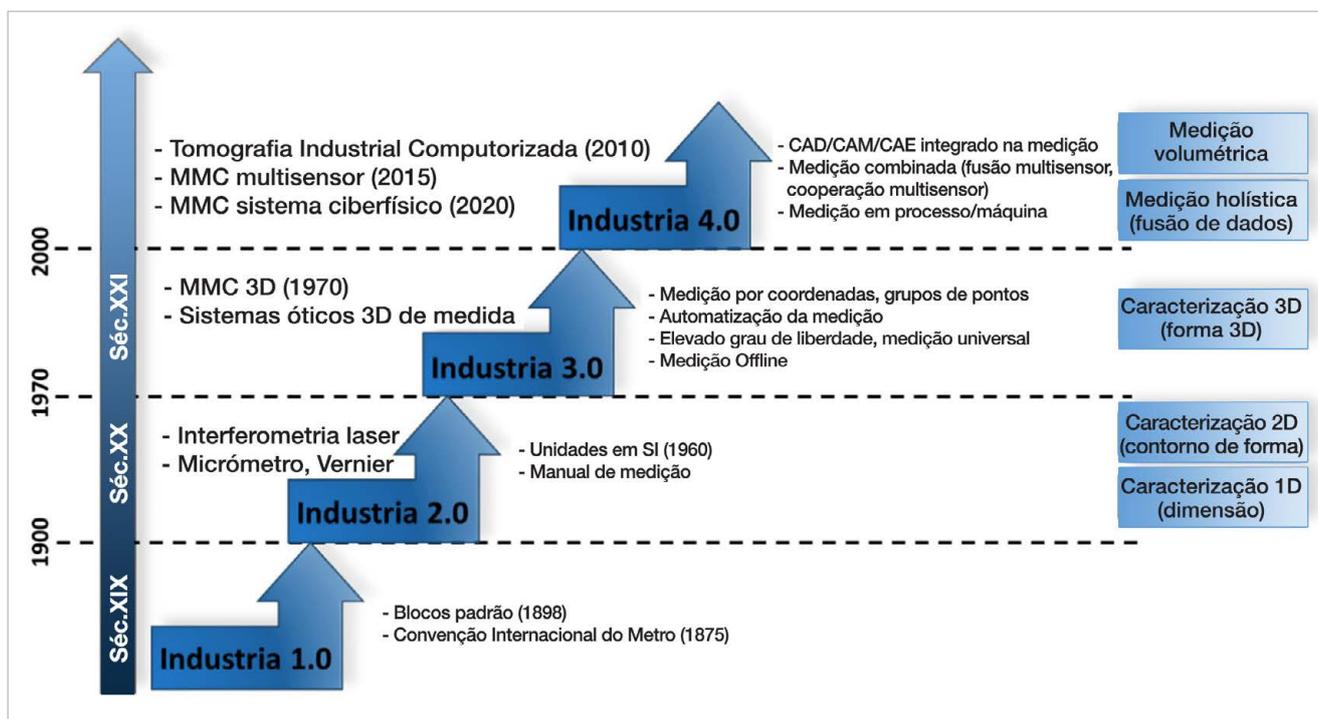


Figura 1. Correlação entre os modelos industriais e a medição em ambiente de fabricação ao longo do tempo <sup>[1]</sup>.

dados sejam armazenados e acessíveis de tal forma que se possam construir soluções. É um feito em que as tecnologias de digitalização e informação permitem aos engenheiros descobrir novas possibilidades e engenharias no âmbito do design e planificação.

### METROLOGIA E O IMPACTO DA INDÚSTRIA 4.0

A metrologia é também um campo afetado pela transformação digital e a Indústria 4.0, envolvendo grandes desafios e conseqüentemente o fortalecimento e a melhoria das técnicas de medição. Por isso, muitas empresas começaram a sincronizar e repensar os processos de medição para se adaptarem à Indústria 4.0, desenvolvendo o novo conceito de metrologia 4.0.

Fazendo uma retrospectiva, é possível verificar como foram evoluindo os sistemas metrológicos devido à necessidade do controlo de qualidade de componentes cada vez mais complexo. A figura 1 mostra como foi o desenvolvimento dos sistemas de metrologia durante as diferentes revoluções industriais <sup>[1]</sup>.

O modelo metrológico no âmbito da Indústria 4.0 implica a incorporação de sensores na produção, a fim de realizar as medições nas próprias máquinas em que se fabricam os componentes. Começa a ser habitual a utilização de diferentes tecnologias de medição, muitas vezes baseadas em princípios físicos distintos, para a medição das características de um mesmo componente. Isto implica que as fontes de erro a compensar possam ser de diferentes naturezas. Neste sentido, um dos maiores desafios nos dias de hoje é a fusão precisa de todos os dados captados pelos sensores,

visto que os resultados diferem entre técnicas e em muitos casos não são comparáveis.

Como exemplo, na figura 2 é apresentada uma mesma superfície captada através de um método ótico (fotões) e um método tátil (apalpador). Como o apalpador não consegue alcançar todos os vales do perfil de rugosidade, cria um falso limite, ignorando uma parte importante da rugosidade da superfície <sup>[2]</sup>. Não obstante, as tecnologias sem contacto podem alcançar qualquer região do contorno, avaliando a superfície real com maior detalhe.

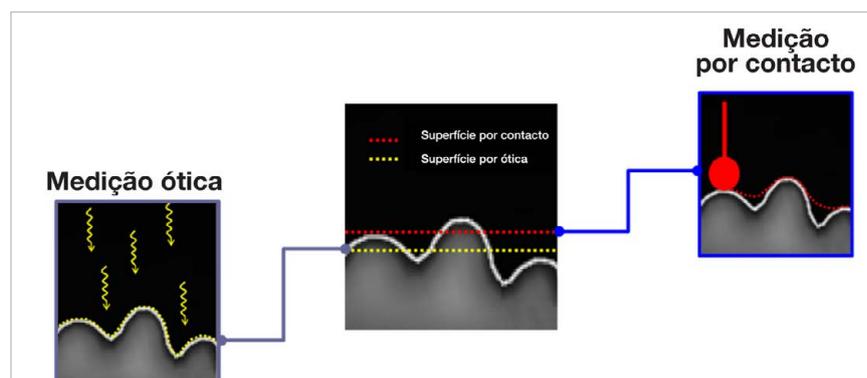


Figura 2. Comparação entre determinação de superfície por técnicas óticas e táteis.

Por este motivo, através da combinação de todos os tipos de técnicas de captação de dados das peças sensores, procede-se à digitalização do fabrico. Não obstante, isto requer potentes análises de dados massivos para além de uma gestão eficiente, entrando aqui a Big Data. A Big Data é a técnica utilizada quando as quantidades de dados em grande escala ultrapassam a capacidade do software convencional para os capturar, processar e armazenar em tempo razoável. Para além disso, o conceito de Big Data inclui também a capacidade de poder explorar esses dados para extrair informações e conhecimento de valor para os nossos próprios processos [3].

**DESAFIOS E NOVOS CONCEITOS DA METROLOGIA 4.0**

Um dos principais desafios da metrologia hoje em dia é a medição de magnitudes multidimensionais com pouca incerteza e em tempo real. É neste sentido que o papel da Indústria 4.0 torna-se imprescindível, visto que permite maximizar a eficiência e aumentar a qualidade do rendimento e os processos metrológicos [4].

Outro desafio principal da Indústria 4.0 a nível da inspeção é aumentar a sua qualidade e maximizar o rendimento do fabrico, o que levará à redução dos custos na linha de produção e a

conseguir um sistema produtivo sem desperdícios. Nos dias de hoje, mais de 50% do material utilizado na produção acaba na sucata. Isto não resulta apenas num problema económico, mas também para o meio ambiente [5]. Utilizar a energia de forma eficiente, assegurar a origem responsável dos recursos e garantir o cumprimento e a expansão dos processos de reciclagem permitirá o desenvolvimento de processos e fábricas sustentáveis.

Para que tudo isto seja uma realidade a nível industrial, é necessário transformar o conceito convencional do controlo de qualidade com base no fabrico em massa, as correções estatísticas, ... até ao novo conceito de qualidade na produção sem defeitos. Esta nova abordagem vem esquematizada na figura 3 e pode ser aplicada tanto à produção em massa como a peças individuais [1].

Tal como se pode observar, ao avançar para a metrologia 4.0 e no caminho do fabrico sem defeitos, os fabricantes devem implementar práticas de fabrico inteligentes com os seguintes focos e equipamentos [6]:

Automatização: o carregamento e descarregamento robótico de componentes pode envolver os processos de medição dentro da linha de pro-

dução. Desta forma produz-se uma minimização dos erros devido a uma menor transferência e manipulação das peças. A conectividade entre estes sistemas de medição e das máquinas de fabrico permite um ajuste das variáveis e erros no processo em tempo real. Para além disso, eliminar a intervenção do operador reduz o erro humano, protegendo a qualidade da linha de produção e assegurando um maior nível de confiabilidade dentro destes processos. É por isso que o principal objetivo consiste em aplicar medições "inteligentes" que permitam ao sistema determinar as falhas e corrigi-las automaticamente.

Operação de circuito fechado: o fabrico de ciclo fechado integra no mesmo processo as operações de fabrico e de inspeção, o que reduz os custos e melhora a qualidade. Este circuito fechado não foi desenhado unicamente para automatizar o controlo de qualidade, mas também para elevar o nível de precisão do fabrico, garantindo que a sua linha de produção seja do nível mais elevado possível.

Monitorização na nuvem: a monitorização na nuvem permite que os sistemas de medições comuniquem, solicitem e enviem dados, assim como alterem e modifiquem as medições através de funções autónomas inteligentes. A infraestrutura virtualizada pode oferecer inúmeras vantagens a um sistema de metrologia. Por exemplo, a informação relevante pode ser armazenada à distância e recuperada quando necessário, facilitar a colaboração no local de trabalho, etc.

Comunicação e conectividade: uma grande parte do foco da Indústria 4.0 está no intercâmbio de dados em rede entre máquinas para maximizar a eficiência da produção. Neste sentido, incorporam-se sensores de todo o tipo nos processos produtivos com capacidade para comunicar e trocar dados, o que permite que a máquina de fabrico produza trocas, interrompa

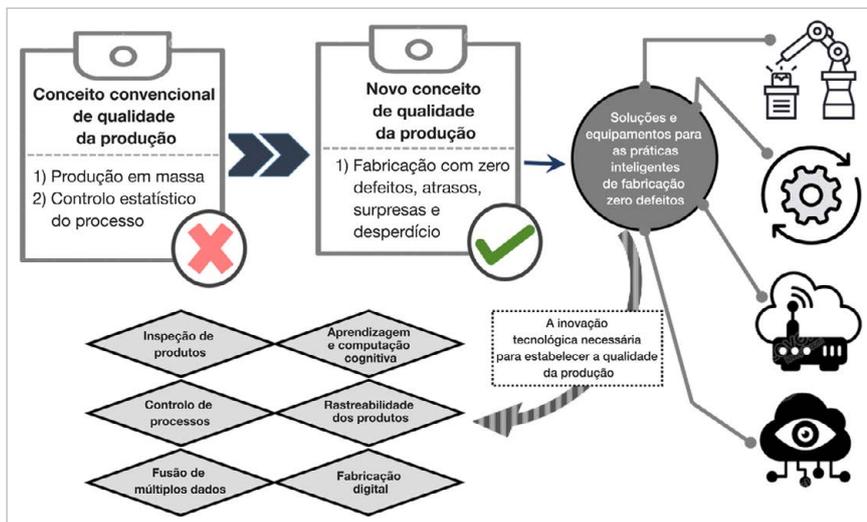


Figura 3. Esquema fundamental do novo controlo de qualidade da produção.

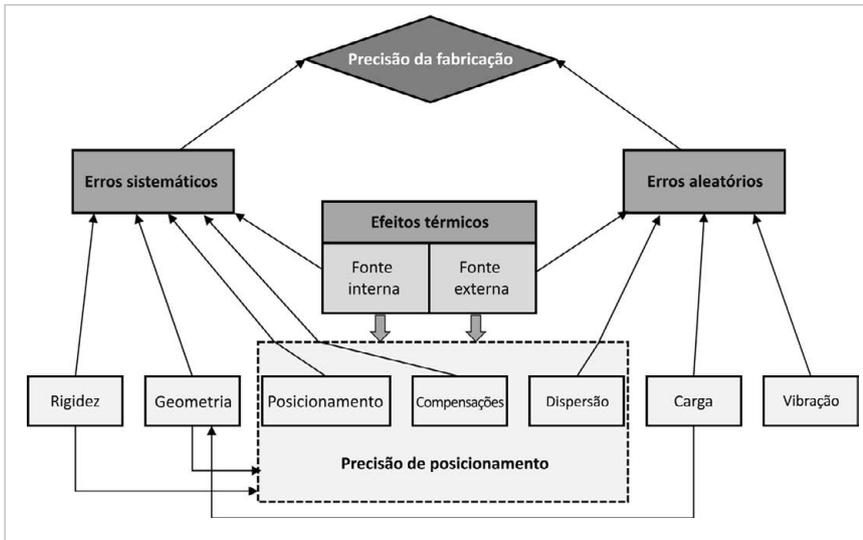


Figura 4. Principais fontes de erro durante o processo de fabrico de uma peça.

ou inicie a produção, assim como a montagem de uma ferramenta de substituição. Para além disso, devido à rapidez da nova tecnologia 5G, tende-se a conseguir uma produção com zero atrasos.

Com esta nova forma de proceder podemos confirmar a garantia de qualidade/funcionalidade das peças através da informatização de todos os processos de fabrico e não apenas na magnitude geométrica das peças fabricadas como índice para medir a qualidade.

No entanto, um aspeto fundamental a ter em conta são os fatores críticos que introduzem as, não desejadas, fontes de erro dos processos de fabrico. Estes fatores devem ser informatizados para o seu controlo e correção, podendo garantir um fabrico com zero defeitos<sup>[1]</sup>. A figura 4 apresenta esquematicamente tais fontes de erro.

Não obstante, para levar a cabo estes novos controlos de qualidade, é necessária uma inovação tecnológica no que diz respeito a máquinas de medição ou sistemas de captação de dados <sup>[5]</sup>. Felizmente, o crescimento e desenvolvimento de equipamentos de medição mais sofisticados e o desenvolvimento

de novos softwares ajustam-se aos requisitos da metrologia 4.0, tornando tudo isto possível. Os sistemas ou sensores de digitalização e digitalização 3D são os mais promissores devido à grande quantidade de dados que podem ser captados. Este é o caso dos sistemas de processamento de imagens e de visão, a tomografia computadorizada por raios X (TC), a luz estruturada, entre outros <sup>[7]</sup>.

Resumindo, o controlo de qualidade da produção baseada na medição holística (informação de todo o pro-

cesso de fabrico), em conjunto com a boa gestão da grande quantidade de dados, é a chave para conseguir um sistema de produção preditiva e um fabrico com zero defeitos, zero surpresas, zero atrasos e zero desperdícios. Em muitas ocasiões, tudo isto é sustentado por modelos multifísicos de simulação que, em conjunto com o elevado input de dados dos sensores, torna possível prever a representação digital dos componentes. Exemplos de ferramentas utilizadas para este tipo de simulações são a fluido dinâmica computacional (CFD) e a análise de elementos finitos (FEA).

As tarefas de digitalização e medição holística de todo o processo de fabrico geram novos modelos como é o caso dos modelos ciber-físicos (CPS)<sup>[1]</sup>. Estes modelos têm duas partes, uma virtual e outra física (a máquina), as quais se encontram conectadas pela infraestrutura da Internet Industrial das Coisas (IIoT) Como a principal missão consiste em ajustar-se de forma inteligente e preditiva em relação às alterações holísticas da medição em tempo real de acordo com o conteúdo medido (informação sobre o contexto da medição, a condição da medição, a quantidade medida, o objeto da medição, a condição da

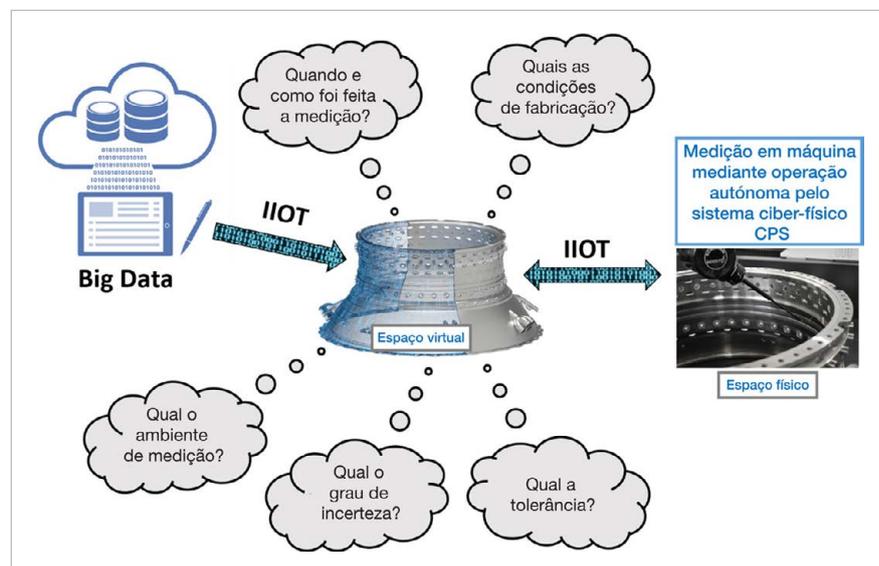


Figura 5. Modelo de metrologia de fabrico ciber-física (CPS).

maquinagem, a precisão necessária, a tolerância, a incerteza, etc.), a configuração da fusão dos dados captados pelos sensores é alterado e adaptado de forma contínua para alcançar uma previsão avançada. Capacidades como o autorreconhecimento das peças, a manutenção automática da própria máquina e a previsão automática são obtidas pelos modelos CPS.

A IIOT é portanto uma rede de medição inteligente num processo/na máquina conectada no espaço virtual, como é apresentado na figura 5, o conteúdo armazenado das medições e a informação das mesmas são partilhadas entre as máquinas de fabrico através do controlo da IIOT.

A partir da perspetiva da Indústria 4.0, o conceito CPS implica o desenvolvimento da medição inteligente para realizar o controlo de qualidade da produção. Em resumo, a estratégia de medição fundamental na metrologia 4.0 consiste em realizar a “informatização de todos os processos relacionados com o fabrico” através do desenvolvimento da medição holística baseada na integração de diferentes princípios de medição e a fusão de dados multiescala.

**CONCEITO DE MEDIÇÃO HOLÍSTICA**

O conceito de medição holística implica grandes conjuntos de dados que são analisados pelo Big Data através de técnicas de inteligência artificial (IA), gerando as características metrologicas chave e simplificando a grande quantidade de dados armazenados. A desagregação desta informação realiza-se através da IIoT e os seus elementos constituem a infraestrutura do modelo global CPS (Ver figura 5). Não obstante, esta nova forma de proceder requer calibrações e validações avançadas, novas teorias para avaliar a incerteza, assim como o desenvolvimento de nova regulamentação a fim de regular os requisitos atuais e futuros da indústria [8].

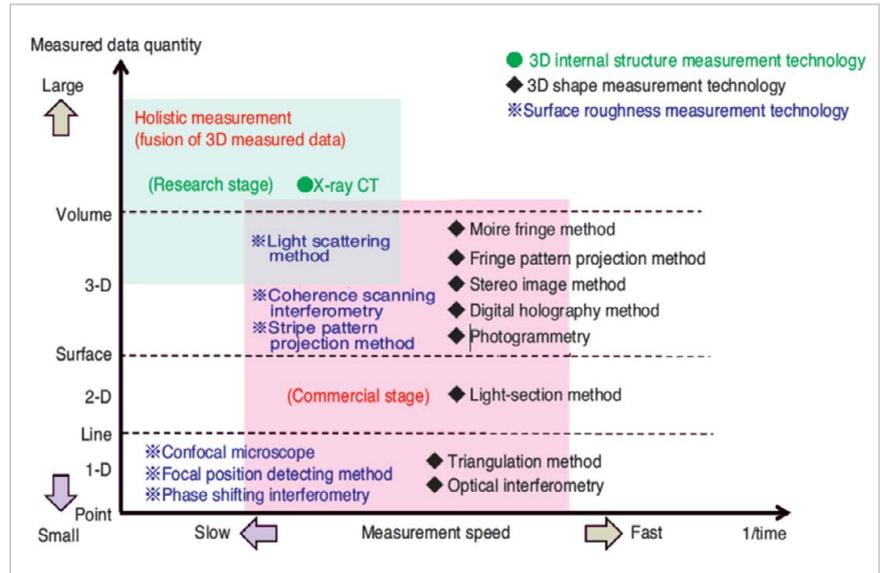


Figura 6. Avanços nas tecnologias de medição 3D para ambiente industrial [1].

Um exemplo atual de medição holística inteligente são as novas MMC multisensor com raios X (medição volumétrica) [9]. Devido ao desenvolvimento da tecnologia de fusão de dados, com ferramentas que integram dados como CAD/CAE/CAM/CAT, são definidas novas bases para um controlo de qualidade de produção avançado, conectando os diferentes sistemas de medição entre si através da IIoT, como foi mencionado anteriormente. Uma utilização eficiente da IIoT dentro do marco da metrologia 4.0 encontra-se descrita na bibliografia [10].

Um ponto chave na captação de dados consiste em realizar os mesmos sem interferir com a peça num tempo relativamente curto. Neste sentido, as tecnologias que demonstram maior potencial são as técnicas de digitalização 3D e sem contacto (sem interferir com a peça). Por exemplo, a tecnologia de medição ótica, incluindo os raios X, está a progredir rapidamente e nos dias de hoje já foram desenvolvidos sistemas capazes de alcançar resoluções que permitem medir o microperfil de uma superfície, o perfil 3D e a estrutura interna 3D em simultâneo [11]. A metro tomografia (metrologia mediante tomografia computadorizada), em particular, está a

progredir de forma significativa e está a ser proposta a sua incorporação nos processos em linha e nas aplicações para a inspeção do processo de montagens dado ao seu grande potencial [12]. Na figura 6 apresentam-se diferentes técnicas de digitalização sem contacto, assim como a velocidade de digitalização de cada uma delas.

Um grupo muito competitivo e que contem técnicas de inspeção de muito valor dentro da metrologia 4.0 são as que tradicionalmente se identificam como tecnologias não destrutivas (END). Entre este tipo de técnicas encontramos as correntes induzidas, os ultrassons ou as imagens de transmissão direta de raios X. estas técnicas permitem as análises qualitativas e em alguns casos as quantitativas tanto das características externas como internas das peças. A figura 7 apresenta uma classificação onde se comparam as técnicas END em função da localização da característica a medir e a complexidade da geometria da peça em relação à resolução espacial. Tal e qual como se observa na figura 7, os métodos óticos podem alcançar resoluções de medição relativamente altas (na gama dos nanómetros) quando se empregam técnicas de interferometria, no

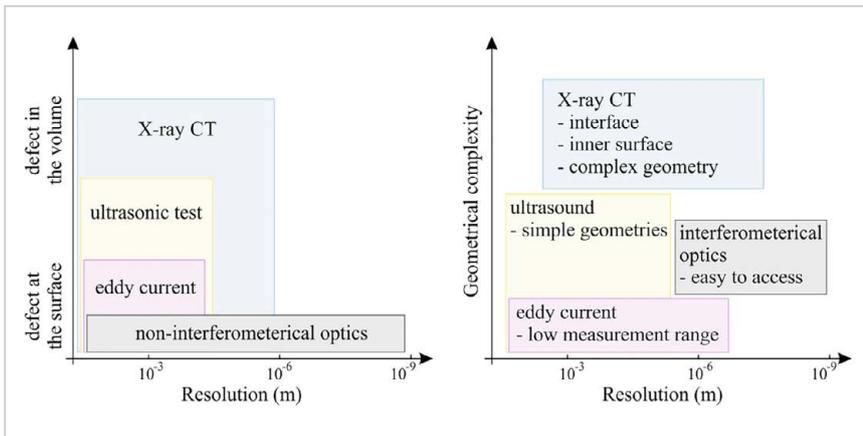


Figura 7. Classificação das técnicas não destrutivas, conforme: localização do defeito (esquerda) e complexidade geométrica (direita).

entanto, no caso das amostras opacas, apenas é possível inspecionar características na superfície. Os ensaios por corrente induzida e as técnicas ultrasónicas podem detetar características dentro do volume, embora o único inconveniente consista na limitada resolução espacial, que se situa na faixa dos milímetros e que depende da profundidade da característica por debaixo da superfície [13]. Por outro lado, o melhor método para a inspeção não destrutiva e quantitativa de estruturas e geometrias complexas dentro do volume de uma peça é atualmente a tomografia computadorizada de raios X, com uma faixa de resolução que vai dos milímetros aos nanómetros.

técnica para a inspeção holística e não destrutiva de estruturas e geometrias complexas e não complexas, podendo medir tanto características internas como externas das peças [11].

**TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA E INDÚSTRIA 4.0**

Para a Indústria 4.0, a utilização eficiente da Big Data possui grande importância já que permite o desenvolvimento de algoritmos que se ajustam ao processo de fabrico, favorecendo uma produção consistente, eficiente e, sobretudo, com zero defeitos. Neste estudo, dentro da medição holística impulsionada pela Indústria 4.0, a captação dos dados 3D através de

sistemas sem contacto durante todo o processo de fabrico tem um papel vital. Com os dados 3D, é possível analisar e comparar o design inicial de um componente e o resultado final após do seu fabrico. Com a boa qualidade e gestão destes dados, apoiada pelas novas ferramentas que oferecem os sistemas ciber-físicos (CPS) e a internet industrial das coisas (IIOT), é possível realçar as áreas problemáticas e é possível realizar ajustes instantâneos no processo de fabrico, por exemplo, atualizando de forma contínua os arquivos CAM que dirigem as trajetórias das ferramentas.

Ao automatizar um processo de captação de dados 3D, reduz-se drasticamente as taxas de falhas e de resíduos, melhorando a eficácia geral e a rentabilidade da produção. Por esta razão, as soluções avançadas de metrologia ótica 3D não destrutiva

Em resumo, os esforços para desenvolver a tecnologia de fusão de medidas são contínuos, tal como demonstram vários estudos recentes [1]. De qualquer forma, continuam a existir desafios técnicos especificamente relacionados com a fusão de dados multiescala, como a qualidade dos dados de medição, incluindo a incerteza e os dados de normalização e calibração, entre outros. Ainda assim, a tomografia computadorizada por raios X (TC) é atualmente considerada como a melhor

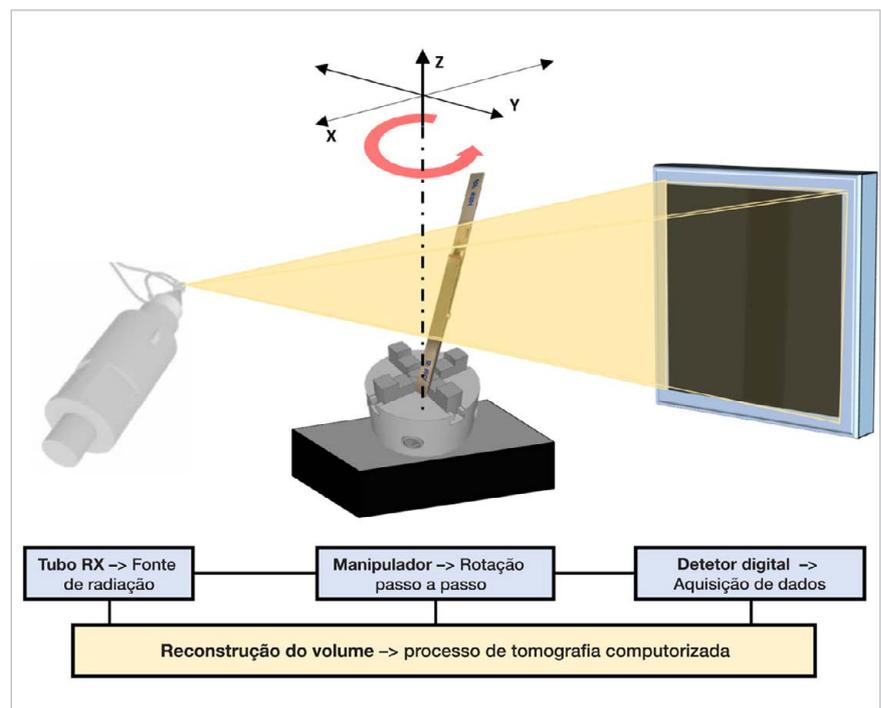


Figura 8. Esquema do funcionamento da tomografia computadorizada por raios X industrial.

melhoram a qualidade, a quantidade e a rapidez com a qual se recolhem os dados, aperfeiçoando os processos de fabrico.

Atualmente, as novas tecnologias emergentes de fabrico, como é o caso do fabrico aditivo, oferecem a possibilidade de fabrico de geometrias muito complexas, embora não se encontrem isentas da possibilidade de conter defeitos internos. Os novos e complexos designs requerem métodos de inspeção avançados, como é o caso da tomografia computadorizada de raios X (TC) que pode medir de forma não destrutiva as características internas e externas das peças, seja qual for a geometria. Mas de forma mais especifica, a TC pode ser utilizada para a avaliação quantitativa da porosidade, a análise dimensional, caracterizar estruturas complexas e até rugosidades da superfície.

Na prática, uma digitalização TC consiste em submeter o espécime a uma radiação de raios X ao longo de uma rotação completa (360°) através de pequenos incrementos angulares. Em cada incremento angular, um detetor de raios X capta a informação da atenuação dos raios X através da peça, criando imagens 2D para cada posição angular. Estas imagens são posteriormente utilizadas por um algoritmo para realizar a construção 3D do objeto digitalizado. Este modelo 3D é baseado em vários voxels, os quais têm o tamanho do pixel do detetor digital interpolado numa terceira dimensão (pixel volumétrico). A figura 8 apresenta um esquema do funcionamento típico de uma digitalização por tomografia computadorizada de raios X [13].

Uma vez obtidas as digitalizações, são vários os passos a seguir para alcançar a aplicação metrológica da TC. Na figura 9 são descritos os passos que figuram nas guias alemãs VDI 2630, parte 1.2 [14], as quais são um método aceite pela comunidade metrológica a nível internacional [11].

Os passos são os seguintes:

- Em primeiro lugar, a digitalização do objeto. Os parâmetros selecionados para esta tarefa são a magnificação, orientação do objeto, energia dos raios X e tempo de integração do detetor.
- Após obter as projeções 2D de toda a peça, é reconstruído o volume 3D. Este volume é modelado com uma matriz 3D de voxels, onde cada voxel representa o coeficiente de atenuação local do objeto digitalizado (n° de cinzas). Neste ponto podem aplicar-se diferentes técnicas de correção sobre as projeções 2D para minimizar diferentes efeitos não desejados como o beam hardening, a radiação dispersa, etc.
- É selecionado um valor para o threshold, ou seja, o valor de cinza limite que vai separar o que é peça do ambiente no qual se encontra. Para tal, existem diferentes métodos de segmentação, sendo o método global (ISO50) e o local adaptativo os mais utilizados [15]. A segmentação é um passo crucial visto que afeta diretamente a geometria que vai ser medida.
- Uma vez segmentada a peça do espaço em que se encontra, é possível criar um modelo em formato STL, caracterizado por uma malha poligonal com formato de triângulos sobre a superfície do objeto.
- Medição direta do modelo.
- Obtenção de resultados.

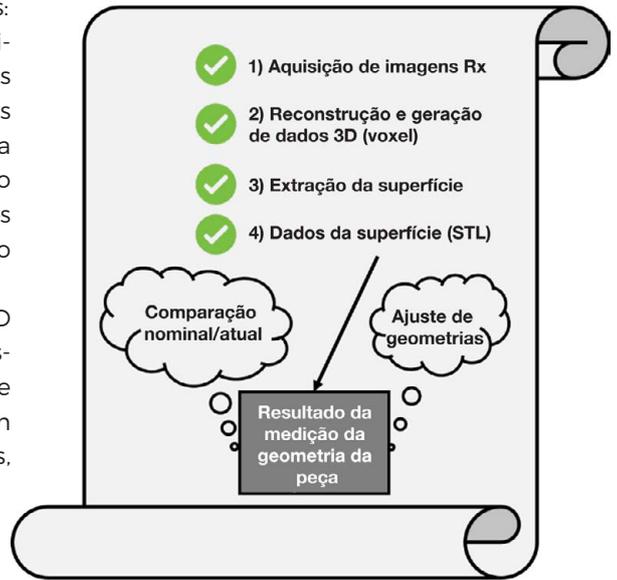
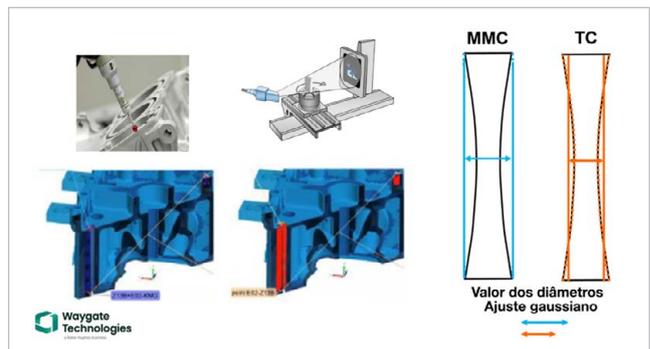


Figura 9. Processo de medição TC.

Cabe destacar que os volumes 3D obtidos através de TC costumam ser bastante pesados devido à grande quantidade de informação que contém. Por exemplo, quando se realiza um detetor comum de 1.000 x 1.000 pixels, e cada pixel recebe e armazena um valor de 2 bytes, obtém-se um tamanho de dados de 2 Gbytes de volume 3D (1.000 x 1.000 x 1.000 voxels). Com tal tamanho de arquivos, é vital uma utilização eficiente da Big Data.

De forma geral, a TC oferece a possibilidade de análise de dados a grande escala devido à compilação de um conjunto completo de dados volumétricos. Para além disso, proporciona um nível de flexibilidade e velocidade sem precedentes para as tarefas de metrologia que não podem ser alcançadas com os métodos clássicos de

Figura 10. Comparação entre tecnologias de contacto e não contacto (cortesia da Waygate technologies).



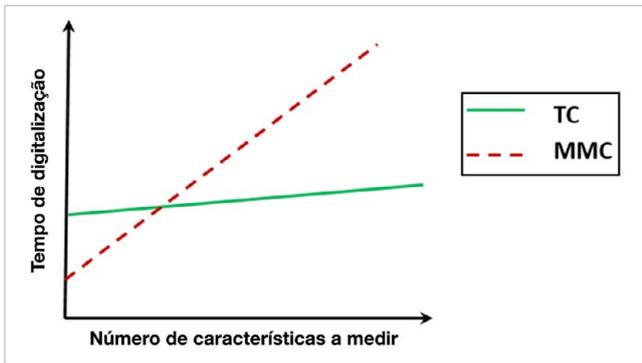


Figura 11. Comparação do tempo de digitalização e as características a medir em sistemas de contacto e não contacto.

contacto, já que estes recolhem os dados característica por característica ou ponto por ponto. A principal diferença entre a tecnologia TC e os métodos clássicos provem diretamente do modo em que os dados são recolhidos, como é apresentado na figura 10. É comparado um sistema ótico (TC) com um tátil (MMC), Como se pode ver neste exemplo, o cilindro A é de muito difícil acesso e o método de contacto apenas pode adquirir pontos dos extremos superior ou inferior do cilindro. No entanto, a tecnologia TC adquire um grande número de pontos por todo o volume.

Por outro lado, a figura 11 apresenta o tempo de digitalização em contrastes com o número de características a medir numa peça através da TC e a tecnologia tátil CMM. O resultado mostra que a tomografia é muito mais rápida que as máquinas de medição por coordenadas quando o número de características a medir aumenta.

**CASOS IMPLEMENTADOS NA INDÚSTRIA**

Tal como foi mencionado ao longo do artigo, a Indústria 4.0 transpõe uma evolução da medição em linha com o processo produtivo. Um exemplo atual são os sistemas de Tomografia Computorizada operados por robôs industriais que carregam e descarregam de forma autónoma os componentes a inspecionar [16]. A figura 12 apresenta uma aplicação da empresa Zeiss.



Figura 12. Sistema Zeiss Volumax para o controlo de qualidade em linha através de TC. Foto: Zeiss.

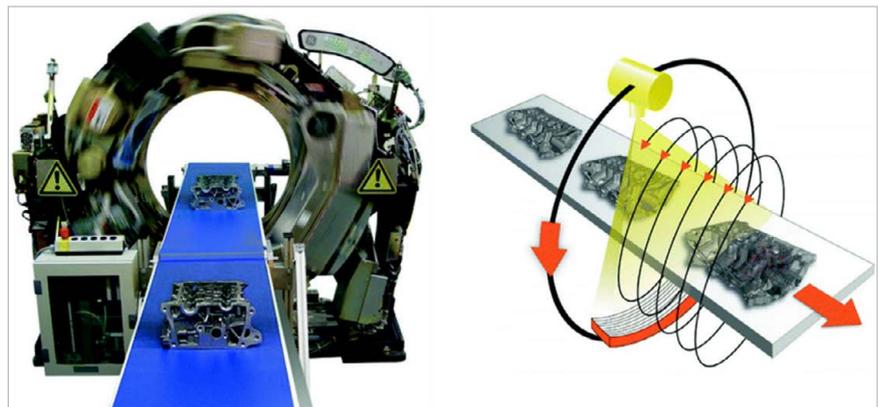


Figura 13. Sistema em linha e esquema para o controlo de qualidade integrada em linha baseado na TC (Cortesia da GE).

Este tipo de automatizações terá sem dúvida um novo lugar na metrologia 4.0 e reduzirá a distância para alcançar o fabrico com zero defeitos. Para além disso, a TC pode ser integrada em sistemas inteligentes de controlo de qualidade com o apoio de sistemas ciber-físicos CPS mencionados anteriormente. A ampla informação de dados de medição das peças digitalizadas por TC pode também ser analisada através da Big Data e transferida com rápidas ligações sem fios da IIoT, modificando e corrigindo em tempo real a produção.

Outro exemplo é a opção apresentada pela empresa General Electric (GE),

que utiliza um sistema TC de inspeção em linha através de um tapete transportador e uma trajetória de digitalizações helicoidal de TC, tal como apresentado na figura 13.

O movimento de translação pode ser conseguido através do movimento da peça produzido por um tapete transportador, ou com um movimento combinado da fonte e do detetor [15]. Na maioria dos casos, a TC helicoidal adquire os dados enquanto o tubo de raios X e o detetor giram a uma velocidade angular constante à medida que a peça se move (a uma velocidade constante) ao longo do eixo normal de ambos os componentes. Este tipo de

digitalização tem um grande potencial nas aplicações industriais [17] já que são digitalizações muito rápidas, alcançando velocidades de inspeção entre um e cinco minutos por peça.

**DESAFIOS E TENDÊNCIAS DA TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA**

Apesar de estarmos no caminho certo, ainda existem vários desafios a superar para alcançarmos o fabrico com zero defeitos. No entanto, da mesma forma que foi apresentado neste artigo, a tomografia computadorizada de raios X pode ser uma resposta à inspeção de características inacessíveis e à aquisição holística dos dados que descrevem a geometria das peças. As tecnologias de medição por contacto que ainda são utilizadas na inspeção de peças industriais requerem medições adicionais para cada característica a inspecionar. Para além disso, algumas das características nem sequer podem ser adquiridas com uma incerteza adequada, como por exemplo, as características de montagem. Na figura 14 são apresentadas as principais vantagens e desvantagens da tomografia computadorizada como método de inspeção no contexto da metrologia 4.0.

Tal e qual como indicado, um dos principais desafios é ampliar o conhecimento e reduzir a influência das fontes de erro do processo de tomografia. Na figura 15 é possível visualizar as fontes de erro que contribuem tanto no processo de medição como na análise dos dados da TC para as medições dimensionais [13].

Por tudo isto, apesar dos recentes esforços de normalização, até à data não existem normas internacionais que proporcionem procedimentos e diretrizes completos para a verificação do rendimento da metrologia dimensional dos sistemas de TC. Para além disso, para determinar a incerteza da medição do processo de tomografia, a regulamentação que recolhe os procedimentos de medição deverá refletir a utilização real do instrumento

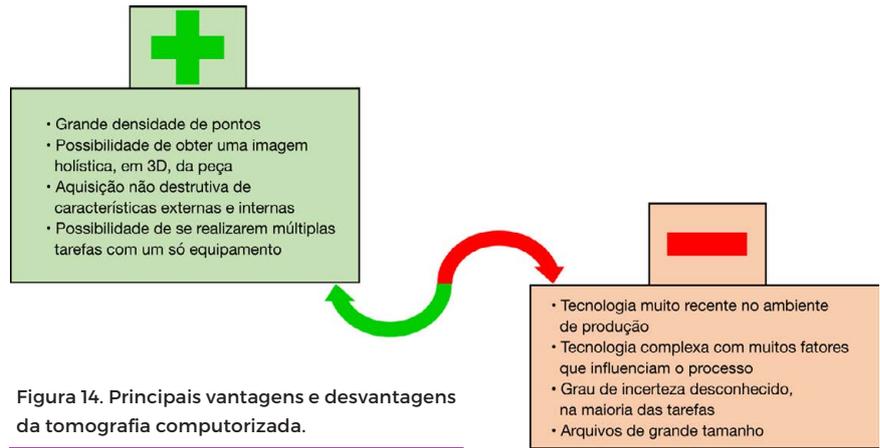


Figura 14. Principais vantagens e desvantagens da tomografia computadorizada.

de medição e incluir procedimentos de teste que sejam sensíveis a todas as fontes de erro já mencionadas na figura 16, algo ainda inexistente.

Por agora, o único documento de referência com procedimentos para a estimativa de incerteza das medições TC é a diretriz 2630-1.3 publicada pela associação de engenheiros alemães VDI/VDE em 2011 [18]. No entanto, os procedimentos descritos nas diretivas VDI/VDE não são exaustivos. Portanto, os esforços por criar normas internacionais para os ensaios de aceitação da metrologia dimensional de TC têm-se intensificado recentemente, o que deu lugar a novas ideias de ensaio que estavam a ser debatidas na atualidade em diferentes comités científicos em todo o mundo. Atualmente, existe um documento

rascunho que está a ser debatido a nível de normalização internacional pelo grupo de trabalho TC do comité técnico 213, do grupo de trabalho (WG) 10 da ISO. Este grupo é responsável por criar normas internacionais (série ISO 10360) para os ensaios de aceitação dos sistemas de medição por coordenadas.

Na seguinte figura 16 são apresentadas as entidades que se prevê que vão avançar nos trabalhos mais importantes para a aceitação da tomografia como a ferramenta do futuro da metrologia 4.0 [19].

O Centro de Fabrico Avançado em Aeronáutica (UPV/EHU) tem atualmente 2 linhas de investigação abertas no campo da inspeção por tomografia computadorizada. Estão a ser desenvolvidos procedimentos rastreáveis de

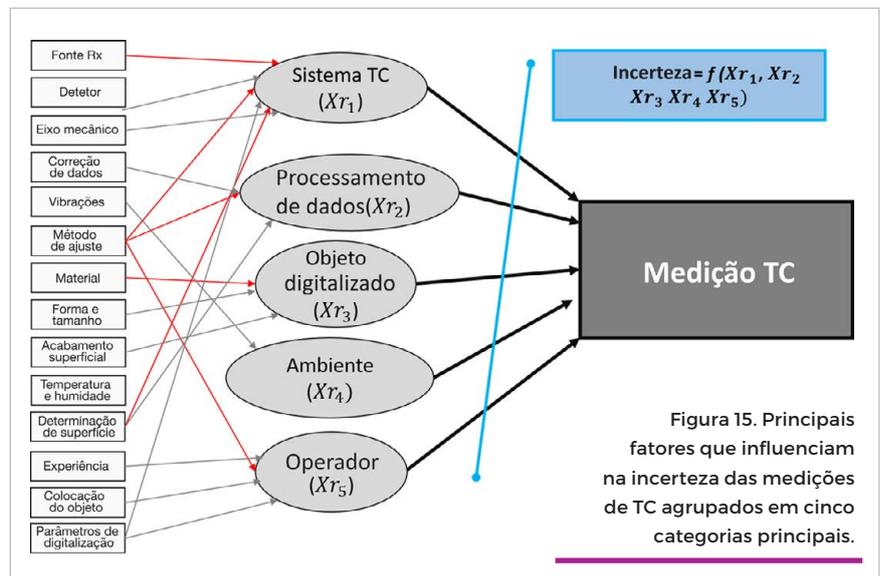


Figura 15. Principais fatores que influenciam na incerteza das medições de TC agrupados em cinco categorias principais.

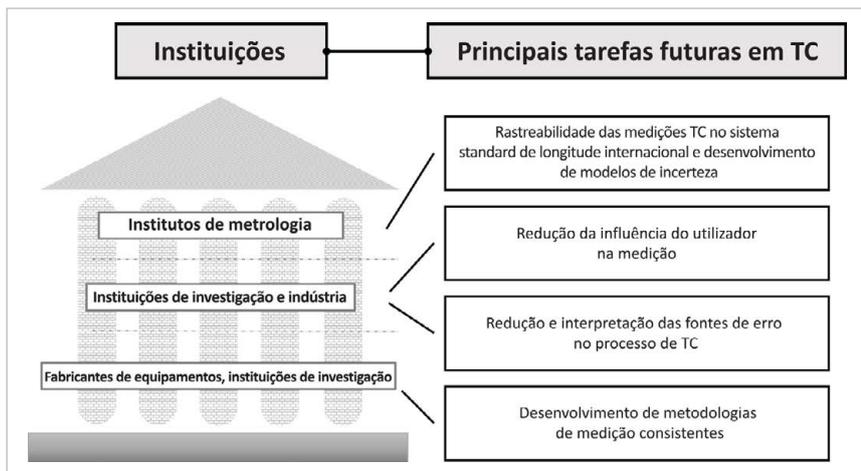


Figura 16. Principais tarefas futuras em TC.

medição em peças de Inconel 718, muito utilizados na aeronáutica. Neste sentido, têm sido várias as contribui-

ções do centro sobre a influência de certas variáveis do processo de digitalização na incerteza da medida TC.

Por exemplo, foram desenvolvidos estudos sobre o efeito do material de filtragem sobre as medições TC, o efeito da magnificação e o tamanho do foco, entre outros.

Por outro lado, são necessárias metodologias de medição consistentes para que a TC possa ser considerada uma tecnologia precisa e fiável. Atualmente estão a ser desenvolvidas metodologias rastreáveis de inspeção em componentes multimaterial, o que supõe um desafio nos dias de hoje. Por outro lado, já estão a ser desenvolvidos e implementados no centro processos de inspeção de ciclo fechado através da automatização do processo de medição, algo vital para avançar na metrologia 4.0. ■

## BIBLIOGRAFIA

- [1] TAKAYA, Y. Strategic Vision for Smart Machining Tool and Measuring Instrument.
- [2] Boeckmans, B., Tan, Y., Welkenhuyzen, F., Guo, Y., Dewulf, W., & Kruth, J. P. (2015). Roughness offset differences between contact and non-contact measurements. In Proceedings of the 15th international conference of the European society for precision engineering and nanotechnology (pp. 189-190).
- [3] <https://www.powerdata.es/big-data> Visitada no dia 16/10/2021
- [4] Castelo-Branco, I.; Cruz-Jesus, F.; Oliveira, T. Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. *Comput. Ind.* 2019, 107, 22-32.
- [5] Varshney, A., Garg, N., Nagla, K. S., Nair, T. S., Jaiswal, S. K., Yadav, S., & Aswal, D. K. (2021). Challenges in Sensors Technology for Industry 4.0 for Futuristic Metrological Applications. *MAPAN*, 1-12.
- [6] <https://www.ogpuk.com/news/industry-4-0-future-metrology/> Visitada no dia 12/10/2021
- [7] TAKAYA, Y. Strategic Vision for Smart Machining Tool and Measuring Instrument.
- [8] M. Compare, P. Baraldi and E. Zio, Challenges to IoT-Enabled Predictive Maintenance for Industry 4.0. *IEEE Internet of Things Journal*, 7, 5, 4585-4597, 2020.
- [9] Weckenmann, A., Jiang, X., Sommer, K. D., Neuschaefer-Rube, U., Seewig, J., Shaw, L., & Estler, T. (2009). Multisensor data fusion in dimensional metrology. *CIRP annals*, 58(2), 701-721.
- [10] Ministry of Economy, Trade and Industry, Ministry of Health, Labor and Welfare, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 2017 White Paper on Manufacturing Industries Overview; FY2016 Promotion measures of core manufacturing technology (Overview), (2017).
- [11] Villarraga-Gómez, H., Herazo, E. L., & Smith, S. T. (2019). X-ray computed tomography: from medical imaging to dimensional metrology. *Precision Engineering*, 60, 544-569.
- [12] L. De Chiffre, S. Carmignato, J.-P. Kruth, R. Schmitt, A. Weckenmann, Industrial applications of computed tomography. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, Vol.63/2, (2014), 655-677.
- [13] Khosravani, M. R., & Reinicke, T. (2020). On the use of X-ray computed tomography in assessment of 3D-printed components. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 39(4), 1-17.
- [14] Technical guideline (draft) VDI/VDE 2630, Computed tomography in dimensional measurement, Part 1.1. Basics and definitions (2007), Part 1.2. Influencing variables on measurement results and recommendations for computed tomography dimensional measurements (2008) and Part 1.4. Measuring procedure and comparability (2008)
- [15] Runje, B., Horvatic Novak, A., Orosnjak, M., & Belosevic, A. Influence of surface determination on CT measurement results. *Matrib* 2018, Materials, Recycling.
- [16] Ametova, E., Probst, G., & Dewulf, W. (2018). X-ray computed tomography devices and their components. In *Industrial x-ray computed tomography* (pp. 69-98). Springer, Cham.
- [17] Aloisi V, Carmignato S, Schlecht J, Ferley E (2016) Investigation on metrological performances in CT helical scanning for dimensional quality control. In: 6th conference on industrial computed tomography (iCT), 9-12 Feb, Wels, Austria
- [18] VDI/VDE 2630-1.3. Computed Tomography in Dimensional Measurement - guideline for the application of DIN EN ISO 10360 for coordinate measuring machines with CT sensors. Berlin (Germany): Beuth Verlag GmbH; 2011.
- [19] Kruth, J. P., Bartscher, M., Carmignato, S., Schmitt, R., De Chiffre, L., & Weckenmann, A. (2011). Computed tomography for dimensional metrology. *CIRP annals*, 60(2), 821-842.

# Tecnologia Zeiss otimiza os processos de produção

São muitas as empresas que confiam na tecnologia Zeiss para otimizar os seus processos de produção e digitalizar os seus processos de maquinação. É o caso de empresas de grande importância no setor das máquinas-ferramenta e do desenvolvimento de produto, como a Sandvik Coromant ou a Andrew Tool.

importante investir e inovar em pontos como a precisão e a metrologia: se, por exemplo, o perfil da roda dentada de uma grua não é produzido de forma precisa, as perdas para o fabricante podem atingir os 40 000 euros. Esta é precisamente a razão pela qual a metrologia teve um papel tão importante na Sandvik, quando a empresa decidiu lançar-se no mercado das fresas para engrenagens.

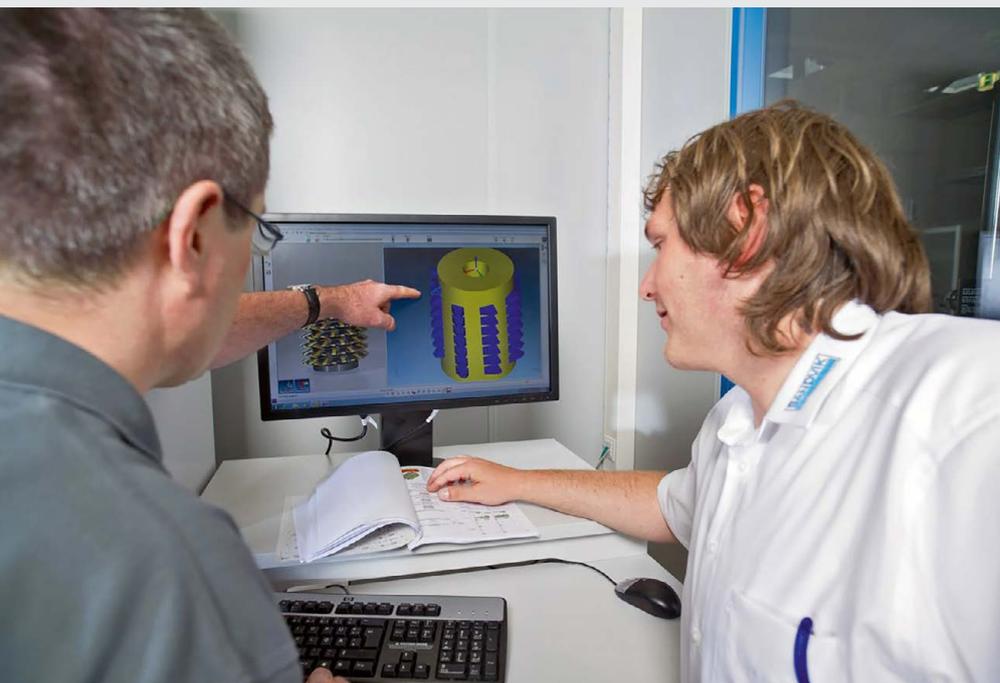
A importância recai no facto de que, se o perfil da fresa não for produzido de forma precisa e milimétrica, pode implicar grandes perdas para o fabricante.

## A SOLUÇÃO ZEISS PARA A SANDVIK COROMANT

O software Gear Pro, desenvolvido pela Zeiss para a Sandvik Coromant, é um programa especializado na medição de fresas e de engrenagens, que cumpre todos os critérios básicos que a Sandvik Coromant procurava ao recorrer à Zeiss:

1. Durante a medição da fresa, são cumpridos todos os requisitos da norma 17 DIN 3968.
2. Os resultados das medições efetuadas dão automaticamente origem a um relatório. Basta pressionar um botão para que o Gear Pro efetue a medição das distâncias e dimensões da peça, que são automaticamente registadas no relatório de medição.
3. Elevada rapidez e precisão das medições.

O seu método de medição OrbitScan permite aumentar a produtividade do processo, graças à alta velocidade dos



Na inspeção de qualidade das fresas, o programa de medição recebe a mesma importância que a máquina de medição.

A Sandvik Coromant encomendou à Zeiss o desenvolvimento de um software especializado em medir as fresas de engrenagens, com o qual reduziu até 80% os tempos de medição. Líder mundial do setor das máquinas-ferramentas, soluções de maquinaria e em conhecimento da indústria meta-

lúrgica, a Sandvik Coromant aposta em inovações exclusivas e estabelece novos padrões de produtividade. Para tal, confia no software da Zeiss.

Quando a Sandvik Coromant se lançou no mercado das fresas para engrenagens, tinha bem presente que era

seus eixos e à rápida deteção dos fios de corte. Com o Gear Pro, foi possível reduzir de 2,5 horas para 25 minutos todo o processo, desde a medição da fresa até à obtenção do relatório com todos os dados, o que implica uma redução do tempo de medição de 80%.

### A ZEISS AJUDA A ANDREW TOOL A CONSEGUIR O PROJETO MARS SCIENCE LAB

A Zeiss teve a oportunidade de fazer parte do projeto apresentado pela empresa Andrew Tool para o Mars Rover Project, um projeto encomendado pela NASA para fabricar as caixas de engrenagens do veículo explorador Curiosity, cujo destino é Marte.

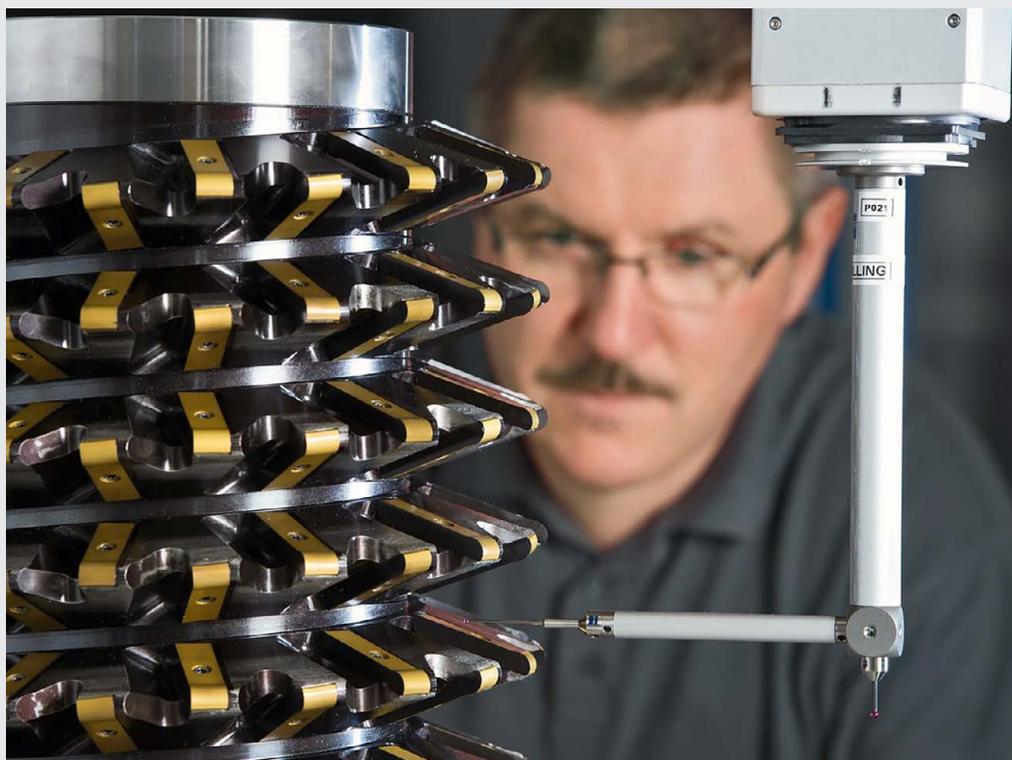
A encomenda tinha um prazo máximo de 18 meses e contava com grandes dificuldades técnicas de fabrico, como a medição de peças muito pequenas e a adaptação da solução a temperaturas extremas através de tratamentos térmicos.

Perante um projeto de tamanha envergadura, como o Mars Rover Project, a Andrew Tool decidiu recorrer à Zeiss para reforçar as capacidades da sua MMC em termos de precisão e velocidade.

### A SOLUÇÃO ZEISS PARA A ANDREW TOOL

Os elevados requisitos de qualidade impostos pelo Mars Science Lab para a construção da caixa de engrenagens encomendada à Andrew Tool, levaram a Zeiss a aconselhar a empresa a optar pelas soluções que melhor se adequavam à escassez de tempo para realizar a proposta das peças extremamente pequenas com as quais seria necessário trabalhar e com os requisitos de certificação AS9100.

A Andrew Tool utilizou a Zeiss Accura com sensor de scanning ativo Vast XT gold para o fabrico do atuador e assim poder medir os orifícios das



As fresas devem cumprir 17 requisitos DIN 3968: desde o diâmetro do furo até à geometria das arestas de corte.

peças mais profundas, juntamente com as tolerâncias extremamente ajustadas (posição de 0,0005 milímetros, controlo de 0,002 milímetros e controlo de tamanho dentro de 0,0025 milímetros).

A Zeiss Accura é uma máquina de medição por coordenadas que cumpre os requisitos de medição de alta velocidade (chega a uma velocidade de deslocamento de até 800 mm/s) e, além disso, está concebida para suportar as temperaturas mais extremas, graças à tecnologia de isolamento de espuma de alta qualidade utilizada para o fabrico da sua cobertura. Pode-se selecionar uma temperatura de laboratório de medição de até 26 °C.

A Zeiss Accura inclui, de série, a tecnologia de navegador Vast, que permite uma calibração, aproximação e sca- neamento ainda mais rápidos, bem como uma precisão melhorada. No caso do projeto da Andrew Tools, o navegador Vast integrado na Zeiss Accura foi o Vast XT gold.

A Zeiss ajudou a Andrew Tool a cumprir com os elevados requisitos técnicos do Mars Rover Project, encomendado pela NASA

As soluções Vast são perfeitas para os projetos de metrologia que exigem a máxima precisão e o Vast XT gold pode completar trabalhos de exploração de alta velocidade como medição de forma e posição, medição de curvas e formas livres e engenharia inversa.

A solução Zeiss para a Andrew Tools combinou a máquina de medição e os sensores Vast com o Zeiss Calypso, o programa de medição que mede geometrias de forma rápida e simples, com um único clique no rato. ■

# Testes de tensão: o que considerar ao procurar componentes normalizados que serão submetidos a tensões elevadas

Com os processos a tornarem-se mais eficientes e a produção a aumentar na próxima década, é agora mais crucial do que nunca que os componentes normalizados consigam suportar uma utilização intensa e prolongada. Marcus Schneck, CEO da norelem, aprofunda a importância de implementar peças com capacidade para resistir a elevadas tensões para evitar períodos de inatividade.



Como todos sabemos, os equipamentos e as máquinas são suscetíveis a falhas, causando erros e atrasos. Eventualmente, todos os componentes acabarão por apresentar desgaste, quebras, corrosão ou simplesmente atingirem um ponto de falha, frequentemente interrompendo a produção e afetando a capacidade de manter um nível de produção elevado ao longo do ano.

No entanto, existem escolhas simples que os engenheiros podem fazer para ajudar a combater e mitigar o problema. Ao conceber máquinas com componentes normalizados de alta resistência em mente, as máquinas podem durar mais tempo, as taxas de falhas podem ser reduzidas e a durabilidade e fiabilidade podem ser melhoradas para suportar as forças e rigores diários envolvidos nas aplicações de produção modernas.

## FALHAS COMUNS DOS COMPONENTES

Os componentes falham por inúmeras razões, mas é importante compreender as falhas mais comuns para ajudar a evitar abrandamentos na produção.

Muitas vezes, os componentes eletrónicos são as primeiras peças a falhar num sistema, pois devem não só ter uma construção estruturalmente sólida, como também desempenhar funções digitais. Com eventuais falhas encontradas na soldadura, embalagem e distribuição, os fabricantes normalmente implementam um período de teste de resistência ('burn-in') durante várias horas para garantir que o componente tem o desempenho previsto.

No entanto, a natureza delicada destas peças significa que são bastante suscetíveis a avarias e exigem manutenção regular para garantir o desempenho

consistente das suas funções programadas. As falhas podem depender dos níveis de humidade, de flutuações de temperatura e picos de energia, o que pode não só interromper a produção, como também exercer tensão mecânica acrescida no sistema.

Posto isto, embora a manutenção seja crucial para a prevenção de falhas no equipamento, o excesso ou a escassez de manutenção pode ser igualmente prejudicial. A escassez de manutenção frequente pode inevitavelmente levar a que os problemas passem despercebidos, o que também pode resultar na falha das peças. Da mesma forma, o excesso de manutenção pode causar tantos problemas quanto com muito tempo gasto em manutenção desnecessária, há uma maior probabilidade de perder um parafuso essencial sem saber, partir um painel ou moer um parafuso.

Evidentemente, o erro humano pode desempenhar um papel crucial na falha de sistemas ou peças, sendo os operadores de produção essenciais para o bom funcionamento das máquinas. A distração e o cansaço são características humanas comuns que têm um impacto significativo no desempenho e nos períodos de inatividade evitáveis. De acordo com um estudo de Vanson Bourne, o erro humano causou 23% de todos os períodos de inatividade não planeados na indústria de produção, enquanto outros setores atingiram valores tão baixos como 9%.

Estes erros humanos, bem como as outras causas comuns de falha dos sistemas, resultam em problemas nos componentes. Problemas como desalinhamentos (que podem desencadear fadiga e falha de componentes), corrosão e degradação superficial geral são efeitos consequentes de problemas que podem surgir. Por conseguinte, é responsabilidade dos engenheiros ajudar a prevenir o desgaste dos componentes e a reduzir a probabilidade de períodos de inatividade.

### COMO ESCOLHER O MATERIAL CERTO

Ao escolher o componente certo para a tarefa em questão, há vários fatores que os engenheiros devem ter em consideração para ajudar a garantir que é capaz de suportar um elevado nível de tensão.

A primeira consideração, e provavelmente a mais importante, é a resistência ao desgaste do componente - especialmente no que se refere à sua aplicação específica. Inevitavelmente, todos os componentes móveis acabarão por apresentar desgaste, por isso, ao escolher logo componentes que conseguem suportar cargas elevadas e uma utilização frequente, os engenheiros reduzirão a necessidade de períodos de inatividade.

Posto isto, é importante ter em consideração a aplicação dos componentes.

Por exemplo, embora as ligas à base de cobre garantam uma durabilidade superior, é proibido usar este material em peças de máquinas que processam alimentos. Isto deve-se maioritariamente ao facto de o cobre apresentar risco de corrosão quando exposto a qualquer substância ácida, colocando os alimentos processados em risco de contaminação.

Os engenheiros também devem considerar a utilização dos componentes. As máquinas que necessitam de limpeza frequente com soluções agressivas devem ter capacidade para suportar o ambiente onde estão instaladas e, simultaneamente, elevados níveis de tensão. Os materiais que exigem pouca manutenção também são extremamente benéficos para as empresas que procuram melhorar a eficiência da produção, o que significa é dedicado menos tempo à reparação e manutenção de peças.



---

Escolher componentes capazes de suportar cargas elevadas e uma utilização frequente é decisivo para reduzir períodos de inatividade

---



### LIDERAR O MERCADO

Nos últimos anos, assistimos a desenvolvimentos em materiais resistentes capazes de suportar tensões elevadas, mas nenhum se destaca mais do que a recente adoção de componentes em cerâmica.

Os componentes em cerâmica apresentam excelentes níveis de dureza, resistência ao desgaste, resistência térmica, resistência a impactos, resistência à abrasão e até propriedades antiaderentes - o que significa que os processos e operações das máquinas podem ser tornados mais seguros e orientados para a qualidade. Um setor que já tirou partido das propriedades robustas deste material é a indústria de ferramentas, onde este material alternativo oferece uma aplicação altamente precisa, não apresentando, simultaneamente, quase nenhum sinal de desgaste, mesmo após uma utilização intensa.

Este material é também uma boa escolha para aplicações com cargas mecânicas exigentes devido à sua elevada resistência à flexão e dureza - com a abrangente gama de componentes em cerâmica da norelem especificamente concebidos a pensar na sua vida útil.

Nas aplicações em que a higiene é uma prioridade máxima, as ligas de aço inoxidável de alta qualidade continuam a liderar nas indústrias alimentar, farmacêutica e de cuidados de saúde.

O material não só tem capacidade para suportar aplicações de elevada tensão devido à sua durabilidade inerente, como o seu acabamento liso e não absorvente garante uma superfície higiénica que não permite a acumulação de germes ou produtos químicos. Com uma rugosidade de Ra 0,8 µm, os parafusos e as porcas da norelem mitigam o problema de saliências e cavidades no metal que poderiam constituir um local de incubação para microrganismos. O material também é particularmente resistente à corrosão e tolera mudanças extremas de temperatura, o que faz com que seja um dos materiais mais versáteis disponíveis no mercado.

Nas aplicações em que o movimento é crucial, nada suporta melhor as tensões elevadas do que os eixos lineares. Quando combinado com os acionamentos por correia dentada e guias de trilho perfilado da norelem, o sistema de trilho consegue absorver as

forças mais elevadas provenientes de todas as direções, apresentando simultaneamente uma boa resistência ao desgaste. Os eixos lineares são otimizados para mover grandes massas sem necessidade de manutenção contínua, garantindo a solução perfeita para o transporte de cargas pesadas em ambientes onde a eficiência de produção é crucial.

### A SOLUÇÃO DA NORELEM

O desgaste e a abrasão são desafios constantes para a indústria de produção, onde existem diversos tipos de ambientes que as peças e os componentes de máquinas têm que suportar, pelo que os engenheiros têm várias considerações a fazer em termos de materiais antes do início da produção. A norelem é especializada na produção de componentes de elevada qualidade, essenciais para evitar períodos de inatividade e suportar uma utilização intensa.

Com mais de 60.000 componentes normalizados, a norelem oferece gamas completas de peças, incluindo componentes em cerâmica e aço inoxidável. ■

Para saber mais: [www.norelem.pt](http://www.norelem.pt)

MÁQUINA RETIFICADORA DE FERRAMENTAS COMPACTA

# HELITRONIC G 200



**GRINDING**  
HUB

Conheça a nova retificadora de ferramentas HELITRONIC G 200, ao vivo, durante a GrindingHub. Esta máquina impressiona pelos excelentes resultados em retificação num espaço de menos de 2,3 m<sup>2</sup>. Durante a feira, iremos apresentar mais inovações como, por exemplo, as nossas máquinas instaladas com o sistema C.O.R.E..

**Visite-nos no pavilhão 9 Stand A50 da GrindingHub em Estugarda, Alemanha, de 17 a 20 de maio de 2022.**

[walter-machines.com](http://walter-machines.com)

SIAISA | Polígono Industrial Sudoest | Avda. de la Riera, 11. Nave 5 | 08960 Sant Just Desvern | Barcelona Spain | Tel. +34 93 471 71 94 | [aandreo@siaisa.es](mailto:aandreo@siaisa.es)

**WALTER**

Os materiais poliméricos têm vantagens como a auto-lubrificação e a leveza

# CAPACIDADE DE CARGA EM ENGRENAGENS POLIMÉRICAS: DA SIMULAÇÃO À SOLUÇÃO

**Pedro Marques e Carlos Fernandes**

Investigadores do Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI)

O uso de engrenagens poliméricas tem grande interesse uma vez que têm algumas vantagens competitivas em várias aplicações relativamente a engrenagens metálicas. Estas permitem a implementação mais fácil de processos de fabrico em massa, e podem funcionar sem qualquer lubrificante, tornando-as interessantes para equipamentos em que não pode haver qualquer risco de contaminação por lubrificantes. Além disso, devido à sua menor densidade, são tipicamente mais leves que o seu equivalente em aço.

Têm, porém, algumas limitações relativamente à capacidade de carga, especialmente relacionadas com as propriedades mecânicas e térmicas do material polimérico. Uma das grandes limitações deste tipo de materiais (ex.: poliacetal, poliamida, poliéter-éter-cetona) é a sua muito baixa condutividade térmica. Esta propriedade pode ser modificada usando aditivos como fibras condutoras, nanotubos de carbono ou grafeno. O uso deste tipo de aditivos tem de ter pensado e estudado criteriosamente para que as propriedades tribológicas de atrito e desgaste do material não sejam afetadas negativamente de modo a que não se elimine uma das grandes vantagens dos materiais poliméricos, a auto-lubrificação.

Durante o seu funcionamento e em regime permanente de equilíbrio tér-

mico, devido ao atrito entre os pares de dentes em contacto e por via das taxas de escorregamento (que são variáveis ao longo do engrenamento) dissipa-se energia sob a forma de calor. Numa aplicação típica de engrenagens em aço, a extração de calor das zonas de contacto é feita pelo lubrificante e pelas engrenagens e veios que, além de elementos estruturais, funcionam também como dissipadores de calor (radiação, convecção e condução). Considerando-se o cenário da engrenagem polimérica não lubrificada, rapidamente se conclui que a extração de calor é mais difícil, quer por não haver lubrificante para extrair o calor, quer pela sua muito baixa condutividade térmica, que isola os dentes aquecidos pelo calor gerado por atrito, dos veios de acionamento, diminuindo drasticamente a extração de calor por condução entre estes elementos mecânicos.

Em trabalhos anteriores, os investigadores do INEGI <sup>[1], [2]</sup> desenvolveram um modelo térmico com o objetivo de estabelecer o campo de temperaturas em engrenagens poliméricas de eixos paralelos de dentado reto e helicoidal. O modelo térmico desenvolvido considera os efeitos de convecção associados à interação de uma possível mistura ar-óleo (de 0 a 100%) com as faces laterais da engrenagem e com as superfícies dos dentes. Existe também a possibilidade de incluir os efeitos de radiação e condução para os veios, embora em engrenagens poliméricas estes efeitos tenham pouca importância devido às propriedades do material. A introdução do calor gerado por contacto é feito de modo transiente e através da área de contacto usando modelos de dissipação de energia em engrenagens previamente desenvolvidos e validados <sup>[3]</sup>. O modelo térmico desenvolvido

mostrou correlacionar-se muito bem com resultados experimentais obtidos por outros investigadores em engrenagens de aço [1]. Após a validação foram conduzidas simulações para obter o campo de temperaturas em engrenagens de poliacetal. Além da temperatura máxima na superfície de contacto (temperatura flash) o modelo permitiu também perceber a disposição média do campo de temperaturas no interior dos dentes da engrenagem (temperatura de massa) [1]. O fenómeno da temperatura flash é um fenómeno periódico, superficial e de curta duração que ocorre quando os dentes estão em contacto e em torno da área de contacto. A disposição média do campo de temperaturas, uma vez atingido o equilíbrio, mantém-se quer os dentes estejam em contacto quer não. Na Figura 1 mostra-se uma comparação do campo de temperaturas no

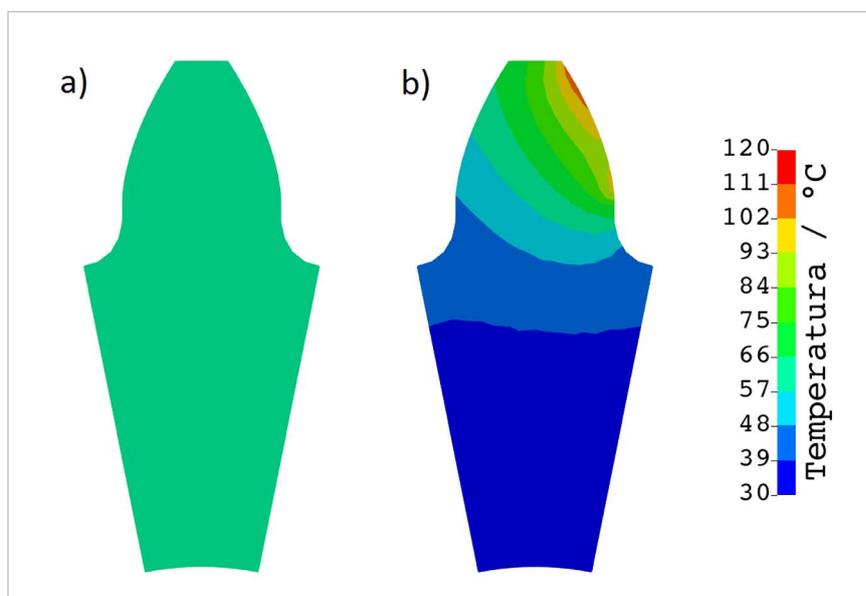


Figura 1- Campo de temperaturas. a) Engrenagem em aço; b) Engrenagem em poliacetal.

interior dos dentes da engrenagem em regime permanente para uma engrenagem em aço e para uma engrenagem polimérica.

Comparando os dois resultados apresentados na Figura 1, verifica-se que na engrenagem polimérica existe um grande aumento de temperatura



Gestão de terminologia

Tradução técnica especializada

Localização de software

Automação de processos

Documentação técnica

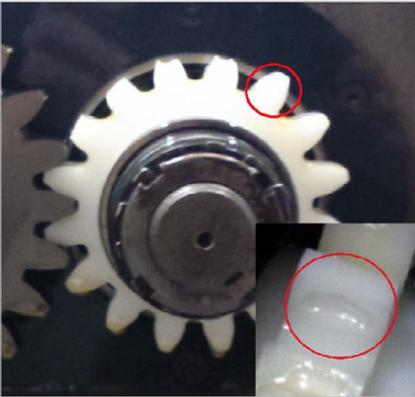


Figura 2 - Modo de falha típicos de engrenagens poliméricas (poliacetal) [4].

junto do círculo primitivo. Resultados experimentais mostram que este é precisamente o ponto de rotura dos dentes em engrenagens poliméricas [4], [5], tal como demonstrado na Figura 2. O campo de temperaturas na engrenagem de aço é caracterizado pela uniformidade, devido às propriedades de condução de calor deste mesmo material. Numa situação análoga, em engrenagens de aço, a rotura por sobrecarga é tipicamente no pé do dente, associada às tensões máximas de flexão. É sabido que em aplicações correntes, ao contrário dos aços, as propriedades mecânicas dos materiais poliméricos são altamente dependentes da temperatura. Deste modo as propriedades mecânicas dos dentes de engrenagens em polímero variam localmente em função da temperatura, ou seja, a função da energia dissipada e do calor que se consegue extrair das mesmas. Sendo assim, e pelo campo de temperaturas no interior dos dentes da engrenagem mostra-se que existe uma alteração das propriedades mecânicas do material na zona de temperatura mais elevada (círculo primitivo), atingindo-se a tensão limite do material nesta zona.

De modo a mitigar este efeito pernicioso pode-se atuar de dois modos:

- Diminuir a energia dissipada pela engrenagem;
- Aumentar a capacidade de extração de calor dos dentes da engrenagem.

A energia dissipada pela engrenagem pode ser diminuída recorrendo ao conceito de engrenagem low-loss, desenvolvido pelo INEGI e aplicado com grande sucesso a protótipos funcionais em trabalhos anteriores. De salientar que se conseguiram diminuições da ordem dos 65% na energia dissipada apenas por efeito geométrico [3].

A capacidade de extração de calor dos dentes da engrenagem pode ser aumentada recorrendo ao uso de inserts no polímero de um material mais nobre no que à condução de calor diz respeito, como por exemplo o aço, o alumínio ou o cobre, resultando em engrenagens híbridas polímero-metal. Em trabalhos anteriores, o investigador do INEGI Carlos Fernandes [2] havia demonstrado que se conseguem excelentes melhorias na temperatura de massa em engrenagens poliméricas usando inserts metálicos de diferentes materiais e geometrias. Na Figura 3 podemos observar as várias geometrias de inserto metálico propostas [2], [6]. Quanto aos materiais, analisaram-se soluções em aço, alumínio e cobre e verificou-se que todas as soluções

eram termicamente melhores que a solução inicial em polímero. Para um inserto do tipo lâmina [figura 3, a)], foi possível demonstrar que, com um inserto em aço, a temperatura máxima diminuiu cerca de 6%, e para o cobre e o alumínio diminuiu cerca de 8% [2], [6]. Tendo em conta a densidade mais baixa do alumínio, conclui-se que esta era a melhor solução de compromisso entre aumento de massa e capacidade de extração de calor [2].

Selecionado o material, analisou-se a capacidade de cada um dos tipos de geometria de inserto na extração de calor da engrenagem [figura 4], e verificou-se que o inserto em evolvente de círculo [figuras 3 d) e 4 d)], apesentou o melhor desempenho, tendo sido alcançadas diminuições de cerca de 28% na temperatura de massa máxima do dente, comparativamente com engrenagem sem inserto [2]. Esta solução apesentou ganhos da ordem dos 20% relativamente ao inserto em lâmina [figuras 3 a) e 4 a)].

As simulações estabelecidas [1] pelos investigadores do INEGI permitiram perceber qual o mecanismo que causa

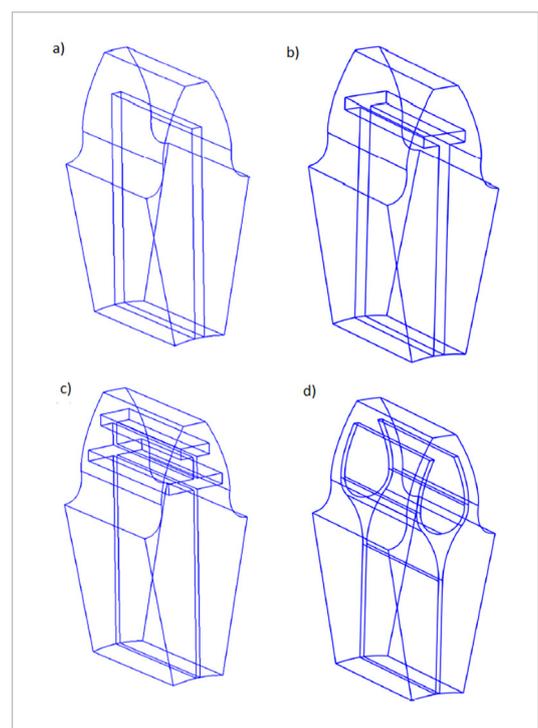


Figura 3 - Diferentes tipos de inserts metálicos estudados.  
a) Lâmina; b) Inserto em T;  
c) Inserto em duplo T; d) Inserto em evolvente de círculo [6].

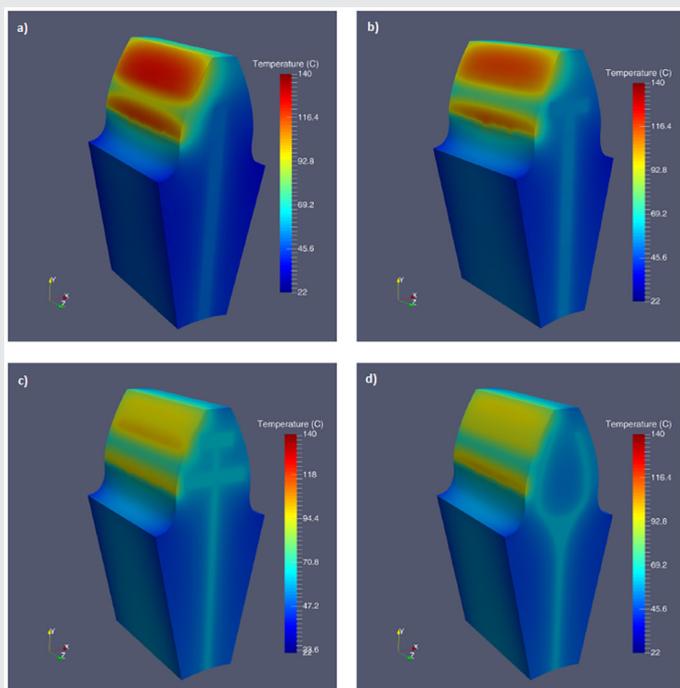


Figura 4 - Resultados para os diferentes tipos de insertos.

a) Lâmina; b) Inserto em T; c) Inserto em duplo T; d) Inserto em evolvente de círculo [6].

A introdução de insertos metálicos em engrenagens poliméricas permite extrair o calor das zonas críticas

problemática das engrenagens poliméricas carregadas e em funcionamento. As ferramentas numéricas desenvolvidas pelos investigadores do INEGI permitem não só estudar o efeito da introdução de insertos dos mais variados materiais em engrenagens poliméricas, mas também dimensionar e analisar termicamente o comportamento de engrenagens poliméricas sem qualquer tipo de inserto. ■

a falha em engrenagens poliméricas. Uma vez desvendado o problema, torna-se uma questão de procurar soluções para o ultrapassar. Aqui apresentou-se uma possível solução centrada na introdução de insertos metálicos em engrenagens poliméricas com o objetivo de extrair o calor das zonas críticas. O INEGI tem, nos últimos três anos, vindo a desenvolver modelos e ferramentas de cálculo para a conceção de engrenagens poliméricas com capacidade de carga superior. Neste trabalho apresentou-se um modelo puramente térmico. Desde então tem sido desenvolvido um modelo termomecânico onde se procura simular, em simultâneo, o problema térmico e estrutural de modo a obter uma perspetiva integrada e completa dos fenómenos envolvidos.

A norma existente para o dimensionamento de engrenagens poliméricas, a VDI 2736, tem limitações que não permitem considerar efetivamente os fenómenos físicos envolvidos na



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. M. C. G. Fernandes, D. M. P. Rocha, R. C. Martins, L. Magalhães, and J. H. O. Seabra, "Finite element method model to predict bulk and flash temperatures on polymer gears," *Tribol. Int.*, vol. 120, no. October 2017, pp. 255-268, 2018.
- [2] C. M. C. G. Fernandes, D. M. P. Rocha, R. C. Martins, and J. H. O. Seabra, "Hybrid Polymer Gear Concepts to Improve Thermal Behavior," vol. 141, no. March, pp. 1-12, 2019.
- [3] C. M. C. G. Fernandes, P. M. T. Marques, R. C. Martins, and J. H. O. Seabra, "Gearbox power loss. Part III: Application to a parallel axis and a planetary gearbox," *Tribol. Int.*, vol. 88, pp. 317-326, Aug. 2015.
- [4] A. F. Lourenço, "Testing of Low-Loss Polymer Gears," FEUP, 2015.
- [5] Z. Lu, H. Liu, R. Zhang, C. Zhu, Y. Shen, and D. Xin, "The simulation and experiment research on contact fatigue performance of acetal gears," *Mech. Mater.*, vol. 154, no. November 2020, p. 103719, 2021.
- [6] D. M. P. Rocha, "BULK TEMPERATURE IN POLYMER-METAL HYBRID GEARS," FEUP, 2017.

# O futuro dos motores elétricos industriais

A ascensão do carro elétrico e das energias renováveis tem conduzido a uma mudança na sociedade. Ambiciona-se uma sociedade verde e limpa ao mesmo tempo que se evidenciam desafios árduos no atingimento das metas que visam limitar o aquecimento global.

**Pedro Maia,**

Responsável de Pesquisa, Desenvolvimento e Certificação da WEGeuro

Vemos uma crescente globalização criar uma proximidade nunca antes vista entre civilizações ao mesmo tempo que crises epidêmicas assolam o mundo e restringem as movimentações de milhões de pessoas.

Grandes migrações de refugiados de guerra, muitos deles com competências, conhecimento e experiência de nível superior que poderiam ser atores fundamentais na revolução digital e no desenvolvimento sustentável, provocam uma perda de talentos sem precedentes e inestimável.

Por fim, a quarta revolução industrial atingiu o mundo e provocou ondas de choque em várias vertentes. Numa época marcada por redes sociais e pela constante ligação à internet, o mundo deparou-se com a transferência para a indústria destes conceitos. Já não é possível acreditar num mundo apenas físico, o digital fundiu-se com a nossa visão da realidade e pauta o nosso dia-a-dia, quer pessoal quer profissional.

O que mudará num produto com um longo passado de mais de 100 anos? Como se poderá adaptar um motor elétrico trifásico aos novos paradigmas ambientais, industriais e tecnológicos?

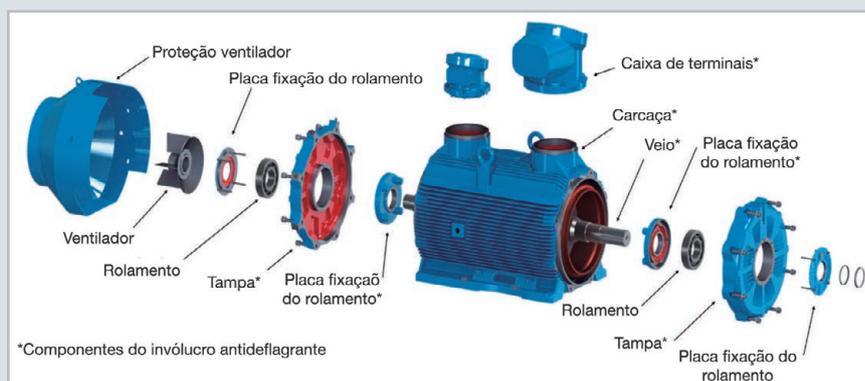


Figura 1 - Vista explodida de um motor elétrico assíncrono trifásico.

Tendo como base o relatório da Comissão Europeia 'A vision for the European industry until 2030'<sup>[1]</sup> e a experiência e visão da WEG, este artigo pretende ilustrar a visão de um fabricante de motores industriais neste momento de transição.

## O MOTOR ELÉTRICO ATUAL

A tecnologia do motor elétrico assíncrono é conhecida desde 1888, tendo o motor de indução trifásico sido formalmente apresentado em 1891. Devido à sua construção simples e robustez esta tecnologia foi disseminada por toda a indústria que anteriormente se movia a vapor. De acordo com Mora<sup>[2]</sup>, em 2015 poder-se-ia afirmar que 80% dos motores elétricos são assíncronos

trifásicos e trabalhavam com alimentação a frequência constante.

Construtivamente, um motor elétrico deste tipo é constituído por dois componentes principais: um estator bobinado e um rotor de gaiola. O rotor, com veio, gira assente em rolamentos ou chumaceiras suportados pelas tampas do motor. Poderá ainda ter ventilação acoplada ao veio que permite a refrigeração do motor (Figura 1).

A construção do motor poderá então possuir variantes que permitem que este esteja apto a uma multitude de aplicações, nomeadamente para operar em zonas com atmosferas explosivas, submersos em fluidos, em tempe-

raturas extremas ou aplicações com elevados níveis de vibrações. A sua robustez permite que opere nas mais duras condições sem colocar em causa a sua 'boa' performance.

Paralelamente ao motor de indução trifásico, outras tipologias de motor têm surgido, desde os motores de relutância aos motores de ímãs permanentes, várias tecnologias têm sido desenvolvidas e testadas de forma a aumentar a abrangência da aplicação dos motores elétricos.

Com o advento da eletrónica de potência, os motores de indução assíncronos começaram a ser operados por variadores de frequência, permitindo a sua operação num maior leque de aplicações, em substituição de outras tecnologias mais complexas e menos robustas.

Ao mesmo tempo, os variadores de frequência abriram portas a novos mercados, permitindo um crescimento da utilização desta tipologia de motores e trazendo novos desafios aos fabricantes, como por exemplo, novos isolamentos para os estatores, aumento da dissipação do calor devido ao aumento das perdas do motor e meios de arrefecimento eficientes a velocidades variáveis.

No início do século XXI, o motor elétrico assíncrono trifásico poderia ser considerado um produto plenamente desenvolvido e sem grande potencial para crescimento. Mas será efetivamente esta a realidade? Ou existe ainda caminho para evolução e crescimento?

## A MUDANÇA DO MEIO INDUSTRIAL

Tal como o motor sofreu mutações ao longo do seu percurso, também a indústria evoluiu de forma dinâmica. O que há 20 anos era o auge da tecnologia, é agora obsoleto face aos novos paradigmas tecnológicos. O computador tornou-se vital, a internet generalizou-se, o poder computacional

dos telemóveis ultrapassou largamente os computadores existentes na viragem do milénio.

Hoje, pretende-se que uma fábrica seja limpa e enxuta, que a produção seja contínua, sem falhas e sem excesso de stock, e que o conhecimento flua de forma ininterrupta por todos os intervenientes da cadeia produtiva.

A revolução digital que agora se vive trouxe para a indústria produtiva, de pequeno e médio porte, noções de eficiência e qualidade há muito associadas apenas à indústria automóvel e de eletrónica. Hoje não basta produzir um produto com qualidade, é necessário produzi-lo de forma sustentável, com um custo de produção baixo, no mais curto espaço de tempo, sem desperdícios e num espaço de trabalho com qualidade (a nível ambiental, de segurança e ergonómica).

A possibilidade de analisar todo a planta produtiva ao vivo, com recurso a indicadores dinâmicos e sistemas preditivos, deverá permitir ações de aumento de produtividade extremamente relevantes para fazer face à crescente pressão do mercado para a redução dos custos.

As mudanças de paradigma associadas à Indústria 4.0, atenuando a linha entre produto e serviço e transferindo a eficiência da produção em série para a customização do lote unitário, trazem novos desafios para os fabricantes.

A indústria dos motores elétricos não é exceção, tendo o desafio adicional de adaptar um produto com mais de um século aos paradigmas emergentes, desafiando equipas de Engenharia e Desenvolvimento a descobrir o futuro, utilizando novos métodos e ferramentas e quebrando os limites do existente

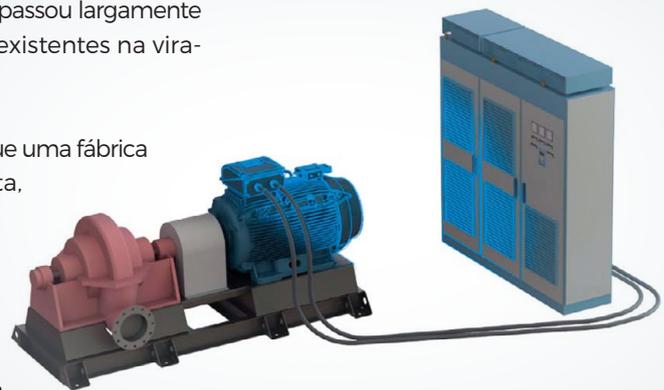


Figura 2 - Sistema esquemático de acionamento de motor elétrico.

para atingir um produto que possa fazer face ao turbilhão de especificações/requisitos que o mundo anseia.

## O QUE ESTÁ A MUDAR NO MOTOR ELÉTRICO INDUSTRIAL?

Tendo em conta o enquadramento realizado anteriormente, constata-se que o motor elétrico industrial está numa época de mudança e reinvenção. A sua utilização é transversal e prevê-se que assim seja mantido com a crescente transição das energias fósseis para a energia renovável. De seguida enumeram-se alguns dos principais desafios que, enquanto fabricante, se preveem para os próximos anos.

## OPERAÇÃO COM VARIADOR DE FREQUÊNCIA

A operação com variador de frequência tem vindo a tornar-se uma prática recorrente mesmo nos motores de maior potência. A crescente capacidade da eletrónica de potência permite o acionamento de motores de média e alta tensão, o que por sua vez transporta o motor elétrico para aplicações anteriormente dominadas por outras tecnologias.

As grandes vantagens dos motores com variação de frequência são amplamente conhecidas, reforça-se, no entanto, a possibilidade de variar o débito das aplicações (bombas, ventiladores) sem ser por meio de introdução de maiores perdas no sistema ou com

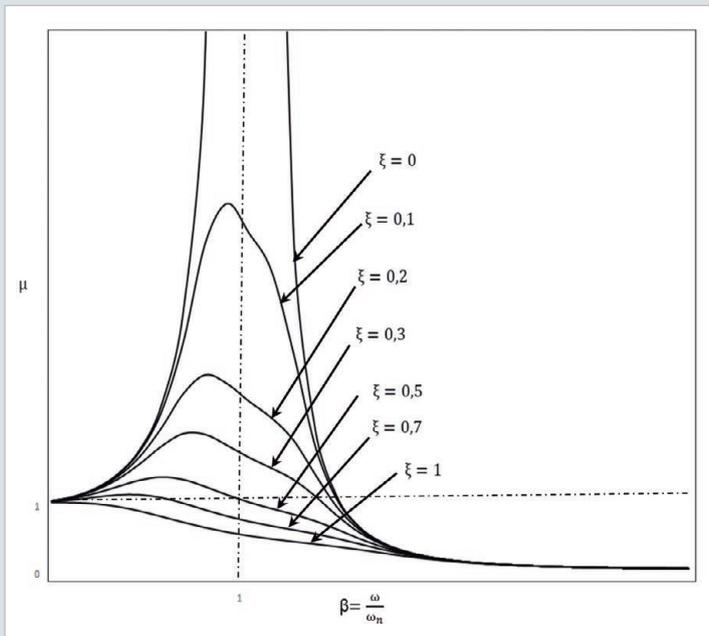


Figura 3 - Ilustração do fator de amplificação da vibração na operação junto a uma velocidade crítica.

recurso a engrenagens e caixas de velocidades.

Esta possibilidade introduz vantagens competitivas ao nível da eficiência do sistema completo e da redução do número de componentes mecânicos acoplados. Permite ainda concentrar no painel sistemas de controlo e proteção de forma sinérgica com o motor e até mesmo integrados com os restantes equipamentos existentes.

A aplicação dos variadores traz, no entanto, desafios aos fabricantes de motores elétricos, a carga harmónica imposta ao motor implica um reforço do isolamento do estator, traduzindo-se muitas das vezes ao desenvolvimento de novos vernizes e fios. Implica igualmente perdas adicionais, muitas vezes difíceis de prever que provocam um aquecimento excessivo ao motor e consequentemente pode criar a necessidade de aumento da ventilação ou redução de potência.

Para motores de maiores dimensões existe ainda um ponto adicional que necessita avaliação, as frequências críticas do rotor e do motor (ver Figura 3). Estas, numa situação normal deverão estar afastadas de uma frequência de excitação (rotação mecânica, fre-

quência de alimentação e respetivos múltiplos), caso tal não aconteça poderão ocorrer vibrações elevadas.

Num motor operado por variador de frequência poderão ocorrer zonas de ressonância que deverão ser evitadas para garantir a não existência de problemas na aplicação.

### EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A necessidade de obter sustentabilidade ambiental e garantir que o consumo energético mundial não continue no seu crescimento descontrolado é partilhado pela grande parte dos países do mundo.

Em particular na União Europeia, e de acordo com as perspetivas para a indústria até ao ano de 2030<sup>[1]</sup>, os esforços de melhoria da eficiência energética são consideráveis. Para tal contribuem novas regulamentações relativas ao design ecológico dos produtos.

No que se refere aos motores elétricos iremos passar por uma grande mudança em 2021, será obrigatória a utilização de motores IE3 acima de 0,75 kW, mesmo em motores com variador de frequência. Para além desta mudança, passarão a estar incluídos

no escopo os motores de 60 Hz, motores para áreas classificadas (excluindo os motores 'Ex eb') e motores TEAO (totally closed air over), estes últimos vastamente usados em ventilação.

Em 2023, a regulamentação passará a obrigar um nível de eficiência IE4 para motores de uso geral entre 75 e 200 kW e 2 a 6 polos. Incluirá também a obrigação de nível IE2 para os motores 'Ex eb', que se encontravam excluídos anteriormente.

Pretende-se com estas medidas tender para uma melhor eficiência no consumo energético na Europa e dessa forma atingir o crescimento necessário garantindo o atingimento das metas de mitigação do aquecimento global.

### DIGITALIZAÇÃO

A conexão das 'coisas' entre si e a sistemas centralizados irá permitir o acesso a volumes de dados nunca antes obtidos. Tal volume de dados cria oportunidades e desafios que devem ser equacionados.

Nomeadamente no motor elétrico, a multiplicação dos sensores e a sua



Figura 4 - Sensores e conexão à Cloud dos motores.

redução para preços extremamente baixos aumentou consideravelmente a informação disponível, dando acesso a dados de temperatura, vibração, campo magnético entre outros.

Estes dados, utilizados de forma automática através de algoritmos de inteligência artificial e aprendizagem autónoma irão permitir o diagnóstico destes equipamentos e até a previsão de falhas futuras e a sua mitigação de forma atempada.

A redução de falhas contribuirá para uma maior produtividade da indústria e para menores custos de manutenção. Em contrapartida o crescente volume de dados levará ao limite infraestruturas menos modernizadas e implicará investimentos para conseguir atender a esta nova demanda.

Para auxiliar neste mundo digital, que já não se dissocia do mundo físico, serão necessárias novas competências, nomeadamente na ciência de dados, que terão de ser desenvolvidas nas mais diversas áreas. Os trabalhadores que farão a manutenção dos motores elétricos do futuro estarão munidos de várias tecnologias, como Realidade Virtual e Aumentada, estarão incumbidos de análises preditivas baseadas em modelos estatísticos avançados e análise crítica de problemas.

## CONCLUSÕES

Ao longo deste artigo foi realizado um apanhado do panorama mundial e da história e estado atual do motor elétrico. O enquadramento atual do mundo impulsiona o desenvolvimento e a investigação em todos os produtos, mesmo aqueles com uma longa história de desenvolvimento. O futuro do motor elétrico industrial, um pouco alheado aos motores para veículos elétricos, revela-se aliciante e desafiador. A construção de novos paradigmas e a demolição de velhos mitos será feita com recurso a grandes volumes de dados e a competências novas, que várias áreas terão obrigatoriamente de desenvolver, para garantir a sua presença num mundo volátil e complexo. ■

## REFERÊNCIAS

[1] Comissão Europeia, 'A vision for the European industry until 2030', Comissão Europeia, Luxemburgo, 2019.

[2] F. J. Mora, Máquinas Eléctricas, Madrid: Ibergarceta Publicaciones, S.L., 2015.

Bilbao  
13-17 junio  
2022

31BIEMH  
YOU MAKE IT  
BIG AGAIN

MORE  
BIEMH  
THAN EVER



Organizan:



[www.afm.es](http://www.afm.es)



EXPOSSIBLE!

[www.biemh.com](http://www.biemh.com)

Colaboran:



## Alternativa vantajosa ao torneamento ISO convencional

A Iscar duplica as arestas de corte das pastilhas com inclinação positiva para aplicações de torneamento geral. Esta é uma solução económica para torneamento a 80 graus com pastilha robusta de dupla face e quatro arestas de corte, que poderá substituir facilmente as pastilhas positivas de duas arestas de corte.

A sua fixação 'rabo de andorinha' assenta num alojamento de design único, garantindo um melhor posicionamento e estabilidade de forma a obter um maior tempo de vida útil da pastilha. Os suportes estão disponíveis com e sem canais de refrigeração interna.

### NOVA CXMG COM 4 ARESTAS DE CORTE

#### Características da pastilha:

- As novas pastilhas de dupla face CXMG trabalham de forma similar às positivas CCMT standard, podendo substituí-las de forma simples. Em algumas aplicações podem mesmo substituir as pastilhas negativas CNMG;
- Dupla face com flanco positivo;
- Baixas forças de corte;
- Concebida com um quebra-apara para aplicações de torneamento geral.

#### Características da ferramenta:

- Sistema de fixação por alavanca;
- Bocais de refrigeração de alta pressão (JHP) altamente eficazes, com refrigeração direcionada para a aresta de corte, de forma a aumentar a vida útil da pastilha, melhorar o controlo de limalha e obter ganhos de produtividade;
- O flanco positivo da pastilha permite uma fixação 'rabo de andorinha' para uma fixação extremamente robusta. ■



**ISCAR PORTUGAL, S.A.**  
info@iscarportugal.pt  
www.iscarportugal.pt

## Smart Cell da TCI Cutting: automação total para maior produtividade e rentabilidade

A 'Célula Inteligente' da TCI Cutting, Smart Cell, incorpora a automação de tarefas subsequentes como carga, descarga, armazenamento e classificação inteligente de peças no processo de corte a laser de fibra. A autonomia e aceleração de todo este processo permite diminuir os tempos de resposta, aumentar a produtividade e melhorar significativamente a rentabilidade de todo o fluxo de produção.

A Smart Cell é uma solução totalmente personalizável para cada cliente, de acordo com as suas necessidades específicas, graças ao estudo de engenharia de produção realizado para cada caso pelos especialistas da TCI Cutting. Além disso, esta solução integrada pode ser escalável ao longo do tempo, dependendo do crescimento e das necessidades de cada empresa de produção. É, portanto, uma solução que crescerá paralelamente ao crescimento da empresa, sempre supervisionada pelo parceiro tecnológico TCI Cutting.

Após o processo de classificação inteligente, existe a opção de integrar robôs de paletização ao processo. A robotização também pode contemplar a integração de veículos autoguiados para peças semiacabadas, Smart AGVs, para otimizar a logística interna em toda a fábrica.

Todos os equipamentos e soluções da TCI Cutting (desde as máquinas de corte e sistemas de automação personalizados, ao software próprio de gestão inteligente da produção) são integralmente desenvolvidos e fabricados na sua sede em Guadassuar (Valência, Espanha). Isto permite à empresa oferecer soluções de elevada qualidade europeia, desenvolvidas inteiramente à medida do cliente e com prazos de entrega muito curtos.

Nas suas instalações, a TCI Cutting conta com um showroom equipado com soluções de corte de alta tecnologia, laser ou jato de água, que incluem mais de dezassete modelos de máquina, soluções de automação personalizadas e uma ampla variedade de softwares inteligentes, que permitem controlar todos os sistemas dentro do processo de produção.



A Smart Cell é uma solução totalmente personalizável em função das necessidades de cada empresa.

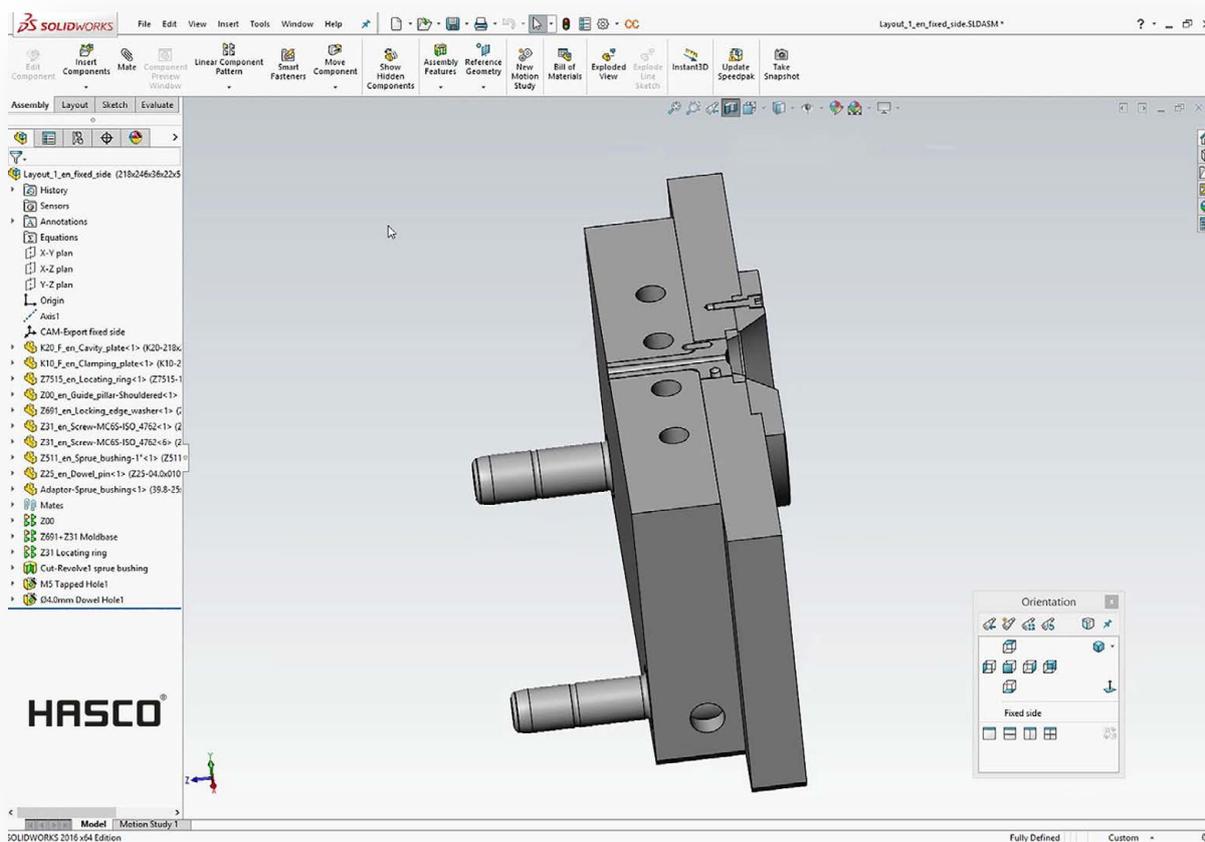
As soluções integradas da TCI Cutting oferecem a possibilidade de otimizar cada uma das etapas do fluxo de produção, fator essencial rumo à fábrica inteligente, altamente produtiva e flexível. ■



**TECNOLOGÍA DE CORTE E INGENIERÍA, S.L.**  
marketing@tcicutting.com  
www.tcicutting.com

## Hasco apresenta nova biblioteca CAD para SolidWorks

A disponibilidade rápida e consistente da biblioteca CAD para peças padrão é o pré-requisito básico para desenhos eficientes na fabricação de moldes. Com as últimas atualizações da biblioteca CAD para SolidWorks, a Hasco oferece uma ferramenta única com cerca de 100 produtos, para além da gama completa de placas K padrão.



Os dados nativos contam com espaços de instalação, que podem ser incluídos com apenas alguns cliques, o que poupa tempo no processo de desenho.

Os dados estão parametrizados. Se forem efetuadas alterações ao desenho, as partes relevantes adaptam-se automaticamente às correções. A geração das listas de materiais subsequentes garante uma elevada fiabilidade de processo e exclui categoricamente os pedidos incorretos. O processo de pedido amplamente automatizado assegura a entrega pontual no início da montagem e completa o processo de uma forma otimizada.

Se os dados de desenho, com o valor acrescentado de incorporarem as dimensões de maquinação, forem

canalizados diretamente para o centro de maquinação, também pode ser realizado um potencial de poupança adicional na fase de CAM.

A Hasco disponibiliza apoio técnico aos utilizadores de SolidWorks que pretendam implementar a base de dados nos seus próprios sistemas. ■



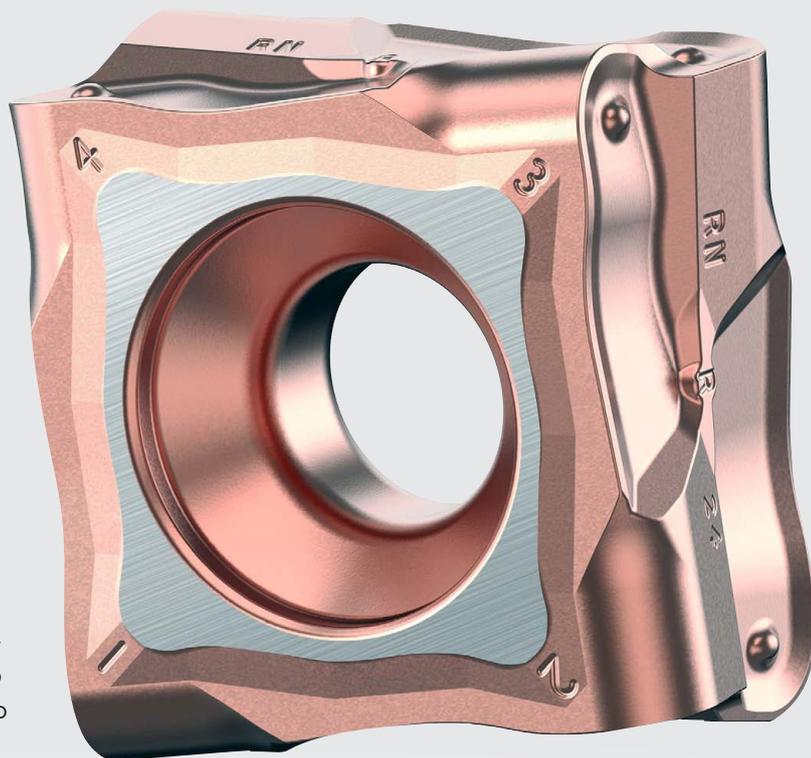
**HASCO PORTUGUESA LDA.**  
[info.pt@hasco.pt](mailto:info.pt@hasco.pt)  
[www.hasco.pt](http://www.hasco.pt)

## FIX8: o novo sistema de torneamento pesado da Kennametal com oito arestas de corte por inserto

A Kennametal lançou recentemente o sistema de torneamento FIX8 para serviço pesado, proporcionando taxas máximas de remoção de metal em aço, aço inoxidável e ferro fundido. Com oito arestas de corte por inserto, o sistema de torneamento FIX8 aumenta a produtividade de qualquer operação de torneamento pesado, proporcionando o menor custo por aresta enquanto reduz as forças de corte em até 15%.

O FIX8 tem oito arestas de corte por inserto, proporcionando o menor custo por aresta. O formato tangencial permite que ele suporte cargas muito maiores do que os formatos tradicionais.

“O FIX8 foi projetado para ser adequado para inúmeras aplicações, incluindo torneamento e faceamento, superfícies lisas, cortes interrompidos e muito interrompidos. De média profundidade de corte a desbaste em aços, ferro



O FIX8 tem oito arestas de corte por inserto, proporcionando o menor custo por aresta. O formato tangencial permite que suporte cargas muito maiores do que os formatos tradicionais.



Tipos de porta-ferramentas FIX8 com tecnologia de refrigeração 3D de precisão. Fornece líquido refrigerante suficiente e precisamente onde ele é necessário.

fundido e materiais complexos como aço inoxidável, o FIX8 trata de tudo isso. Mesmo com taxas de avanço extremas de até 1,4 mm (0,055") e profundidades de corte de até 12 mm (0,472") são possíveis com o FIX8", diz Matthew Fuerst, Gerente de Produto da Kennametal.

O formato tangencial do inserto FIX8 apresenta um sistema rígido de fixação que puxa o inserto com segurança para dentro do alojamento, oferecendo uma estabilidade superior que permite que o inserto suporte grandes forças de corte e vibrações para um ótimo desempenho. O inserto também é apoiado por um calço de metal duro substituível, protegendo o encaixe contra deformações e danos.

O porta-ferramentas FIX8 possui tecnologia de refrigeração 3D de precisão, fornecendo líquido refrigerante suficiente precisamente onde é necessário. Três bicos de líquido refrigerante são direcionados para a face de

corte, controlando a temperatura, a evacuação de aparas e suportando a formação de apara. Os orifícios de saída do líquido refrigerante em dois locais diferentes são direcionados para o flanco do inserto, controlando o calor na zona de corte e prolongando a vida útil da ferramenta.

O FIX8 proporciona excelente controle de cavaco para qualquer aplicação de torneamento pesado enquanto aumenta a vida útil da ferramenta. O formato do inserto reduz as forças de corte e o consumo de energia, tornando-a ideal para qualquer torno de baixa potência. ■



**KENCI, S.L. - KENAMETAL**

[barcelona.service@kennametal.com](mailto:barcelona.service@kennametal.com)

[www.kennametal.com](http://www.kennametal.com)

# ÍNDICE ANUNCIANTES

BIEMH - Bilbao Exhibition Centre.....61	Iscar Portugal, S.A..... Capa
Böllhoff, S.A.....15	Jaba Ibéria, Lda.....55
Deibar - Máquinas-Ferramenta, Lda.....Contracapa	Maquinaria Internacional 2006, S.L. .... 9
Exponor - Feira Internacional do Porto..... Verso de capa	Mitsubishi Materials España, S.A.....11
Exposalão - Centro de Exposições, S.A..... Verso de Contracapa	Proycotecme, S.L. ....13
Flow Ibérica, S.L.U.....37	S3D - Software, Formação e Serviços, Lda.....29
Inegi - Instituto de Ciência e Inovação Em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial .....33	Sitema GmbH & Co. KG ..... 7
	TPT - Máquinas-Ferramentas e Laser, Unipessoal, Lda.....25
	Walter Ewag Siaisa .....53
	Yamawa Europe S.p.A. ....35

# 3D ADDITIVE EXPO

Feira de impressão 3D e fabrico aditivo

## i4.0 expo

Feira da indústria 4.0,  
automação e robótica

## SUB CONTRA TAÇÃO

Feira de processos  
e equipamentos para  
a produção

### 9 a 12 de Nov. 2022

QUARTA a SÁBADO - 10h00 / 20h00

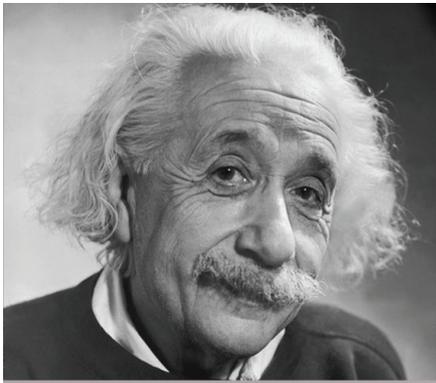


## O futuro é agora!

PARA MAIS INFORMAÇÃO:

rogeriohenriques@exposalao.pt 00 351 914 924 726  
sergiosantos@exposalao.pt 00 351 244 769 492

organização: EXPOSALÃO



SE SOUBESSE QUE SERIA ASSIM,  
EU TERIA SIDO UM SERRALHEIRO

— ALBERT EINSTEIN —

**DEIBAR**  
MÁQUINAS - FERRAMENTA



**HYUNDAI**  
**WIA**



**QUASER**  
we cut faster



**Sodick**  
CREATE YOUR FUTURE



**HERMLE**  
Machine Company



**IBARMIA.**



**correa**



**röders**  
**TEC**



**Gentiger**  
**GT**  
**GENTIGER**

**DEIBAR**  
MÁQUINAS - FERRAMENTA

Zona Industrial do Roligo - Espargo  
4520-115 Santa Maria da Feira  
+351 256 330 220  
deibar@deibar.com  
www.deibar.com

**A experiência, profissionalismo e soluções técnicas inovadoras.** Em conjunto com os nossos clientes analisamos as necessidades e estudamos as melhores e mais adequadas soluções técnicas e produtivas. Oferecemos-lhe um crescente leque de serviços de valor acrescentado como acessoria e estudos de produtividade.