

111
cm

CONSTRUÇÃO MAGAZINE

REVISTA TÉCNICO-CIENTÍFICA ENGENHARIA CIVIL

DIRETOR: HUMBERTO VARUM . Nº 111 . SETEMBRO/OUTUBRO 2022 . PERIODICIDADE BIMESTRAL . 6,90 €

ISSN 1645-1767
9 771535 176339



DOSSIER

Construção 4.0: a digitalização e a construção aditiva

CONVERSAS

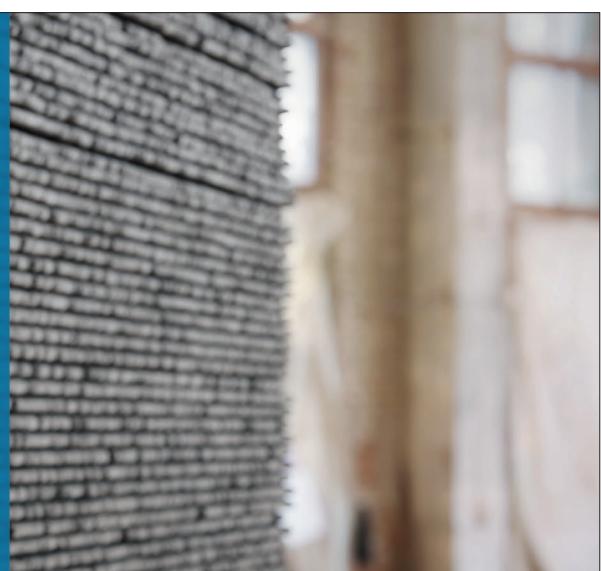
Sandra Lucas

PUB

Um parceiro para a inovação tecnológica na indústria

COLABORAMOS NO DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES INOVADORAS

itecons.uc.pt



FICHA TÉCNICA

DIRETOR
Humberto Varum

DIRETORA EXECUTIVA
Carla Santos Silva
carla.silva@engenhoemedia.pt

CONSELHO CIENTÍFICO

Abel Henriques (UP), Albano Neves e Sousa (UL),
Álvaro Cunha (UP), Álvaro Seco (UC), Ana Tostões (UL),
Ângela Nunes (Secti), Aníbal Costa (UA), António Costa (UL),
António Pais Antunes (UC), António Pinheiro (UL),
António Reis (UL), António Tadeu (UC), Armando Rito,
Carlos Borrego (UA), Carlos Félix (FEUP), Carlos Pina (LNEC),
Conceição Cunha (UC), Daniel Dias da Costa (UC),
Dinar Camotim (UL), Diogo Mateus (UC), Eduardo Júlio (UL),
Elsa Caetano (UP), Elton Bauer (UnB, Brasil),
Emanuel Maranha das Neves (UL), Fernando Branco (UL),
Fernando Garrido Branco (UC), Fernando Sanchez Salvador (UL),
Fernando Seabra Santos (UC), Francisco Nunes Correia (UL),
Francisco Taveira Pinto (UP), Helder Araújo (UC),
Helena Cruz (LNEC), Helena Gervásio (UC), Helena Sousa (IPL),
Hipólito de Sousa (UP), Hugo Costa (IPC),
João Almeida (UL), João Mendes Ribeiro (UC), João Bordado (UL),
João Pedroso de Lima (UC), João Ramôa Correia (UL),
Joaquim Barros (UM), Joaquim Figueiras (UP),
Jónatas Valença (IST), Jorge Alfaiate (UL),
Jorge Almeida e Sousa (UC), Jorge Coelho (UC), Jorge de Brito (UL),
José Águia (UL), José Amorim Faria (UP),
José António Bandeirinha (UC), José Câmara (UL),
José Luiz A. Oliveira e Sousa (UNICAMP, Brasil),
José Luís Cáncio Martins, José Pinto Duarte (UL),
Júlio Appleton (UL), Laura Caldeira (LNEC),
Luciano Lima (UERJ, Brasil), Luis Calado (UL),
Luís Canhoto Neves (UNL), Luís Costa Neves (UC),
Luís Cruz Simões (UC), Luís Godinho (UC), Luís Guerreiro (UL),
Luís Juvandes (UP), Luís Lemos (UC), Luís Oliveira Santos (LNEC),
Luís Picado Santos (UL), Luís Simões da Silva (UC),
Maria Cecília A. Teixeira da Silva (UNICAMP, Brasil),
Mário Krüger (UC), Manuel Pipa (LNEC),
Maria do Rosário Veiga (LNEC), Nuno Silvestre (UL),
Paulo Coelho (UC), Paulo Cruz (UM), Paulo Fernandes (IPL),
Paulo Lourenço (UM), Paulo M. Pimenta (USP, Brasil),
Paulo Maranha Tiago (IPC), Paul Providência (UC),
Paulo Rocha (InterCement), Pedro Velasco (UERJ, Brasil),
Paulo Vila Real (UA), Raimunda Mendes da Silva (UC),
Ricardo do Carmo (IPC), Rogério Colaço (UL),
Rui Faria (UP), Said Jalali (UM), Sérgio Lopes (UC),
Teresa Valsassina Heitor (UL), Valter Lúcio (UNL),
Vasco Freitas (UP), Vítor Abrantes (UP), Walter Rossa (UC)

REDAÇÃO
Cátia Vilaça
Letícia Ferreira
redacao@engenhoemedia.pt

MARKETING E PUBLICIDADE
Daniel Soares
d.soares@engenhoemedia.pt

GRAFISMO
awavise

ASSINATURAS E APOIO AO CLIENTE
Inês Martins
Tel. 22 589 96 25
info@construcaomagazine.pt

REDAÇÃO E EDIÇÃO
Engeno e Média, Lda. – Grupo Publindústria
Rua de Santos Pousada, 441, Sala 110 - 4000-486 Porto
Tel. 225 899 625
www.engenhoemedia.pt

PROPRIEDADE
Publindústria, Lda.
Sócios-gerentes: Ana Malheiro, António Malheiro,
Maria da Graça Carvalho
NIPC 501777288
www.publindustria.pt

IMPRESSÃO
Lidergraf Sustainable Printing
Rua do Galhano, 15, 4480-089 Árvore

PUBLICAÇÃO BIMESTRAL
Registo na ERC n.º 123.765

TIRAGEM 4.000 exemplares
ISSN 1645 - 1767

DEPÓSITO LEGAL 164 778/01

CAPA
© Project Milestone – 3dprintedhouse.nl

Estatuto editorial disponível em
www.construcaomagazine.pt/sobre/revista/

Assine a CONSTRUÇÃO MAGAZINE
a partir de 19 euros por ano em
www.construcaomagazine.pt/assinatura



CONSTRUÇÃO MAGAZINE

REVISTA TÉCNICO-CIENTÍFICA ENGENHARIA CIVIL

2

EDITORIAL

4_31

DOSSIER | CONSTRUÇÃO 4.0: A DIGITALIZAÇÃO E A CONSTRUÇÃO ADITIVA

4_7

CONVERSAS

Sandra Lucas

10_13

O que traz a impressão 3D para a construção? — ANA SOFIA GUIMARÃES, BÁRBARA RANGEL E JORGE LINO ALVES

14_18

Preocupações térmicas associadas a soluções de impressão 3D na construção — SOFIA PESSOA, MANUEL JESUS, SANDRA S. LUCAS, NUNO SIMÕES E ANA S. GUIMARÃES

20_24

Plan4digital – Plano de transição digital para a Indústria da Construção: modelo de maturidade e medidas prioritárias — ANTÓNIO AGUIAR COSTA, JOÃO POÇAS MARTINS, ANTÓNIO CABACO, ANA BRANDÃO DE VASCONCELOS, LUÍS JACQUES, VANDER ESCOVALO, ANA ROCHA E PEDRO LUCAS MARTINS

26_28

Desenvolvimento de argamassas para impressão 3D — BRUNO LOBO

30_31

Experiência na Gaiurb de construções aditivas — DINÁ HENRIQUES

32_34

IGD EMPRESARIAL

STRAIN-VISION: Monitorização através de visão por computador da extensão em laminados de CFRP pré-esforçados usados no reforço de elementos de betão armado — JÓNATAS VALENÇA, CLÁUDIA FERREIRA, FILIPE DOURADO E EDUARDO JÚLIO

36_37

SÍSMICA

Novos cabos submarinos: monitorização ambiental, sísmica e de tsunamis — MÁRIO LOPES

38_39

ARQUITETURA

A retórica do monumento: Reabilitação do Paço dos Condes de Ourém para Espaços Museológicos — JOÃO MENDES RIBEIRO

40_41

ESTRUTURAS DE MADEIRA

Estruturas de madeira e usufruto da natureza. 3. Decks de madeira e derivados em ambiente exterior — JOSÉ AMORIM FARIA

42_43

ESTRUTURAS METÁLICAS

Painéis multifuncionais de alto desempenho para proteção a cargas extremas — Revisão do conhecimento — CONSTANÇA RIGUEIRO, ISABEL VALENTE, EDUARDO PEREIRA, JÓAO PEREIRA E JOSÉ PAULO L. DE ALMEIDA

44_45

ESTUDO DE CASO

Reabilitação do Titan — FILIPE SANTOS, ALEXANDRE FONSECA E LUIS REIS

46_48

MERCADO



massas, enquanto alguns equipamentos de controlo de movimento foram emprestados, com mais ou menos adaptações, da indústria automóvel, como é o caso dos braços robóticos.

Outros elementos, como por exemplo sistemas de monitorização de qualidade, foram recolher inspiração e componentes técnicos à indústria alimentar. Com o desenvolvimento das necessidades especiais da indústria de impressão 3D, outros equipamentos foram também desenvolvidos ou adaptados, como sistemas de controlo de movimento tipo Gantry ou cabeças de impressão para aplicações especiais, entre outros.

No que refere à implementação, há um aspeto fundamental a considerar: onde imprimir os elementos no âmbito do processo construtivo. A escolha do local de impressão dos elementos deverá ser sempre ponderada de modo a

oferecer um balanço otimizado entre *off-site* e *on-site*. Esse equilíbrio deverá ter por base aspetos não só de natureza económica, mas também ambiental, pesando os prós e contras de cada opção para minimizar o impacto e optimizar os recursos.

Se, por um lado, a impressão *on-site* dispensa a necessidade de deslocações e permite a impressão de objetos maiores, a impressão *off-site* garante, à partida, uma maior qualidade do produto final, uma vez que a impressão decorre num ambiente controlado.

Assim, tendo por base estas considerações, rapidamente se percebe que, da mesma forma que não fará sentido deslocar um sistema de impressão para imprimir um objeto que pode ser facilmente transportado por um veículo ligeiro ou mesmo pesado sem necessidades especiais, também não fará sentido imprimir pontes ou casas a mil km de distância. É, por

isso essencial, uma boa análise de todas as componentes do processo, para definir o melhor, e mais sustentável, curso de ação.

VANTAGENS DA IMPRESSÃO 3D PARA O SETOR DA CONSTRUÇÃO

Uma das maiores vantagens da tecnologia de impressão 3D é o facto de possibilitar uma redução significativa de tempo, do desperdício e de recursos, desde o início do projeto até à realização dos elementos. Essa diminuição é assegurada pelo facto de, após a validação do modelo base, o design de elementos estruturais de casas, obras de arte ou elementos decorativos, por exemplo, estar à distância de apenas um clique.

No entanto, a impressão 3D transcende a operacionalidade, impactando também, de forma



■ ■ ■ MADE in ITALY

SOLUÇÕES PARA A CONTABILIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DE CALOR

The advertisement features the BMETERS logo at the top left, followed by a smartphone displaying a mobile application interface with data tables. To the right, there's a legend indicating "MADE in ITALY". The central part of the ad shows three types of water meters: a residential water meter (CONTADOR DE ÁGUA RESIDENCIAL), an industrial water meter (CONTADOR DE ÁGUA INDUSTRIAL), and a heat meter (CONTADOR DE CALOR). The background consists of architectural sketches of buildings. On the right side, there's a vertical list of communication technologies: M-Bus, M-Bus wireless, OMS®, NB-IoT, and LoRaWAN®.

CONTADOR DE ÁGUA RESIDENCIAL

CONTADOR DE ÁGUA INDUSTRIAL

CONTADOR DE CALOR

M-Bus

M-Bus wireless

OMS®

NB-IoT

LoRaWAN®

ALPHA ENGENHARIA

Tel. 220 136 963 · info@alphaengenharia.pt · www.alphaengenharia.pt