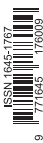


97
cm

CONSTRUÇÃO MAGAZINE

REVISTA TÉCNICO-CIENTÍFICA ENGENHARIA CIVIL

DIRETOR: EDUARDO JÚLIO . Nº 97 . MAIO/JUNHO 2020 . PERIODICIDADE BIMESTRAL . 6,90 €



Exemplar adquirido online. Distribuição e venda não autorizadas. © Engenharia e Media, Lda. 2020

DOSSIER

Conceito de Reabilitação Sustentável

CONVERSAS

Eduardo Júlio

PUB

**Apoiamos a melhoria
do ambiente e dos edifícios**

ESTUDOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA,
AUDITORIAS ENERGÉTICAS E HÍDRICAS.

itecons.uc.pt



FICHA TÉCNICA

DIRETOR

Eduardo Júlio

DIRETORA EXECUTIVA

Carla Santos Silva

carla.silva@engenhomedia.pt

CONSELHO CIENTÍFICO

Abel Henriques (UP), Albano Neves e Sousa (UL),
Álvaro Cunha (UP), Álvaro Seco (UC), Ana Tostões (UL),
Ângela Nunes (Secil), 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), 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), Humberto Varum (UP),
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 Aguiar (UL), José Amorim Faria (UP),
José António Bandeirinha (UC), José Câmara (UL),
José Luiz A. Oliveira e Sousa (UNICAMP, Brasil),
José Luís Cândia 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), Paulo Providência (UC),
Paulo Rocha (InterCement), Pedro Vellasco (UERJ, Brasil),
Paulo Vila Real (UA), Raimundo Mendes da Silva (UC),
Ricardo do Carmo (IPC), Rogério Colaço (UL),
Rui Faria (UP), Said Jalali (UM), Sérgio Lopes (UC),
Teresa Valsassina Heitor (UL), Válder Lúcio (UNL),
Vasco Freitas (UP), Vítor Abrantes (UP), Walter Rossa (UC)

REDAÇÃO

Cátia Vilaça

Leticia Ferreira

redacao@engenhomedia.pt

MARKETING E PUBLICIDADE

Daniel Soares

d.soares@engenhomedia.pt

GRAFISMO

avawise

ASSINATURAS

Tel. 22 589 96 25

info@construcaomagazine.pt

REDAÇÃO E EDIÇÃO

Engenho e Média, Lda. – Grupo Publindústria

Escritório/Morada de Correspondência:

Rua de Santos Pousada, 441, Sala 110 - 4000-486 Porto

Tel. 225 899 625

Sede:

Praça da Corujeira, 10 - 4300-144 Porto

www.engenhomedia.pt

PROPRIEDADE

Publindústria, Lda.

Sócios-gerentes: Ana Malheiro, António Malheiro,

Maria da Graça Carvalho

NIPC 50177288

www.publindustria.pt

IMPRESSÃO

Lidergraf Sustainable Printing

Rua do Galhano, 15, 4480-089 Árvore

PUBLICAÇÃO BIMESTRAL

Registo na ERC n.º 123.765

TIRAGEM 6.500 exemplares

ISSN 1645 – 1767

DEPÓSITO LEGAL 164 778/01

CAPA

Foto: Hernan Lucio / unsplash

Estatuto editorial disponível em

www.construcaomagazine.pt/sobre/revista/

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos autores.

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_28

DOSSIER | CONCEITO DE REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL

4_8

CONVERSAS

Eduardo Júlio

10_12

A interdisciplinaridade na Reabilitação Sustentável – o contributo intersectorial

— JORGE HUMBERTO GOMES NORO

13_17

Materiais compósitos madeira-plástico para soluções arquitetónicas ambientalmente sustentáveis

— GABRIELA MARTINS, FILIPE ANTUNES, SOFIA BAPTISTA, CÂNDIDA MALÇA E CYRIL SANTOS

18_21

Reabilitação de estruturas de madeira com a aplicação de madeira lamelada colada de espécies folhosas autóctones

— ALFREDO M.P.G. DIAS, CARLOS E. J. MARTINS E MÓNICA A. F. MANUEL

22_25

Sistema modular avançado para fachadas de edifícios não-residenciais. a reabilitação energética

inteligente — JORGE CORKER E IVÂNIA MARQUES

26_28

Incorporação de resíduos industriais em artefactos para mobiliário urbano, construção civil,

arquitetura e interiores — FERNANDO CASTRO

29_31

I&D EMPRESARIAL

Resinas poliméricas bio-derivadas para a pultrusão

— FILIPE DOURADO, MÁRIO GARRIDO, JOÃO RAMÔA CORREIA
E JOÃO MOURA BORDADO

34_35

SÍSMICA

Avaliação do risco sísmico à escala Europeia — JOSÉ MIGUEL CASTRO, XAVIER DAS NEVES ROMÃO E NUNO PEREIRA

36_37

ACÚSTICA

Estratégias de reabilitação acústica em edifícios habitacionais face ao novo regime aplicável à

reabilitação do edificado — Parte 2 — DIOGO MATEUS

38_40

ESTRUTURAS METÁLICAS

Comparação das metodologias de análise da interação fluido-estrutura (FSI) em estruturas offshore

— Parte 2 — DANIEL OLIVEIRA, CONSTANÇA RIGUEIRO E ALDINA SANTIAGO

41_43

ESTRUTURAS DE MADEIRA

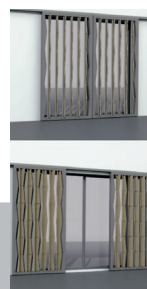
Reabilitação do Relógio de Sol em Vila do Conde — JOSÉ AMORIM FARIA

44_45

NOTÍCIAS

46_48

MERCADO



Próxima edição >

Dossier Conservação e Reabilitação de Edifícios

CONCEITO DE REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL SISTEMA MODULAR AVANÇADO PARA FACHADAS DE EDIFÍCIOS NÃO-RESIDENCIAIS. A REABILITAÇÃO ENERGÉTICA INTELIGENTE

Jorge Corker e Ivânia Marques

Investigadores no Laboratório de Ensaios e Desgaste & Materiais
Instituto Pedro Nunes

Os edifícios representam uma parte substancial do dia-a-dia dos cidadãos europeus, fazendo estes uso de diferentes tipologias de edificações em cerca de 90% do seu tempo. Apesar da sua importância são, no entanto, um dos vetores da sociedade onde a ineficiência energética é mais reconhecida. Na Europa, 40% dos edifícios são de construção anterior aos anos 60 e 90% anterior a 1990¹, épocas em que os códigos construtivos eram bastante limitados na sua abordagem ao consumo energético. Décadas de desenvolvimento galopante sem critérios ambientais levaram-nos até ao cenário atual, no qual o setor da construção é o maior consumidor final de energia na União Europeia (UE), atingindo uma quota de cerca de 40% e onde uma parte significativa do consumo corresponde a energia gasta para o controlo térmico dos edifícios (cerca de 68%), em resposta a padrões de conforto crescentes². Considerando que 90% dos atuais edifícios estarão ainda a uso em 2050 e que a esmagadora maioria deles necessita ou necessitará de ser renovada para níveis de elevado desempenho energético, um plano de reabilitação do parque imobiliário europeu é hoje encarado como parte vital da estratégia sustentável do velho continente. Dados indicam que um cenário de profunda renovação de todo o edificado euro-

peu até 2050 resultaria numa redução de 68% do seu consumo de energia final, sendo possível igualmente reduzir em cerca de 70 a 90% as emissões de CO₂ associadas, comparando com valores de 2010³. Resolver definitivamente a ineficiência do parque edificado é, assim, um dos eixos prioritários da mais recente revisão da Diretiva Europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD – *Energy Performance Building Directive*), claramente impondo uma aceleração do processo de modernização para os mais de 110 milhões de edifícios europeus que necessitam de reabilitação. A taxa de sucesso desta e de outras medidas regulamentares associadas poderá viabilizar ou colocar em causa toda a estratégia para o combate à emergência climática proposta pelo novo Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*), apresentado em dezembro último pela Comissão Europeia.

Apesar de decisiva para atingir os objetivos climáticos da UE, a ação de renovação dos edifícios tem sido, no entanto, muito lenta e pouco expressiva. Em média, menos de 1% dos edifícios existentes são atualmente renovados a cada ano. Quando se considera um grau de renovação para os níveis de necessidades energéticas quase nulas (nZEB), a taxa média total anual na UE28 cai para números ainda

mais desanimadores de 0,2% nos edifícios residenciais e de 0,3% para os edifícios não-residenciais⁴, demonstrando que a Europa não está a conseguir reagir ao problema com a celeridade necessária.

Embora os edifícios não-residenciais constituam apenas 25% do parque imobiliário europeu, estes representam uma parte muito importante do problema energético no setor. Reconhecido tradicionalmente por ser um segmento bastante heterogêneo, abrangendo imóveis de várias tipologias, a esmagadora maioria dos edifícios não-residenciais têm em comum um elevado consumo energético associado. Nas últimas duas décadas a variação média deste consumo foi bastante expressiva, registando um incremento superior a 39%, de

1 Boosting Building Renovation: What potential and value for Europe? European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy, 2016

2 EU energy in figures 2019, European Commission

3 Europe's buildings under the microscope, BPIE, 2011

4 European Commission: Comprehensive study of building energy renovation activities and the uptake of nearly zero-energy buildings in the EU, 2019

110,7 para 154,0 Mtoe (*Million Tonnes of Oil Equivalent*), ao contrário do setor residencial, que manteve gastos mais constantes devido a códigos de construção mais rigorosos e políticas em aplicação na UE⁵. De facto, o consumo de energia final por área construída no setor não-residencial é, em média, 40% superior ao parâmetro análogo para o setor residencial. Dos cerca de 250 kWh/m² médio representativo do consumo não-residencial, as maiores cotas deste são relativas a eletricidade e gás (50% e 30%, respetivamente), sendo que o crescimento nos gastos de eletricidade (74%) ficou associado ao aumento generalizado no uso de tecnologias de informação e de ar condicionado⁶.

O segmento dos edifícios não-residenciais é de facto complexo, apresentando padrões de consumo intensivos, cuja redução tem sido pouco conseguida no contexto da transição em curso para uma Europa mais sustentável. No entanto, e dada a sua relevância, este subsector tem vindo a ser encarado como uma parte muito importante da solução energética. Neste sentido, e já na primeira revisão da EPBD, em 2012, foi mesmo considerado como o segmento que deveria liderar a transição para níveis de desempenho energético elevados e



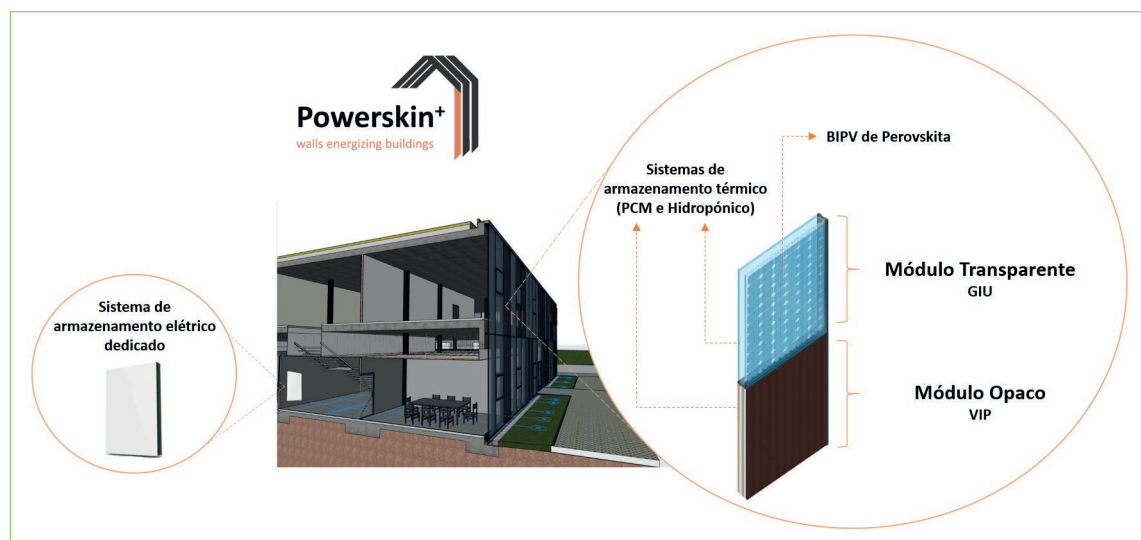
> 1

onde se deveriam atingir taxas de renovação anuais do seu edificado na ordem dos 3%, com os imóveis públicos a alavancar este processo. Os sistemas construtivos utilizados nos edifícios não-residenciais têm evoluído de forma marcante nas últimas décadas. Do vasto conjunto de soluções de fachada existentes destacam-se os do tipo cortina e de dupla cortina ou fachadas ventiladas, nas quais é possível acomodar sistemas de ventilação natural ou forçada, com benefícios comprovados para o

ambiente interior do edifício. Apesar da grande evolução destes sistemas nos últimos anos, o mercado ainda é dominado por sistemas maioritariamente passivos, incapazes de facilmente integrar elementos que consigam melhorar a resposta às atuais necessidades. Conceitos alternativos emergentes têm apostado em sistemas multifuncionais e adaptativos capazes de interagir, quer com as variações diárias e sazonais do ambiente exterior, quer com alterações nos requisitos energéticos por parte dos utilizadores. Na expectativa de manter a vanguarda da inovação neste domínio, a UE tem feito um forte investimento no financiamento de programas de I&D dedicados à reabilitação. A maior aposta vai no sentido de disseminar a existência de edifícios de balanço energético positivo (*Plus Energy Buildings*), ou seja, edifícios que recorram a tecnologias de produção e gestão de energia *in situ*, garantindo assim as suas próprias necessidades energéticas e, se possível, capazes de fornecer excedentes à rede pública.

⁵ EU energy in figures 2019, European Commission

⁶ Europe's buildings under the microscope, BPIE, 2011.



> 2

> Figura 1: Logo do projeto POWERSKIN PLUS.

> Figura 2: Conceito POWERSKIN PLUS.

UM SISTEMA CONSTRUTIVO INTEGRADO

No âmbito do desenvolvimento de novas soluções construtivas de fachadas tipo cortina e ventiladas para a renovação de edifícios não-residenciais, destaca-se o projeto europeu POWERSKIN PLUS, coordenado pelo Instituto Pedro Nunes, em representação de 14 parceiros de 8 países europeus. Iniciado em final de 2019, este projeto tem como objetivo último promover a disseminação de edifícios de balanço energético positivo, mediante um conjunto de soluções de isolamento, combinadas com componentes de geração e armazenamento de energia num só sistema construtivo integrado.

Baseada num conceito modular, esta integração poderá ser customizada de forma inteligente e dedicada, em função das especificidades técnicas do edifício, das necessidades energéticas e de conforto na sua utilização e do orçamento disponível para o processo de reabilitação. O sistema será constituído por elementos transparentes e opacos, sendo os módulos construtivos fabricados e pré-montados em fábrica, mediante os requisitos técnicos e económicos avaliados caso-a-caso, em fase de projeto e com a ajuda de ferramentas BIM (*Building Information Modeling*) e de

LCCA (*Life Cycle Cost Analysis*), antes de serem instalados no local. A opção pela construção de design modular permitirá uma abordagem focada na garantia da qualidade dos produtos à saída da fábrica e um maior controlo do ciclo de vida destes. Por outro lado, possibilitará uma economia de recursos capaz de minimizar a geração de resíduos (em cerca de 70%) e os custos totais do projeto, encurtando a perturbação provocada pelo estaleiro em obra, e reduzir os riscos profissionais associados a este.

O isolamento dos elementos opacos será constituído por painéis de isolamento em vácuo (VIP – *Vacuum Insulation Panels*), garantindo máxima performance. Fruto da estrutura nano-porosa do seu núcleo e consequente capacidade de eliminação da condução gasosa, os VIP são capazes de providenciar uma resistência térmica 8 a 10 vezes superior à dos produtos de isolamento térmico tradicionais. No entanto, aspetos como a impossibilidade de corte e o cuidado necessário no manuseamento em obra têm sido barreiras importantes a uma maior disseminação dos VIP no sector da construção. A integração destes numa solução de módulos opacos prefabricados possibilitará assim uma instalação facilitada, seguindo procedimentos standard utilizados

em fachadas modulares (tipo *Unitized*) ou elementares (tipo *Stick*).

Por outro lado, os módulos transparentes serão disponibilizados na forma de unidades super isolantes de vidro duplo ou triplo (*GIU – Glass Insulating Unit*), de baixa emissividade (*low-E*) e contendo um sistema hidropónico integrado. Baseado no uso e transporte de micro-fluidos com capacidade de armazenamento térmico, este sistema patenteado possibilitará transformar as superfícies enviaçadas num componente “ativo” do edifício, garantindo uma melhor gestão do balanço térmico com o exterior. De igual modo, os kits opacos poderão ser otimizados com recurso a materiais de mudança de fase (*PCM – Phase Change Materials*), dependendo da orientação da fachada e do clima associado. A utilização de PCM permite, em determinadas condições, atenuar as amplitudes térmicas diárias no interior dos edifícios, contribuindo assim para uma redução dos consumos inerentes à climatização dos espaços. Finalmente, o desempenho dos dois tipos de módulos poderá ser aperfeiçoado, caso-a-caso, mediante o fornecimento de soluções de revestimentos finos funcionais com propriedades auto-limpantes, anti-refletivas e fotocatalíticas, entre outras.



> 3

> Figura 3: Imagem publicitária do projeto POWERSKIN PLUS.

Visando a autossuficiência energética dos edifícios, a solução modular POWERSKIN PLUS pretende disponibilizar versões capacitadas para a produção e uso local de energias renováveis. A utilização de soluções fotovoltaicas como parte integrante da estrutura dos edifícios (BIPV – *Building Integrated Photovoltaics*) é hoje uma tecnologia emergente por possibilitar a rentabilização do envelope dos edifícios, tornando-os em centrais solares dedicadas e com um impacto estrutural e visual praticamente nulo. O potencial da incorporação do BIPV nos projetos de renovação é especialmente elevado no caso dos edifícios não-residenciais devido às características arquitetónicas destes, na sua maioria apresentando grandes áreas envidraçadas e onde os ganhos energéticos podem ser bastante expressivos.

A solução modular pretende disponibilizar versões equipadas com uma nova geração de células fotovoltaicas de Perovskita extremamente leves, flexíveis e semitransparentes, obtidas por um processo inovador de impressão a jato de tinta e capazes de atingir, ou mesmo superar, a eficiência das tradicionais soluções de silício. Com um excelente compromisso entre ganhos solares e condições de visibilidade, atualmente é já possível que apenas um painel BIPV de 1,2 m² com módulos ultrafinos de perovskita possa fornecer a energia necessária para iluminar um espaço de trabalho, por oito horas.

Tendo vista a otimização da energia produzida nas horas de maior radiação solar, a solução de geração será complementada por um sistema de gestão energética, baseado numa central de armazenamento dedicada ao edifício. Esta solução reutilizará baterias de ião lítio usadas, provenientes de veículos elétricos em fim de vida, aumentando assim a sustentabilidade da solução combinada. Com o aumento de popularidade dos veículos elétricos, estima-se que nos próximos dez anos possam vir a estar disponíveis anualmente cerca de 6 milhões de packs de baterias. Tipicamente ainda com capacidades de armazenamento superiores a 70-80%, estas baterias ficam

assim disponíveis para serem reutilizadas em aplicações menos exigentes, tais como o armazenamento doméstico e industrial de energia, correspondendo a uma capacidade anual superior a 275 GWh⁷.

O sistema de armazenamento inteligente preconizado possibilitará também uma associação à rede elétrica local, nos casos onde esta opção seja possível, sendo estimado que uma combinação dos diferentes protocolos inteligentes de gestão de energia possa economizar, em média, 15 a 20% os custos de energia. As baterias poderão, assim, ser carregadas alternadamente pelos módulos BIPV ou pela rede, em função das condições solares e dos períodos diários com tarifas energéticas diferenciadas, para depois serem descarregadas consoante as necessidades e em alturas onde o custo de acesso à rede seja mais elevado.

Finalmente, e ainda em fase protótipo, encontram-se em estudo no Instituto Pedro Nunes soluções modulares avançadas que possam garantir novos modelos de negócio circulares e disruptivos para o setor. Mediante protocolos de eco design, assentes numa política de consumo e geração zero de matérias primas e resíduos, estas soluções privilegiarão a maximização de tempo de serviço dos produtos, sendo a eficiência destes monitorizada continuamente por processos não evasivos, bem como o seu processo de manutenção, a realizar sem remoção dos módulos do edifício. Seguindo um modelo de negócio do tipo *produto como um serviço* (*PaaS – Product as a Service*), a entidade instaladora manterá propriedade de toda a estrutura modular instalada e terá de garantir a performance contratualizada durante o período de vigência do serviço.

O desenvolvimento de soluções integradas de eficiência energética pode, assim, representar uma aposta única para o desejado alcance das metas de neutralidade carbónica. O potencial de redução da pegada das nossas cidades é hoje imenso e a implementação de medidas de eficiência energética por via da renovação do edificado existente é uma oportunidade que

não pode ser perdida, sob pena de hipotecarmos as gerações futuras. Neste contexto, a inovação tecnológica será a ferramenta-chave na resposta a dar aos novos paradigmas de sustentabilidade e na adaptação a padrões de consumo mais responsáveis, fortemente apoiados em modelos económicos circulares e capazes de reduzir a atual dependência de recursos finitos. A estratégia implicará necessariamente o desenvolvimento de soluções avançadas e resilientes, com capacidade de aliar elevados desempenhos de conforto térmico à geração local de energia proveniente de fontes renováveis (solar, eólica, etc.) e a sistemas inteligentes de armazenamento elétrico. Em conjunto, será possível elevar assim o parque imobiliário europeu a padrões de autossuficiência, transformando os edifícios em entidades orgânicas capazes de gerar/utilizar energia limpa, económica e segura, de forma sustentável no seio do futuro ecossistema das nossas cidades.

AGRADECIMENTOS

POWERSKIN PLUS: Highly advanced modular integration of insulation, energizing and storage systems for non-residential buildings. The project leading to this application has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement No. 869898. ■■■

⁷ Second-life Electric Vehicle Batteries 2020-2030. Key players, value opportunities, business models and market forecast, IDTechEx Reports