

# SHORFLEX® – sistema modular para estruturas de engenharia

Eng. Laertes Mota, Eng. Ivo Jesus, Eng. Hélder Gafanhão

METALUSA

## ➤ Âmbito

O sistema SHORFLEX® teve a sua génese em 2012 com o objetivo de desenvolver soluções construtivas inovadoras para estruturas temporárias que sejam dotadas de requisitos técnicos superiores, comparativamente com soluções com funções homólogas disponíveis, conjugando elevados níveis de segurança na construção e na indústria, com enfoque no suporte de alta resistência.

Pretendia-se que o novo sistema tivesse como base os perfis PERFLEX® (patente METALUSA) e fosse constituído por um conjunto de componentes dotados de características técnicas que possibilitassem a montagem em obra com elevada simplicidade e eficiência, com a faculdade de ser destinado a uma gama variada de aplicações nomeadamente: Torres de Escoramento, Contenção de Fachadas, Contrafortes, Cofragens Trepantes, Cofragens de Túneis, de Pontes e de Viadutos e outras Estruturas de Engenharia.

O grau de singularidade do desenvolvimento culminou num conjunto de avanços técnicos, disruptivos face aos conceitos habitualmente utilizados no setor, nomeadamente:

- Versatilidade do sistema, possibilitando aplicações multifuncionais;
- Elevada simplicidade e facilidade de transporte;
- Redução do tempo de construção em obra, proporcionada pelos elementos modulares standard, que possibilitam a sua montagem mais rápida, segura, eficiente e exata, em obra;
- Possibilidade de compatibilização com o portfólio de produtos já existentes, nomeadamente sistemas de andaime e cofragem;
- Possibilidade de otimização de acordo com a solicitação de cargas para cada caso específico;
- Características técnicas que possibilitam uma desmontagem fácil e a sua reutilização em outras obras;

- Minimizar a necessidade de desenvolver componentes específicos para cada projeto/produto distinto (sistema modular).

Posteriormente, no desenvolvimento de alguns projetos identificou-se a necessidade de criar um sistema com maior capacidade de forma a dar resposta aos requisitos cada vez mais exigentes em termos de magnitude das ações. Assim surgiu o sistema SHORFLEX® HD (Heavy Duty). Pretendia-se que este novo sistema tivesse flexibilidade para substituir ou complementar o existente, consoante as necessidades das aplicações.

Os requisitos principais tidos em conta no desenvolvimento foram:

- Permitir um reduzido número de apoios ao solo;
- Permitir a formação de estruturas com vãos livres de grande dimensão;
- Permitir montagem e desmontagem rápida e segura;
- Permitir movimentação de grandes secções sem desmontar.

Assim, os componentes principais da estrutura reticulada são os perfis “2C HD” enformados a frio em aço S355. A utilização de diagonais e barras horizontais aumentam a capacidade de carga e garantem uma maior estabilidade da estrutura.

Tendo em conta o facto de se pretender que o sistema seja reutilizado o maior número de vezes possível, as ligações entre elementos são aparafusadas, encavilhadas ou de encaixe, eliminando a necessidade de soldadura em obra.

Foi concebida uma vasta gama de acessórios, com o propósito de ligar vários elementos que convergem num nó, ou ao longo dum elemento, com possibilidade de realizar diferentes ângulos de ligação através de peças rotuladas e prevendo alguns elementos com comprimento ajustável, tornando assim o sistema o mais universal possível.

## Desenvolvimento do sistema

A METALUSA adota um sistema de Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI), de acordo com os princípios das normas NP 4457:2007, baseando-se num modelo de inovação, suportado por interfaces e interações entre o conhecimento científico e tecnológico e o conhecimento sobre a organização e o mercado.

Assim, com vista à concretização dos objetivos/requisitos específicos definidos acima o desenvolvimento assentou no seguinte faseamento:

- Análise do estado-da-arte e definição de requisitos técnicos;
- Definição dos elementos do sistema modular;
- Dimensionamento dos elementos e realização de desenhos técnicos;
- Conceção de protótipos;
- Ensaio e testes de validação
- Industrialização (produção piloto)

Tendo em consideração os objetivos do projeto, foi realizado o levantamento do estado de arte com enfoque no enquadramento do sistema a desenvolver, essencialmente dos diversos tipos e geometrias de sistemas de contenção de fachada e de torres de escoramento. Após a realização do levantamento do estado da arte, a equipa envolvida no projeto procedeu à análise, discussão e definição de especificações técnicas dos componentes do sistema.

Numa segunda fase esboçaram-se esquemas conceptuais (Figura 1) de forma a poder identificar os novos elementos e acessórios a desenvolver.

Procedeu-se ao dimensionamento inicial dos acessórios tanto por via analítica de acordo com o EN 1993-1-1

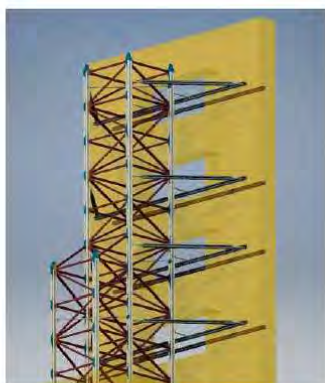


Figura 1. Esquema 3D conceptual

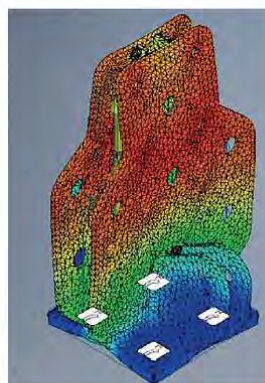


Figura 2. Análise de elementos finitos do elemento Sapata SHORFLEX® HD 2C

(Eurocódigo 3), como numérica e consequente definição geométrica e de materiais. A Figura 2 ilustra a análise de elementos finitos realizada para o elemento sapata.

Como ponto central do sistema surge o novo perfil principal “2C HD”. A sua geometria foi definida tendo em conta a ordem de grandeza expectável para as ações aplicadas relativas ao tipo de aplicações que se pretende para o sistema. Este perfil composto é obtido pela união de 2 perfis “C” em aço S355 galvanizado a quente dotados de perfuração longitudinal com o objetivo de aligeirar o perfil e permitir realizar facilmente ligações (Figura 3).

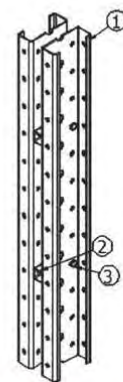


Figura 3. Perfil SHORFLEX® 2C HD

Os outros elementos desenvolvidos foram:

- Nó de ligação SHD 2C 700mm – permite unir troços dos elementos verticais e simultaneamente ligação às barras horizontais e barras diagonais na direção de maior inércia do 2C HD;
- Nó de ligação SHD 2C 450mm – permite criar ligações entre os perfis 2C HD e elementos horizontais ou diagonais na direção de maior inércia do 2C HD em qualquer zona dos elementos verticais;
- Nó lateral SHD 2C 420mm – permite criar ligação entre o perfil 2C HD e elementos horizontais ou diagonais na direção de menor inércia do 2C HD (direção paralela à fachada) em qualquer zona dos elementos verticais;
- Nó lateral SHD 2C 170mm – permite criar ligação entre o perfil 2C HD e elementos diagonais na direção de menor inércia do 2C HD na base dos elementos verticais;
- Sapata SHD 2C – permite ligar os elementos verticais à fundação em betão armado e simultaneamente a elementos horizontais ou diagonais na direção de maior e menor inércia do 2C HD;
- Adaptador SHD – Perflex – permite criar ligação cavilhada de elemento horizontal ao banzo do perfil 2C HD;
- Barra Reforçada e Diagonal Reforçada SHD – Elemento tubular com ponteira soldada para ligação cavilhada (permite vários ângulos);
- Barra horizontal e diagonal vertical SHD – Elemento tubular com ponteira soldada para ligação cavilhada (permite vários ângulos);

- Escora Estabilizadora Simples – composto por tubo central, fuso roscado TR38 e ponteira para ligação cavilhada;
- Perfil 2C e 2C+C+C extensíveis – composto por perfil 2C + C superior (alma aparafusada ao banzo superior do 2C) + C inferior (alma aparafusada ao banzo inferior do 2C) + ponteira regulável para perfil 2C (com furação para ligação cavilhada);
- Perfil 2C extensível – composto por perfil 2C + ponteira regulável para perfil 2C



Figura 4. Ensaio de tração da Sapata SHORFLEX® HD 2C

Após definição de todos os elementos, e definidos os desenhos técnicos foram realizados os protótipos para ensaios laboratoriais internos e em laboratórios externos para validação da conceção (Figura 4).

O SHORFLEX®, à semelhança do portfolio de produtos METALUSA, é produzido na Unidade Fabril de Albergaria-à-Velha, com recurso a tecnologia laser (Figura 5) e CNC, garantindo precisão e rigor dimensional.

Foram executados jigs para soldadura MIG robotizada dos diversos elementos, permitindo de forma rápida soldaduras contínuas e limpas. Durante todo o processo existe um acompanhamento pelo Departamento de Qualidade, assegurando o cumprimento dos requisitos técnicos, desde o controlo de matérias-primas e controlo dimensional das peças, até à verificação das ligações soldadas por recurso a ensaios mecânicos e líquidos penetrantes.

Para apoio aos projetistas e outros intervenientes no processo construtivo foi desenvolvido o Manual Técnico com desenhos, definições geométricas e de materiais, esforços resistentes, bem como instruções de montagem e desmontagem.



Figura 5. Equipamento de corte laser de tubos / perfis

## 📌 Caso de estudo

Com a crescente necessidade de reabilitação de edifícios em centros urbanos e com a demolição e renovação do seu interior é necessário recorrer a sistemas de contenção temporária de fachadas.

No presente caso prático em análise, sob ponto de vista funcional e de segurança estrutural, recorreu-se à utilização do sistema modular estrutural SHORFLEX® cuja função foi de contenção provisória das fachadas principais a preservação do edifício sito na Rua da Praia do Bom Sucesso, Lisboa (Figura 6), para a execução dos trabalhos de reabilitação e recuperação a realizar.



Figura 6. Localização do edifício em estudo

A razão da demolição parcial dos edifícios prende-se com o estado atual dos mesmos e com razões de ordem regulamentar. As paredes das fachadas principais do edifício em questão tiveram de ser mantidas, como tal foi executada uma estrutura de suporte metálica SHORFLEX® tipo pórtico fixa ao maciço de fundação em betão armado.

Após as paredes das fachadas principais estarem devidamente contidas, foi iniciado o processo de demolição parcial do edifício. Esta técnica construtiva tem-se tornado uma prática cada vez mais corrente, pois adapta o edifício a novas exigências funcionais, mantendo o seu carácter histórico, cultural e arquitetónico.

Na realização de um estudo de contenção de fachada são vários os pontos/dificuldades a ter em consideração. No presente caso fomos deparados com alguns desafios, um dos quais assenta na altura significativa de algumas fachadas a conter, sendo que a maior apresenta 17 m. Outros desafios constituem a limitação de ocupação de via pública em que para a implantação das torres o espaço disponível era limitado em algumas zonas e a ação do vento devido ao posicionamento geográfico do edifício ser nas proximidades da linha costeira.

# FOCUS

BUSINESS CONSULTING

**Designação**  
**Atividade**  
**Morada**  
**Telefone**  
**Website**  
**E-mail**

InFocus - Set & Start Focus, Lda  
Serviços de Consultoria e Formação  
Av. Cidade de Coimbra, n.º51 sala 3 Mealhada  
915 076 610 | 917 418 445  
[www.infocusbc.pt](http://www.infocusbc.pt) | [www.formacaoelearning.pt](http://www.formacaoelearning.pt)  
[geral@infocusbc.pt](mailto:geral@infocusbc.pt) | [formacao@infocusbc.pt](mailto:formacao@infocusbc.pt)

Somos uma empresa de consultoria e formação pr  
e administração de pequenas e médias empresas.

Como entidade formadora certificada pela DGERT, desenvolvemos planos de formação que vão ao encontro das necessidades da sua empresa, com o objetivo de desenvolver e aperfeiçoar as competências dos recursos humanos.

Principal missão o apoio à gestão



## Formação Profissional

Formação à medida - levantamento de necessidades e desenvolvimento de planos de formação

## Qualidade

Implementação, gestão e auditoria de Sistemas de Gestão da Qualidade

## Consultoria de Gestão

Gestão de Recursos Humanos  
Gestão Financeira e Contabilidade  
Projetos de Investimento  
Design Gráfico e Web Design  
Representações Comerciais  
Internacionalização  
Comunicação Organizacional

## Formação-ação para PME



### Temáticas

Implementação de sistemas de gestão/qualidade  
Indústria 4.0

**Financiado a 90%**

**Consulte-nos!**



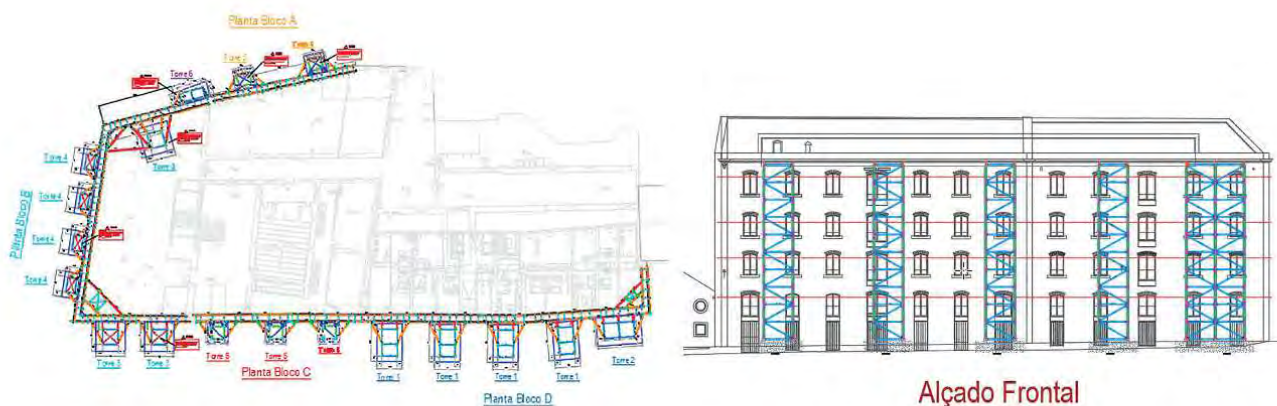


Figura 7. Implantação da estrutura e Alçado bloco D

A estrutura é constituída por 4 níveis de perfis horizontais duplos (Perfis PERFLEX®), contraventados entre si por barras horizontais e diagonais (PERFLEX®), bem como todas as peças de ligação e acessórios do sistema. Por cada nível/piso existe 2 perfis metálicos PERFLEX® que serão colocadas no interior e exterior da fachada, ligadas entre si através de barras DYWIDAG 15/17mm (nas aberturas existentes, janelas e portas), formando assim um bloco. A solução estrutural foi dividida em quatro blocos sendo que a disposição em planta das torres SHORFLEX® de acordo com a Figura 7.

As ações a que as estruturas de contenção estão sujeitas durante o período de tempo em que estas desempenham a função para as quais são concebidas, devem ser consideradas na altura do seu dimensionamento.

De acordo com a regulamentação vigente, complementada com as disposições presentes na Norma Europeia, para além das ações usualmente utilizadas em estruturas metálicas, foram também

consideradas a ação do desaprume da fachada como ação varável e a carga de impacto como ação acidental.

Ação desaprume da fachada: Considerou-se no dimensionamento 2,0% da carga vertical (paredes existentes do edifício), para ter em conta a ação horizontal provocada pelo desaprume ou barriga da fachada.

Carga de impacto – Tratando-se de intervenções com grande movimentação de materiais, veículos e equipamentos de elevação e suspensão a estrutura de contenção foi dimensionada de modo a suportar uma carga de impacto de 10 kN, atuando simultaneamente com a ação do vento no sentido desfavorável.

A análise estática e verificação da segurança deste sistema consistem nos seguintes pontos:

- Verificação da estrutura metálica, através da realização de um modelo de cálculo automático de acordo com a sua aplicação prática no local, o programa procede à classificação e verificação das secções metálicas, de acordo com o estipulado na norma EN 1993-1-1 (Eurocódigo 3);
- Determinação das reações a suportar pela fundação e dimensionamento das ancoragens de fixação das bases da estrutura metálica ao maciço de fundação (Figura 8).

Como critério de verificação estrutural, considerou-se um critério de deformação de  $h/500$ . Para monitorizar as deformações ao longo do decorrer da obra foram colocados alvos topográficos em pontos estratégicos da estrutura. (Figura 9)

A Figura 10 ilustra a montagem de toda a estrutura de contenção de acordo com os planos de montagem e definições técnicas das memórias de cálculo.



Figura 8. Fixação sapata ao maciço

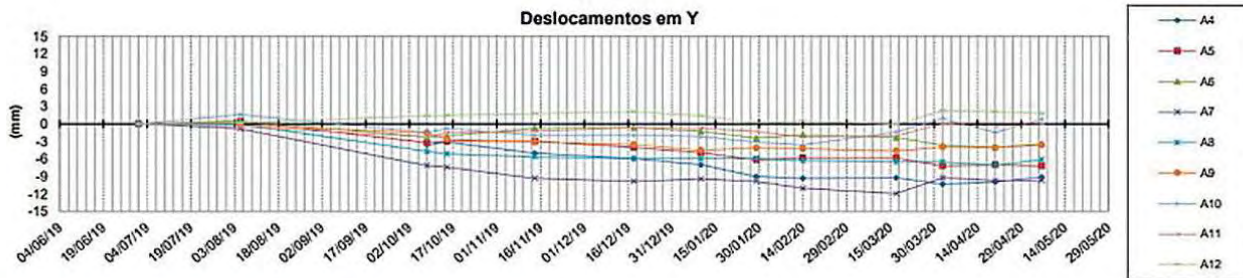


Figura 9. Exemplo de resultados obtidos dos alvos topográficos




Figura 10. Montagem das Torres SHORFLEX® HD

### Agradecimentos

Agradecemos às entidades envolvidas na execução da obra Rua da Praia do Bom Sucesso, 7-11, em particular à ABB Alexandre Barbosa Borges, S.A. e Systvertical – Systema Vertical de Engenharia, Lda. ■



Figura 11. Vista torres SHORFLEX® HD






# BLASQEM


**ESPECIALISTAS EM GRANALHAS, ABRASIVOS E EQUIPAMENTOS**

Micro Esferas de Vidro | Granalha de Vidro | Esferas Cerâmicas | Granalha de Aço Esférica DENSIMUM  
 Granalha de Aço CW | Granalha de Aço Angular | Abrasivos Plásticos  
 Granalha de Inox Esférica e Angular | Corindo Branco, Castanho e Reciclado | Garnet | Entre Outros...

Cabinas de Decapagem | Granalhadoras | Salas de Decapagem | Cubas de Decapagem  
 Equipamentos WETBLAST | Peças e Acessórios para todas as marcas  
 Manutenção e Assistência Técnica

Acessórios para Equipamentos de Corte por Jato de Água  
 Fios para Metalização | Limpeza Criogênica






**EQUIPAMENTOS E ABRASIVOS PARA O PÓS PROCESSAMENTO DE PEÇAS IMPRESSAS EM 3D**



**BLASQEM, Lda**  
 Centro Empresarial Castelo da Maia  
 Rua Manuel Assunção Falcão 481  
 4475-041 Maia - PORTUGAL

[www.blasqem.pt](http://www.blasqem.pt)  
 +351 221 450 070  
 info@blasqem.pt

**3D ADDITIVE EXPO**  
 Feira de Impressão 3D e Fabrico Aditivo  
 24 a 26 Setembro  
 Expositão - Batalha  
*Visite-nos!*