# Módulos de Alojamento Temporário
# Estado da arte e estudo de soluções

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Tiago João Caires Teixeira
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

UNIVERSIDADE da MADEIRA
A Nossa Universidade
www.uma.pt

setembro | 2013

UMa
Mód

T/M UMa
624
TEI Mód
Ex.1

72780

# Módulos de Alojamento Temporário
## Estado da arte e estudo de soluções

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Tiago João Caires Teixeira**
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

UNIVERSIDADE DA MADEIRA
SECTOR DE DOCUMENTAÇÃO
E ARQUIVO

ORIENTADOR
Lino Manuel Serra Maia

## RESUMO

A engenharia civil sempre foi responsável por criar soluções de alojamento nas mais diversas situações.

Ao longo deste trabalho, a realidade do alojamento temporário é estudada nos contextos das catástrofes naturais e campismo em festivais (tendo este último a maior preocupação), sendo feita uma descrição do modo como as pessoas costumam lidar com o alojamento temporário – de forma a entender quais os requisitos essenciais.

É efetuada uma análise ao enquadramento legal aplicável a soluções de alojamento temporário que vão além das simples tendas e são inventariadas as várias soluções atualmente prototipadas ou produzidas em série idealizadas para o contexto de alojamento em caso de catástrofes.

São apresentadas duas soluções de alojamento (uma em betão e outra em estrutura metálica) devidamente dimensionadas e ponderadas quanto à sua funcionalidade em festivais de Verão. No final, é feita uma comparação entre as melhores soluções já existentes e as duas soluções propostas, bem como um levantamento da opinião dos potenciais utilizadores através de um inquérito.

**Palavras-chave**: alojamento temporário, festivais de Verão, módulos de alojamento.

## ABSTRACT

The civil engineering has always been responsible for creating accommodation solutions in different situations.

Throughout this study, the reality of temporary accommodation is presented in the context of natural disasters and camping at festivals (being the last issue the greatest concern) and it's studied how people usually deal with temporary accommodation - in order to understand the essential requirements.

The legal framework applicable to temporary housing solutions that go beyond the simple tents is analyzed and the various existing solutions (prototyped or mass-produced) idealized for the context of accommodation in disasters are inventoried.

Two solutions (one in concrete and another in steel structure) properly designed and idealized for a great functionality in summer festivals are presented. At the end, it's done a comparison between the best existing solutions and the two proposed solutions, as well as a survey to collect the opinion of potential users of this kind of shelters.

**Keywords**: temporary housing, temporary accommodation, summer festivals, accommodation modules, temporary shelters.

# ÍNDICE

Resumo ..... i

Abstract ..... iii

Índice ..... v

Índice de Figuras ..... ix

Agradecimentos ..... xv

**1. Considerações Iniciais ..... 1**

1.1. Enquadramento e Motivação ..... 1

1.2. Objetivos ..... 3

1.3. Organização da Dissertação ..... 3

**2. Estado da Arte ..... 5**

2.1. Estudo dos requisitos de utilização ..... 5

2.1.1. Festivais de Verão ..... 5

2.1.2. Situações de Catástrofe ..... 8

2.2. Enquadramento Legal ..... 8

2.2.1. Segurança Estrutural ..... 9

2.2.2. Segurança Contra Incêndios ..... 10

2.2.3. Empreendimentos Turísticos ..... 10

2.3. Estudo das Soluções Existentes ..... 11

2.3.1. Dasparkhotel ..... 11

2.3.2. Paper Loghouse Project ..... 13

2.3.3. Global Village Shelter ..... 14

2.3.4. Clean Hub ..... 16

2.3.5. 4:10 House ..... 18

2.3.6. Protótipo Puertas ..... 20

2.3.7. Lightweight Emergency Shelter ..... 22
2.3.8. Recover Disaster Shelter ..... 23
2.3.9. Pallet House ..... 24
2.3.10. Über Shelter Project ..... 25
2.3.11. Diogene ..... 27
2.3.12. Solar Powered Flat Pack Refugee Shelters by IKEA ..... 29
2.3.13. Casas-Contentores ..... 34
2.3.14. Cabinas/Cápsulas de Alojamento ..... 37
2.3.15. Small Shelter ..... 40
2.3.16. Exo ..... 41

2.4. Acondicionamento de Carga em Transportes Rodoviários ..... 44

2.5. Arquitetura Bioclimática ..... 45

**3. Soluções Propostas ..... 49**

3.1. Módulo em Betão Branco Autocompactável Reforçado com Fibras de Aço ..... 52

3.1.1. Propriedades dos Materiais ..... 55
3.1.2. Ações ..... 56
3.1.3. Coeficientes de Segurança ..... 56
3.1.4. Esforços ..... 56
3.1.5. Tensão Máxima na Secção ..... 57
3.1.6. Momento de Fendilhação ..... 58
3.1.7. Ganchos de Elevação ..... 58
3.1.8. Procedimentos de Construção ..... 60
3.1.9. Verificação dos Requisitos ..... 61

3.2. Módulo em Estrutura Metálica ..... 65

3.2.1. Propriedades dos Materiais ..... 66
3.2.2. Ações ..... 66
3.2.3. Coeficientes de Segurança ..... 66
3.2.4. Modo de Funcionamento do Módulo ..... 66
3.2.5. Esforços ..... 68
3.2.6. Lajes de Piso ..... 69
3.2.7. Vigas de Piso ..... 70

3.2.8. Colunas ..... 73
3.2.9. Procedimentos de Construção ..... 75
3.2.10. Procedimentos de Montagem ..... 78
3.2.11. Verificação dos Requisitos ..... 82
3.3. Comparação com as Soluções Existentes ..... 84
3.3.1. Módulo em Betão Branco Autocompactável Reforçado com fibras de Aço ..... 84
3.3.2. Módulo em Estrutura Metálica ..... 85
3.4. Validação do Conceito ..... 85
3.4.1. Inquérito a Potenciais utilizadores ..... 85
3.4.2. Viabilidade Técnico-Económica ..... 86
**4. Considerações Finais ..... 87**
4.1. Conclusões Gerais ..... 87
4.2. Trabalhos Futuros ..... 88
**Referências Bibliográficas ..... 89**
**Anexo I – Elementos de Apoio do Módulo de Alojamento Temporário em Betão Branco Autocompactável Reforçado com Fibras de Aço Para 1 Pessoa ..... 93**
**Anexo II – Elementos de Apoio do Módulo de Alojamento Temporário em Betão Branco Autocompactável Reforçado com Fibras de Aço Para 2 Pessoas ..... 105**
**Anexo III – Elementos de Apoio do Módulo de Alojamento Temporário em Estrutura Metálica Para 2 Pessoas ..... 117**
**Anexo IV – Inquéritos ..... 123**

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Acampamento em festival (http://www.gooutdoors.co.uk/expert-advice/choosing-festival-tents) ..... 1

Figura 1-2. Acampamento após terramoto no Haiti em 2010 (Han Deryk/Reuters 17/01/2010) ..... 2

Figura 2-1. Acampamento tradicional em festival de Verão (http://www.fenther.net/aftershow/sw10/sw10.html) ..... 5

Figura 2-2. Vista exterior da manilha de betão adaptada (http://www.dasparkhotel.net/rooms/) .... 11

Figura 2-3. Esquema do alojamento (adaptado de http://www.dasparkhotel.net/rooms/) ..... 12

Figura 2-4. a) Vista do abrigo Paper Loghouse Project; b) Pormenor das fundações (http://www.designboom.com/history/ban_paper.html) ..... 13

Figura 2-5. Abrigo GVS instalado sobre blocos de betão e barrotes (http://openarchitecturenetwork.org/node/234/workspace/2617/511/0) ..... 14

Figura 2-6. Operação de montagem das paredes sobre a base do módulo (http://openarchitecturenetwork.org/node/234/workspace/2617/511/0) ..... 15

Figura 2-7. a) Vista geral do módulo Clean Hub; b) Pormenor da extensibilidade do módulo (http://openarchitecturenetwork.org/projects/456) ..... 17

Figura 2-8. Vista do exterior do abrigo modular 4:10 House (http://edificecomplex.tumblr.com/post/21219095203/so-aware-4-10-house-by-bruce) ..... 18

Figura 2-9. Pormenores do mobiliário amovível do chão e radiador natural (http://edificecomplex.tumblr.com/post/21219095203/so-aware-4-10-house-by-bruce) ..... 19

Figura 2-10. Vista do Protótipo Puertas (http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/03/05/prototipo-puertas-vivienda-de-emergencia-para-casos-catastroficos-cubo-arquitectos/) ..... 20

Figura 2-11. Vista explodida do Protótipo Puertas (http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/03/05/prototipo-puertas-vivienda-de-emergencia-para-casos-catastroficos-cubo-arquitectos/) ..... 21

Figura 2-12. Modo de montagem do abrigo (http://www.igreenspot.com/wp-content/uploads/lightweight-shelter2.jpg) ..... 22

Figura 2-13. Recover Disaster Shelf (http://www.yankodesign.com/2008/08/29/disaster-survivors-choose-giant-accordian-tm/) ..... 23

Figura 2-14. Vista de um abrigo Pallet House (http://www.i-beamdesign.com/projects/refugee/refugee.html) ..... 24

Figura 2-15. Modo de instalação do Über Shelter (adaptado de http://www.tuvie.com/uber-shelter-an-emergency-shelter-in-disastrous-events/#more-763) ..... 25

Figura 2-16. Pormenores da utilidade dos níveis incorporados e prumos telescópicos (adaptado de http://www.tuvie.com/uber-shelter-an-emergency-shelter-in-disastrous-events/#more-763) ..... 26

Figura 2-17. a) Vista exterior; b) Vista interior da casa minimalista Diogene (http://www.designboom.com/architecture/renzo-pianos-micro-home-diogene-installed-on-vitra-campus/) ..... 27

Figura 2-18. a) Pormenores dos vários compartimentos de arrumação; b) Vista explodida da microcasa (http://www.gizmag.com/renzo-piano-micro-home-diogene/27923/) ..... 28

Figura 2-19. Esquema da estrutura do abrigo (http://www.wired.com/design/2013/07/ikeas-innovative-new-refugee-shelter/#slideid-153904) ..... 30

Figura 2-20. Esqueleto metálico do abrigo (Karlsson, 2013) ..... 31

Figura 2-21. Solicitações atuantes na estrutura (Karlsson, 2013) ..... 32

Figura 2-22. Pormenores de ligações entre elementos estruturais (Karlsson, 2013) ..... 33

Figura 2-23. Maquete virtual de habitação em contentor marítimo (http://www.mobilereliefsolutions.com) ..... 34

Figura 2-24. a) Vista exterior geral e b) entrada do abrigo SPACE (http://www.ecofriend.com/space-solar-powered-shipping-container-to-provide-mobile-shelter.html)..... 34

Figura 2-25. a) Transporte de um módulo Snoozebox em camião; b) Vista interior do módulo (http://www.mysnoozebox.com/home/index.html#flexible-solutions)..... 35

Figura 2-26. a); b) Diferentes configurações dos aldeamentos Snoozebox (http://www.mysnoozebox.com/home/index.html#flexible-solutions)..... 35

Figura 2-27. Vista de um quarto do hotel Sleeping Around (http://www.sleepingaround.eu/concept.asp?taal=en)..... 36

Figura 2-28. Esqueleto estrutural de um contentor marítimo (adaptado de http://www.ecocontainerhome.com/wp-content/uploads/2011/02/4_1_Shipping-Container_Primary_Structural_Components_01.jpg)..... 36

Figura 2-29. Quarto Yotel no aeroporto London Gatwick (http://edition.cnn.com/2012/06/19/travel/airport-microhotels)..... 38

Figura 2-30. Vista exterior de dois módulos Napcabs (http://edition.cnn.com/2012/06/19/travel/airport-microhotels)..... 38

Figura 2-31. Vista interior de uma cabina Sleepbox (http://edition.cnn.com/2012/06/19/travel/airport-microhotels)..... 38

Figura 2-32. Vista interior e explodida do abrigo temporário em PVC (http://www.arcoweb.com.br/especiais/opera-prima-2009-veja-os-11-08-2009.html)..... 39

Figura 2-33. Módulos Small Shelter (http://www.designbuzz.com/small-shelter-offers-instant-refuge-during-emergencies/)..... 40

Figura 2-34. Vista exterior dos módulos Exo (http://www.gizmag.com/reaction-exo-emergency-housing/22726/)..... 41

Figura 2-35. Capacidade de interconexão entre módulos Exo (http://www.gizmag.com/reaction-exo-emergency-housing/22726/)..... 42

Figura 2-36. Modo de instalação dos módulos Exo (http://www.reactionhousingsystem.com/)..... 42

Figura 2-37. Esquema de utilização dos módulos Exo (http://www.reactionhousingsystem.com/).... 42

Figura 2-38. Esqueleto metálico dos módulos Exo (http://www.reactionhousingsystem.com/)..... 43

Figura 2-39. Vista da estrutura dos módulos Exo (http://www.reactionhousingsystem.com/)..... 43

Figura 2-40. Contentores marítimos de 20' e 40'..... 44

Figura 2-41. Variação do ângulo da luz solar ao longo do ano..... 46

Figura 2-42. Sistema de ventilação natural por condutas subterrâneas (Monteiro, 2011)..... 47

Figura 2-43. Exemplo de sombreamento com árvore de folha caduca ..... 47

Figura 3-1. Vista frontal em perspetiva do módulo de alojamento temporário em betão autocompactável reforçado com fibras ..... 52

Figura 3-2. Pormenor da sobreposição dos módulos de betão ..... 53

Figura 3-3. a) Corte transversal estrutural do módulo para 1 pessoa; b) Corte transversal estrutural do módulo para 2 pessoas..... 54

Figura 3-4. a) Configuração dos módulos segundo alinhamentos retos..... 55

Figura 3-5. Configuração dos módulos segundo "aldeias"..... 55

Figura 3-6. Vista explodida do módulo de alojamento temporário em betão autocompactável reforçado com fibras ..... 61

Figura 3-7. Vista interior do módulo de betão ..... 62

Figura 3-8. Vista exterior de agrupamentos de módulos de alojamento em betão ..... 62

Figura 3-9. Vista posterior em perspetiva do módulo de alojamento temporário em betão autocompactável reforçado com fibras ..... 63

Figura 3-10. Vista em planta de grupamento-tipo de módulos ..... 64

Figura 3-11. Vista frontal em perspetiva do módulo de alojamento temporário em estrutura metálica ..... 65

Figura 3-12. Módulos de alojamento temporário metálicos sobrepostos ..... 68

Figura 3-13. Exemplo de consulta de catálogo de grelhas estruturais ..... 70

Figura 3-14. Pormenor da secção transversal das vigas de piso (a=b=50 mm; e=4 mm) ..... 70

Figura 3-15. Bloco metálico de canto ..... 73

Figura 3-16. Vista explodida do módulo metálico com enumeração das peças ..... 75

Figura 3-17. Mecanismo de bloqueio entre painéis tipo “fechadura de ferrolho” ..... 77

Figura 3-18. Três partes constituintes do módulo metálico ..... 78

Figura 3-19. Desdobramento do primeiro painel lateral ..... 78

Figura 3-20. Desdobramento do segundo painel lateral ..... 79

Figura 3-21. Desdobramento do painel do alçado posterior ..... 79

Figura 3-22. Desdobramento do painel do alçado principal ..... 80

Figura 3-23. Colocação do piso no módulo (simples assentamento) ..... 80

Figura 3-24. Colocação da cobertura no módulo (simples assentamento) ..... 81

Figura 3-25. a) Finalização da montagem dos módulos; b) Repetição do processo ..... 81

Figura 3-26. Pormenor da sobreposição de módulos metálicos ..... 82

## AGRADECIMENTOS

A Deus

Ao Professor Lino Maia, por se ter mostrado disponível e interessado em orientar-me nesta tese. Pelo seu bom senso, pragmatismo e amizade. Pelo facto de me fazer ver que a Engenharia Civil é uma área bastante abrangente.

À minha família, em especial à minha mãe ao meu irmão mais novo. Por tudo.

Ao Professor Paulo Lobo, pela disponibilidade em expressar a sua opinião acerca das soluções idealizadas por mim. Pelo contacto que me facultou.

Ao Professor Paulo França, pelo seu tempo em elucidar-me sobre alguns aspetos técnicos do módulo de betão.

Ao departamento de fiscalização da Câmara Municipal do Funchal – onde a minha busca pela legislação aplicável às estruturas temporárias começou.

Ao núcleo de segurança contra incêndios da Proteção Civil da Madeira, pela informação sobre legislação que me facultou.

Ao Rodrigo Silva, testemunho vital com experiência na construção de abrigos temporários no Haiti e organização de festivais de Verão.

Ao amigo e colega Roberto Cassiano, pela paciência e detalhe nas modelações a três dimensões – sem as quais esta tese perderia muito brio.

A todos os colegas, amigos e menos conhecidos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste meu trabalho.

Funchal, Setembro de 2013

Tiago João Caires Teixeira – tcairesteixeira@gmail.com

Não te esqueças de agradecer Àquele que te deu um dia tão bom,
e de pedir que guarde a ti e aos teus amigos e familiares.

Quem quer, faz.
Quem não quer, arranja desculpa.

# 1

# CONSIDERAÇÕES INICIAIS

## 1.1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

Desde sempre, a Engenharia Civil esteve inerente a uma das mais básicas necessidades da Humanidade: alojamento/habitação. Assim sendo, os engenheiros civis têm por missão desenvolver soluções de alojamento que se adaptem a cada realidade que as pessoas vivenciem.

As realidades de alojamento em festivais de Verão e em situações de catástrofes que causem desalojamentos generalizados merecem, pois, uma séria reflexão no sentido de oferecer condições de habitabilidade mais dignas, com custo e uma pegada ecológica sensata; integrando a tríade conceptual do desenvolvimento sustentável: sociedade, economia e ambiente.

Atualmente, os festivais de Verão, que se prolongam por vários dias, disponibilizam áreas (descampados) para os festivaleiros instalarem as suas tendas. Isto obriga ao transporte e montagem de tendas por parte dos próprios utilizadores, resultando em acampamentos desorganizados (ver Figura 1-1). Entre as principais desvantagens contam-se o péssimo isolamento térmico das tendas tradicionais de lona/poliéster (situação que se faz sentir logo pelo início da manhã, com o levantar do sol), situações de furto de equipamentos guardados no interior das tendas e a própria obrigação do transporte/montagem/desmontagem/transporte das tendas.

Figura 1-1. Acampamento em festival (http://www.gooutdoors.co.uk/expert-advice/choosing-festival-tents)

Outra realidade que obriga à instalação de alojamentos temporários corresponde às grandes catástrofes que destroem os edifícios de habitação como tempestades, sismos, *tsunamis*, furacões, tornados, erupções vulcânicas, cheias e deslizamentos de terras. Atualmente, existem mais de 45 milhões de pessoas refugiadas e desalojadas (Tan, 2013).

No caso do Haiti, devastado por um terramoto em Janeiro de 2010, a população criou abrigos improvisados com recurso a paus, pneus e têxteis ou lonas (ver Figura 1-2). Estas condições de precariedade e fragilidade agudizaram situações de violência sexual (Euronews, 2011) e, com a chegada da estação das chuvas e furacões, bem como a falta de saneamento, conduziram os haitianos a uma maior vulnerabilidade (Iavelberg, 2010).

Figura 1-2. Acampamento após terramoto no Haiti em 2010 (Han Deryk/Reuters 17/01/2010)

Além dos festivais e situações de desalojados devido a grandes calamidades, o conceito de módulos de alojamento é relevante no contexto de grandes aglomerações de pessoas em aeroportos (em épocas de condições meteorológicas adversas ou greves), acampamentos militares e população sem-abrigo.

Urge, portanto, conceptualizar soluções de alojamento/abrigo temporário que sejam de fácil transporte, rápida montagem/desmontagem, incombustíveis, laváveis e que garantam condições aceitáveis de comportamento térmico e acústico.

O facto de começarem a aparecer iniciativas muito pontuais de oferta de melhores condições de alojamento em festivais (canalsuperior.pt, 2012) e de ter visto a ideia de negócio dos alojamentos para festivais ser apresentada num curso intensivo de empreendedorismo serviram de estímulo a estudar esse conceito, quiçá servindo de base a um futuro projeto comercial.

## 1.2. OBJETIVOS

Este trabalho visa:

1. Fazer um levantamento da realidade do alojamento em festivais/eventos no exterior e em situações de catástrofes que provoquem desalojamentos generalizados;
2. Estudar as soluções de alojamento temporário atualmente existentes;
3. Propor várias soluções de alojamento temporário, classificando-as quanto à sua viabilidade técnica e económica.

Apesar de este trabalho também se debruçar à temática do alojamento emergencial pós-desastre, será dado maior enfoque à realidade do alojamento em festivais.

## 1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A fim de se cumprirem os objetivos propostos, organizou-se a presente dissertação em duas grandes partes: estado da arte do alojamento temporário e estudo de soluções.

Assim, o estado da arte corresponde ao segundo capítulo e compreende o estudo dos fenómenos que conduzem à necessidade de alojamento temporário, a análise do enquadramento legal aplicável a estruturas de alojamento temporário e a listagem das melhores soluções de abrigo atualmente existentes ou em fase de protótipo.

Compreendido o fenómeno de alojamento temporário em festivais de Verão – garantindo o cumprimento da legislação em vigor e inspirando-se nas soluções já existentes, passa-se à parte do estudo e proposta de soluções que corresponde ao terceiro e quarto capítulos.

No terceiro capítulo, são apresentadas duas versões de módulos de alojamento temporário: uma em betão autocompactável reforçado com fibras e outra em estrutura metálica. Aí também é explicado o modo de funcionamento dos módulos, as razões que levaram a desenhá-los dessa forma e a sequência de montagem do módulo.

No quarto capítulo, é explicada a reação dos potenciais utilizadores deste tipo de módulos face à sua breve apresentação.

Finalmente, no quinto capítulo, são realizadas as conclusões acerca deste trabalho e descritas algumas orientações para futuras investigações nesta área.

# 2

# ESTADO DA ARTE

## 2.1. ESTUDO DOS REQUISITOS DE UTILIZAÇÃO

Os módulos de alojamento, ainda que com características específicas, devem oferecer condições de segurança estrutural e conforto dignas, quer se destinem a festivais de Verão ou campos de refugiados.

De seguida, explanar-se-ão os requisitos que os módulos deverão colmatar para cada realidade: festivais de Verão e situações de catástrofe.

### 2.1.1. FESTIVAIS DE VERÃO

Atualmente, as condições de estadia são a principal razão de queixa dos festivais de Verão. Nesses eventos, é permitida a montagem de tendas em locais designados para esse fim, sendo utilizados como dormitório desde a madrugada (quando acabam as atuações musicais) até ao início da tarde. Após esse período – e dado o imenso calor que se faz sentir no seu interior, os ocupantes passam a estar no seu exterior empenhados na preparação e consumo de refeições ligeiras e atividades de lazer (ver Figura 2-1).

Figura 2-1. Acampamento tradicional em festival de Verão (http://www.fenther.net/aftershow/sw10/sw10.html)

Sendo um objetivo deste trabalho propor soluções de alojamento com melhores condições, foi elaborado um inquérito (que consta no Anexo IV) e divulgado junto de alunos universitários e comunidades de festivaleiros portugueses, com vista ao levantamento das reais condições de estadia nos festivais de Verão. Tendo uma amostra de 380 inquiridos representativos de todo o país, seguem-se as conclusões apuradas:

- Classe de idades preponderante: 20 a 24 anos;
- Percentagem de festivaleiros que acampam em festivais: 77%;
- Principais razões para os festivaleiros não acamparem na área destinada a esse fim:
    - Poucas condições de conforto e segurança;
    - Proximidade à zona de residência;
    - Proximidade a parques de campismo com melhores condições.
- Bens usualmente transportados para o festival:
    - Tenda;
    - Saco-cama;
    - Colchão;
    - Dinheiro;
    - Roupa, toalha e calçado;
    - Bebidas e comida não perecível;
    - Artigos de higiene (papel higiénico, desodorizante, champô, dentífrico, escova de dentes), repelente para insetos e protetor solar;
    - Telemóvel;
    - Máquina fotográfica;
    - Lanterna (de mão e de tenda);
    - Fogão portátil;
- Ocupação média por tenda: 2 a 4 pessoas;
- Principais aspetos negativos que os acampamentos tradicionais apresentam:
    - Necessidade de transportar e montar;
    - Furtos de bens guardados no interior das tendas;
    - Falta de luz artificial;
    - Sobreaquecimento do ar interior da tenda sob exposição solar;

  - Mau isolamento sonoro;
  - Permeabilidade à água;
  - Pouco espaço dentro das tendas para pessoas, roupa e comida;
  - Disposição desorganizada das tendas (dificultando acesso e localização);
  - Sobrelotação da área destinada ao campismo;
  - Ausência de local de carregamento de baterias de telemóveis;
  - Acumulação de lixo;
  - Intrusão de insetos e répteis nas tendas;
  - Propagação de odores desagradáveis junto a wc;
  - Insuficiência/inexistência de zonas de refeição para campistas;
  - Insuficiência/inexistência de zonas de sombra;
  - Inexistência de estendais para secar roupa/toalhas;
  - Pouco conforto generalizado;
- Estratégias para minimizar esses aspetos negativos:
  - Escolha de um local plano à sombra, limpeza de detritos e instalação da tenda;
  - Uso de cadeados nos fechos das tendas;
  - Criar pequenos ajuntamentos de tendas entre pessoas conhecidas;
  - Num agrupamento de tendas, reservar uma tenda apenas para guardar roupa e comida;
  - Utilização de carregadores de telemóvel solares portáteis;
- Serviços que deveriam existir ou ser otimizados:
  - Maior quantidade de wc e chuveiros;
  - Maior frequência de limpeza de wc e chuveiros;
  - Maior quantidade de fontes de água potável;
  - Maior quantidade de seguranças nas zonas de campismo;
  - Maior quantidade de pontos de carregamento de dispositivos eletrónicos;
  - Existência de um minimercado com venda de comida mais caseira (além dos habituais hambúrgueres e cachorros quentes);
  - Existência de cozinhas/grelhador/frigoríficos/cacifos comunitários;
  - Existência de mais zonas de sombra.

### 2.1.2. SITUAÇÕES DE CATÁSTROFE

De acordo com (Silva, 2013), que já integrou a organização de diversos festivais de música em Portugal e dedicou cerca de 18 meses à construção de abrigos temporários e sanitários secos no Haiti após o terramoto em Janeiro de 2010, importa reter que:

- Tendo sido devastada a maioria dos edifícios, foi urgente criar soluções de alojamento temporário (muitas das quais ainda perduram até hoje);
- Esses abrigos provisórios foram construídos com materiais rudimentares e disponíveis em abundância (tábuas de madeira, folhas de zinco, pneus e lonas);
- Os abrigos tinham ocupação unifamiliar, sendo habitados por uma família constituída, em média, por 5 pessoas (casal + 3 filhos);
- Estas habitações improvisadas eram utilizadas fundamentalmente para dormir, à noite; sendo que, durante o dia, as mulheres e crianças de tenra idade ficavam no interior ou nas redondezas das mesmas e os indivíduos de sexo masculino trabalhavam ou procuravam mantimentos fornecidos por ONG. Além da função de dormitório, estes refúgios serviam como local de preparação e consumo de refeições – no seu exterior, junto à entrada;
- Estes abrigos eram preferidos em relação às tendas dos acampamentos das ONG, uma vez que dada a fragilidade das lonas – aliada ao caráter corrupto dos guardas, eram frequentes os casos de roubos e violações sexuais.

## 2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL

Uma das primeiras preocupações da elaboração desta dissertação foi a averiguação da legislação que estes módulos de alojamento temporário deveriam respeitar. Por um lado, parece óbvio que qualquer solução proposta deverá garantir a segurança estrutural preconizada nos Eurocódigos. Por outro lado, parece insensato exigir os mesmos requisitos (entre outros, de comportamento térmico e acústico) dos edifícios a estes módulos.

Dada esta indecisão sobre a legislação aplicável – perfeitamente normal num conceito inovador como este, foram consultadas várias entidades com competência na matéria a fim de obter o seu parecer.

De seguida, transcreve-se o *e-mail* proveniente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC):

«Relativamente à questão colocada ao LNEC referente às exigências regulamentares a impor a estruturas de alojamento temporário referidas no seu e-mail - tendas, *teepees* e *bungallows* - usados em parques de campismo e edificadas isoladamente, a opinião deste Laboratório Nacional é de que estas construções não devem ser sujeitas às exigências fixadas diretamente na regulamentação nacional para as edificações utilizadas com carácter de permanência, nomeadamente no que se refere ao comportamento térmico e ao isolamento acústico.

Deverá contudo ter-se em consideração a necessidade de proceder a uma verificação simplificada da regulamentação nacional no que se refere à segurança estrutural e à verificação do cumprimento das disposições pertinentes estabelecidas na regulamentação sobre segurança contra incêndio, em especial se estas construções possuírem, nomeadamente, zonas destinadas à confeção de alimentos e ao aquecimento ambiente ou de água.

Salienta-se ainda que estas construções devem satisfazer a legislação nacional relativa ao regime jurídico da instalação, exploração e funcionamento dos empreendimentos turísticos [Decreto-Lei n.º 39/2008, de 7 de Março].

Pedro Pontífice de Sousa
Investigador Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil»

Assim, foram consultadas as regulamentações mencionadas e implícitas e tiradas as ilações a seguir descritas.

### 2.2.1. SEGURANÇA ESTRUTURAL

Com vista a proceder a uma verificação simplificada à segurança estrutural, esta deve:

- Obedecer aos princípios do Eurocódigo 0 – Bases para o projeto de estruturas (IPQ, 2009);
- Quantificar ações de acordo com o Eurocódigo 1 - Ações em Estruturas, Parte 1-1: Ações gerais (IPQ, 2009) e com uma norma específica para estruturas temporárias, tendas e sua segurança (IPQ, 2009);
- Ser verificada de acordo com o Eurocódigo 2 - Projeto de estruturas de betão, Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios (IPQ, 2010) (versão dos módulos em betão), Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço, Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios (IPQ, 2010) e Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço, Parte 1-8: Projeto de ligações (IPQ, 2010) (versão dos módulos em estrutura metálica).

### 2.2.2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

A segurança contra incêndios em edifícios (SCIE) deve ser verificada em conformidade com:

**Regime Jurídico SCIE**

O regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios (Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro - regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios, 2008) estabelece no Capítulo II Art. 8.º as utilizações-tipo (UT) de edifícios e recintos, pelo que os módulos de alojamento temporário enquadram-se no Tipo VII "hoteleiros e restauração" e pelo Art. 10.º como local de risco E (locais de dormida caraterizados pela presença de pessoas com boas capacidades de mobilidade e perceção). Além disso, este decreto-lei, no seu Anexo III Quadro VI, também estipula os critérios de avaliação do risco para atribuição de categoria à UT pelo que, aos módulos objeto de estudo nesta dissertação, corresponderá a 1.ª categoria de risco.

**Disposições Técnicas SCIE:**

As disposições técnicas gerais e específicas de segurança contra incêndios em edifícios (Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro - As disposições técnicas gerais e específicas de segurança contra incêndios em edifícios, 2008) determinam – para o tipo de estruturas em questão e respetivas utilização-tipo e categoria de risco – a existência de uma via de acesso para viaturas de combate a incêndios com largura útil não inferior a 3,5 m (Art. 4.º); uma resistência ao fogo padrão mínima de elementos estruturais de REI 30 (Art. 15.º Quadro IX); e medidas de autoproteção exigíveis tais como registos de segurança, plano de prevenção, procedimentos em caso de emergência e ações de sensibilização e formação em SCIE (Art. 198.º).

### 2.2.3. EMPREENDIMENTOS TURÍSTICOS

O regime jurídico da instalação, exploração e funcionamento dos empreendimentos turísticos (Decreto-Lei n.º 39/2008, de 7 de Março - O regime jurídico da instalação, exploração e funcionamento dos empreendimentos turísticos, 2008) serve de complemento à legislação acima referida.

Ainda que a determinação da tipologia de empreendimento turístico na qual os módulos de alojamento temporário se possam enquadrar (Art. 4.º) seja ambígua, é obrigatória a emissão de licença de utilização por parte da câmara municipal competente no local em que os mesmos sejam instalados.

O conjunto de legislação referido e sumariamente apresentado neste capítulo será alvo de uma nova análise e tomado em conta no momento de idealização dos módulos de alojamento temporário.

## 2.3. ESTUDO DAS SOLUÇÕES EXISTENTES

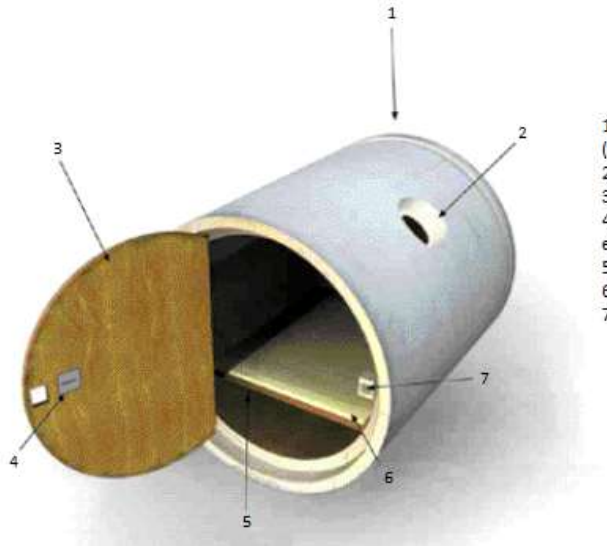
Depois de conhecidas as condições das soluções de alojamento normalmente disponíveis – e às quais se pretende apresentar soluções alternativas, é do maior interesse conhecer os vários projetos desenvolvidos recentemente que se enquadram neste conceito. Como tal, será feita uma descrição de cada um deles, indicando os seus aspetos positivos e negativos.

### 2.3.1. DASPARKHOTEL

Da autoria do artista austríaco Andreas Strauss, consiste num projeto turístico em que o alojamento é assegurado em manilhas de betão devidamente adaptadas e que abre portas de Maio a Outubro (ver Figura 2-2).

Figura 2-2. Vista exterior da manilha de betão adaptada (http://www.dasparkhotel.net/rooms/)

As manilhas de betão são adquiridas a produtores de pré-fabricados de betão, tendo 3 m de comprimento, 2,4 m de diâmetro e 11,5 toneladas (dasparkhotel.net, 2013). De seguida, é executada uma abertura que serve de claraboia, são instaladas várias componentes que lhes conferem a utilidade de alojamento e colocado um tampo de fundo e uma porta (ver Figura 2-3). De referir que a abertura da porta é efetuada através de um código recebido por telemóvel aquando da reserva e o preço da estadia é estipulado pelo hóspede.




1. Aberturas de ventilação na parede traseira em cima e em baixo (Ø= 15cm);
2. Claraboia;
3. Porta com h= 2,10m;
4. Fechadura da porta (mecânica no interior, eletrónica/chave especial através do exterior);
5. Tomada de eletricidade (220V);
6. Colchão higiénico com espuma retardadora de fogo (e= 2cm);
7. Teclado da fechadura eletrónica.

Figura 2-3. Esquema do alojamento (adaptado de http://www.dasparkhotel.net/rooms/)

Apesar do aspeto exterior grosseiro, cada quarto tem uma cama de casal, candeeiro, tomada elétrica e espaço de arrumos ao lado e debaixo da cama. As casas de banho, chuveiros e café são disponibilizados numa área exterior sob a forma de serviço comunitário.

Estruturalmente, os módulos consistem num simples problema de flexão em que para maiores diâmetros correspondem maiores espessuras das manilhas, sendo o comprimento normalizado a 2 m, 3 m e 4 m. O momento fletor longitudinal atuante pode ser resistido com uma estrutura em betão armado (através da utilização de malhas eletrossoldadas), betão simples ou betão reforçado com fibras de aço – conforme regulamentado pela NP EN 1916 – Anexo D (IPQ, 2010).

**Principais aspetos positivos:**

- Aproveitamento de uma estrutura base vulgar;
- Durabilidade do módulo.

**Principais aspetos negativos:**

- Elevado peso;
- Impossibilidade de redução de volume (para efeitos de transporte).

### 2.3.2. PAPER LOGHOUSE PROJECT

Da autoria do arquiteto japonês Shigeru Ban (Vieira & Tobias, 2009), este projeto surgiu na sequência do terramoto que ocorreu em Kobe no ano de 1995 e foi redesenhado mais tarde para se adequar ao clima e cultura da Turquia (aquando de um terramoto em 1999). As paredes são constituídas por tubos de cartão ocos e a cobertura é plástica e preenchida com restos de papel para garantir isolamento térmico. Os abrigos têm uma área de 18 $m^2$ e têm fundações feitas de grades de bebidas reforçadas com sacos de areia – criando um espaço entre o solo e o abrigo, o que evita intrusão de águas de escorrência e animais (ver Figura 2-4).

Figura 2-4. a) Vista do abrigo Paper Loghouse Project; b) Pormenor das fundações (http://www.designboom.com/history/ban_paper.html)

O telhado e o teto são mantidos separados durante o Verão para permitir circulação de ar e juntos durante o Inverno para evitar perdas de calor.

Em termos estruturais, este abrigo não foi resultado de cálculos de dimensionamento, mas de experiência empírica. Todavia, uma análise estrutural simples permite concluir que:

- As principais solicitações atuantes na cobertura são o vento e a neve (se existir);
- As paredes absorvem o esforço axial (proveniente da cobertura) e momento fletor (devido à atuação de forças horizontais) – pelo que a um incremento de cargas atuantes e altura da parede deverá corresponder uma maior espessura das mesmas (pressupondo que são construídas com o mesmo material);
- Não tendo sido possível aferir o material utilizado no pavimento, mas fazendo valer-se das imagens disponíveis, a base deverá ser constituída por uma série de pranchas assentes em barrotes de madeira. Sendo as "fundações" constituídas por grades plásticas com sacos de areia, estas permitem que o abrigo assente no solo sem haver encastramento.

**Principais aspetos positivos:**

- Facilidade de reciclagem, transporte e acomodação;
- Disponibilidade de tubos de cartão em diversos diâmetros e espessuras, permitindo variantes nas versões dos abrigos.

**Principais aspetos negativos:**

- Fragilidade da estrutura a ventos fortes;
- Má resistência ao fogo (se não for aplicado produto que lhe aumente a proteção);
- Permeabilidade à água das paredes (se não for aplicado produto que lhe confira a proteção).

### 2.3.3. GLOBAL VILLAGE SHELTER

Da autoria dos arquitetos Daniel Ferrara e Mia Ferrara-Pelosi, este projeto de abrigo para situações de emergência nasceu em 2001 e foi posto em prática aquando da necessidade de alojamento de milhares de pessoas após a passagem dos furacões Ivan e Emily em 2005 na ilha caribenha de Granada, tendo sido utilizado, posteriormente, em diversos outros territórios do globo, tais como Paquistão, Honduras e várias regiões dos Estados Unidos da América. Consiste numa estrutura leve dobrável reforçada com perfis de ligação da cobertura às paredes e das paredes ao solo (GVS, 2013) – ver Figura 2-5.

Figura 2-5. Abrigo GVS instalado sobre blocos de betão e barrotes (http://openarchitecturenetwork.org/node/234/workspace/2617/511/0)

Estão disponíveis duas versões: uma com cerca de 6 $m^2$ e outra com 20 $m^2$ de área interior.

Relativamente à versão mais pequena, esta apresenta uma porta e duas janelas, altura interior variável entre 1,55 m e 2,43 m, composta por uma armação de folha de polipropileno extrudido com 13 mm de espessura, resistente a raios UV, conforme a norma ASTM E84 com a classificação "A" *(Method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials*), desempenho normal no intervalo de temperatura -65°C a 140°C, 77 kg de massa e é montável em 15 minutos por 2 pessoas com o auxílio de ferramentas simples. Este módulo possui 1 porta (com fechadura dos dois lados), 2 janelas (com painel acrílico removível), permite o alojamento a 4 pessoas, apresenta uma durabilidade que ronda os 12 meses e um custo de produção de $550 (flutuante conforme os preços dos materiais).

Cada módulo é fornecido em duas peças (cobertura e base), fazendo-se acompanhar de uma caixa (91 cm x 25 cm x 30 cm) que contém dez estacas de ancoragem, cordão, lonas, martelo, perfis de remate para o telhado e manual de instruções. Estas duas peças (base e cobertura) são fornecidas dobradas.

A operação de montagem destes abrigos inicia-se com a colocação da base (constituída por pranchas e que servirá de pavimento) sobre o terreno, depois a estrutura que compõe as várias paredes do módulo é desdobrada (ver Figura 2-6) e finalmente é colocada a cobertura – tendo o cuidado de selar as juntas com os perfis de remate e mangas plásticas de impermeabilização.

Figura 2-6. Operação de montagem das paredes sobre a base do módulo
(http://openarchitecturenetwork.org/node/234/workspace/2617/511/0)

Estruturalmente, as maiores solicitações são as que provêm do exterior (vento, neve ou colisões). As paredes resistem ao esforço axial de compressão (proveniente da cobertura) e às forças horizontais (vento ou pequenas colisões), sendo que a estrutura só ganha a rigidez necessária quando são instalados pequenos perfis metálicos no topo das paredes (para instalação da cobertura). Uma forma

de aumentar a resistência dos módulos a ações horizontais seria através da implementação de pequenas calhas metálicas interligadas entre si e perpendiculares às linhas de dobragem das paredes – supondo que estas estão rigidamente conectadas à base, impossibilitando o seu derrubamento. Quanto ao piso, se for aplicado diretamente sobre o terreno, este apenas tem de resistir ao esforço de compressão decorrente da utilização do módulo e apresentar uma boa resistência ao desgaste; se for aplicado sobre travessas de madeira e pedras, as pranchas de madeira deverão possuir resistência à flexão e ao esforço transverso e deformabilidade aceitável.

**Principais aspetos positivos:**

- Facilidade de montagem e reutilização;
- Diminuição do volume do abrigo para efeitos de transporte.

**Principais aspetos negativos:**

- Fragilidade da estrutura a ventos fortes;
- Adoção de materiais combustíveis;
- Baixa durabilidade.

### 2.3.4. CLEAN HUB

Em muitas situações em que são instalados abrigos provisórios como resposta à necessidade urgente de alojamento, essas estruturas mantêm-se em utilização durante vários anos – o que conduz a quadros crónicos de más condições de habitabilidade e salubridade. A pensar nesta realidade, surgiu o projeto *Clean Hub* – que consiste em módulos de alojamento familiares portáteis autossustentáveis (em termos de eletricidade, água potável e saneamento) e duráveis por vários anos.

Projetado num contentor marítimo, o *Clean Hub* (ver Figura 2-7) pode ser fabricado, transportado e instalado em qualquer local do mundo numa questão de dias. Esta solução de alojamento dispõe de um painel fotovoltaico, bateria elétrica, um depósito de água com capacidade superior a 16 $m^3$, um sistema de captação de águas pluviais, filtragem de água (filtros cerâmicos e osmose inversa), e sanitários compostáveis.

Figura 2-7. a) Vista geral do módulo Clean Hub; b) Pormenor da extensibilidade do módulo (http://openarchitecturenetwork.org/projects/456)

O projeto Clean Hub possibilita o alojamento de pequenas aldeias através da utilização de vários módulos (contentores marítimos adaptados) com funções específicas (dormitórios, refeitórios, sanitários, etc). O conceito foi pensado para populações de até 150 pessoas - número ideal de indivíduos numa sociedade estável (openarchitecturenetwork.org, 2013). Além disso, este módulo de alojamento, através dos seus sanitários compostáveis, é capaz de produzir matéria orgânica fertilizante, sendo, assim, um agente catalisador para uma realidade sustentável.

O Clean Hub é fruto da imaginação de estudantes de arquitetura da Universidade de Minnesota e foi primeiramente utilizado em Nova Orleães (Estados Unidos da América) após o furacão Katrina, mas tem recebido inúmeras encomendas de ONG (organizações não governamentais) interessadas em módulos com funções específicas (maternidades, enfermarias, centros comunitários, teatros móveis, etc).

O custo de um módulo adaptado com dormitório, casa de banho, área de lazer, painel fotovoltaico, sistema de captação de águas pluviais e saneamento ronda os $15,000.

Estruturalmente, os contentores estão dimensionados segundo o Eurocódigo 3 – Estruturas Metálicas (IPQ, 2010) em que os módulos são constituídos por oito vigas (delimitando o contorno da base e do topo), quatro colunas compostas por perfis retangulares e múltiplas vigas transversais no piso compostas por perfis em “U” que resistem a esforços de flexão, esforço transverso e compressão. O dimensionamento dos contentores marítimos é explanado com maior exatidão no capítulo 2.3.13 desta dissertação.

**Principais aspetos positivos:**

- Aproveitamento de um recurso abundante em todo o mundo – contentores marítimos;
- Solução chave na mão – específica para uma certa necessidade de utilização;
- Elevada durabilidade da estrutura;
- Caráter sustentável.

**Principais aspetos negativos:**

- Impossibilidade de diminuição do volume do abrigo para efeitos de transporte – ainda que existam soluções com área ligeiramente extensível;
- Elevado custo de produção.

### 2.3.5. 4:10 HOUSE

O projeto 4:10 House é um abrigo modular construído em OSB[1] e um tecido vinílico (edificecomplex.tumblr.com, 2013). A sua estrutura consiste numa série de perfis em "C" com dimensões de 4 pés (1,22 m) de altura (na zona da curva) por 10 pés (3,05 m) de comprimento que podem ser facilmente adicionados de modo a criar soluções de alojamento com dimensões *à la carte* (ver Figura 2-8). Todas as peças que constituem estes módulos são leves e permitem a montagem de um módulo familiar (pensado para 4 pessoas) em menos de 5 horas.

Figura 2-8. Vista do exterior do abrigo modular 4:10 House
(http://edificecomplex.tumblr.com/post/21219095203/so-aware-4-10-house-by-bruce)

[1] OSB (oriented strand board) é um produto comercial composto por múltiplas camadas de pequenas tiras de madeira orientadas de forma perpendicular aplicadas a alta temperatura/pressão e recorrendo a resinas.

A parede da fachada sul é constituída por lâminas móveis que permitem controlar a luminosidade. O piso do módulo possibilita o armazenamento debaixo do mesmo e contém móveis desmontáveis (mesas e cadeiras). Na parede da fachada norte, existem camas de beliche dobráveis. O abrigo possui, igualmente, prateleiras móveis (feitas com paletes de madeira) com garrafas de água que têm a função de absorver calor durante o dia e irradiá-lo durante a noite (ver Figura 2-9).

Figura 2-9. Pormenores do mobiliário amovível do chão e radiador natural (http://edificecomplex.tumblr.com/post/21219095203/so-aware-4-10-house-by-bruce)

Um dos principais objetivos dos mentores deste abrigo modular foi a sua adaptabilidade a diferentes climas. Sendo as paredes exteriores constituídas fundamentalmente por tecido vinílico, o isolamento térmico constituiu um problema a ter em conta. Assim, os autores do projeto optaram pela utilização de embalagens de amendoins usadas (revestidas por película de alumínio) nas paredes frontal e traseira – aumentando o conforto face a ventos frios.

Este projeto visou igualmente uma produção relativamente barata, leveza dos materiais (para facilitar o transporte e montagem) e garantir um conforto razoavelmente aceitável. Uma vez que este abrigo foi pensado para substituir as tradicionais tendas nos campos de refugiados, este não possui instalações de casa de banho, cozinha ou qualquer tipo de canalização, visto que os campos de refugiados costumam ter instalações centrais comunitárias (Johnson, 2008).

Em termos estruturais, o esqueleto é composto pela sucessão de perfis arredondados que resistem ao seu peso próprio, cobertura, vento e neve (eventualmente) e mantêm os módulos erguidos, absorvendo, assim, esforços de flexão composta. A base é formada por um conjunto de pranchas de

madeira assentes na parte inferior dos perfis, pelo que deverão resistir a esforços de flexão e corte decorrentes da utilização dos módulos.

**Principais aspetos positivos:**

- Bom conforto térmico;
- Leveza dos materiais;
- Redução do volume em transporte.

**Principais aspetos negativos:**

- Relativa fragilidade estrutural face a ventos fortes;
- Instruções de montagem disponibilizadas em texto – problema resolúvel através de encaixes com cores iguais;
- Módulos compostos por muitas peças – o que aumenta a probabilidade de extravio.

### 2.3.6. PROTÓTIPO PUERTAS

Da autoria dos arquitetos Pelayo Fernández, Daniel Soffia e Nicolás Venegas do Escritório Cubo (Chile), este protótipo foi idealizado para constituir um abrigo familiar em situações de desastres naturais, melhorando as condições de habitabilidade em relação às soluções convencionais e recorrendo a materiais vulgares em todo o mundo – prescindindo, assim, de empresas prefabricadoras (ver Figura 2-10). Para o piso, são utilizadas paletes de madeira e placas OSB; para as paredes, são usadas portas de madeira; para a cobertura, são empregues placas de OSB, portas e lona; e, para as janelas, empregou-se plástico bolha (García, 2010). Ao todo, são utilizadas 36 portas – sendo o elemento mais comum e daí o nome do projeto.

Figura 2-10. Vista do Protótipo Puertas (http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/03/05/prototipo-puertas-vivienda-de-emergencia-para-casos-catastroficos-cubo-arquitectos/)

Este abrigo – que está em exposição na Faculdade de Arquitetura da Universidade Central do Chile – tem uma área de 14,2 $m^2$, o tempo médio de montagem é de 8 horas (com uma equipa de 7 pessoas) e de desmontagem é de 45 minutos. Já a sua duração prevista é de 3 meses (Vieira & Tobias, 2009).

O abrigo é constituído por dois habitáculos separados: um com a função de dormitório e outro como zona de estar. Sobre ele, existe uma lona que garante sombreamento e ventilação por convecção.

A Figura 2-11 apresenta uma vista explodida do abrigo.

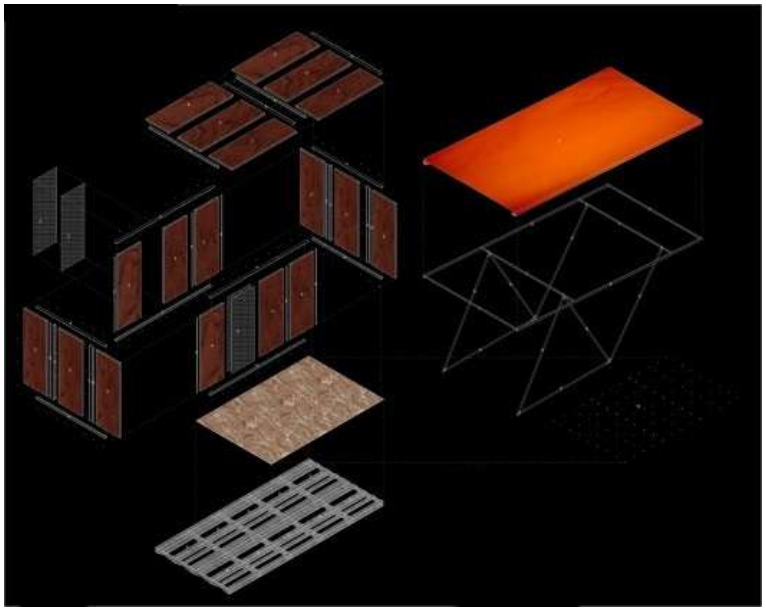


Figura 2-11. Vista explodida do Protótipo Puertas (http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/03/05/prototipo-puertas-vivienda-de-emergencia-para-casos-catastroficos-cubo-arquitectos/)

Em termos de estabilidade, este módulo consiste num esqueleto composto por perfis metálicos tubulares que absorvem os esforços provenientes da cobertura e ações horizontais, uma prancha de OSB que resiste à flexão e corte atuantes no pavimento e um estrado de madeira que absorve os esforços axiais de compressão totais do módulo.

**Principais aspetos positivos:**

- Leveza das peças constituintes;
- (Re)utilização de materiais vulgares.

**Principais aspetos negativos:**

- Relativa fragilidade estrutural face a ventos fortes;
- Montagem morosa e não intuitiva.

### 2.3.7. LIGHTWEIGHT EMERGENCY SHELTER

Da autoria de Patrick Wharram e vencedor do concurso DESIGN 21 em 2007 (design21sdn.com, 2013), este é um abrigo expansível, leve e de fácil montagem. É constituído por uma armação de alumínio envolta em poliéster reciclado (ver Figura 2-12). A sua capacidade de alojamento ronda as 6 a 8 pessoas.

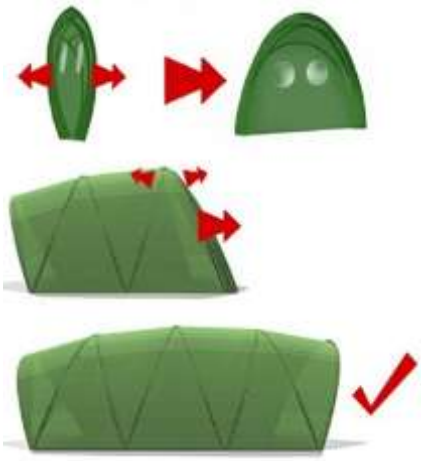


Figura 2-12. Modo de montagem do abrigo (http://www.igreenspot.com/wp-content/uploads/lightweight-shelter2.jpg)

Uma vez que o peso próprio da estrutura é desprezável e assenta diretamente sobre o solo, esta apenas tem de resistir aos esforços da envolvente exterior (vento e neve) através dos arcos metálicos.

**Principais aspetos positivos:**

- Abrigo leve;
- Composto por uma só peça;
- Drástica redução de volume em transporte;
- Montagem extremamente fácil;
- Possibilidade de ser produzido em grande escala;
- Reduzido impacte ambiental.

**Principais aspetos negativos:**

- Fragilidade estrutural a ventos fortes;
- Vulnerabilidade a incêndios;
- Facilidade de Intrusão por rasgo da membrana plástica.

### 2.3.8. RECOVER DISASTER SHELTER

Este abrigo é uma criação de Matthew Malone, pode alojar uma família de quatro pessoas durante um mês e é montável por uma só pessoa em poucos minutos (Burns, 2008). Pode ser configurado em diversos formatos e associado a outros abrigos (ver Figura 2-13), aumentando a sua área. É composto por polipropileno (100% reciclável) e completamente atóxico, não libertando gases nocivos para os seus ocupantes nem contaminando água – que pode ser recolhida devido ao formato em fole da cobertura.

Figura 2-13. Recover Disaster Shelf (http://www.yankodesign.com/2008/08/29/disaster-survivors-choose-giant-accordian-tm/)

Este abrigo é composto por uma membrana frágil, pelo que os esforços (necessários para manter o módulos erguido) são totalmente absorvidos pelos tirantes cravados no terreno. Em situação de serviço, a membrana deverá apresentar resistência à pressão exercida pelo vento e as zonas de amarração dos tirantes na membrana deverão ser reforçadas a fim de evitar rasgos.

**Principais aspetos positivos:**

- Abrigo leve;
- Composto por uma só peça;
- Drástica redução de volume em transporte;
- Montagem extremamente fácil.

**Principais aspetos negativos:**

- Vulnerabilidade a ventos fortes e incêndios;
- Facilidade de intrusão por rasgo da membrana plástica.

### 2.3.9. PALLET HOUSE

Vencedor de uma menção honrosa numa competição de *design* de alojamentos para refugiados no Kosovo, o projeto Pallet House é um abrigo construído com paletes de madeira (ver Figura 2-14). A utilização de paletes facilita a produção, uma vez que é um recurso bastante comum e barato em todo o mundo e permite a sua reutilização. Um abrigo 3 m x 6 m consome cerca de 80 paletes e custa $500 (Vieira & Tobias, 2009).

Figura 2-14. Vista de um abrigo Pallet House (http://www.i-beamdesign.com/projects/refugee/refugee.html)

As paletes permitem, igualmente, uma grande variedade de configurações dos abrigos e, mediante adição de outros elementos construtivos, é possível adaptá-los a diferentes climas e aumentar a sua durabilidade.

Estruturalmente, a cobertura (formada por paletes e pranchas de madeira) deste abrigo tem de resistir às ações vento, neve e eventual acesso de pessoas; as paredes têm de resistir à compressão (oriunda da cobertura) e a ações horizontais; e o piso resistir ao esforço axial de compressão, momentos fletores e esforço transverso decorrentes da utilização do abrigo. Adicionalmente, é necessário atentar às verificações de segurança (corte e/ou tração) no que diz respeito às ligações – garantidas através da utilização de pregos e tábuas.

**Principais aspetos positivos:**

- Utilização de paletes – recurso bastante acessível e reutilizável/reciclável;
- Configurável em diversos formatos.

**Principais aspetos negativos:**

- Construção morosa e exige o uso de ferramentas (ainda que simples);
- Vulnerabilidade a incêndios.

### 2.3.10. ÜBER SHELTER PROJECT

Da autoria de Rafael Smith (designer industrial) e Josh Messmer (engenheiro civil), este é o primeiro projeto de abrigo em estrutura rígida e com vários pisos. O abrigo Über é feito de materiais recicláveis e reutilizáveis, podendo ser criados duas ou três divisões em cada módulo (ubershelter, 2013). Na Figura 2-15, é explanado o seu modo de instalação.

Figura 2-15. Modo de instalação do Über Shelter (adaptado de http://www.tuvie.com/uber-shelter-an-emergency-shelter-in-disastrous-events/#more-763)

Os mentores deste projeto afirmam que, além de providenciar alojamento, este abrigo visa contribuir com um toque mais pessoal em relação às soluções convencionais (Alter, 2008).

O projeto arrancou com as seguintes premissas:

- Facilmente transportável e dobrável;
- Utilizar materiais reciclados e poder ser reutilizado;
- Montagem fácil, exigindo poucas ou nenhumas ferramentas;
- Poder ser utilizado como estrutura básica, mas ter a capacidade de melhorar e implementar equipamento extra (painéis fotovoltaicos, iluminação, fogão compacto, frigorífico, etc);
- Empilhável.

Os abrigos são transportados dobrados para viabilizar o transporte via terrestre e aérea. Todos os componentes dos módulos são armazenados no interior dos mesmos na sua posição dobrada. Chegados ao local de implantação, são facilmente instalados. Quando já não sejam necessários, podem voltar a ser dobrados, transportados e reinstalados noutro local.

Na base da estrutura que compõe cada módulo, estão incorporados níveis que permitem a verificação da horizontalidade da estrutura – quer para efeitos de montagem do abrigo quer para averiguação do nivelamento ao longo do tempo de serviço. Para manter essa horizontalidade, os módulos são providos de prumos metálicos telescópicos, permitindo a adaptação a qualquer tipo de relevo do terreno.

Além disso, o *Über Shelter* apresenta soluções estruturais de proteção contra ventos fortes e excesso de sobrecarga: tirantes ancorados no solo e tesouras de andaimes – que conferem contraventamento aos elementos metálicos verticais. A Figura 2-16 ilustra os pormenores dos níveis e reforços estruturais.

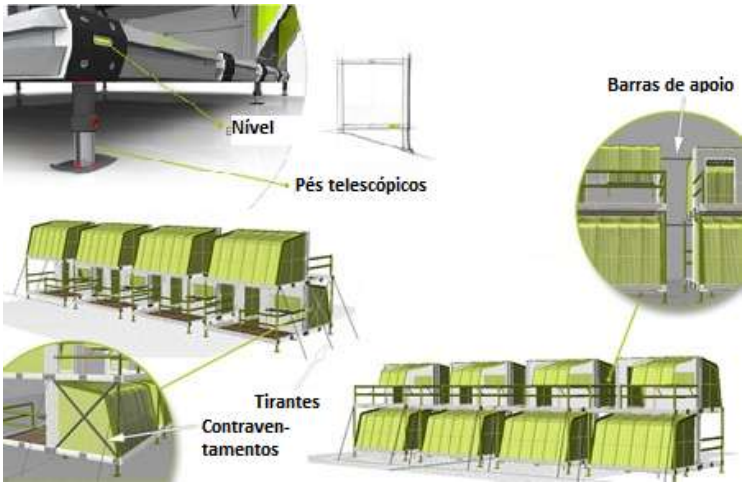



Figura 2-16. Pormenores da utilidade dos níveis incorporados e prumos telescópicos (adaptado de http://www.tuvie.com/uber-shelter-an-emergency-shelter-in-disastrous-events/#more-763)

A sequência de encaminhamento de cargas é a seguinte: lajes, vigas e colunas. Assim, o carregamento resultante da utilização dos módulos é primeiramente absorvido pelos painéis que servem de piso, depois esse carregamento é transferido para as vigas metálicas e, em seguida, para as colunas (recebendo estas as cargas do piso em causa e dos superiores) até ao solo. Desta forma, o esqueleto estrutural dos módulos deve respeitar a filosofia estrutural preconizada no Eurocódigo 3, servindo-se, caso necessário, de perfis de contraventamento e tirantes fixos ao solo.

**Principais aspetos positivos:**

- Capacidade de dobragem e extrema redução de volume para efeitos de transporte;
- Elevada facilidade de montagem;
- Aproveitamento do solo em altura através da sobreposição dos módulos;
- Caráter portátil e reutilizável.

**Principais aspetos negativos:**

- Custo relativamente alto;
- Vulnerabilidade ao fogo.

### 2.3.11. DIOGENE

O conceito de habitações minimalistas sempre fascinou o arquiteto italiano Renzo Piano. Em parceria com a marca de mobiliário suíça Vitra, desenvolveu uma microcasa (ver Figura 2-17) com apenas 7,5 $m^2$ (3 m x 2,5 m) e 2,3 m de altura (na cumeeira), mas garantindo as condições essenciais de habitabilidade e conforto (Borgobello, 2013).

Figura 2-17. a) Vista exterior; b) Vista interior da casa minimalista Diogene (http://www.designboom.com/architecture/renzo-pianos-micro-home-diogene-installed-on-vitra-campus/)

Assim, a casa contempla uma zona de estar (com mesa dobrável, cadeiras, sofá cama e caixas de armazenamento embutidas), sanitário compostável, chuveiro e uma pequena *kitchenette* (com pia e frigorífico).

O que faz este módulo ser extremamente funcional é a quantidade de espaço de armazenamento à custa dos inúmeros compartimentos embutidos nas paredes, piso e cobertura. Além disso, cada componente que constitui o módulo foi projetado de forma ergonómica para garantir a mínima ocupação de espaço e facilidade de utilização (ver Figura 2-18).

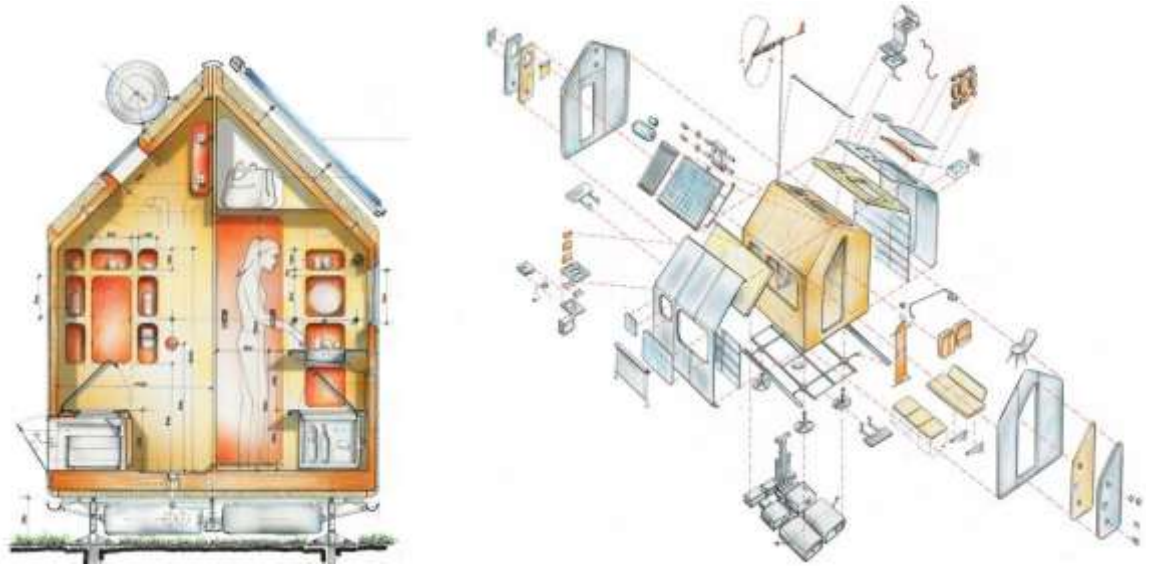


Figura 2-18. a) Pormenores dos vários compartimentos de arrumação; b) Vista explodida da microcasa (http://www.gizmag.com/renzo-piano-micro-home-diogene/27923/)

A estrutura do protótipo Diogene é de madeira e revestida a alumínio (por razões de isolamento térmico), permitindo um bom nível de conforto quer em ambientes frios quer em ambientes quentes. A estrutura de madeira é composta por painéis de madeira laminada colada cruzada (CLT) revestidos com uma capa fina de alumínio que fortalece a estrutura e reflete o calor.

A cobertura é equipada com um painel solar térmico, respetivo tanque e um painel fotovoltaico. Estes equipamentos permitem o abastecimento de água quente e eletricidade suficiente para as lâmpadas LED, fogão elétrico compacto e pequeno frigorífico. As águas pluviais são recolhidas e armazenadas em compartimentos localizados debaixo do piso da casa. A água é depois filtrada, bombada e utilizada no chuveiro ou cozinha.

Além disso, todo o módulo possui isolamento térmico que permite uma temperatura interior aconchegante no Inverno e fresca no Verão. A cabine apresenta vidros triplos com persianas rolantes (mesmo na grande claraboia).

Estruturalmente, a cobertura deve resistir às ações vento, neve e peso próprio (com todos os equipamentos inerentes), as paredes devem resistir ao esforço axial de compressão originário da cobertura e a ações horizontais (vento ou pequenas colisões), o piso deve ter resistência suficiente para não se deformar aquando da sua utilização, o estrado metálico deve resistir à flexão e ao corte provenientes de toda a estrutura, e os pés metálicos ajustáveis devem resistir à compressão sem que haja punçoamento no solo – daí a existência da saliência dos pés junto ao solo (aumentam a área em contato e, por conseguinte, reduzem a tensão).

**Principais aspetos positivos:**

- Integração das condições mínimas de habitabilidade e bom nível de conforto;
- Oferta de produto "chave na mão" (dispensa montagem);
- Caráter sustentável (consequente da incorporação de sistemas de aquecimento de águas sanitárias, produção de energia elétrica e recolha de água pluvial).

**Principais aspetos negativos:**

- Habitação projetada para uma só pessoa;
- Custo elevado;
- Não redução de volume para efeitos de transporte.

### 2.3.12. SOLAR POWERED FLAT PACK REFUGEE SHELTERS BY IKEA

Fruto de uma parceria entre a Fundação IKEA (Farrell, 2013), a UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees) e *designers* da RHU (Refugee Housing Unit), este projeto visava, à partida, preencher dois requisitos:

- Ponderação das necessidades de milhões de pessoas desalojadas que vivem em diferentes regiões, culturas e climas;
- Produção racional em que idealmente apenas haveria uma solução.

A ONU estima que, atualmente, cerca de 3,5 milhões de pessoas habitem em campos de refugiados, sendo o tempo médio de estadia de 12 anos - período de tempo demasiado longo para que as soluções de alojamento das habituais tendas de lona sejam aceitáveis (Stinson, 2013).

Ainda em fase de prototipagem, o abrigo (ver Figura 2-19) promete ser bem melhor que as tendas convencionais: um único *design* retangular composto por quatro painéis de Rhulite – um polímero concebido especificamente para este projeto.

Figura 2-19. Esquema da estrutura do abrigo (http://www.wired.com/design/2013/07/ikeas-innovative-new-refugee-shelter/#slideid-153904)

O polímero apresenta durabilidade suficiente para resistir a ambientes agressivos, apresenta um peso baixo que torna rentável o seu transporte e é opaco ao ponto de as luzes interiores não criarem sombras nas paredes do abrigo, ou seja, sem que seja revelado o que se passa no seu interior.

Cada abrigo demora cerca de 4 horas a ser montado, o que é lento quando comparado com as tradicionais tendas (cerca de 1 hora), mas, ao contrário destas, não requer ferramentas (como marretas). Os abrigos são constituídos por painéis de Rhulite, armação em tubos metálicos e juntas metálicas. Apresentam uma área de 17,5 $m^2$, pesam 70 kg, foram idealizados para alojar cinco pessoas e devem durar, pelo menos, três anos.

Outras mais-valias deste abrigo são o facto de vir equipado com um painel fotovoltaico (capaz de abastecer uma lâmpada e uma porta USB e um tecido com revestimento metálico de sombreamento colocado sobre a cobertura que arrefece o módulo durante o dia e retém o calor durante a noite. Por outro lado, para manter os custos de produção baixos, as portas e janelas não têm fechadura que permita trancá-las.

Atualmente, cada abrigo é capaz de ser vendido por $7500, mas a IKEA prevê baixar esse montante para $1000 – cerca do dobro do valor de uma tenda de campos de refugiados.

Cerca de cinquenta protótipos estão a ser testados em campos de refugiados no Iraque, Líbano e Etiópia com o objetivo de registar aspetos que possam ser melhorados.

Visto este ser o primeiro grande projeto de abrigos para alojamento temporário em contexto de campos de refugiados com alto potencial de produção em massa a baixos preços, segue-se uma descrição técnica (Karlsson & Kanter, 2013) mais exaustiva que decerto irá ser uma mais-valia para a fase de proposta de soluções (Capítulo 3 – Soluções Propostas).

Estrutura

O esqueleto estrutural (ver Figura 2-20) é constituído por uma armação de tubos metálicos circulares em aço galvanizado, não requer quaisquer ferramentas para a sua montagem e a sua durabilidade mínima prevista é de 10 anos.

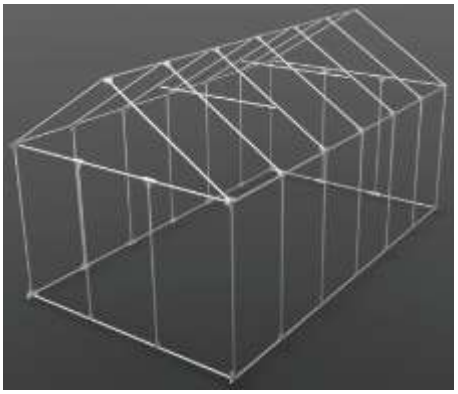


Figura 2-20. Esqueleto metálico do abrigo (Karlsson, 2013)

Painéis

Os painéis de Rhulite apresentam:

- Bom nível de isolamento acústico e térmico;
- Alta resistência a raios Ultra Violeta;
- Atoxicidade;
- Propriedades antifúngicas;
- Propriedades que retardam a ação do fogo;
- Possibilidade de permitirem reciclagem e reutilização.

Energia

Cada abrigo dispõe de um painel fotovoltaico que alimenta uma lâmpada e porta USB (podendo servir como ferramenta de carregamento de dispositivos eletrónicos.

A manta sobreposta à cobertura reflete 70% da energia incidente, reduzindo a temperatura interior durante o dia e as perdas de calor durante a noite. Além disso, esta rede de sombreamento irá aumentar a longevidade dos painéis de Rhulite.

Solicitações

Na Figura 2-21, são quantificadas as ações e modelo de cálculo do abrigo.

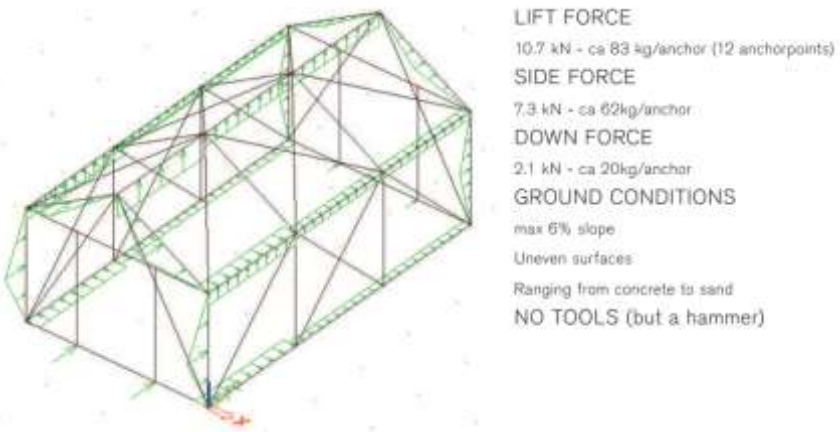



Figura 2-21. Solicitações atuantes na estrutura (Karlsson, 2013)

Instalação

O tempo de instalação de cada módulo ronda as 4 horas, é feito com o auxílio de um martelo e compreende uma série de etapas. Sumariamente, o processo de instalação consiste nos seguintes passos:

- Implantação do abrigo em planta, encaixando os vários perfis metálicos que compõem o esqueleto estrutural (ver Figura 2-22);
- Solidarização dessa estrutura ao solo por meio de ancoragens, cravando-as no solo com o auxílio de um martelo ou marreta e amarrando-as aos doze pés da base do módulo;
- Instalação das várias componentes não estruturais (painéis das paredes, cobertura, lâmpada, etc).

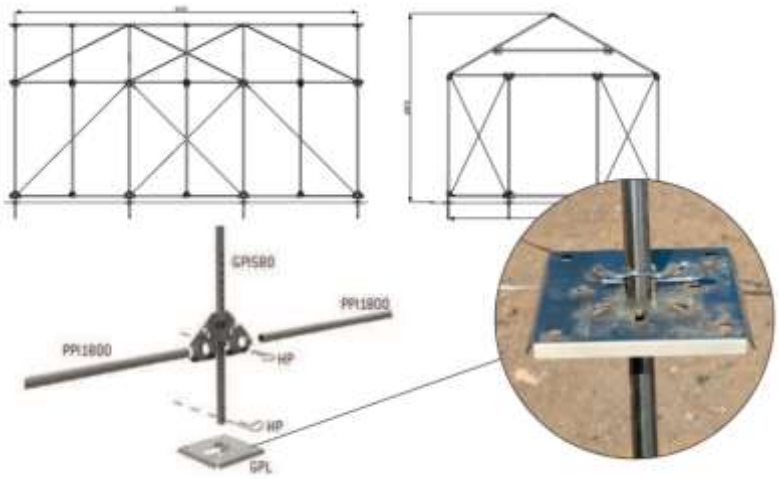



Figura 2-22. Pormenores de ligações entre elementos estruturais (Karlsson, 2013)

O esqueleto metálico resiste a esforços de compressão, flexão e corte e deve verificar a filosofia de dimensionamento preconizada no Eurocódigo 3 (IPQ, 2010). Além disso, todos os painéis de Rhulite que compõem as diversas fachadas bem como a membrana do piso devem possuir resistência adequada à utilização esperada e respetivo desgaste.

**Principais aspetos positivos:**

- Redução de volume para efeitos de transporte;
- Leveza da estrutura;
- Durabilidade mínima expectável de 3 anos;
- Integração das condições mínimas de habitabilidade e bom nível de conforto;
- Aproveitamento de *know-how* adquirido por organizações com experiência comprovada no contacto com desalojados e produção de mobiliário facilmente montável por qualquer pessoa.

**Principais aspetos negativos:**

- Módulos constituídos por imensas peças o que aumenta a probabilidade de extravio;
- Elevado tempo de montagem e desmontagem não prevista para a reutilização;
- Custo (ainda) elevado;
- Impossibilidade de sobreposição dos módulos.

### 2.3.13. CASAS-CONTENTORES

São vários os projetos que transformam simples contentores marítimos em módulos de habitação. Independentemente do conceito e fim a que se destinam, os projetos fazem valer-se da vulgaridade e durabilidade dos contentores metálicos e adaptam-nos de acordo com as suas necessidades (ver Figura 2-23).

Figura 2-23. Maquete virtual de habitação em contentor marítimo (http://www.mobilereliefsolutions.com)

O SPACE é um abrigo temporário móvel energeticamente autossustentável através da incorporação de painéis fotovoltaicos e baterias (ver Figura 2-24). Outras mais-valias deste abrigo consistem no seu reduzido impacte ambiental e versatilidade para poder ser utilizado para outras finalidades.

Figura 2-24. a) Vista exterior geral e b) entrada do abrigo SPACE (http://www.ecofriend.com/space-solar-powered-shipping-container-to-provide-mobile-shelter.html)

A Snoozebox é uma empresa britânica que se dedica à instalação e exploração de hotéis temporários essencialmente em eventos desportivos (corridas de motos, automóveis e fórmula 1). Em cerca de 48h, a empresa monta todas as instalações necessárias para conferir um nível de conforto perfeitamente comparável a um hotel de gama média. Os módulos de alojamento são compostos por contentores marítimos devidamente adaptados e transportáveis por terra, água ou ar (ver Figura 2-25a)).

Cada contentor com 40 pés (12,19 m) de comprimento pode acolher três ou quatro quartos, sendo que cada um é equipado com camas e/ou beliches, TV, sistema de segurança contra incêndios, duche e uma pequena zona de estar (ver Figura 2-25b)).

Figura 2-25. a) Transporte de um módulo Snoozebox em camião; b) Vista interior do módulo (http://www.mysnoozebox.com/home/index.html#flexible-solutions)

O carácter modular dos contentores permite uma versatilidade no que diz respeito à configuração dos aldeamentos, facilitando a adaptação às exigências de cada cliente (ver Figura 2-26). O número mínimo de quartos em cada aldeamento é de 40 e a estadia mínima é de 3 dias, a fim de tornar o empreendimento economicamente viável. Já o preço do alojamento ronda os €90/noite.

Figura 2-26. a); b) Diferentes configurações dos aldeamentos Snoozebox (http://www.mysnoozebox.com/home/index.html#flexible-solutions)

A empresa Sleeping Around também instala hóteis móveis em que cada "módulo" é constituído por seis contentores marítimos:

- Quatro têm a função de quartos de dormir (ver Figura 2-27);
- Um tem a finalidade de restaurante/lounge;
- Um tem a finalidade de sauna.

Figura 2-27. Vista de um quarto do hotel Sleeping Around (http://www.sleepingaround.eu/concept.asp?taal=en)

Os contentores marítimos são maioritariamente fabricados na China e podem estar em serviço durante 20 a 30 anos por todo o mundo. Por vezes, não é rentável enviar contentores vazios de volta, criando avultados amontoados de contentores abandonados em vários portos. É aí que a Sleeping Around entra em ação, pois esta instituição apenas utiliza este tipo de contentores (greensavers.sapo.pt, 2013).

Em termos estruturais, os contentores marítimos são construídos em aço e dimensionados de acordo com o Eurocódigo 3 (IPQ, 2010), sendo constituídos por:

- Quatro vigas de contorno na cobertura – geralmente perfis retangulares 60 mm x 60 mm;
- Quatro colunas que ligam a base ao topo – compostas por perfis retangulares 80 mm x 80 mm;
- Quatro vigas de contorno na base – compostas ou (i) por quatro perfis retangulares 60 mm x 60 mm ou (ii) por dois perfis retangulares 60 mm x 60 mm (transversalmente) e dois perfis em U (longitudinalmente);
- Vigas transversais no piso da base compostas por perfis em U.

Nos vértices, existem peças onde os perfis são encaixados e soldados (ver Figura 2-28).

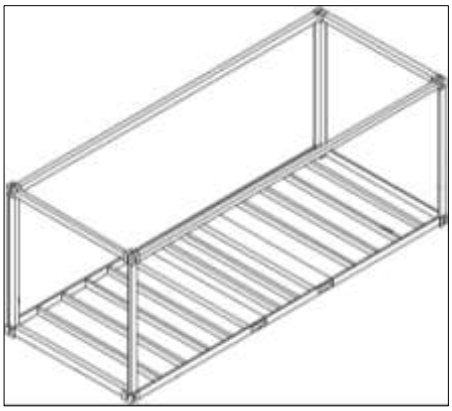


Figura 2-28. Esqueleto estrutural de um contentor marítimo (adaptado de http://www.ecocontainerhome.com/wp-content/uploads/2011/02/4_1_Shipping-Container_Primary_Structural_Components_01.jpg)

Nas paredes e cobertura, os espaços não estruturais são preenchidos com chapa de aço corrugada, enquanto o piso é constituído por pranchas de madeira aglomerada/prensada coladas e aparafusadas aos perfis metálicos.

Quando pousados, os únicos pontos de contacto entre módulos são as peças metálicas situadas nos vértices e as diversas componentes dos contentores absorvem os seguintes esforços:

- As colunas estão sujeitas a um esforço axial de compressão devido ao seu peso próprio, ao peso próprio da cobertura e ao carregamento de eventuais contentores sobrepostos;
- Os perfis do piso estão sujeitos a esforços de flexão e esforço transverso decorrentes do seu peso próprio e cargas alocadas no interior do contentor.

Os contentores podem ser erguidos por máquinas empilhadoras (apenas com pouca ou nenhuma carga) ou por gruas específicas (com ganchos fixos aos quatro vértices superiores) e, nesse caso, as colunas assumem o comportamento de tirantes e as vigas superiores sujeitas a flexão.

**Principais aspetos positivos:**

- Aproveitamento de um recurso abundante em todo o mundo – contentores marítimos;
- Solução chave na mão – específica para uma certa necessidade de utilização;
- Elevada durabilidade da estrutura.

**Principais aspetos negativos:**

- Impossibilidade de diminuição do volume do abrigo para efeitos de transporte;
- Elevado custo de produção (aquisição de contentor + adaptação).

### 2.3.14. CABINAS/CÁPSULAS DE ALOJAMENTO

Com origem no Japão, o conceito de hotéis-cápsula já com alguns anos está a ganhar aceitação no mundo ocidental – principalmente quando inseridos em aeroportos de modo a oferecer um período de descanso confortável aquando de intervalos de tempo entre voos, greves ou tempestades.

A Yotel disponibiliza alojamento quer em terminais de aeroportos quer no interior de edifícios citadinos e já está presente em Gatwick, Heathrow, Amsterdão e Nova Iorque (Hume & Macguire, 2012). A estadia é paga por hora de alojamento, sendo disponibilizado Wi-Fi, duche, TV e uma secretária (ver Figura 2-29).

Figura 2-29. Quarto Yotel no aeroporto London Gatwick (http://edition.cnn.com/2012/06/19/travel/airport-microhotels)

Em funcionamento no aeroporto de Munique, os módulos Napcabs dispõem de uma cama, mesa, ar condicionado, Wi-Fi e TV em apenas 6 $m^2$ (Hume & Macguire, 2012). O pagamento da estadia é efetuado através de um terminal de pagamento incorporado nas cabinas (ver Figura 2-30).

Figura 2-30. Vista exterior de dois módulos Napcabs (http://edition.cnn.com/2012/06/19/travel/airport-microhotels)

Ainda em fase de testes, a empresa russa Sleepbox oferece alojamento no aeroporto de Sheremetyevo (Moscovo) (Hume & Macguire, 2012). Pode ter até três camas (transformáveis em mesas), TV, rádio despertador e candeeiro para leitura por $15/hora (ver Figura 2-31).

Figura 2-31. Vista interior de uma cabina Sleepbox (http://edition.cnn.com/2012/06/19/travel/airport-microhotels)

Da autoria de Luiza Ruano Campana, o abrigo temporário emergencial construído em PVC (ver Figura 2-32) visa proporcionar melhores condições de habitabilidade aos acampamentos de campos de refugiados. Com dimensões 1,20 m x 3,80 m em planta, este módulo assenta num estrado de madeira e PVC, permitindo a configuração de múltiplos abrigos unidos de modo a servirem diferentes fins (arcoweb.com.br, 2009).

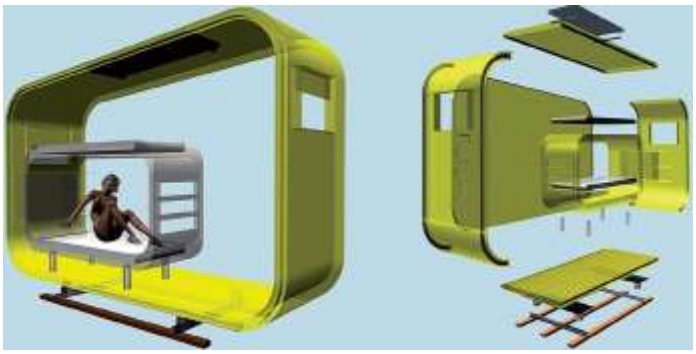


Figura 2-32. Vista interior e explodida do abrigo temporário em PVC
(http://www.arcoweb.com.br/especiais/opera-prima-2009-veja-os-11-08-2009.html)

Estes módulos têm em comum o facto de serem feitos de materiais leves (polímeros ou madeira tratada). No interior de todos eles, existem peças fixas às paredes e pavimento, pelo que as verificações estruturais mais relevantes passarão pela estabilidade das paredes e resistência ao corte e/ou tração das ligações.

**Principais aspetos positivos:**

- Adaptabilidade dos módulos a diferentes finalidades;
- Design apelativo e bom nível de conforto;
- Elevada durabilidade da estrutura (uma vez que normalmente são alocados no interior de edifícios).

**Principais aspetos negativos:**

- Necessidade de utilização de ferramentas para a sua instalação;
- Reduzida mobilidade e utilização em zonas exteriores;
- Custo de produção relativamente alto.

### 2.3.15. SMALL SHELTER

Da autoria da *designer* costarriquenha Arlette Calvo, o Small Shelter procura ser uma solução de alojamento e prestação de cuidados médicos em situações de crise (designbuzz.com, 2013).

Os abrigos são feitos de lona a que acresce uma camada de isolamento térmico e folha de aço galvanizado. A Figura 2-33 ilustra como os módulos podem ser utilizados individualmente (com capacidade para duas pessoas) ou em grupos de quatro (unidos no centro).

Figura 2-33. Módulos Small Shelter (http://www.designbuzz.com/small-shelter-offers-instant-refuge-during-emergencies/)

Estruturalmente, os módulos garantem a sua estabilidade através da folha de aço galvanizado que lhe confere alguma resistência às ações horizontais, o pavimento resiste à carga proveniente da utilização dos abrigos e descarrega no estrado metálico com pés incorporados que transmitem os esforços até ao solo.

**Principais aspetos positivos:**

- Versatilidade da configuração dos módulos;
- Solução chave na mão.

**Principais aspetos negativos:**

- Impossibilidade de diminuição do volume do abrigo para efeitos de transporte.

### 2.3.16. EXO

Os módulos Exo foram inspirados no modo como os vulgares copos plásticos descartáveis de café são empilhados (Dodson, 2012) (ver Figura 2-34).

Figura 2-34. Vista exterior dos módulos Exo (http://www.gizmag.com/reaction-exo-emergency-housing/22726/)

Estes abrigos são constituídos por duas partes: a base (que funciona como pavimento) e parte superior (paredes e cobertura).

Cada módulo apresenta uma área em planta de 7,9 $m^2$, área habitável de 7,2 $m^2$ e 2,7 m de altura. Em relação às massas, a base pesa 114 kg, enquanto a parte superior pesa 168 kg. A parte superior é composta por folhas de polipropileno sobre uma estrutura de alumínio e contém uma camada de isolamento térmico com 7,6 cm de espessura. A base é feita de uma armação de aço e pranchas de madeira.

Todos os módulos Exo estão equipados com lâmpadas LED e várias tomadas elétricas de corrente alternada para fornecer eletricidade a eventuais equipamentos. Mediante pedido, podem ser incluídas unidades de distribuição de aquecimento e ar condicionado provenientes de equipamentos centrais conectáveis a cada abrigo.

Cada módulo possui quatro camas (duas em baixo e duas em cima) rebatíveis e as inferiores podem servir de sofás quando as superiores estiverem recolhidas.

Outra característica que os abrigos Exo apresentam é a capacidade de se interconectarem (ver Figura 2-35).

Figura 2-35. Capacidade de interconexão entre módulos Exo (http://www.gizmag.com/reaction-exo-emergency-housing/22726/)

A instalação de cada módulo inicia-se com o posicionamento da base no terreno a que se segue a sobreposição da parte superior e respetiva união através de grampos. Esta operação demora cerca de 2 minutos a ser executada por 4 pessoas sem recurso a ferramentas (ver Figura 2-36).

Figura 2-36. Modo de instalação dos módulos Exo (http://www.reactionhousingsystem.com/)

Num camião cabem 20 unidades, cada módulo pode alojar 4 pessoas (ver Figura 2-37) e o custo desejado (alcançável aquando da produção em massa) é de $5000.

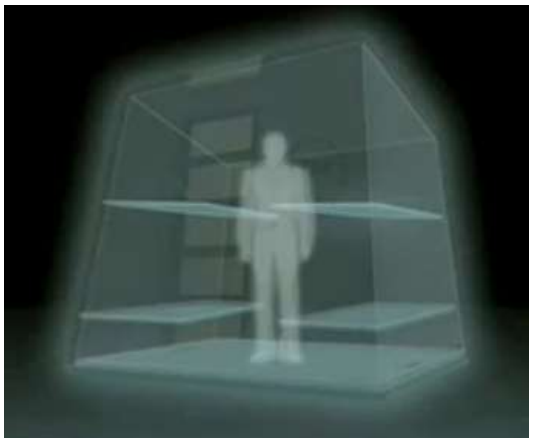


Figura 2-37. Esquema de utilização dos módulos Exo (http://www.reactionhousingsystem.com/)

Estruturalmente, os módulos apresentam um esqueleto de alumínio (ver Figura 2-38 e Figura 2-39) que resiste à ação do peso próprio dos abrigos, à sua utilização (nomeadamente, os esforços impostos às aduelas pelas camas) e às ações horizontais. A base dos módulos, através do seu estrado em aço, garante a resistência à flexão e corte. O relativamente elevado peso das peças que compõem os módulos acrescido da boa solidarização entre peças conferida pelos grampos de ligação permitem dispensar fundações e ancoragens e asseguram a segurança ao derrubamento.

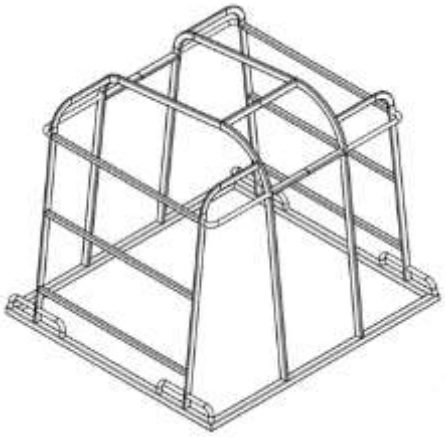


Figura 2-38. Esqueleto metálico dos módulos Exo (http://www.reactionhousingsystem.com/)

Figura 2-39. Vista da estrutura dos módulos Exo (http://www.reactionhousingsystem.com/)

**Principais aspetos positivos:**

- Facilidade e rapidez de montagem;
- Versatilidade da configuração dos módulos;
- Redução do volume dos módulos para efeitos de transporte.

**Principais aspetos negativos:**

- Custo de produção relativamente elevado.

## 2.4. ACONDICIONAMENTO DE CARGA EM TRANSPORTES RODOVIÁRIOS

Um dos fatores que determina a viabilidade económica dos módulos de alojamento temporário em estudo nesta dissertação é a sua compatibilidade com os meios de transporte que a sua logística impõe em termos de mobilidade.

O equipamento de acondicionamento de carga que permite transporte rodoviário, ferroviário e marítimo mais vulgar em todo o mundo é o contentor marítimo. Por essa razão, as dimensões dos módulos devem ser tais que permitam a otimização logística: conseguir armazenar o maior número de módulos por contentor, respeitando as melhores práticas de acondicionamento de carga.

Ainda que sem carácter vinculativo na aceção de um ato jurídico adotado, um painel de peritos europeus elaborou o documento (Direção-Geral da Energia e dos Transportes da Comissão Europeia, 2010) com vista a compilar metodologias de acondicionamento e transporte de cargas de forma eficiente e segura visto que, segundo a mesma publicação, cerca de 25% dos acidentes que envolvem camiões são provocados por essas razões.

Embora existam múltiplas versões (pequenas alterações nas dimensões e aberturas) de contentores marítimos motivadas pela necessidade de adaptação a vários tipos de carga, estes podem resumir-se a dois (Figura 2-40):

- Contentor marítimo ISO 20’ – com dimensões internas de 5,89 m de comprimento, 2,35 m de largura e 2,39 m de altura;
- Contentor marítimo ISO 40’ – com dimensões internas de 12,03 m de comprimento, 2,35 m de largura e 2,39 m de altura.

Figura 2-40. Contentores marítimos de 20’ e 40’

Segue-se uma listagem de cuidados a ter no acondicionamento de carga em contentores marítimos:

- Carregar os contentores do fundo para a porta;
- Descarregar os contentores da porta para o fundo;
- Não sobrepor cargas pesadas a cargas leves. O centro de gravidade de um contentor carregado deve estar abaixo do ponto médio da sua altura;
- Com uma carga de forma e tamanho regulares, deve proceder-se a um acondicionamento contínuo de taipal a taipal;
- Se existirem espaços vazios, a carga deve ser acondicionada com recurso a madeiras de estiva, cartão dobrado ou outros meios apropriados;
- A carga deve ser distribuída uniformemente, não devendo existir mais do que 60% da massa total da carga numa das metades do contentor – longitudinal ou lateralmente;
- A carga deve ser protegida no contentor contra quaisquer forças que possam ocorrer durante a viagem. Uma carga devidamente embalada é menos suscetível a deslocamentos do que uma carga com folgas entre as suas secções;
- Deve garantir-se que a carga e as madeiras de estiva não tombem quando as portas forem abertas.

Estas medidas de acondicionamento e transporte de carga serão tomadas em conta no momento de idealização dos módulos de alojamento temporário.

## 2.5. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

A arquitetura bioclimática não é mais que a idealização e construção de edifícios tendo em consideração a envolvente climática para otimizar as condições de conforto, reduzindo as necessidades energéticas. Por essa razão, segue-se uma inventariação das metodologias que permitem um bom comportamento em serviço de edifícios, de acordo com a arquitetura bioclimática (Monteiro, 2011).

- Orientação da maior fachada a Sul com várias janelas permite um ganho solar durante o Inverno;
- A existência de beirais e palas sobre as janelas confere sombreamento no Verão, tirando partindo da variação do ângulo de incidência da radiação solar direta e do seu tempo de exposição ao longo do ano (ver Figura 2-41);

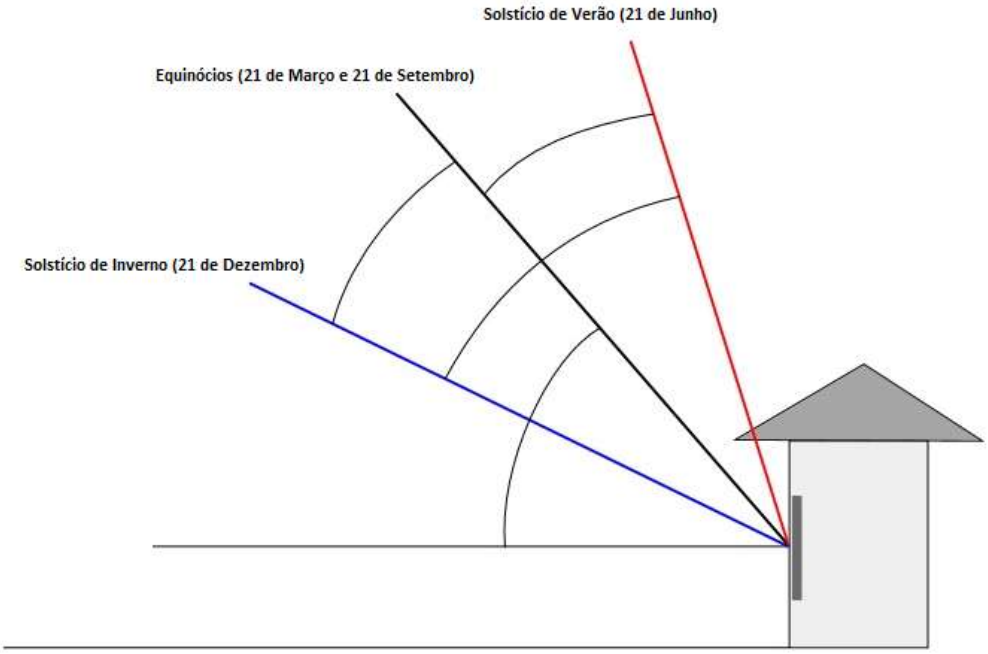



Figura 2-41. Variação do ângulo da luz solar ao longo do ano

- Orientação de bibliotecas a Norte para obtenção de atmosfera fresca e seca;
- Orientação da cozinha a Sul, uma vez que esse é um local onde as temperaturas elevadas são mais habituais;
- Faces interiores das paredes com cores claras contribuem para um ambiente mais bem iluminado;
- Faces exteriores das paredes com cores claras refletem mais energia nelas incidente e fazem com que o ar interior não sobreaqueça;
- Poucas aberturas nas fachadas Este e Oeste e teto devido ao facto de estarem sujeitos a intensa radiação durante o Verão e não serem eficazes na absorção de radiação no Inverno;
- Espaçamentos estreitos entre edifícios possibilitam um maior sombreamento/arejamento;
- Paredes espessas contribuem para uma maior inércia térmica;
- Edifícios altos tiram vantagem de uma ventilação facilitada no Verão, mas são prejudicados no Inverno (devido a maiores perdas de calor);
- Aberturas situadas na parte superior das paredes e em direções opostas permitem uma ventilação natural por convecção, diminuindo a temperatura do ar interior;
- Abertura de janelas durante a noite para fazer circular o ar quente do interior do edifício para o exterior, no Verão;
- Caixas-de-ar ou condutas de ventilação debaixo do piso térreo evitam ascensão de humidades e melhoram o comportamento térmico dos edifícios, uma vez que o solo (dada a sua grande

massa térmica) está mais fresco que o ar no Verão (ver Figura 2-42). Acontece o inverso no Inverno;

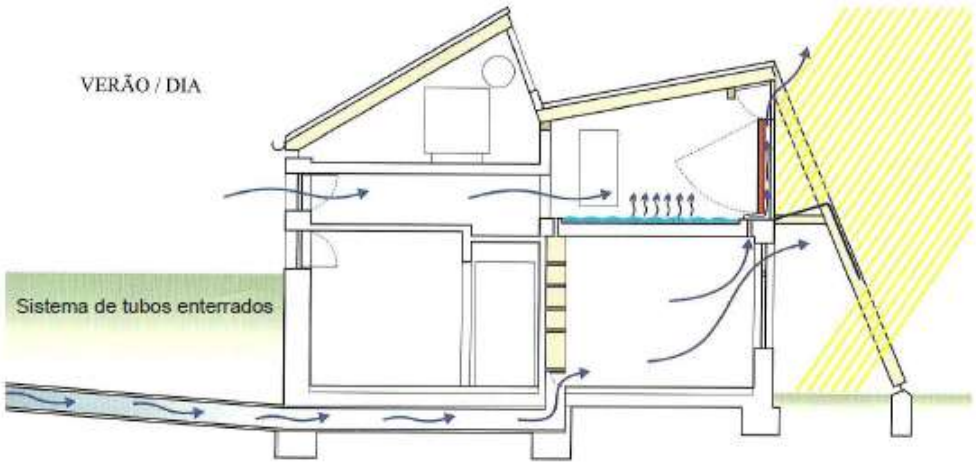



Figura 2-42. Sistema de ventilação natural por condutas subterrâneas (Monteiro, 2011)

- Isolamento térmico localizado na face exterior das paredes é a opção mais eficiente;
- Elevada inclinação das coberturas impede acumulação de neve e, consequentemente, a sobrecarga devida à ação do seu peso;
- Piscinas, fontes, lagos e vegetação (preferencialmente de folha caduca para sombrear apenas no Verão) fazem a humidade relativa do ar aumentar, reduzindo a temperatura nas proximidades dos edifícios (ver Figura 2-43).

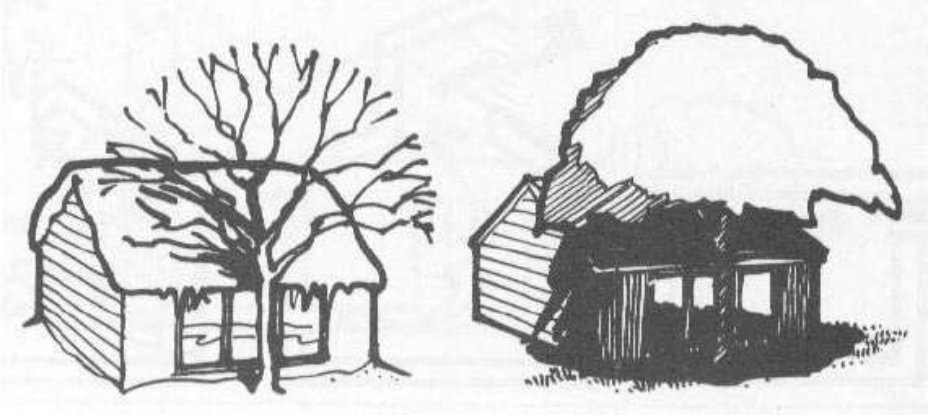


Figura 2-43. Exemplo de sombreamento com árvore de folha caduca

# 3

# SOLUÇÕES PROPOSTAS

Após cuidadosa análise da legislação aplicável, das soluções atualmente já existentes (incluindo as tendas em poliéster comuns de campismo que servem de referência para as dimensões razoáveis), boas práticas no que concerne ao acondicionamento e transporte de cargas e princípios da arquitetura bioclimática, foram idealizadas e estudadas algumas versões de módulos de alojamento temporário com aplicação para festivais de Verão. De seguida, listam-se características que se consideram essenciais para os referidos módulos:

- Segurança estrutural – qualquer versão dos módulos de alojamento deverá ser dimensionada de acordo com a filosofia preconizada nos Eurocódigos;
- Segurança contra incêndios – os módulos e eventuais acessórios deverão ser compostos por materiais com resistência contra o fogo devidamente homologada e de acordo com o fim a que estes se destinam (alojamento/dormida);
- Conforto generalizado – é imprescindível que os módulos ofereçam boas condições de conforto no sentido mais lato (basicamente, deverão causar sensação de bem-estar aos seus usufrutuários);
- Conforto térmico – os módulos propostos deverão apresentar soluções que garantam um nível de conforto térmico razoável (não tanto quanto exigido aos edifícios, mas melhor que o conseguido nas tendas convencionais);
- Isolamento acústico – os módulos propostos deverão apresentar soluções que garantam um nível de isolamento acústico razoável (não tanto quanto exigido aos edifícios, mas melhor que o conseguido nas tendas convencionais);
- Condições de ventilação – os módulos propostos deverão apresentar soluções que garantam boas condições de ventilação (não tanto quanto exigido aos edifícios, mas melhor que o conseguido nas tendas convencionais);
- Estanquidade – os módulos sugeridos deverão ser impermeáveis face à ação da chuva;
- Transporte – os módulos apresentados deverão ter condições que permitam:

  - A deslocação dos mesmos quando inseridos em empreendimentos que requeiram uma continuidade temporal da sua ocupação no mesmo local – possibilidade de serem içados manualmente ou por meio de máquinas);
  - A deslocação dos mesmos quando inseridos em empreendimentos que requeiram pouca continuidade temporal da sua ocupação no mesmo local – possibilidade de reduzirem o seu volume (dobráveis ou desmembráveis) e dimensões compatíveis com contentores marítimos e carroçarias usuais de camiões;

- Facilidade de montagem – os módulos de alojamento propostos devem possuir um reduzido número de peças (diminuindo as probabilidades de extravio), pouca ou nenhuma necessidade de utilização de ferramentas (se necessárias, não devem exigir corrente elétrica), instruções visuais embutidas nos módulos, rapidez de montagem;
- Otimização da ocupação do território – numa dada área em planta, os módulos sugeridos devem permitir o alojamento de um maior número de pessoas do que as tradicionais tendas (recorrendo à utilização do espaço em altura – vários pisos);
- Higiene – dado o carácter de alta rotatividade na utilização dos módulos de alojamento temporário, estes devem ser facilmente laváveis e não propensos ao desenvolvimento de fungos;
- Reduzido peso – os módulos devem ser o mais leve possível de modo a facilitar as operações de montagem e, uma vez alocados em meios de transporte, não provocarem o desrespeito pelo limite de carga legal;
- Elevação em relação ao solo – de modo a evitar possíveis águas de escorrência e intrusão de animais rastejantes, os módulos de alojamento devem ter o seu pavimento desfasado verticalmente do solo;
- Durabilidade – de modo a tornar a produção e exploração dos módulos economicamente viáveis, os materiais com que estes são constituídos devem apresentar elevada durabilidade;
- Economia – de modo a tornar a produção e exploração dos módulos economicamente viáveis, os mesmos devem apresentar o custo de produção mais baixo possível;
- Ecológicos – os módulos devem ser fabricados causando a menor pegada ecológica possível, permitir sucessivas reutilizações, e serem passíveis de reciclagem.

Ponderando todos os fatores acima enunciados, foram idealizadas várias soluções possíveis e desenvolvidas as mais icónicas. Os conceitos de módulos de alojamento explanados nos próximos subcapítulos têm em comum as seguintes características:

- Comprimento de 2,20 m (medido pelo exterior – de modo a poderem ser acondicionados transversalmente em contentores marítimos ou carroçarias de camiões);

- Altura útil de 0,90 m e 1,00 m para os módulos de uma e duas pessoas, respetivamente (medida pelo interior – de modo a oferecer uma altura útil superior às tendas convencionais);
- Largura útil de 1,20 m (medida pelo interior – de modo a apresentar uma largura útil semelhante às tendas convencionais que corresponde a cerca de 60 cm por pessoa);
- Possibilidade de sobreposição de módulos (dois pisos – de modo a otimizar a ocupação do terreno). Outro aspeto relacionado com esta característica é o facto de não existirem módulos específicos para ficarem na parte inferior ou superior, facilitando a logística;
- Desfasamento vertical entre o piso dos módulos e o terreno – de modo a evitar intrusão de águas de escorrência e pequenos animais rastejantes;
- Desfasamento entre o topo do módulo inferior e o pavimento do módulo superior quando sobrepostos – de modo a que os únicos pontos de contato sejam os pés da base, evitando concentração de esforços nas lajes;
- Porta de correr de três folhas – de modo a ocupar o menor espaço possível e evitando possíveis acidentes caso o mecanismo da porta fosse corrente (de abrir para fora). Além disso, foi também idealizado um tipo de pintura que confere um padrão semelhante ao da madeira e conseguido através da utilização de esponjas ou tecidos usados embebidos na tinta, possibilitando, assim, a reutilização de recursos;
- Janelas em acrílico com persianas embutidas pelo interior – de modo a permitir a regulação da luminosidade no interior dos módulos e utilizando materiais mais resistentes aos sucessivos ciclos de montagem e desmontagem, bem como a fenómenos de vandalismo. As dimensões dos painéis de acrílico são tais que, mesmo quebrados, não permitem a intrusão de indivíduos nos módulos de alojamento;
- Grelhas de ventilação em alumínio situadas na parte superior dos painéis dos alçados principal e posterior – possibilitando a renovação do ar por convecção. As dimensões das grelhas são tais que, mesmo removidas, não permitem a intrusão de indivíduos nos módulos de alojamento;
- Inexistência de escadas ou elementos de apoio ao acesso aos módulos superiores (em situação de utilização de dois pisos de módulos sobrepostos) – dada a reduzida altura dos módulos e à boa capacidade física característica dos habituais campistas de festivais;
- Adoção de tonalidades claras nas superfícies exteriores e interiores dos módulos – de modo a transmitir perceção de higiene e combater eventuais situações de claustrofobia.

## 3.1. MÓDULO EM BETÃO BRANCO AUTOCOMPACTÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO

Dada a importância do betão na Engenharia Civil e à possibilidade (que mais tarde não se veio a concretizar) de construir um destes módulos em parceria com uma empresa dedicada à comercialização de betão pronto e expô-lo num festival de Verão, foi projetado um módulo em betão branco autocompactável reforçado com fibras de aço (ver Figura 3-1).

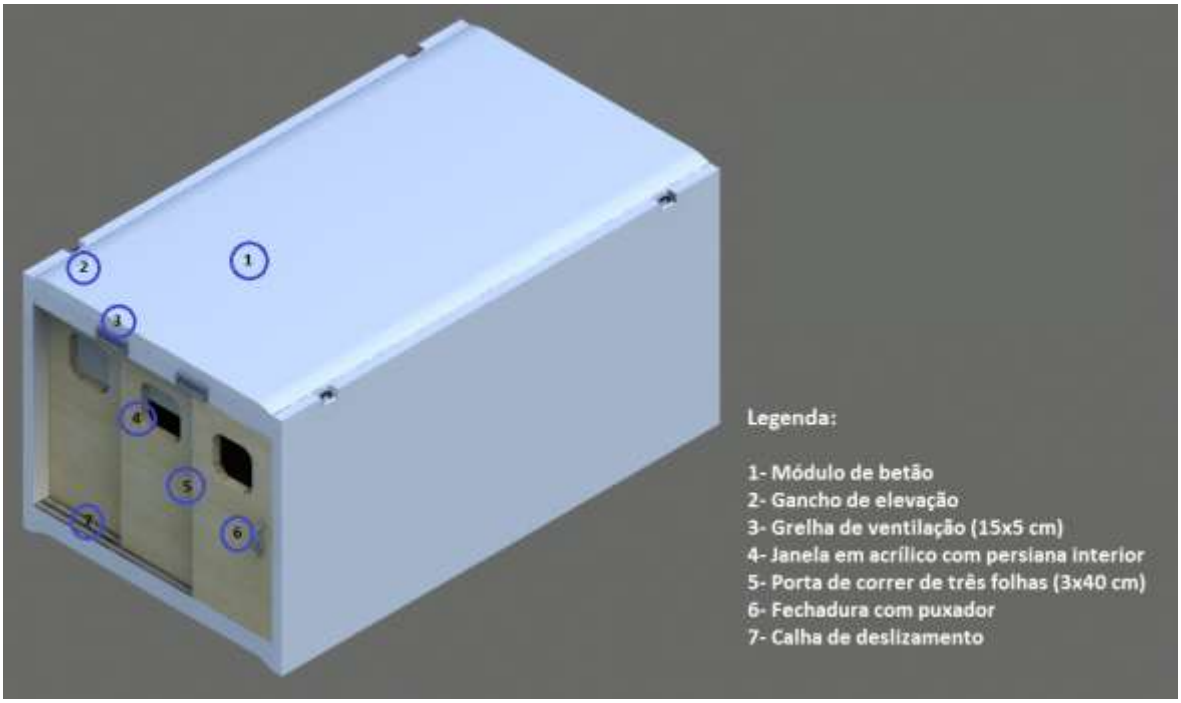



Figura 3-1. Vista frontal em perspetiva do módulo de alojamento temporário em betão autocompactável reforçado com fibras

O facto de o módulo ser projetado em betão branco autocompactável deve-se à boa estética associada ao betão branco (sem necessidade de quaisquer revestimentos) e devido à reduzida espessura das paredes do módulo (o que inviabiliza a utilização de equipamentos de vibração e agregados de dimensão corrente). Comparando o comportamento de um betão simples e um betão reforçado com fibras de aço, constata-se que as fibras não atrasam o aparecimento das primeiras fendas (a tensão de fendilhação do betão mantém-se), mas contribuem para uma abertura de fendas menor, maior ductilidade e capacidade de absorção de energia (Barros & Ulrix, 2001) – servindo o recurso às fibras de aço como uma reserva de segurança. O recurso a um betão leve foi descartado dada a característica perda de resistência à tração deste tipo de betão.

O dimensionamento deste módulo assenta na comparação das tensões instaladas (σ) nas secções críticas com o valor de cálculo da resistência à tração do betão ($f_{ctd}$).

A estrutura é composta por duas lajes (que funcionam numa só direção – flexão cilíndrica) e duas paredes, pelo que as lajes terão de resistir aos esforços de flexão e corte decorrentes da sua utilização e as paredes ao esforço axial (de compressão quando os módulos estiverem assentes no chão e de tração quando estes forem içados por meio de grua). Não há contato entre lajes de topo e pavimento quando dois módulos estão sobrepostos (ver Figura 3-2), pelo que, assim, a laje de pavimento resistirá à utilização do módulo e a laje de topo resistirá a uma eventual utilização (acesso de pessoas ao topo dos módulos).

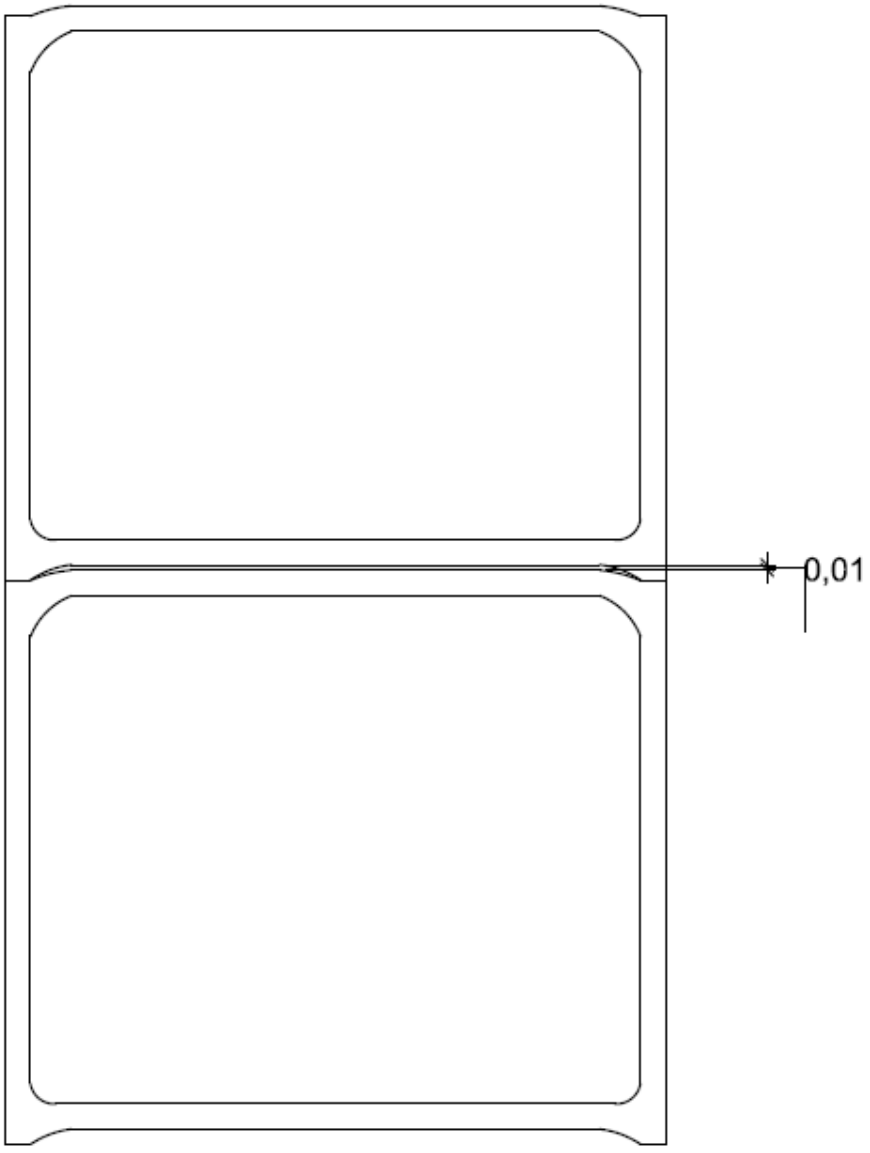



Figura 3-2. Pormenor da sobreposição dos módulos de betão

O dimensionamento deste módulo assenta na comparação das tensões instaladas (σ) nas secções críticas com o valor de cálculo da resistência à tração do betão ($f_{ctd}$), sendo a secção crítica a correspondente à de meio vão das lajes. Note-se que as lajes assumem o modelo de cálculo de uma laje maciça biapoiada. Os ganchos que servem para içar os módulos também foram devidamente dimensionados.

Foram dimensionadas duas versões dos módulos de alojamento temporário em betão: um com capacidade para uma pessoa (espessura de parede de 2,5 cm) e outro com capacidade para duas pessoas (espessura de parede de 5,0 cm), sendo que as diferenças geométricas fazem-se notar na largura, altura e espessura das paredes. Na Figura 3-3, são ilustradas as secções transversais estruturais das duas versões dos módulos. Contudo, ao longo deste trabalho, apenas serão apresentadas imagens 3D do módulo para duas pessoas.

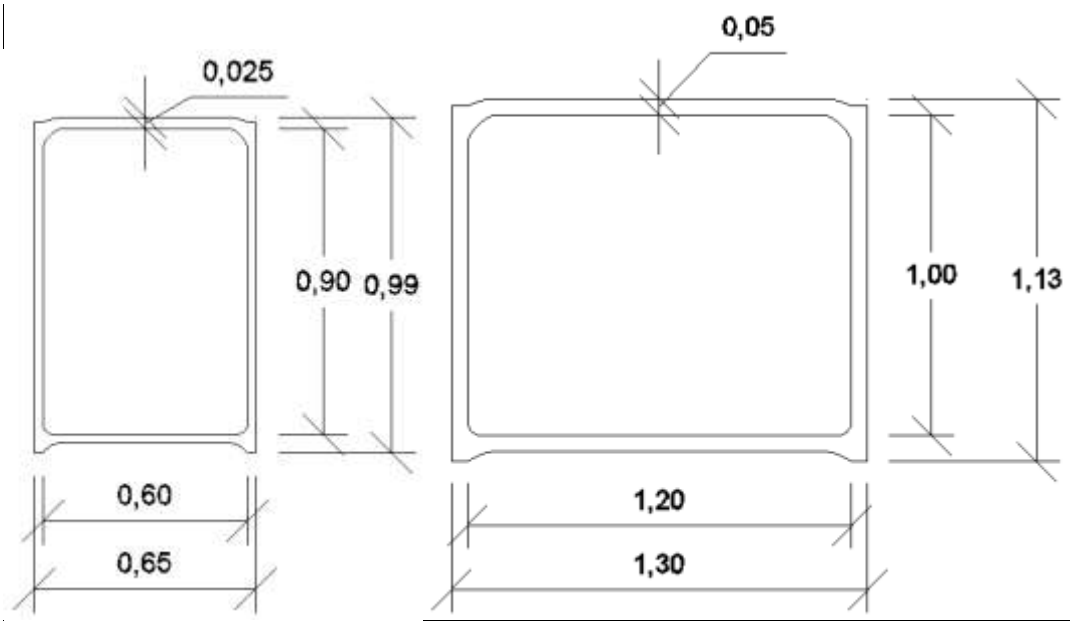



Figura 3-3. a) Corte transversal estrutural do módulo para 1 pessoa; b) Corte transversal estrutural do módulo para 2 pessoas

Os módulos podem ser agrupados segundo diversas configurações, tendo em conta aspetos como a otimização do espaço, conforto para os hóspedes e condicionantes do terreno de instalação. Independentemente da escolha, deve ser acautelada a existência de corredores de 3,5 m de largura para eventual acesso de viaturas de emergência, tal como preconizado no Regulamento de Segurança Contra Incêndios (Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro - regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios, 2008).

A configuração que permite a melhor otimização do espaço (maior rácio hóspedes/$m^2$) é a conseguida através de alinhamentos retos (ver Figura 3-4).

Figura 3-4. a) Configuração dos módulos segundo alinhamentos retos

Outra configuração que permite uma melhor socialização e nível de confiança entre os hóspedes dos diversos módulos consiste na organização dos mesmos segundo "aldeias" circulares (ver Figura 3-5).

Figura 3-5. Configuração dos módulos segundo "aldeias"

### 3.1.1. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Foram adotados como materiais o betão (NP EN 206-1 : $f_{ctd} \geq 3,25$ MPa SF2 VS2 PA2 SR1 XC4 (P) D8 Cl 0,2) e aço (A500 NR – apenas para os ganchos de elevação dos módulos) com as seguintes propriedades:

- Em relação ao betão, é exigido que o mesmo apresente valor de cálculo da tensão de rotura do betão à tração simples ($f_{ctd}$) igual ou superior a 3,25 MPa para o módulo de 2 pessoas e 2,86 MPa para o módulo de 1 pessoa.

- Em relação ao aço utilizado, o mesmo deve apresentar as seguintes propriedades:

Valor característico da tensão de cedência do aço A500 NR ($f_{yk}$) ..... 500,00 MPa

Valor de cálculo da tensão de cedência do aço A500 NR ($f_{yd}$) ..... 435,00 MPa

### 3.1.2. AÇÕES

As ações assumem os seguintes valores:

Peso próprio de elementos de betão ($\gamma_{betão}$) ..... 25,00 kN/m$^3$

Sobrecarga de utilização (SC) (IPQ, 2009) ..... 3,50 kN/m$^2$

### 3.1.3. COEFICIENTES DE SEGURANÇA

Foram adotados os seguintes coeficientes de segurança:

Coeficiente de majoração de cargas permanentes ($\gamma_g$) ..... 1,35

Coeficiente de majoração de cargas variáveis ($\gamma_q$) ..... 1,50

Coeficiente de minoração da resistência do betão ..... 1,50

Coeficiente de minoração da resistência do aço ..... 1,15

### 3.1.4. ESFORÇOS

Uma vez que a secção onde ocorrem as maiores tensões corresponde à de meio vão das lajes (e tendo estas como modelo de cálculo uma viga biapoiada com largura unitária), o momento fletor é calculado pela seguinte expressão:

$$M_{Ed} = \frac{P_{Ed} \times L^2}{8}$$

Em que,

$M_{Ed}$ - Valor de cálculo do momento fletor atuante (kNm)

$P_{Ed}$ - Valor de cálculo da carga atuante (kN/m)

L - Vão da laje [medido de eixo a eixo das paredes dos módulos] (m)

O modelo de cálculo adotado foi o de uma laje maciça biapoiada e é de salientar que as zonas de ligação laje-parede apresentam uma transição geométrica arredondada de modo a melhorar a continuidade nessas zonas, permitindo uma melhor distribuição de esforços laje/parede – visto saber-se que, na realidade, existem momentos fletores negativos nas zonas dos cantos. Para além disso, garante-se um melhor encaixe entre módulos e melhora-se a estética dos apoios.

### 3.1.5. TENSÃO MÁXIMA NA SECÇÃO

Uma vez conhecido o valor da tensão máxima instalada na estrutura (σ), há que verificar se a mesma é inferior ao valor de cálculo da resistência à tração simples do betão ($f_{ctd}$).

Assim, o primeiro passo consiste em calcular o módulo de flexão da laje (seção retangular) pela seguinte fórmula:

$$W = \frac{b \times h^2}{6}$$

Em que,

W - Módulo de flexão ($m^3$)

b - Largura da laje (m)

h - Altura da laje (m)

Depois, é averiguada a tensão instalada na seção através da seguinte equação:

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W}$$

Em que,

σ - Tensão na seção ($10^{-3}$ MPa)

$M_{Ed}$ - Momento atuante na seção (kNm)

W - Módulo de flexão ($m^3$)

### 3.1.6. MOMENTO DE FENDILHAÇÃO

Uma medida adicional de segurança consiste em verificar se o momento instalado na seção crítica é inferior ao momento de fendilhação (a partir do qual se formam fendas no betão), sendo este determinado através desta fórmula:

$$M_{cr} = f_{ctm} \times W$$

Em que,

$M_{cr}$ - Momento de fendilhação (kNm)

$f_{ctm}$ - Valor médio da tensão de rotura do betão à tração simples (MPa)

W - Módulo de flexão ($m^3$)

Nota: O facto de (i) os módulos serem projetados em betão reforçado com fibras de aço [que não aumenta a tensão de fendilhação] e (ii) ser efetuada esta verificação não têm de ser incompatíveis. Na verdade, as fibras de aço servem para conferir maior segurança em caso de choques acidentais – que, a julgar pelo descuido com que, por vezes, as cargas são içadas e pousadas por meio de gruas – não serão incomuns.

### 3.1.7. GANCHOS DE ELEVAÇÃO

Com o objetivo de elevar os módulos de alojamento em betão através de gruas incorporadas em camião (ou não), foram embutidos quatro ganchos constituídos por aço A500 NR. Assim, importa saber a quantidade de armadura necessária para fazer face ao esforço axial de tração decorrente do peso próprio do módulo, bem como o comprimento de amarração necessário.

Após determinação da área da seção transversal do módulo, multiplicou-se esse valor pelo peso volúmico do betão e comprimento do módulo, somaram-se as restantes cargas permanentes presentes nos módulos (referentes às partes da frente e traseira) e ainda assumiu-se que os módulos seriam içados apenas por dois ganchos.

Conhecido o valor da carga a suspender, procedeu-se ao cálculo da área de armadura necessária pela seguinte fórmula:

$$A_{s,susp} = \frac{P_{Ed,susp}}{f_{yd}}$$

Em que,

$A_{s,\,susp}$ - Área de armadura ($m^2$)

$P_{Ed,\,susp}$ - Carga de suspensão (kN)

$f_{yd}$ - Valor de cálculo da resistência à tração simples do aço (MPa)

Apurada a área de armadura necessária para fazer içar o módulo de forma segura, importa calcular o comprimento de amarração da referida armadura. Para tal, começa por se determinar a tensão na armadura da seguinte forma:

$$\sigma_{sd} = \frac{\frac{P_{Ed,susp}}{2}}{A_{s,susp}}$$

Em que,

$\sigma_{sd}$ - Valor de cálculo da tensão na secção do varão a partir da qual é medido o comprimento de amarração (MPa)

$P_{Ed,\,susp}$ - Carga de suspensão [dividida por dois devido à dobragem do gancho] (kN)

$A_{s,\,susp}$ - Área de armadura de suspensão adotada ($m^2$)

Seguidamente, é calculado mais um parâmetro através da seguinte fórmula:

$$f_{bd} = 2{,}25 \times \eta_1 \times \eta_2$$

Em que,

$f_{bd}$ - Valor de cálculo da tensão de rotura da aderência (MPa)

$\eta_1$ - Coeficiente relacionado com as condições de aderência e com a posição do varão durante a betonagem [foi utilizado o valor de 0,7 dado o varão estar embutido numa parede fina] (-)

$\eta_2$ - Coeficiente relacionado com o diâmetro do varão [1,0 para $\emptyset \leq 32$ mm] (-)

Sendo, finalmente, possível apurar o comprimento de amarração mediante a seguinte fórmula:

$$l_{bd} = \frac{\emptyset_{s,susp}}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

Em que,

$l_{bd}$ - Comprimento de amarração de cálculo (m)

$\emptyset_{s,\,susp}$ - Diâmetro do varão de aço adotado (m)

$\sigma_{sd}$ - Valor de cálculo da tensão na secção do varão a partir da qual é medido o comprimento de amarração (MPa)

$f_{bd}$ - Valor de cálculo da tensão de rotura da aderência (MPa)

Para evitar a formação de fendas na armadura, deve ser tido em atenção o diâmetro mínimo de dobragem do varão, tal como é tabelado no Quadro 8.1N da NP EN 1992-1-1. Neste caso, o diâmetro mínimo do mandril a fim de evitar danificar a armadura corresponde a 4 diâmetros.

É de salientar que os ganchos de elevação embutidos são ligeiramente dobrados para o exterior na zona da curva (parte superior) para criar mais espaço livre entre o gancho e a parede de betão do módulo, evitando danificá-la quando os módulos forem içados por meio de gruas. A opção de embutir os ganchos (rebatendo-os abaixo da altura da parede) serve para poder sobrepor os módulos sem danificar os ganchos.

Nos Anexos I e II, encontram-se os quadros das folhas de cálculo de dimensionamento dos módulos de betão para 1 e 2 pessoas, respetivamente.

### 3.1.8. Procedimentos de Construção

A construção do módulo de alojamento temporário em betão autocompactável reforçado com fibras compreende as seguintes etapas:

1. Preparação do molde de cofragem (inclui os ganchos de elevação e é do tipo túnel);
2. Betonagem do módulo;
3. Descofragem do módulo;
4. Instalação da porta:
    a. Fixação da peça de remate inferior (na altura em que a parte inferior do módulo é arredondada) juntamente com a calha de deslizamento da porta;

b. Fixação da peça de remate superior (na altura em que a parte superior do módulo é arredondada) juntamente com as grelhas de ventilação a calha de deslizamento da porta;

c. Instalação das três folhas que compõem a porta de correr;

d. Instalação das persianas interiores.

5. Instalação da parede traseira:

a. Fixação da peça de remate inferior (na altura em que a parte inferior do módulo é arredondada);

b. Fixação da peça de remate superior (na altura em que a parte superior do módulo é arredondada) juntamente com a grelha de ventilação.

Na Figura 3-6, está patente uma vista explodida do módulo de alojamento em betão para melhor compreensão das partes constituintes e do processo construtivo.

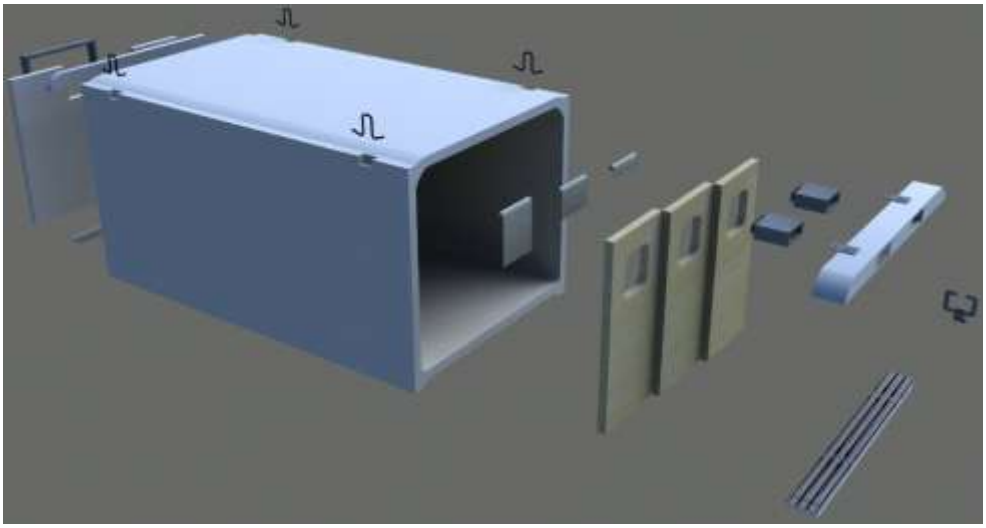


Figura 3-6. Vista explodida do módulo de alojamento temporário em betão autocompactável reforçado com fibras

Nos Anexos I e II, encontram-se várias peças desenhadas do módulo de alojamento temporário em betão branco autocompactável reforçado com fibras de aço para uma e duas pessoas, respetivamente.

### 3.1.9. VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS

- Segurança estrutural – garantida através das verificações preconizadas no Eurocódigo 2;
- Segurança contra incêndios – conseguida através da utilização de materiais incombustíveis (betão) e com resistência ao fogo homologada internacionalmente com a classe M-1 (painéis tipo sanduíche utilizados em soluções de pré-fabricados);

- Conforto generalizado – conseguido através das superfícies interiores com cores claras e boas condições de luminosidade reguláveis pelas persianas (ver Figura 3-7);

Figura 3-7. Vista interior do módulo de betão

- Conforto térmico – os módulos propostos não asseguram um nível de conforto térmico quanto o exigido aos edifícios, mas houve a preocupação de utilizar painéis com boas características de isolamento térmico, manter os módulos sobrepostos com um desfasamento entre a cobertura e o pavimento do outro e instalar uma rede de nylon elevada a 50 cm do nível superior de módulos (a 2,80 m do solo – ver Figura 3-8);

Figura 3-8. Vista exterior de agrupamentos de módulos de alojamento em betão

- Isolamento acústico – ainda que não ofereçam condições ideais de isolamento acústico, é garantido que apresentam um comportamento melhor do que as tendas convencionais);
- Condições de ventilação – os módulos propostos apresentam duas grelhas de ventilação regulável na parte superior da parede frontal e uma de maiores dimensões na parede traseira

que garantem uma ventilação natural por convecção. Além disso, acresce o facto de, sobre os módulos, ser colocada uma rede que proporciona mais arejamento (ver Figura 3-9);

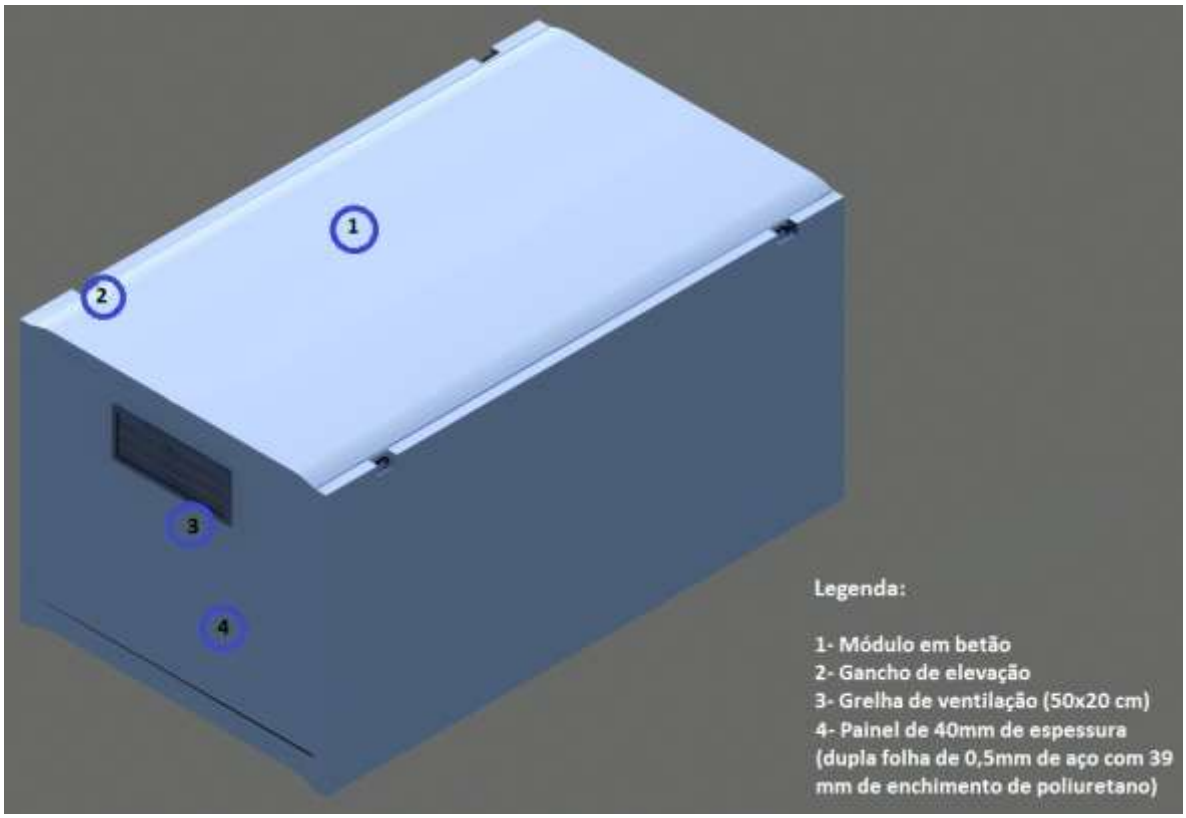



Figura 3-9. Vista posterior em perspetiva do módulo de alojamento temporário em betão autocompactável reforçado com fibras

- Estanquidade – deverá ser validada da mesma forma que as comuns tendas de poliéster: em laboratório (sob 200 litros de água/hora/m²) e missão-teste;
- Transporte – os módulos apresentam ganchos que permitem a elevação por meio de gruas e dimensões compatíveis com contentores marítimos e carroçarias de camiões. Num camião de 2 eixos com carroçaria comum (dimensões internas de 7,65 m x 2,46 m), cabem 10 módulos (para 2 pessoas). Num contentor marítimo ISO 20' (dimensões internas de 5,89 m x 2,35 m x 2,39 m), cabem 8 módulos;
- Facilidade de montagem – os módulos de alojamento temporário em betão constituem uma solução chave-na-mão: prontos a serem utilizados uma vez colocados no solo;
- Otimização da ocupação do território – num agrupamento típico de 80 módulos e incluindo um espaçamento principal de 3,5 m de largura (tal como exigido pela legislação de segurança contra incêndios), conseguem alojar-se 160 pessoas, ocupando uma área de terreno de 217,5 $m^2$ (ver Figura 3-10);

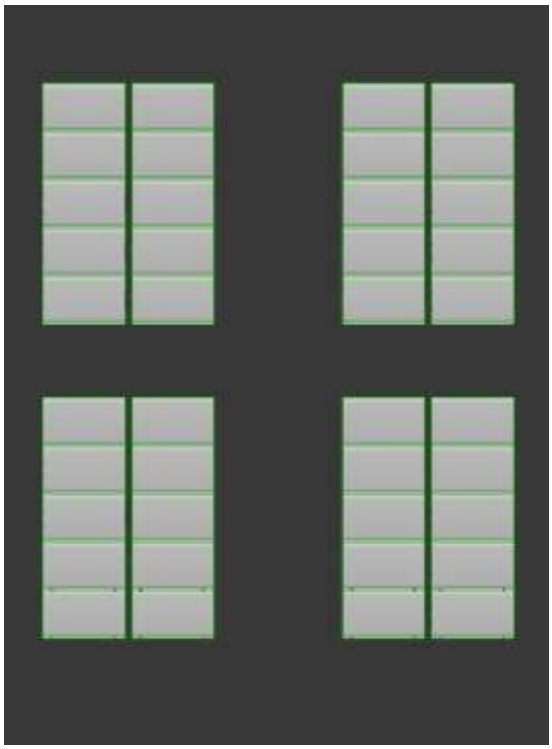


Figura 3-10. Vista em planta de grupamento-tipo de módulos

- Higiene – os módulos são compostos por materiais de fácil lavagem;
- Massa – os módulos têm uma massa de 1370 kg apropriado para estarem fixos (por exemplo, em recinto de festivais/eventos ao ar livre);
- Elevação em relação ao solo – os módulos apresentam uma elevação do piso em relação ao solo de 8 cm;
- Durabilidade – os módulos são constituídos por betão prescrito consoante a sua composição e classe de exposição. Além disso, os painéis de chapa de aço e espuma de poliuretano apresentam uma durabilidade superior a 15 anos. Contudo, é estimada uma vida útil de 10 anos para estes módulos de betão;
- Economia – a empresa que inicialmente tinha perspetivas de poder construir um módulo (versão para duas pessoas), tinha estimado as tarefas de preparação dos moldes de cofragem e operação de betonagem em dois dias. Sendo o volume de betão de 0,522 $m^3$, o preço do betão de €121,95/$m^3$, custo da mão-de-obra (inclui cofragem) a €50/h, e o preço da porta e parede traseira de €220 (valor obtido mediante contato estabelecido com uma empresa do ramo da fabricação e comercialização de módulos pré-fabricados), o custo do módulo é calculado da seguinte forma:

$$Custo_{módulo} = €50 \times 16h + €121{,}95 \times 0{,}522m^3 + €220 = €1083{,}66 + IVA$$

- Ecológicos – os módulos podem incorporar materiais reutilizados, nomeadamente armadura dos ganchos e painéis de chapa de aço preenchidos a espuma de poliuretano. A pintura das portas também pode ser efetuada utilizando uma esponja usada (técnica habitual de pinturas ecológicas).

Refira-se que as grandes desvantagens deste módulo são: (i) necessidade de serem movimentados por grua, e (ii) impossibilidade de redução do volume para o transporte.

## 3.2. MÓDULO EM ESTRUTURA METÁLICA

Visto que uma mais-valia deste tipo de módulos para alojamento em festivais consiste na sua portabilidade, é essencial projetar uma versão de transporte e montagem facilitados. Isso implica um módulo que diminua de tamanho, seja composto pelo menor número de peças possível (depois de fabricado e pronto a utilizar) e que exija o mínimo possível de pessoas e ferramentas associadas às operações de montagem e desmontagem.

Assim, foi projetado um módulo metálico dobrável com capacidade de alojamento para duas pessoas (ver Figura 3-11), mantendo as dimensões de 2,20 m de comprimento exterior; 1,00 m de altura útil e 1,20 m de largura útil da versão de módulos anteriormente apresentada (betão autocompactável reforçado com fibras de aço).

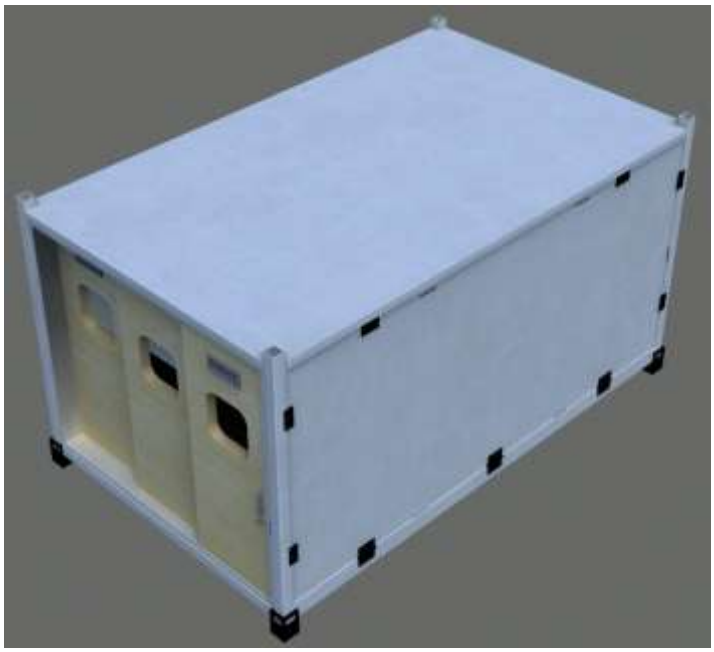


Figura 3-11. Vista frontal em perspetiva do módulo de alojamento temporário em estrutura metálica

Tal como os módulos de betão, estes podem ser sobrepostos (2 pisos), organizados segundo várias configurações e colocada a rede de sombreamento sobre os mesmos.

### 3.2.1. Propriedades dos Materiais

Foi adotado o aço S355JR (Fe510) como material dos perfis estruturais (esqueleto do módulo) e blocos de união (quatro vértices da base).

Nos diversos painéis (constituídos por dupla folha de aço preenchida com poliuretano) que confinem o módulo, são utilizados pequenos perfis metálicos (calhas), chapas e parafusos sujeitos a esforços irrelevantes ao ponto de merecerem cálculos de verificação de segurança.

### 3.2.2. Ações

As ações assumem os seguintes valores:

Peso próprio de elementos metálicos e painéis ..... [obtido mediante consulta dos catálogos técnicos respetivos]
Sobrecarga de utilização (SC) (IPQ, 2009) ..... 3,50 kN/m$^2$

### 3.2.3. Coeficientes de Segurança

Foram adotados os seguintes coeficientes de segurança:

Coeficiente de majoração de cargas permanentes ($\gamma_g$) ..... 1,35
Coeficiente de majoração de cargas variáveis ($\gamma_q$) ..... 1,50

### 3.2.4. Modo de Funcionamento do Módulo

Os módulos foram projetados para se enquadrarem em agrupamentos de dois pisos e para o pior cenário: caso do módulo em utilização e debaixo doutro igualmente carregado.

A laje de piso (pavimento) é constituída por duas grelhas (devido às dimensões comercialmente disponíveis) em aço galvanizado que absorve a carga decorrente do seu peso próprio e da utilização do módulo. A esta grelha é sobreposta uma chapa de aço que permite a distribuição das cargas. Desta forma, o funcionamento da laje consiste num problema de flexão cilíndrica (a laje descarrega nas duas vigas longitudinais em que se apoia).

A base do módulo (grelhas e chapa) assenta sobre as vigas longitudinais que são tubos retangulares. Cada uma destas vigas absorve metade da carga atuante na laje e o peso do painel sobre a mesma. Assim, cada uma das duas vigas longitudinais da base do piso assumem o comportamento de vigas biapoiadas sujeitas a carga uniformemente distribuída.

Cada viga da base do módulo é soldada (por meio de dois cordões de soldadura na vertical) nas suas extremidades a peças metálicas em forma de paralelepípedo que se encontram nos quatro vértices inferiores do módulo de alojamento.

As quatro colunas do módulo são compostas por tubos metálicos quadrados e são também soldadas aos blocos metálicos da base do módulo. Cada uma destas colunas absorve a carga correspondente à sua área de influência (um quarto do peso da cobertura e um quarto do peso de um módulo carregado sobreposto).

Encerrando todos os perfis que compõem o esqueleto estrutural do módulo, encontram-se painéis de dupla folha de chapa de aço preenchida com espuma de poliuretano que garantem algum isolamento térmico. Nas suas extremidades, são aplicados remates de silicone (ou produto equivalente) para garantir a estanquidade do módulo. Uma vez erguidos os painéis, estes são mantidos na vertical através de um mecanismo com funcionamento similar a uma fechadura de ferrolho e devidamente adaptado às especificidades e segurança (face a eventuais atos de vandalismo) do módulo.

Para finalizar cada módulo de alojamento, é colocado um painel (com as mesmas características dos painéis laterais\) sobre as pequenas vigas superiores de cada painel lateral que serve o propósito de garantir a estanquidade e algum isolamento térmico.

A sobreposição dos módulos (ver Figura 3-12) é assegurada pelo facto de:

- As colunas terem uma altura “extra” de 3 cm – que se prolonga para cima da cobertura do próprio módulo;

- Os blocos terem uma cavidade na sua base de 3 cm – que permite o encaixe das colunas do módulo inferior.

Figura 3-12. Módulos de alojamento temporário metálicos sobrepostos

As verificações de segurança comprovam que são necessários perfis estruturais com dimensões inferiores às comercialmente disponibilizadas, pelo que o módulo está sobredimensionado. Um aspeto que foi tido em conta consistiu na uniformização dos perfis metálicos utilizados para tornar a fabricação mais rápida e menos propensa a erros.

### 3.2.5. ESFORÇOS

A fim de dimensionar os perfis metálicos para constituírem as vigas longitudinais da base do módulo, as ligações soldadas (a unir as vigas às peças de canto) e as colunas, é importante saber quantificar os esforços máximos atuantes. Eis as fórmulas que conduzem à sua determinação:

- Momento fletor atuante nas vigas longitudinais da base:

$$M_{Ed} = \frac{P_{Ed} \times L^2}{8}$$

Em que,

$M_{Ed}$ - Momento fletor atuante (kNm)

$P_{Ed}$ - Carga atuante [tendo cada viga a largura de influência de ½ largura do módulo] (kN/m)

L - Vão da laje [medido de eixo a eixo das paredes dos módulos] (m)

- Esforço transverso atuante nas vigas longitudinais da base:

$$V_{Ed} = \frac{P_{Ed} \times L}{2}$$

Em que,

$V_{Ed}$ - Valor de cálculo do esforço transverso atuante (kNm)

$P_{Ed}$ - Valor de cálculo da carga atuante (kN/m)

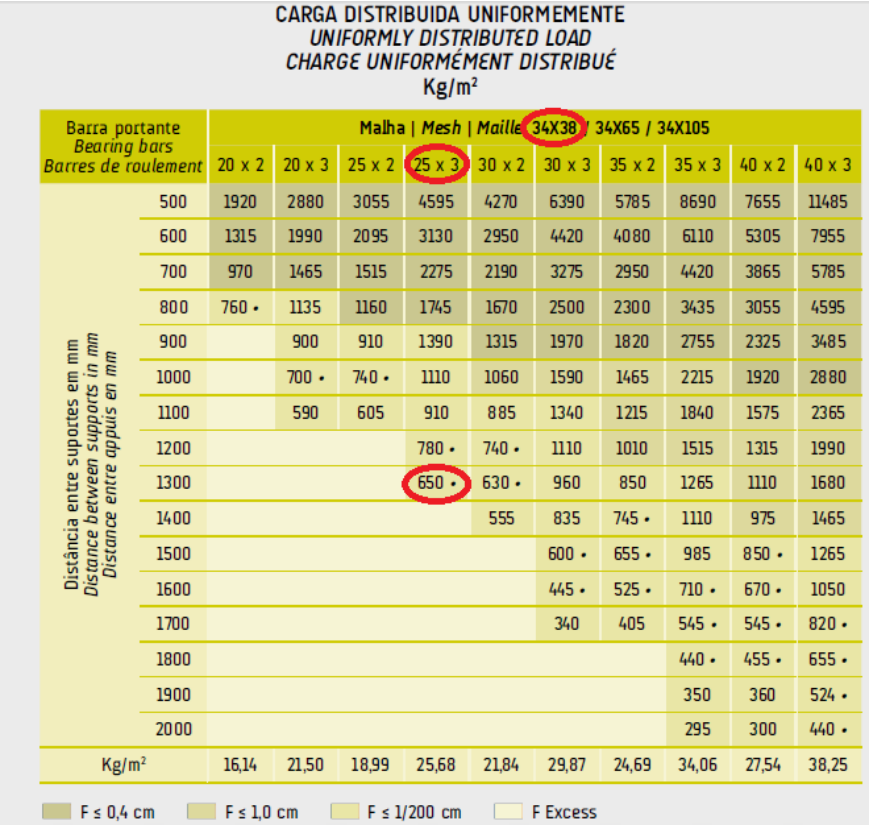
L - Comprimento da viga (m)

- Esforço axial de compressão atuante nas colunas:

$$N_{Ed} = {}^{1}/_{4} \times (Peso\ do\ próprio\ módulo\ carregado) + {}^{1}/_{4} \times (Peso\ de\ um\ módulo\ carregado\ sobreposto)$$

### 3.2.6. LAJES DE PISO

A laje do pavimento é constituída por uma grelha metálica que, quanto à flexão, funciona numa direção (no sentido da largura do módulo). A escolha da grelha fez-se através da consulta de catálogos de quadrículas metálicas comercializadas por empresas siderúrgicas/metalúrgicas e apenas requer dois dados: valor de cálculo da carga a aplicar e vão a vencer (ver Figura 3-13).



CARGA DISTRIBUIDA UNIFORMEMENTE
*UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD*
*CHARGE UNIFORMÉMENT DISTRIBUÉ*
Kg/m²

| Barra portante *Bearing bars* *Barres de roulement* | Malha \| *Mesh* \| *Maille* 34X38 / 34X65 / 34X105 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 x 2 | 20 x 3 | 25 x 2 | 25 x 3 | 30 x 2 | 30 x 3 | 35 x 2 | 35 x 3 | 40 x 2 | 40 x 3 |
| 500 | 1920 | 2880 | 3055 | 4595 | 4270 | 6390 | 5785 | 8690 | 7655 | 11485 |
| 600 | 1315 | 1990 | 2095 | 3130 | 2950 | 4420 | 4080 | 6110 | 5305 | 7955 |
| 700 | 970 | 1465 | 1515 | 2275 | 2190 | 3275 | 2950 | 4420 | 3865 | 5785 |
| 800 | 760 • | 1135 | 1160 | 1745 | 1670 | 2500 | 2300 | 3435 | 3055 | 4595 |
| 900 | | 900 | 910 | 1390 | 1315 | 1970 | 1820 | 2755 | 2325 | 3485 |
| 1000 | | 700 • | 740 • | 1110 | 1060 | 1590 | 1465 | 2215 | 1920 | 2880 |
| 1100 | | 590 | 605 | 910 | 885 | 1340 | 1215 | 1840 | 1575 | 2365 |
| 1200 | | | | 780 • | 740 • | 1110 | 1010 | 1515 | 1315 | 1990 |
| 1300 | | | | 650 • | 630 • | 960 | 850 | 1265 | 1110 | 1680 |
| 1400 | | | | | 555 | 835 | 745 • | 1110 | 975 | 1465 |
| 1500 | | | | | | 600 • | 655 • | 985 | 850 • | 1265 |
| 1600 | | | | | | 445 • | 525 • | 710 • | 670 • | 1050 |
| 1700 | | | | | | 340 | 405 | 545 • | 545 • | 820 • |
| 1800 | | | | | | | | 440 • | 455 • | 655 • |
| 1900 | | | | | | | | 350 | 360 | 524 • |
| 2000 | | | | | | | | 295 | 300 | 440 • |
| Kg/m² | 16,14 | 21,50 | 18,99 | 25,68 | 21,84 | 29,87 | 24,69 | 34,06 | 27,54 | 38,25 |

Distância entre suportes em mm
*Distance between supports in mm*
*Distance entre appuis en mm*

F ≤ 0,4 cm  F ≤ 1,0 cm  F ≤ 1/200 cm  F Excess

Figura 3-13. Exemplo de consulta de catálogo de grelhas estruturais

### 3.2.7. VIGAS DE PISO

Para as vigas longitudinais da base do piso, foi adotado o perfil “Tubo TPS Laminado a Quente h = b = 50 mm; t= 4 mm” (ver Figura 3-14) e procedeu-se às seguintes verificações da segurança aos estados limites últimos.

Figura 3-14. Pormenor da secção transversal das vigas de piso (a=b=50 mm; e=4 mm)

- Resistência das secções transversais (conforme os procedimentos para secções de classe 1 ou 2) da viga:
    - Momento fletor (de acordo com o disposto no Capítulo 6.2.5 da NP EN 1993-1-1), sendo a verificação efetuada mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$M_{pl,y} \geq M_{Ed,y}$$

$$\frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} \geq M_{Ed,y}$$

Em que,

$M_{pl,y}$ - Módulo plástico da secção transversal relativo à flexão em torno do eixo y-y (kNm)

$M_{Ed,y}$ - Valor de cálculo do momento fletor atuante segundo o eixo y-y (kNm)

$W_{pl,y}$ - Módulo plástico de flexão da secção do elemento ($m^3$)

$f_y$ - Tensão de cedência do aço ($N/mm^2$)

$\gamma_{M0}$ - Coeficiente parcial de segurança [1,0] (-)

    - Esforço transverso (de acordo com o disposto no Capítulo 6.2.6 da NP EN 1993-1-1) , sendo a verificação garantida através da aplicação da seguinte fórmula:

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$\frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} \geq V_{Ed}$$

Em que,

$V_{pl,Rd}$ - Valor de cálculo do esforço transverso resistente plástico (kN)

$V_{Ed}$ - Valor de cálculo do esforço transverso atuante (kN)

$A_v$ - Área resistente ao esforço transverso ($m^2$)

$f_y$ - Tensão de cedência do aço ($N/mm^2$)

$\gamma_{M0}$ - Coeficiente parcial de segurança [1,0] (-)

- Ligação soldada entre as vigas do pavimento e os blocos de união de perfis (de acordo com o disposto no Capítulo 4.5.3.3 da NP EN 1993-1-8), sendo a verificação efetuada com a aplicação da seguinte fórmula:

$$F_{w,Rd} \geq F_{w,Ed}$$

$$F_{w,Rd=f_{vwd}\times a}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \times \gamma_{M2}} \times a$$

$$F_{w,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n \times L}$$

Em que,

$F_{w,Rd}$ - Valor de cálculo do esforço atuante na soldadura por unidade de comprimento (N/mm)

$F_{w,Ed}$ - Valor de cálculo da resistência da soldadura por unidade de comprimento (N/mm)

$f_{vw,d}$ - Valor de cálculo da resistência ao corte da soldadura (N/mm$^2$)

a - Espessura efetiva do cordão de soldadura (mm)

$\beta_w$ - Fator de correlação para soldaduras de ângulo [Quadro 4.1 da NP EN 1993-1-8] (-)

$\gamma_{M2}$ - Coeficiente parcial de segurança [1,25] (-)

$V_{Ed}$ - Valor de cálculo do esforço transverso atuante (kN)

n - Número de lados em que será aplicada a soldadura (-)

L - Comprimento do cordão de soldadura (mm)

Considerando o comprimento da soldadura como toda a altura da cavidade do bloco (ver Figura 3-15) onde as vigas encaixam (50 mm), o cálculo da espessura do cordão conduziu a um valor muito baixo. Sendo assim, optou-se pela espessura efetiva regulamentada como mínima [Capítulo 4.5.2 (2) da NP EN 1993-1-8].

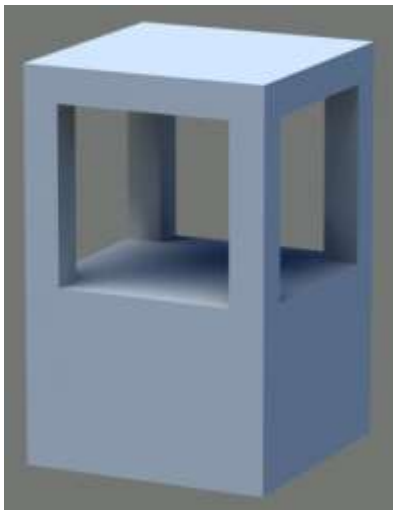


Figura 3-15. Bloco metálico de canto

### 3.2.8. COLUNAS

Para as colunas, adotou-se o perfil "Tubo TPS Laminado a Quente h= b= 50mm; t=4mm".

- Resistência à compressão, verificando a encurvadura (de acordo com o Capítulo 6.3 da NP EN 1993-1-1), sendo a verificação de segurança efetuada mediante a aplicação da seguinte rotina de cálculo:

  1. Considerando o mesmo perfil tubular das vigas, calcular a esbelteza normalizada das colunas:

$$\overline{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$$

$$\overline{\lambda} \frac{L_e / i_z}{\lambda_1}$$

Em que,

$\overline{\lambda}$ - Esbelteza normalizada da coluna (-)

$\lambda$ - Esbelteza da coluna (-)

$\lambda_1$ - Valor da esbelteza de referência para determinar a esbelteza normalizada [Capítulo 6.3.1.3 da NP EN 1993-1-1] (-)

$L_e$ - Comprimento de encurvadura da coluna (m)

$i_z$ - Raio de giração relativo ao eixo y-y (m)

2. Determinar a curva de encurvadura (através da consulta do Quadro 6.2 da NP EN 1993-1-1) e respetivo fator de imperfeição (Quadro 6.1 da NP EN 1993-1-1);

3. Calcular o coeficiente de redução através das seguintes fórmulas:

$$\Phi = 0{,}5 \times [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^{-2}]$$

Em que,

ϕ - Valor para determinar o coeficiente de redução χ (-)

α - Fator de imperfeição para a curva de encurvadura relevante [Quadro 6.1 da NP EN 1993-1-1] (-)

$\bar{\lambda}$ - Esbelteza normalizada da coluna (-)

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^{-2}}}$$

Em que,

χ - Coeficiente de redução para a curva de dimensionamento relevante (-)

ϕ - Valor para determinar o coeficiente de redução χ (-)

$\bar{\lambda}$ - Esbelteza normalizada da coluna (-)

4. Verificar a resistência à encurvadura mediante a seguinte condição:

$$N_{b,Rd} \geq N_{,Ed}$$

$$\frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} \geq N_{Ed}$$

Em que,

$N_{b,Rd}$ - Valor de cálculo da resistência à encurvadura do elemento comprimido (kN)

$N_{Ed}$ - Valor de cálculo do esforço axial de compressão (kN)

$\chi$ - Coeficiente de redução para a curva de dimensionamento relevante (-)

A - Área da secção transversal do perfil da coluna (-)

$f_y$ - Tensão de cedência do aço ($N/mm^2$)

$\gamma_{M1}$ - Coeficiente parcial de segurança [1,0] (-)

No Anexo III, encontram-se alguns quadros das folhas de cálculo de dimensionamento dos módulos em estrutura metálica para 2 pessoas.

### 3.2.9. PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

Na Figura 3-16, encontra-se uma vista explodida do módulo em estrutura metálica para melhor compreensão das partes constituintes e do seu processo construtivo.

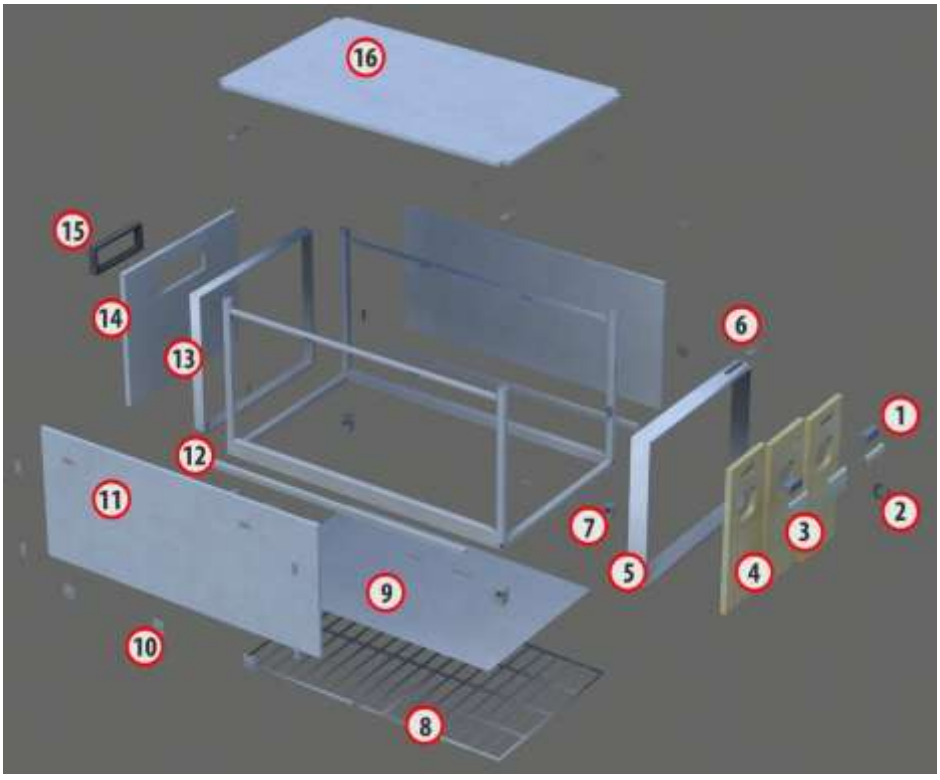



Figura 3-16. Vista explodida do módulo metálico com enumeração das peças

Legenda:

1- Grelha de ventilação 150 mm x 50 mm;

2- Fechadura;

3- Persiana;

4- Porta com 3 cm de espessura composta por 3 folhas de correr (3 x 400 mm) feitas de dupla folha de aço com enchimento de espuma de poliuretano;
5- Perfis de contorno do painel frontal com 120 mm na direção do comprimento do módulo;
6- Mecanismo de bloqueio entre painéis tipo fechadura de ferrolho;
7- Blocos metálicos de canto (união de vigas de base e colunas);
8- Grelha estrutural em aço galvanizado;
9- Chapa de aço com 1,5 mm de espessura unida à grelha por meio de grampos de fixação;
10- Dobradiça;
11- Painel prefabricado com 3 cm de espessura (dupla folha de 0,5 mm de espessura com 39 mm de enchimento de poliuretano);
12- Perfil de contorno inferior dos painéis laterais (40 mm x 20 mm);
13- Perfis de contorno do painel traseiro com 120 mm na direção do comprimento do módulo;
14- Painel prefabricado com 3 cm de espessura (dupla folha de 0,5 mm de espessura com 39 mm de enchimento de poliuretano) com orifício para instalação da grelha de ventilação;
15- Grelha de ventilação 500 mm x 200 mm;
16- Painel prefabricado com 3 cm de espessura (dupla folha de 0,5 mm de espessura com 39 mm de enchimento de poliuretano) com cantos recortados para trespassarem as colunas.

Cada módulo de alojamento temporário em estrutura metálica é composto por três peças, as quais compreendem as seguintes etapas de fabricação:

Caixa dobrável:

1. Posicionamento e alinhamento dos blocos de canto e vigas da base do piso;
2. Soldadura das vigas aos blocos metálicos de canto – aplicação de um cordão de ângulo ao longo de toda a altura das duas arestas verticais da cavidade do bloco em que cada viga encaixa;
3. Soldadura das colunas aos blocos metálicos de canto – aplicação de um cordão de ângulo em todo o contorno da cavidade do bloco em que cada coluna encaixa;
4. Soldadura dos perfis de remate – segundo o comprimento do módulo e na parte superior;
5. Instalação dos mecanismos de bloqueio (ver Figura 3-17) entre painéis tipo “fechadura de ferrolho” – um em cada extremidade dos perfis superiores do contorno dos alçados principal e posterior. Abertura de rasgos nos perfis longitudinais superiores (para permitir a entrada do ferrolho);

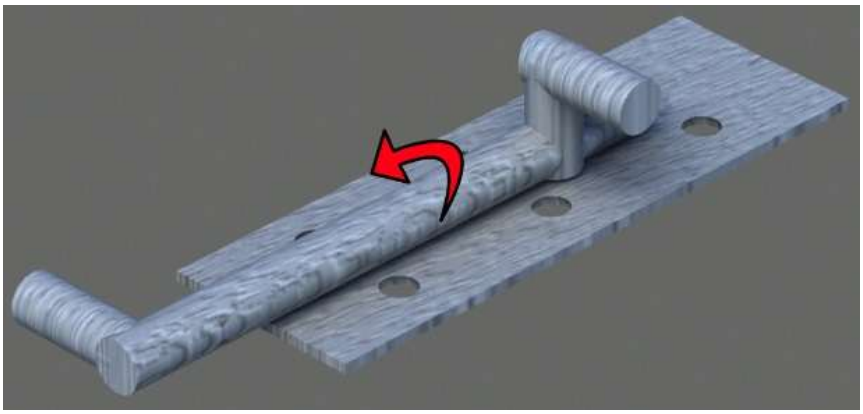


Figura 3-17. Mecanismo de bloqueio entre painéis tipo “fechadura de ferrolho”

6. Soldadura de (i) perfis de contorno nos alçados principal e posterior e (ii) perfis secundários sobrepostos às vigas longitudinais da base (com o objetivo de servir de contorno aos diversos painéis laterais e aumentar a cota da dobradiça);
7. Aparafusamento das dobradiças (entre as vigas da base do módulo e os perfis inferiores de contorno dos vários painéis);
8. Instalação dos painéis laterais (incluem chapas de ligação aos perfis metálicos), porta (inclui grelhas de ventilação, janelas, persianas, fechadura e calha de deslizamento) e painel traseiro (inclui grelha de ventilação).

Piso:

1. Fixação das duas grelhas estruturais que compõem a base do módulo (devido às dimensões comercialmente disponíveis) a uma chapa (com as dimensões da base do módulo) de aço com 1 mm de espessura por meio de grampos de fixação;
2. Recorte dos cantos da base do módulo – de modo a encaixar, trespassando as colunas.

Cobertura:

1. Recorte dos cantos de um painel (dupla folha de chapa de aço com enchimento de poliuretano) prefabricado – de modo a encaixar no topo do módulo, trespassando as colunas.

### 3.2.10. PROCEDIMENTOS DE MONTAGEM

Como referido no subcapítulo anterior, cada módulo é composto por três partes: caixa dobrável, piso e cobertura (ver Figura 3-18).

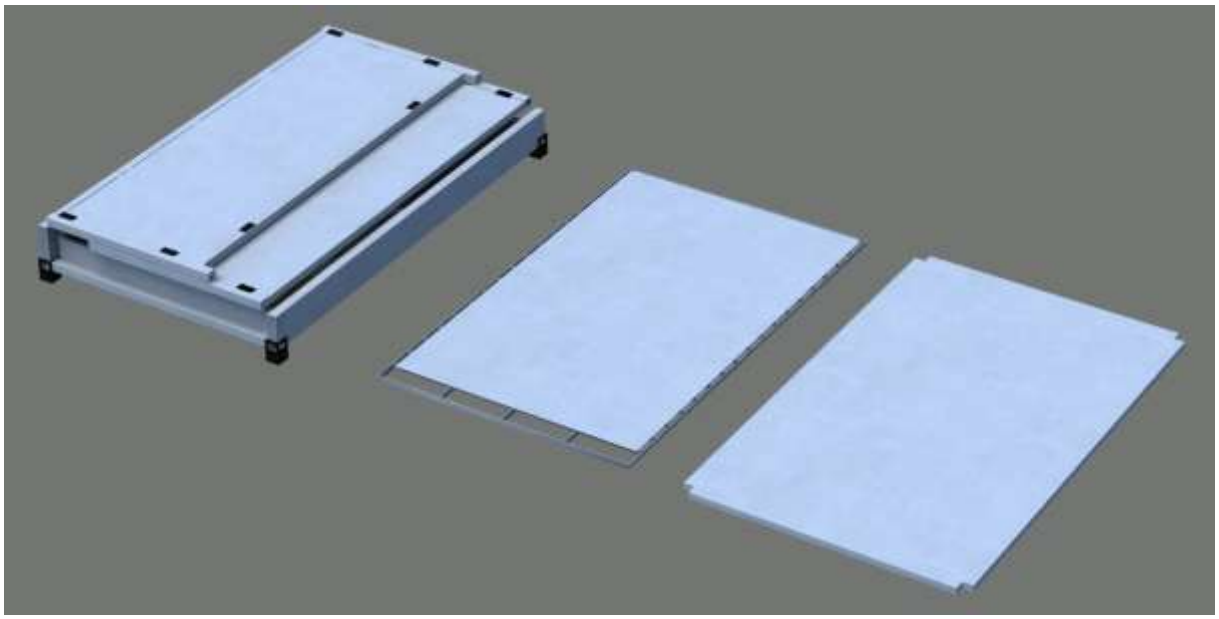


Figura 3-18. Três partes constituintes do módulo metálico

Mediante comparação com as soluções de abrigos atualmente existente, a montagem destes módulos *in situ* é revolucionária em termos de tempo e ferramentas, pois quatro pessoas, em escassos minutos e sem o auxílio de nenhuma ferramenta conseguem preparar um módulo.

Os módulos são transportados dobrados e empilhados e esta é a sequência de montagem de cada um deles:

1. Desdobramento de um painel lateral (ver Figura 3-19);

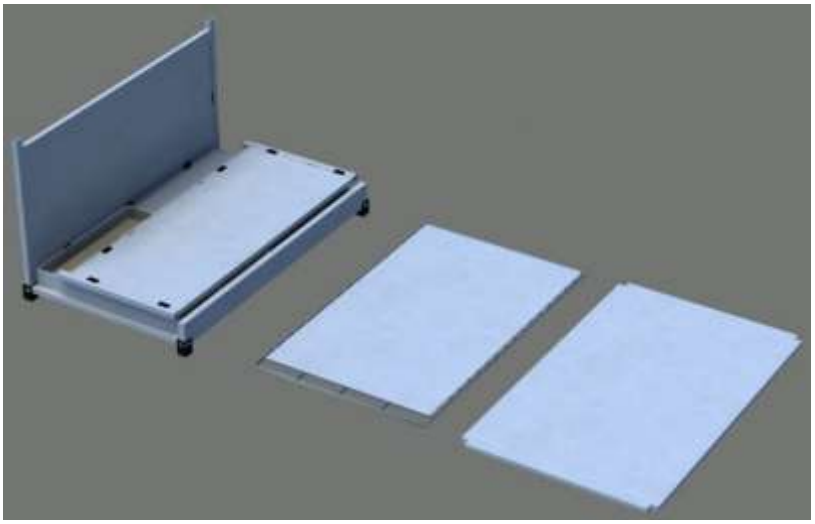


Figura 3-19. Desdobramento do primeiro painel lateral

2. Desdobramento do outro painel lateral (ver Figura 3-20);

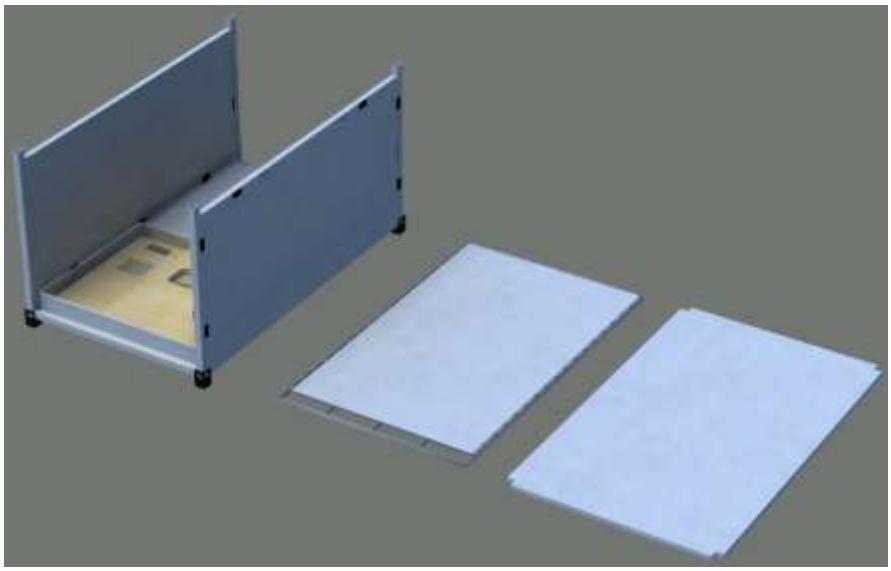


Figura 3-20. Desdobramento do segundo painel lateral

3. Desdobramento do painel traseiro e bloqueio dos dois painéis laterais ao painel traseiro (ver Figura 3-21);

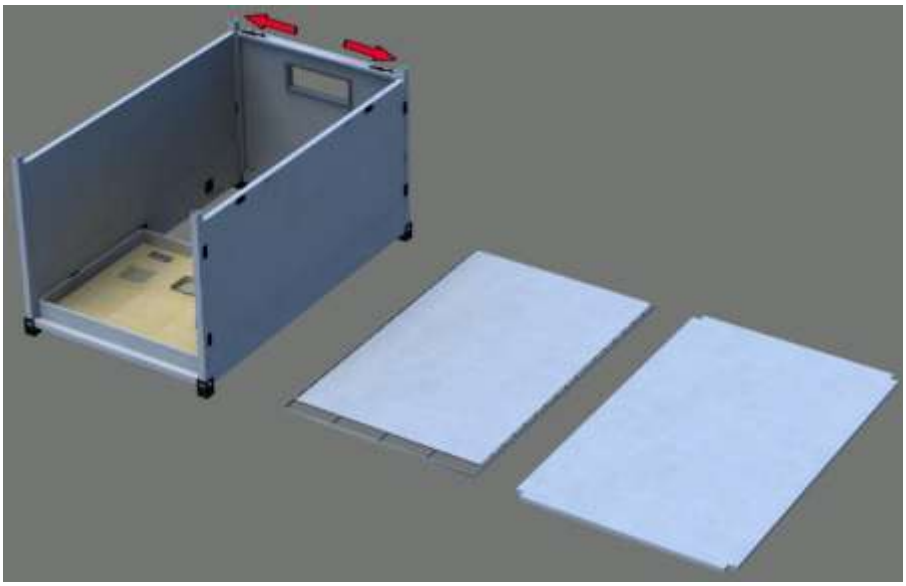


Figura 3-21. Desdobramento do painel do alçado posterior

4. Desdobramento do painel frontal (ver Figura 3-22);

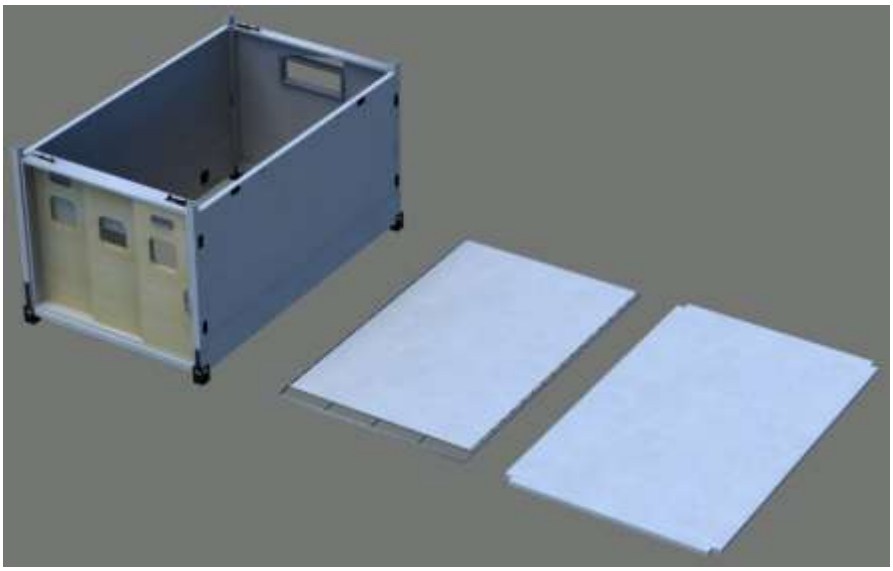


Figura 3-22. Desdobramento do painel do alçado principal

5. Bloqueio dos dois painéis laterais ao painel frontal (mesmo procedimento do passo 3);
6. Colocação do piso do módulo sobre as duas vigas longitudinais da base (ver Figura 3-23);

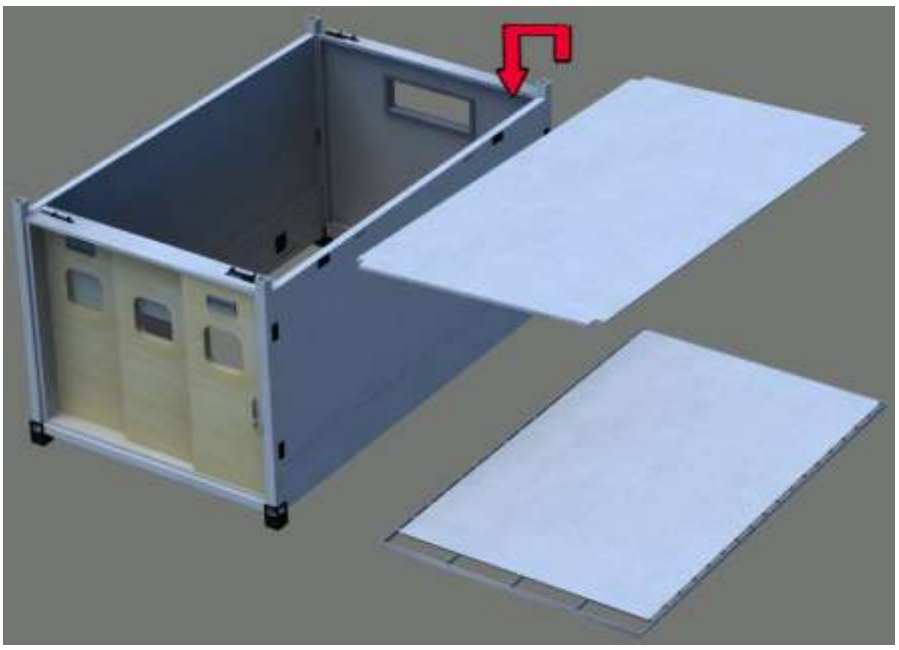


Figura 3-23. Colocação do piso no módulo (simples assentamento)

7. Sobreposição da cobertura do módulo sobre as duas vigas longitudinais superiores (ver Figura 3-24);

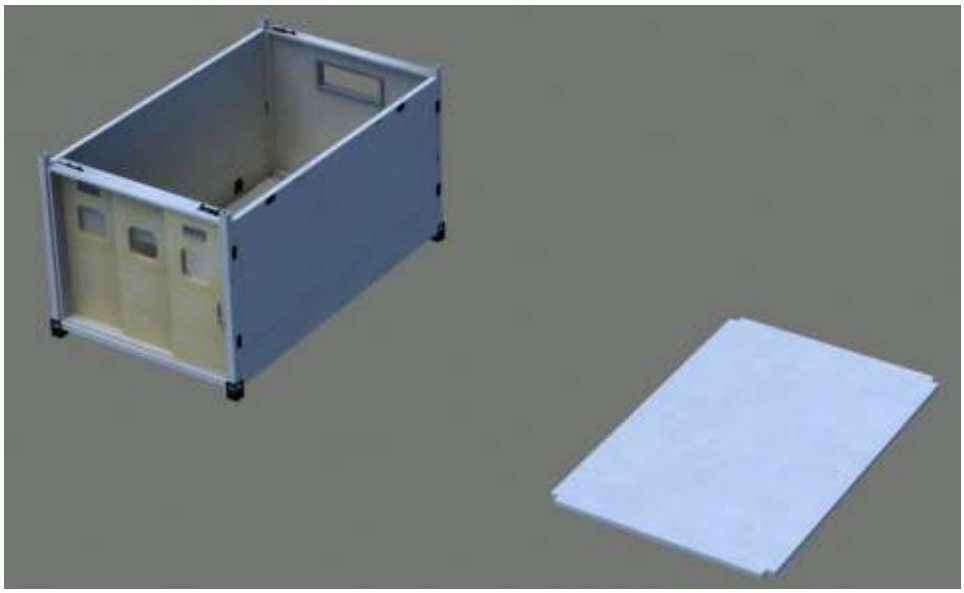


Figura 3-24. Colocação da cobertura no módulo (simples assentamento)

8. Repetição do processo nos restantes módulos (sobrepostos ou não – Figura 3-25).

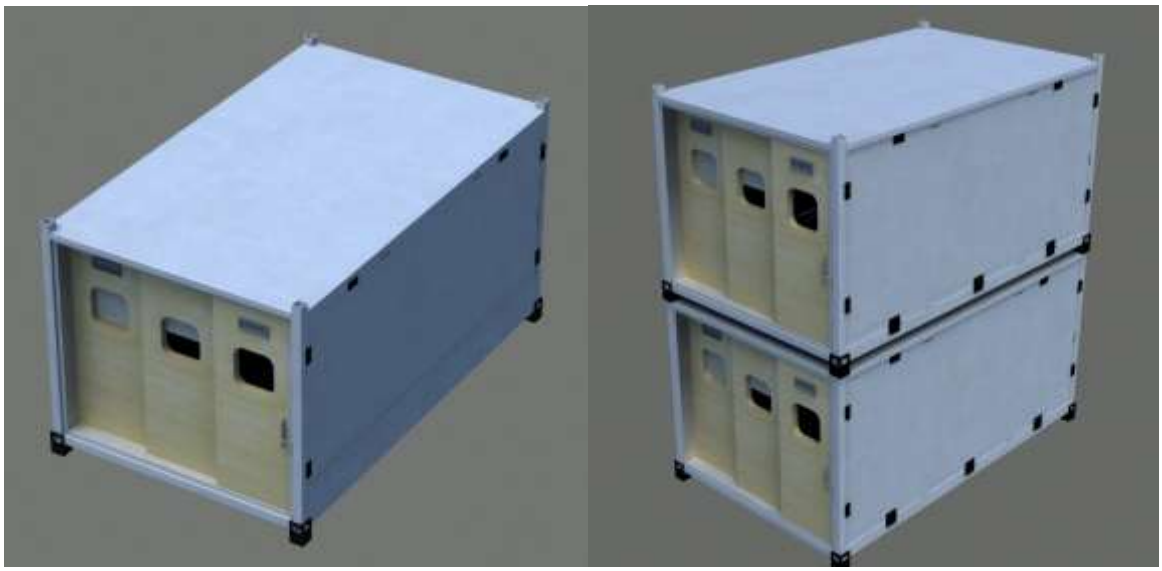


Figura 3-25. a) Finalização da montagem dos módulos; b) Repetição do processo

No Anexos III, encontram-se várias peças desenhadas do módulo de alojamento temporário em estrutura metálica para duas pessoas.

### 3.2.11. VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS

- Segurança estrutural – garantida através das verificações preconizadas no Eurocódigo 3;
- Segurança contra incêndios – conseguida através da utilização de materiais incombustíveis (grelhas em aço galvanizado e perfis de aço) e com resistência ao fogo homologada internacionalmente com a classe M-1 (painéis tipo sanduíche utilizados em soluções de pré-fabricados);
- Conforto generalizado – conseguido através das superfícies interiores com cores claras e boas condições de luminosidade reguláveis pelas persianas;
- Conforto térmico – os módulos propostos não asseguram um nível de conforto térmico quanto o exigido aos edifícios, mas houve a preocupação de utilizar painéis com boas características de isolamento térmico, manter os módulos sobrepostos com um desfasamento entre a cobertura e o pavimento do outro (ver Figura 3-26) e instalar uma de rede *nylon* elevada a 50 cm do nível superior de módulos (a 2,80 m do solo);

Figura 3-26. Pormenor da sobreposição de módulos metálicos

- Isolamento acústico – ainda que não ofereçam condições ideais de isolamento acústico, é garantido um melhor comportamento do que as tendas convencionais);
- Condições de ventilação – os módulos propostos apresentam duas grelhas de ventilação regulável na parte superior da parede frontal e uma de maiores dimensões na parede traseira que garantem uma ventilação natural por convecção. Além disso, acresce o facto de, sobre os módulos, ser colocada uma rede que proporciona mais arejamento;
- Estanquidade – deverá ser validada da mesma forma que as comuns tendas de poliéster: em laboratório (sob 200 litros de água/hora/m²) e missão-teste;

- Transporte – os módulos diminuem o seu volume através das dobradiças instaladas nos vários painéis e dimensões compatíveis com contentores marítimos e carroçarias de camiões. Quando dobradas e empilhadas as três partes que compõem cada módulo, estas ocupam um volume de 1350 mm x 2200 mm x 410 mm; quando erguidos, cada módulo ocupa um volume de 1350 mm x 2200 mm x 1200 mm (ou seja, o volume é reduzido quase para 1/3 quando dobrado). Num camião de 2 eixos com carroçaria comum (dimensões internas de 7,65 m x 2,46 m), cabem 20 módulos. Num contentor marítimo ISO 20' (dimensões internas de 5,89 m x 2,35 m x 2,39 m), cabem 20 módulos;
- Facilidade de montagem – os módulos de alojamento temporário em estrutura metálica são montáveis por quatro pessoas, em escassos minutos e sem necessidade de qualquer ferramenta;
- Otimização da ocupação do território – num agrupamento típico de 80 módulos e incluindo um arruamento principal de 3,5 m de largura (tal como exigido pela legislação de segurança contra incêndios), conseguem alojar-se 160 pessoas, ocupando uma área de terreno de 217,5 $m^2$;
- Higiene – os módulos são compostos por materiais de fácil lavagem;
- Reduzido peso – os módulos apresentam uma massa total de 230 kg e são compostos por três peças com as seguintes massas:
    - Caixa dobrável – 140 kg;
    - Pavimento – 70 kg;
    - Cobertura – 20 kg
- Elevação em relação ao solo – os módulos apresentam uma elevação do piso em relação ao solo de 10 cm;
- Durabilidade – os módulos são constituídos por grelhas de aço galvanizado (tratamento contra a corrosão), perfis e chapas revestidos a tinta. É estimada uma durabilidade de 10 anos, sendo necessárias inspeções regulares ao estado de conservação das ligações (dobradiças, parafusos e soldas), bem como a eventuais focos de corrosão;
- Economia – através da consulta de várias empresas siderúrgicas/metalomecânicas, foram recolhidos preços unitários para as várias peças (perfis, chapas, grelhas e painéis pré-fabricados) que constituem o módulo metálico. Foi igualmente recolhido o preço da mão-de-obra (€40,65/h) para a construção dos ditos módulos e estimado um tempo de execução por uma só pessoa (10h). Sendo assim, o custo de produção do módulo é calculado da seguinte forma:

$$Custo_{módulo} = €50 \times 10h + €886{,}42 = 1386{,}42€ + IVA$$

- Ecológicos – os módulos podem incorporar materiais reutilizados, nomeadamente os painéis de chapa de aço preenchidos a espuma de poliuretano. A pintura das portas também pode ser efetuada utilizando uma esponja usada (técnica habitual de pinturas ecológicas).

## 3.3. COMPARAÇÃO COM AS SOLUÇÕES EXISTENTES

Com vista a aplicar os princípios de *benchmarking*[2], torna-se imperativo fazer uma análise comparativa entre as soluções de alojamento já existentes descritas ao longo do Subcapítulo 2.3 e as soluções propostas nos Subcapítulos 3.1 e 3.2. Desta forma, serão descritas as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções propostas em relação à solução existente mais semelhante.

### 3.3.1. MÓDULO EM BETÃO BRANCO AUTOCOMPACTÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO

A solução proposta em betão aproxima-se da DASPARKHOTEL (Subcapítulo 2.3.1).

Vantagens competitivas:

- Possibilidade de configurar os módulos em 2 pisos, otimizando a ocupação do território;
- Menor necessidade de estabilização do módulo no solo;
- Menor exposição a intrusão de águas de escorrência (devido ao desfasamento entre o nível do solo e o piso);
- Otimização logística: possibilidade de acondicionamento de um maior número de módulos por carroçaria de camião ou contentor marítimo;
- Menor massa.

Desvantagens competitivas:

- Não aproveitamento de um produto já existente (condutas prefabricadas em betão), sendo necessário produzir moldes de cofragem;
- Custo de produção mais elevado, dada a necessidade de produção de cofragens e betonagem;
- Menor espaço útil para alojamento.

[2] "Benchmarking é simplesmente o método sistemático de procurar os melhores processos, as ideias inovadoras e os procedimentos de operação mais eficazes que conduzam a um desempenho superior" (Christopher E. Bogan).

### 3.3.2. MÓDULO EM ESTRUTURA METÁLICA

A solução proposta em estrutura metálica assemelha-se à EXO (Subcapítulo 2.3.16).

Vantagens competitivas:

- Menor custo de produção;
- Processo de construção mais simples e rápido;
- Menor massa;
- Alojamento de um maior número de pessoas/$m^2$.

Desvantagens competitivas:

  - Menor capacidade de alojamento em cada módulo;
  - Impossibilidade de interconectar os módulos;
  - Necessidade de montar o módulo *in situ*.

Da comparação entre estas duas soluções, é possível constatar que ambas permitem a alocação do mesmo número de módulos num camião.

## 3.4. VALIDAÇÃO DO CONCEITO

Sendo um dos principais objetivos desta dissertação a proposta de soluções de alojamento temporário viáveis tanto no plano técnico como no económico, realizaram-se inquéritos (que constam no Anexo IV) junto dos potenciais utilizadores (representativos de todo o país) e sintetizaram-se alguns dados importantes para a determinação da rentabilidade de um possível projeto comercial.

### 3.4.1. INQUÉRITO A POTENCIAIS UTILIZADORES

A melhor maneira de validar uma ideia com potencial comercial consiste em apresentá-la aos seus potenciais clientes (Clark, 2012). Sendo assim, procedeu-se à elaboração de novos inquéritos em que eram disponibilizadas imagens de acampamentos em festivais de Verão com as tendas convencionais de poliéster e modelos virtuais (acompanhados de uma breve descrição) dos módulos analisados no capítulo anterior. Desse inquérito, foram obtidas 210 respostas e possível aferir os seguintes dados:

- Quando questionados sobre que solução de alojamento preferiam (entre as tradicionais tendas e os módulos de alojamento), 65% dos inquiridos preferiram os módulos;
- Quando questionados acerca do valor que estariam dispostos a pagar para usufruir desses módulos de alojamento:
    - 68% dos inquiridos responderam entre €10 a €20 extra (em relação ao bilhete do festival);
    - 30% dos inquiridos responderam entre €20 e €30;
    - 2% dos inquiridos estariam dispostos a desembolsar mais de €30 pela estadia.
- As principais razões que levaram 35% dos inquiridos a preferir as tendas em detrimento dos módulos foram as seguintes:
    - Possibilidade de os módulos serem agrupados de forma que se perca a componente de diversão social dos acampamentos;
    - Dimensões aparentemente reduzidas.

### 3.4.2. VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÓMICA

A presente dissertação não possui a componente de estudo de comercialização no mercado. Assim, caso esta dissertação dê origem a um projeto comercial julga-se importante realçar o seguinte:

- O custo de produção de cada uma das versões dos módulos propostos
    - €1083,66 + IVA para a versão em betão;
    - €1386,42 + IVA para a versão metálica;
- O valor que os potenciais clientes estariam dispostos a pagar pelo usufruto dos mesmos – €10 a €20 por festival;
- A durabilidade durante a qual o investimento na produção dos módulos deverá ser amortizado e apresentar lucro foi estimada de 10 anos para ambos os módulos propostos.

# 4

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

## 4.1. CONCLUSÕES GERAIS

O problema do alojamento temporário é uma realidade em todo o mundo e em várias situações: festivais de Verão, eventos ao ar livre, desalojamentos causados por catástrofes de origem natural ou antrópica, estadias fugazes em cidades estrangeiras; aeroportos (em caso de greves ou tempestades), etc.

O enquadramento legal no qual as estruturas de alojamento temporário se inserem é de entendimento ambíguo, sendo, no entanto, claro que a segurança estrutural e contra incêndios devem ser verificadas de acordo com as normas em vigor (Eurocódigos). Já no que respeita ao comportamento térmico e acústico, deve imperar o bom senso – não exigir o que é imposto aos edifícios, mas garantir um nível de conforto razoável.

No espectro de oferta de alojamento para desalojados e breves estadias em cidades e aeroportos, já existem várias soluções interessantes, embora seja notório que uma solução que se aproxime da ideal (bastante leve, portátil, extremamente fácil de montar, confortável e barata) ainda não existe. Apesar disso, é clara a tendência de surgimento de novos projetos nesta área – que tem razão de ser dada a procura existente.

No que toca às soluções propostas, foi sugerida uma versão em betão vocacionada para situações em que seja útil a permanência no mesmo local de uma solução rápida de alojamento. Foi igualmente apresentada uma versão metálica dobrável idealizada para promotores de eventos em diferentes locais num curto período temporal. A escolha da solução adequada deve ponderar os custos de produção, durabilidade da estrutura e retorno financeiro decorrente da sua exploração.

Quanto aos objetivos a que esta dissertação se propôs, é possível afirmar que foram alcançados com sucesso, pois foi possível projetar soluções técnicas capazes e cuja maioria dos festivaleiros inquiridos

admitiu preferir em detrimento das tradicionais tendas de poliéster, após descrição dos módulos e apresentação de modelos virtuais. Além disso, o facto de, com os módulos metálicos, se conseguir diminuir o volume de cada módulo em quase 2/3 para fins de transporte e o facto de se reduzir a área de terreno associada a cada pessoa alojada de 3,55 $m^2$ para 1,36 $m^2$ representam mais-valias.

## 4.2. TRABALHOS FUTUROS

As prováveis investigações na sequência do tema desta dissertação devem fazer-se valer dos mais recentes conhecimentos que a engenharia de materiais oferece, de modo a garantir segurança estrutural, resistência contra o fogo e leveza das estruturas. A aposta em polímeros incombustíveis será com certeza uma boa opção.

Outro aspeto a ter em consideração no desenvolvimento de novas soluções de alojamento temporário e fruto da recolha da opinião dos potenciais utilizadores deste tipo de módulos será a aposta em soluções com maiores dimensões, substituindo, por exemplo, os módulos sobrepostos por outros que apresentem camas tipo beliches – garantindo o mesmo número de pessoas alojadas na mesma área em planta.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Alter, L. (16 de 09 de 2008). Obtido de treehugger.com: http://www.treehugger.com/modular-design/flatpack-uber-shelter-is-multi-storey.html

arcoweb.com.br. (11 de 08 de 2009). *Veja os projetos premiados na 21º edição do maior concurso para formandos de arquitetura e urbanismo do Brasil.* Obtido de arcoweb.com.br: http://www.arcoweb.com.br/especiais/opera-prima-2009-veja-os-11-08-2009.html

Barros, J., & Ulrix, E. (2001). *Betão Reforçado com Fibras de Aço – Recentes desenvolvimentos nas áreas da caracterização experimental, cálculo e aplicação.* Lisboa: LNEC.

Borgobello, B. (19 de 06 de 2013). *Diogene micro home pushes the boundaries for off-the-grid tiny living.* Obtido de gizmag.com: http://www.gizmag.com/renzo-piano-micro-home-diogene/27923/

Burns, C. (29 de 08 de 2008). *Giant Accordian Relief.* Obtido de yankodesign.com: http://www.yankodesign.com/2008/08/29/disaster-survivors-choose-giant-accordian-tm/

canalsuperior.pt. (04 de 07 de 2012). *E se pudesses trocar a tenda por um hostel nos festivais?* Obtido de CanalSuperior.pt: http://informacao.canalsuperior.pt/faz-te-a-vida/13635

Clark, T. (2012). Modelo de Negócio Eu. Em T. Clark, *Modelo de Negócio Eu* (p. 257). Alfragide: Dom Quixote.

dasparkhotel.net. (01 de 03 de 2013). Obtido de dasparkhotel.net: http://www.dasparkhotel.net/

Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro - regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios (12 de Novembro de 2008).

Decreto-Lei n.º 39/2008, de 7 de Março - O regime jurídico da instalação, exploração e funcionamento dos empreendimentos turísticos (07 de Março de 2008).

design21sdn.com. (09 de 03 de 2013). Obtido de design21sdn.com: http://www.design21sdn.com/competitions/7/entries/947/gallery

designbuzz.com. (09 de 07 de 2013). *Small Shelter offers instant refuge during emergencies.* Obtido de designbuzz.com: http://www.designbuzz.com/small-shelter-offers-instant-refuge-during-emergencies/

Direção-Geral da Energia e dos Transportes da Comissão Europeia. (2010). *Orientações relativas às Melhores Práticas Europeias para o Acondicionamento da Carga nos Transportes Rodoviários.* Bruxelas: Comissão Europeia.

Dodson, B. (10 de 06 de 2012). *Reaction system promises versatile, cost effective emergency housing.* Obtido de gizmag.com: http://www.gizmag.com/reaction-exo-emergency-housing/22726/

edificecomplex.tumblr.com. (08 de 03 de 2013). *4:10 House*. Obtido de edificecomplex.tumblr.com: http://edificecomplex.tumblr.com/post/21219095203/so-aware-4-10-house-by-bruce

Euronews. (06 de 01 de 2011). *Violência sexual no Haiti.* Obtido de pt.euronews.com: http://pt.euronews.com/2011/01/06/violencia-sexual-no-haiti/

Farrell, D. (11 de 07 de 2013). *IKEA develops refugee shelter.* Obtido de vr-zone.com: http://vr-zone.com/articles/ikea-develops-refugee-shelter/44680.html

García, G. H. (05 de 03 de 2010). *Prototipo Puertas – Vivienda de Emergencia / Cubo Arquitectos.* Obtido de plataformaarquitectura.cl: http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/03/05/prototipo-puertas-vivienda-de-emergencia-para-casos-catastroficos-cubo-arquitectos/

greensavers.sapo.pt. (26 de 01 de 2013). *Reutilização: um hotel feito de contentores abandonados nos portos.* Obtido de greensavers.sapo.pt: http://greensavers.sapo.pt/2013/01/26/reutilizacao-um-hotel-feito-de-contentores-abandonados-nos-portos-com-fotos/

GVS. (01 de 03 de 2013). Obtido de gvshelters.com: http://www.gvshelters.com/

Hume, T., & Macguire, E. (19 de 06 de 2012). *Airports' tiniest hotels: Sleeping in a box.* Obtido de edition.cnn.com: http://edition.cnn.com/2012/06/19/travel/airport-microhotels

Iavelberg, C. (27 de 02 de 2010). *Tendas improvisadas devem agravar tragédia no Haiti com a chegada da temporada de chuvas e furacões.* Obtido de Noticias.blo.uol.com.br: http://noticias.bol.uol.com.br/internacional/2010/02/27/temporadas-de-chuvas-e-de-furacoes-devem-agravar-situacao-no-haiti.jhtm

IPQ. (2009). *NP EN 13782 - Estruturas temporárias.* Lisboa: IPQ.

IPQ. (2009). *NP EN 1990 - Eurocódigo 0 - Bases para o projecto de estruturas.* Lisboa: IPQ.

IPQ. (2009). *NP EN 1991-1-1 - Eurocódigo 1 - Acções e estruturas. Parte 1-1: Acções gerais.* Lisboa: IPQ.

IPQ. (2010). *NP EN 1916 - Tubos e acessórios de betão não armado, betão com fibras de aço e betão armado.* Lisboa: IPQ.

IPQ. (2010). *NP EN 1992-1-1 - Eurocódigo 2 - Projeto de estruturas de betão - Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios.* Lisboa: IPQ.

IPQ. (2010). *NP EN 1993-1-1 - Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço - Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios.* Lisboa: IPQ.

IPQ. (2010). *NP EN 1993-1-8 - Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço - Parte 1-8: Projeto de ligações.* Lisboa: IPQ.

Johnson, B. (09 de 12 de 2008). *KU architecture students to showcase emergency shelter model Dec. 10.* Obtido de archive.news.ku.edu: http://archive.news.ku.edu/2008/december/9/shelter.shtml

Karlsson, J., & Kanter, D. (15 de 07 de 2013). *Refugee Housing Unit.* Obtido de mvbdesign.net: http://mvbdesign.net/sruanchorconference/wp-content/uploads/2013/04/11_Anchoring-System-for-the-New-Refugee-House-Unit-Johann-Karlsson-Dennis-Kanter.pdf

Monteiro, A. (2011). *A Arquitectura Bioclimática - Experiência e aplicação em Portugal.* Coimbra.

openarchitecturenetwork.org. (04 de 03 de 2013). *The Clean Hub.* Obtido de openarchitecturenetwork.org: http://openarchitecturenetwork.org/projects/456

Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro - As disposições técnicas gerais e específicas de segurança contra incêndios em edifícios (29 de Dezembro de 2008).

Silva, R. (19 de 03 de 2013). Entrevista a Rodrigo Silva - partilha de experiências na organização de festivais e alojamentos pós-catástrofe no Haiti. (T. Teixeira, Entrevistador)

Stinson, L. (10 de 07 de 2013). *Ikea Develops a Smart Flat-Pack Shelter for Disaster Refugees.* Obtido de wired.com: http://www.wired.com/design/2013/07/ikeas-innovative-new-refugee-shelter/#slideid-153904

Tan, V. (20 de 06 de 2013). *World Refugee Day: A time to rally round family and friends.* Obtido em 22 de 06 de 2013, de UNHCR.org: http://www.unhcr.org/51c2f6886.html

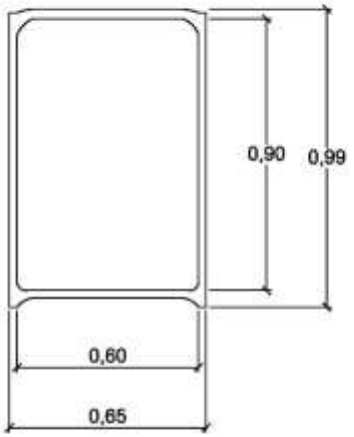
ubershelter. (19 de 03 de 2013). Obtido de ubershelter.blogspot.pt: http://ubershelter.blogspot.pt/

Vieira, A., & Tobias, C. (2009). *Abrigos Emergenciais.* Florianópolis.

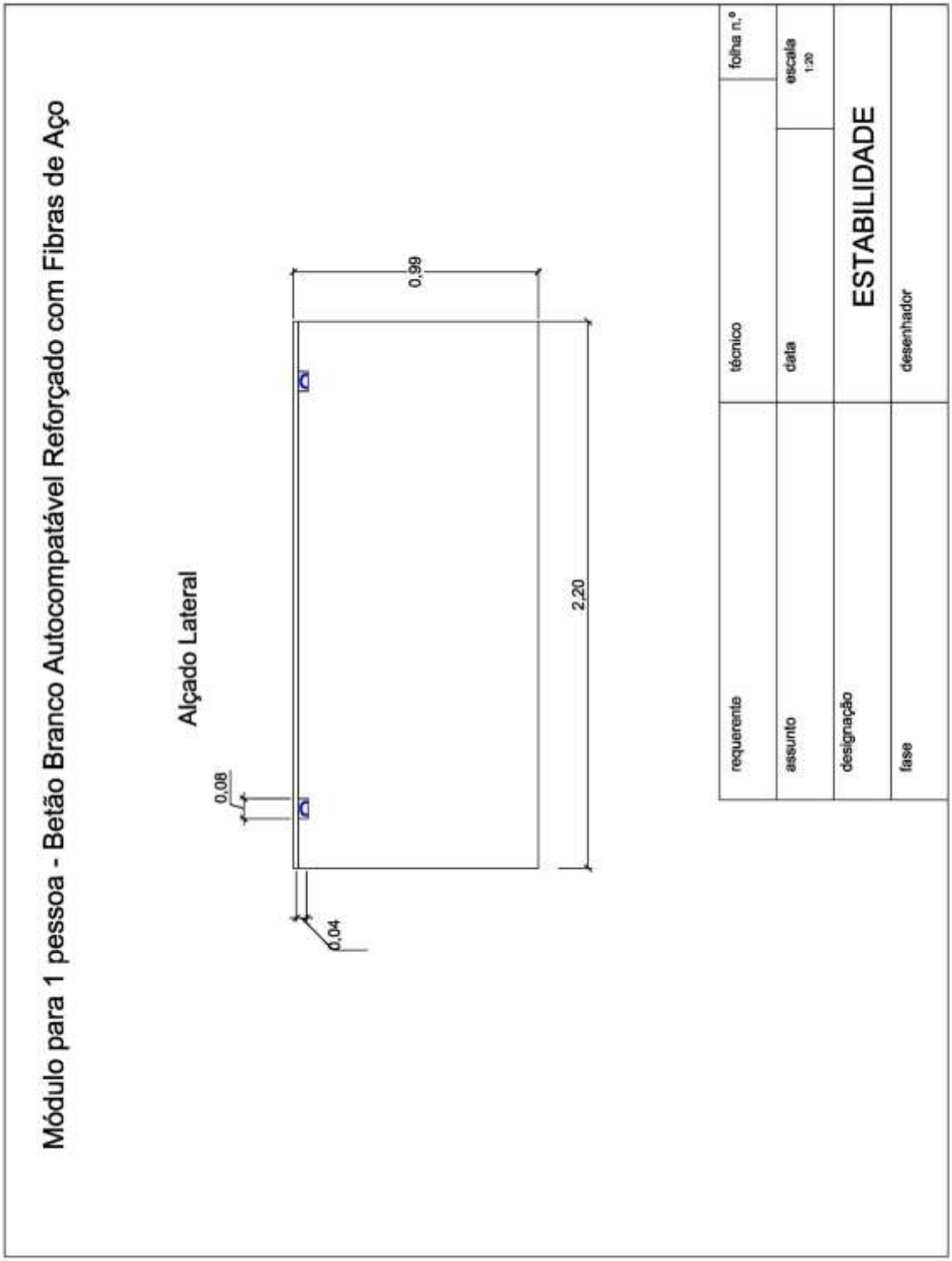
# **ANEXO I** – ELEMENTOS DE APOIO DO MÓDULO DE ALOJAMENTO TEMPORÁRIO EM BETÃO BRANCO AUTOCOMPACTÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO PARA 1 PESSOA

# Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

## Alçado Principal

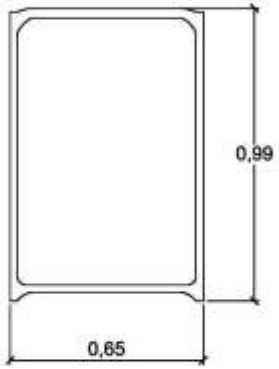



| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

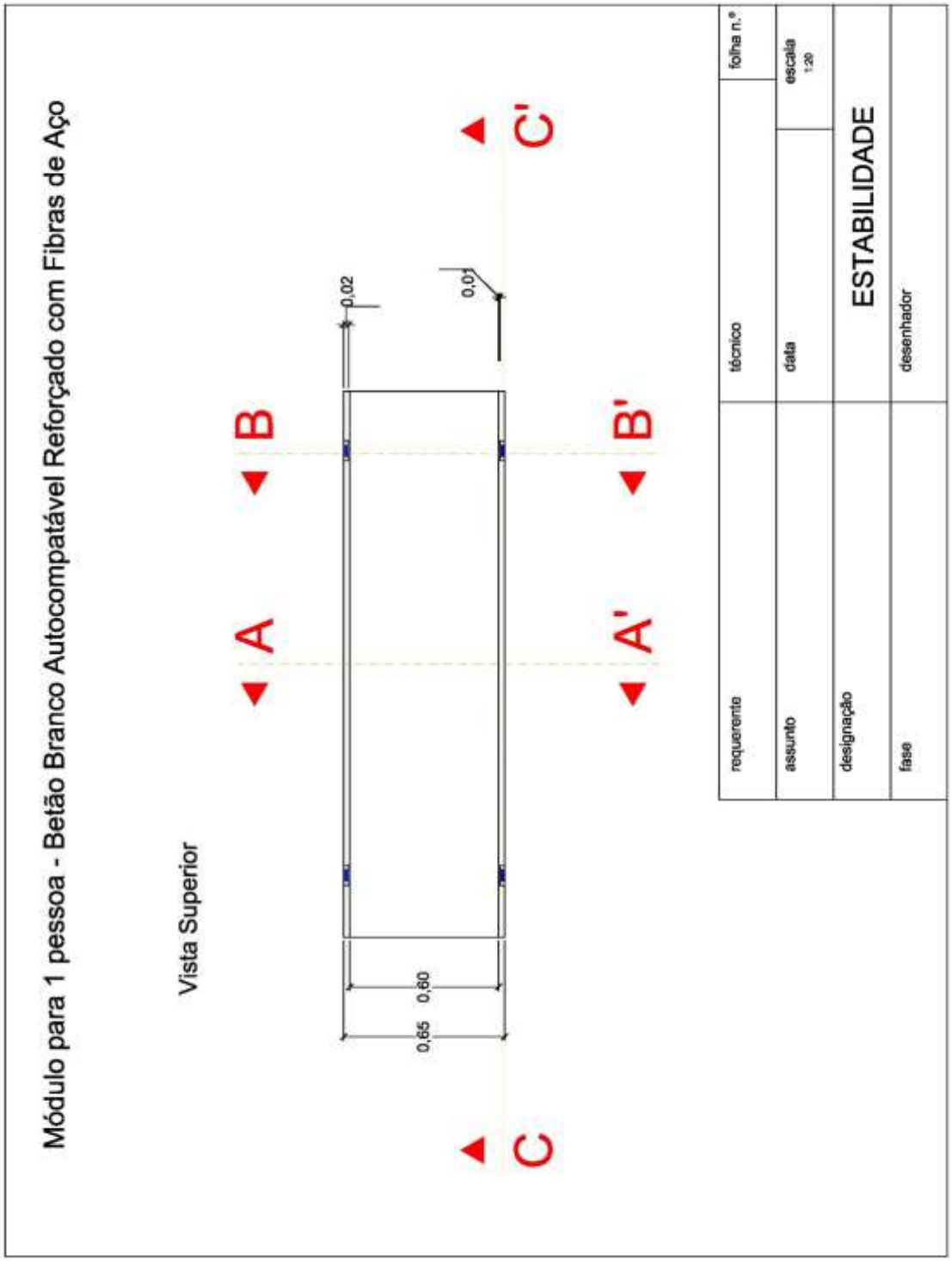

Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço
Alçado Lateral
0,99
2,20
0,08
0,04
requerente
assunto
designação
fase
técnico
data
ESTABILIDADE
desenhador
folha n.º
escala
1:20

# Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

## Alçado Posterior

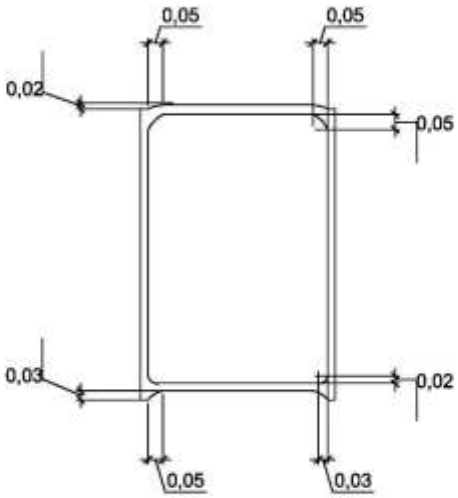



| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |


Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço
Vista Superior
A
A'
B
B'
C
C'
0,02
0,01
0,60
0,65
requerente
assunto
designação
fase
técnico
data
ESTABILIDADE
desenhador
folha n.º
escala
1:20

# Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

## Corte A-A'




| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

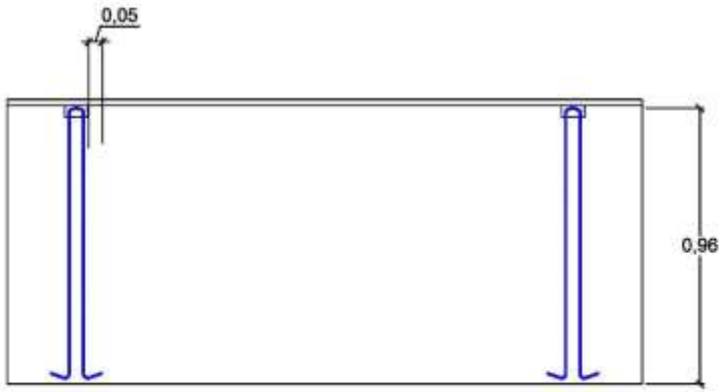
Corte B-B'



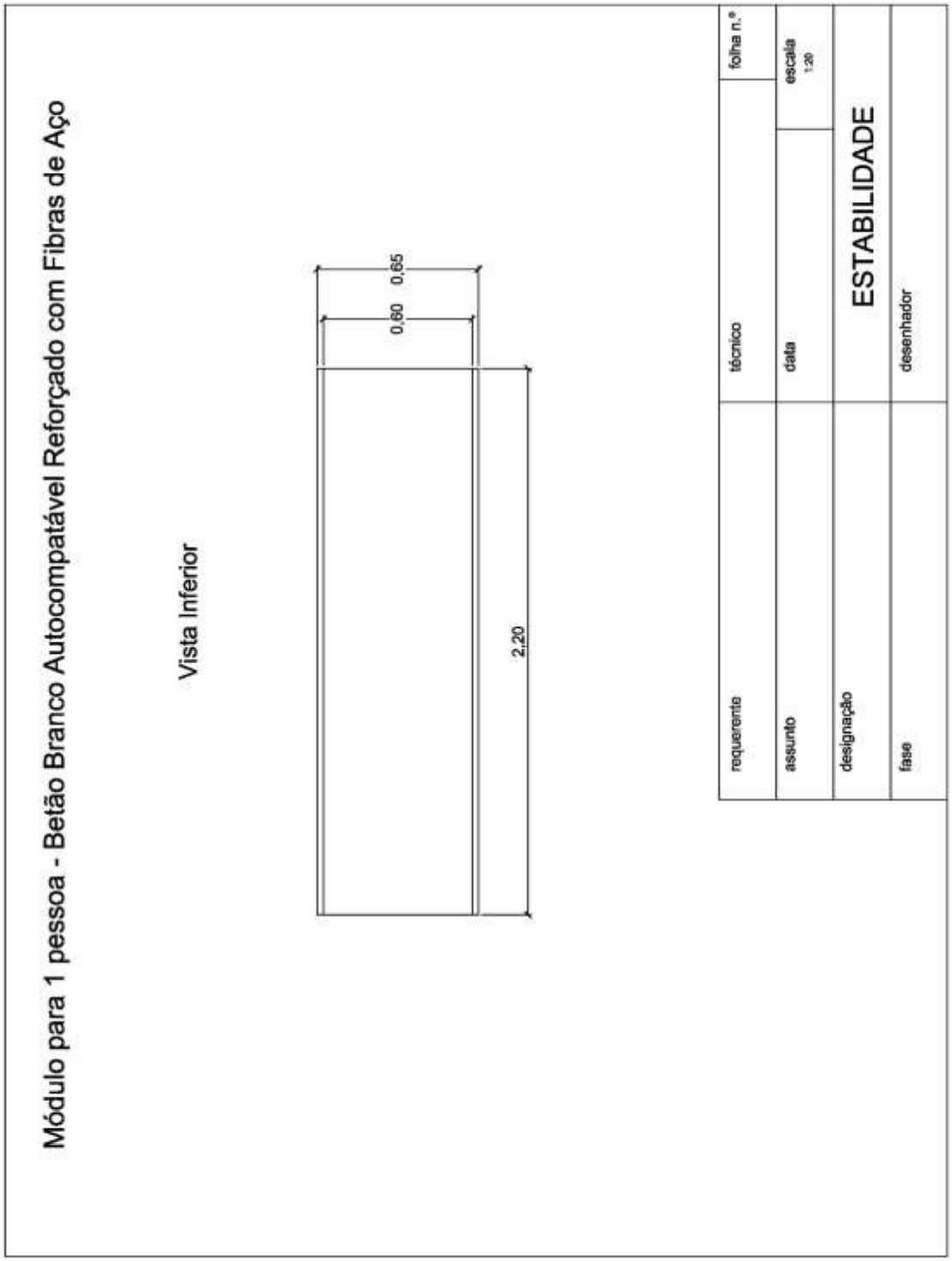

| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

Corte C-C'

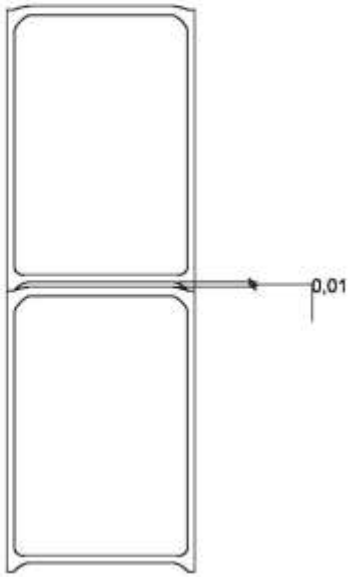



| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |


Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço
Vista Inferior
0,65
0,60
2,20
requerente
assunto
designação
fase
técnico
data
ESTABILIDADE
desenhador
folha n.º
escala
1:20

Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

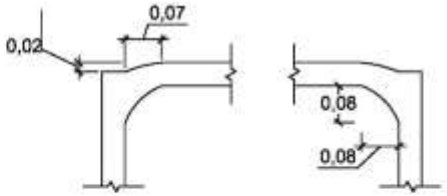
Sobreposição de Módulos



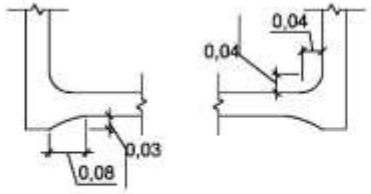

| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

## Módulo para 1 pessoa - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

### Pormenor do Canto Superior




### Pormenor do Canto Inferior




| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

| Caraterísticas da Estrutura | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\gamma_{betão}$ | $f_{ctm}$ | $f_{ctd}$ | $f_{yd}$ | esp | larg | comp | M | M | $V_{betão}$ |
| [KN/m$^3$] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [m] | [m] | [m] | [kN] | [kg] | [m$^3$] |
| 25,00 | 3,50 | 1,67 | 435 | 0,025 | 0,625 | 2,20 | 4,714 | 480,64 | 0,189 |

| Ações | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PP | SC | $\gamma_g$ | $\gamma_q$ | $P_{Ed}$ |
| [KN/m$^2$] | [KN/m$^2$] | [ - ] | [ - ] | [KN/m$^2$] |
| 0,63 | 3,50 | 1,35 | 1,50 | 6,09 |

| Esforços |
|---|
| $M_{Ed, max}$ -> "PL$^2$/8" |
| [KNm] |
| 0,65 |

| Tensão Máxima na Seção | | | |
|---|---|---|---|
| b | h | W | σ |
| [m] | [m] | [m$^3$] | [MPa] |
| 2,20 | 0,025 | 2,29E-04 | 2,86 |

| Momento de Fendilhação |
|---|
| $M_{cr}$ |
| [KNm] |
| 0,80 |

| Ganchos de Elevação | | | |
|---|---|---|---|
| $A_{c, seção}$ | $P_{Ed, susp}$ | $A_{s, susp}$ | $Ø_{s, adotado}$ |
| [m$^2$] | [KN] | [cm$^2$] | [mm] |
| 0,0857 | 2,36 | 0,05 | 8,00 |

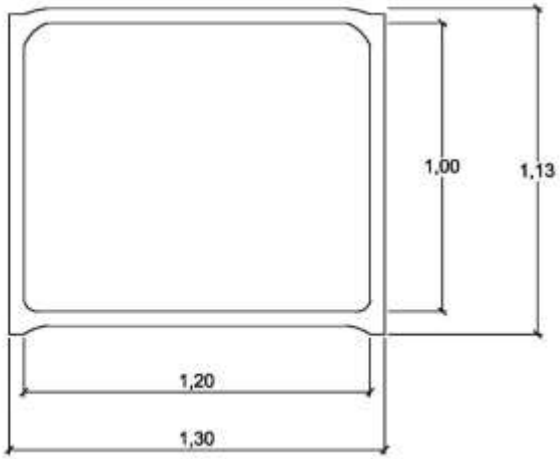
| Comprimento de Amarração dos Ganchos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\eta_1$ | $\eta_2$ | $\sigma_{sd}$ | $f_{bd}$ | $l_{bd}$ |
| [ - ] | [ - ] | [MPa] | [MPa] | [m] |
| 0,7 | 1,0 | 23,44 | 2,625 | 0,018 |

| Diâmetro mínimo do mandril para cotovelos, ganchos e laços (Quadro 8.1N - EC2) | |
|---|---|
| Ø <= 16mm | 4Ø |

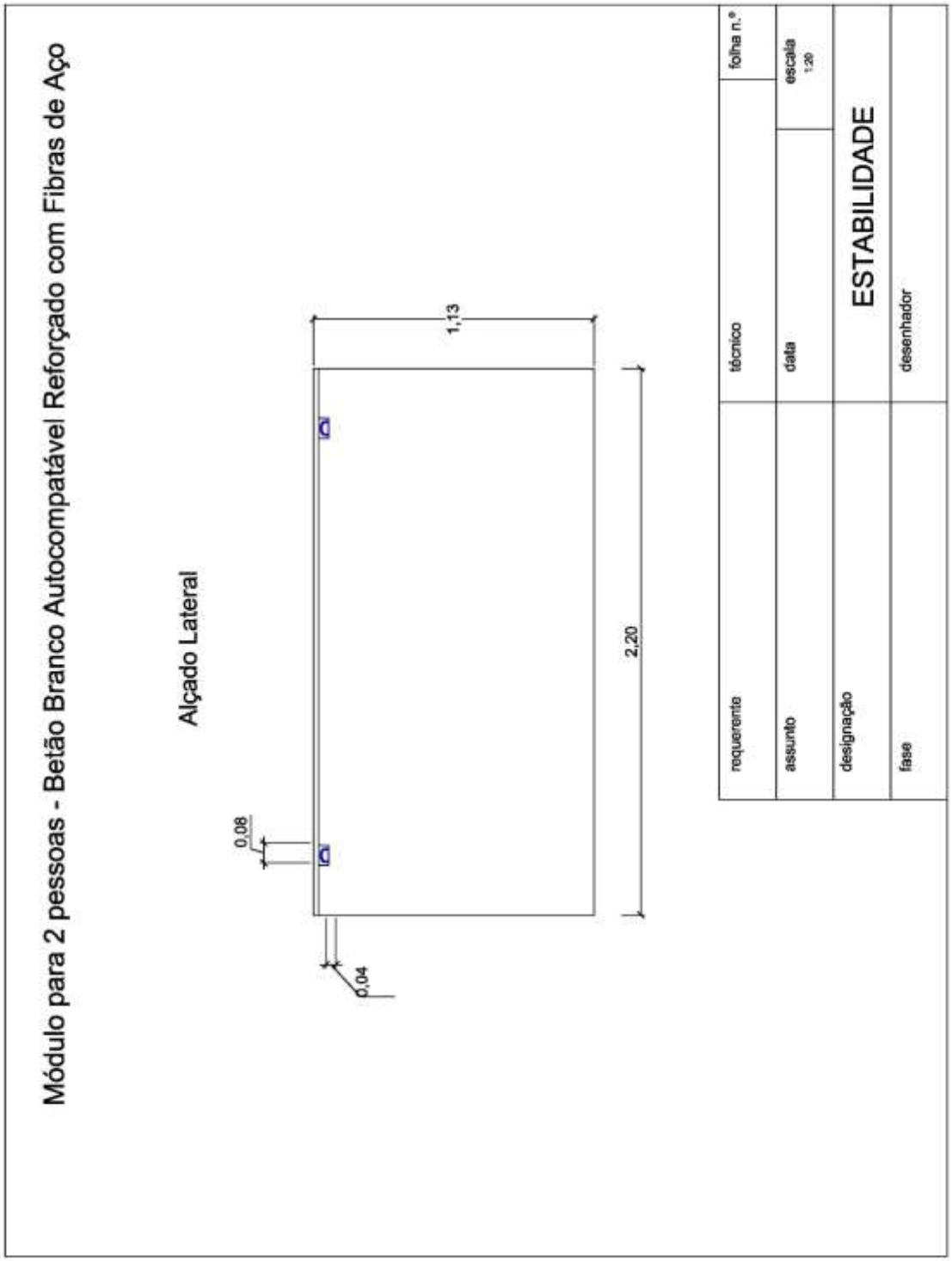
# **ANEXO II** – ELEMENTOS DE APOIO DO MÓDULO DE ALOJAMENTO TEMPORÁRIO EM BETÃO BRANCO AUTOCOMPACTÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO PARA 2 PESSOAS

Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

Alçado Principal

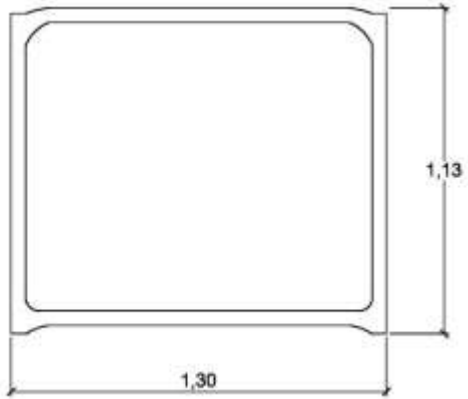



| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

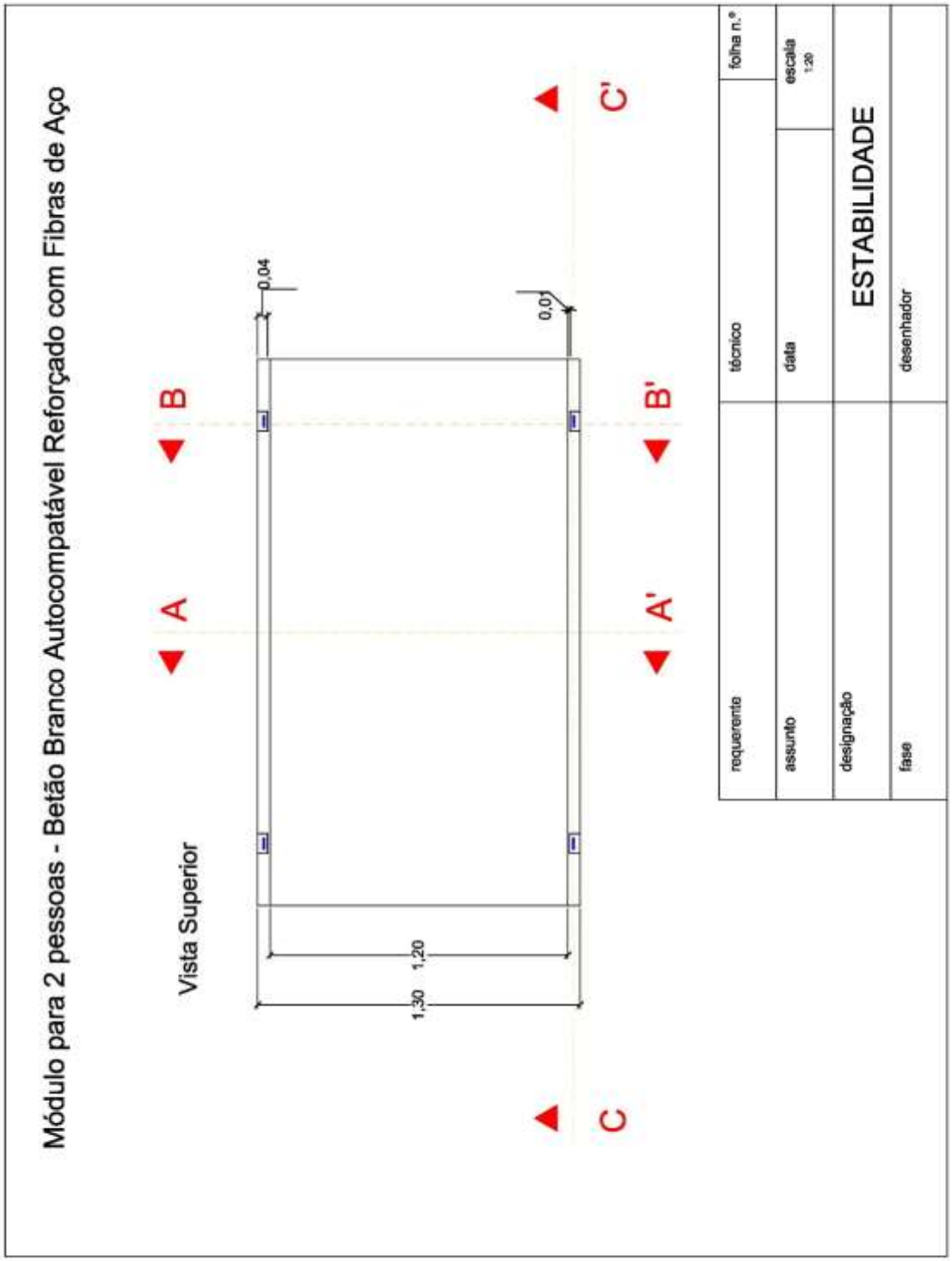

Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço
Alçado Lateral
1,13
2,20
0,08
0,04
requerente
assunto
designação
fase
técnico
data
ESTABILIDADE
desenhador
folha n.º
escala
1:20

Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

Alçado Posterior

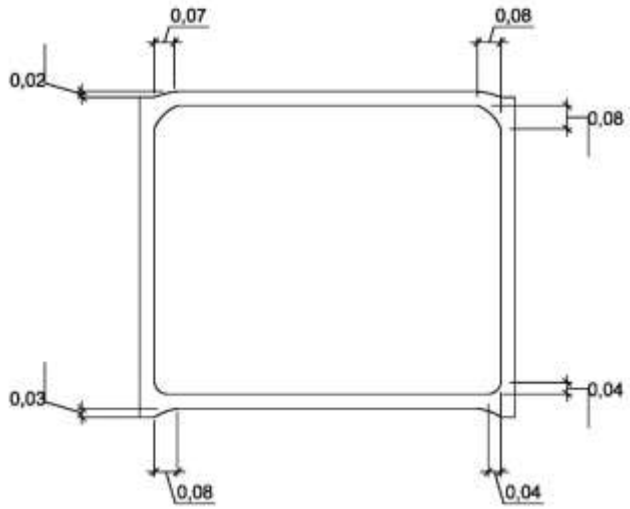



| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |


Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço
Vista Superior
A
A'
B
B'
C
C'
0,04
0,0
1,20
1,30
requerente
assunto
designação
fase
técnico
data
ESTABILIDADE
desenhador
folha n.º
escala
1:20

Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

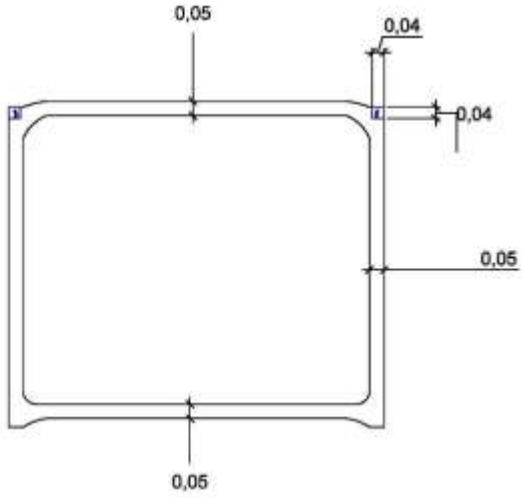
Corte A-A'




| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

## Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

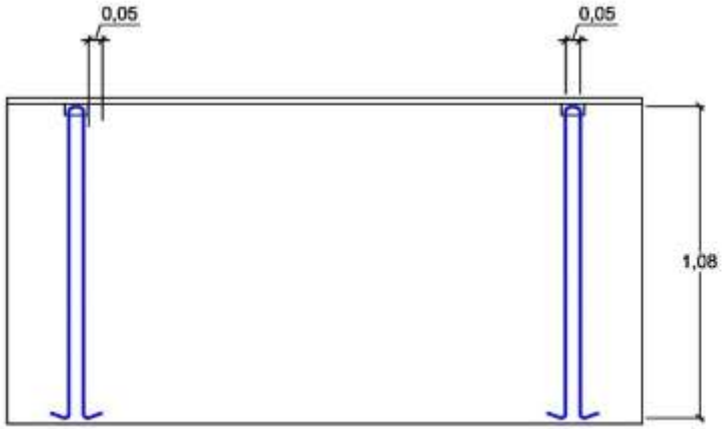
### Corte B-B'



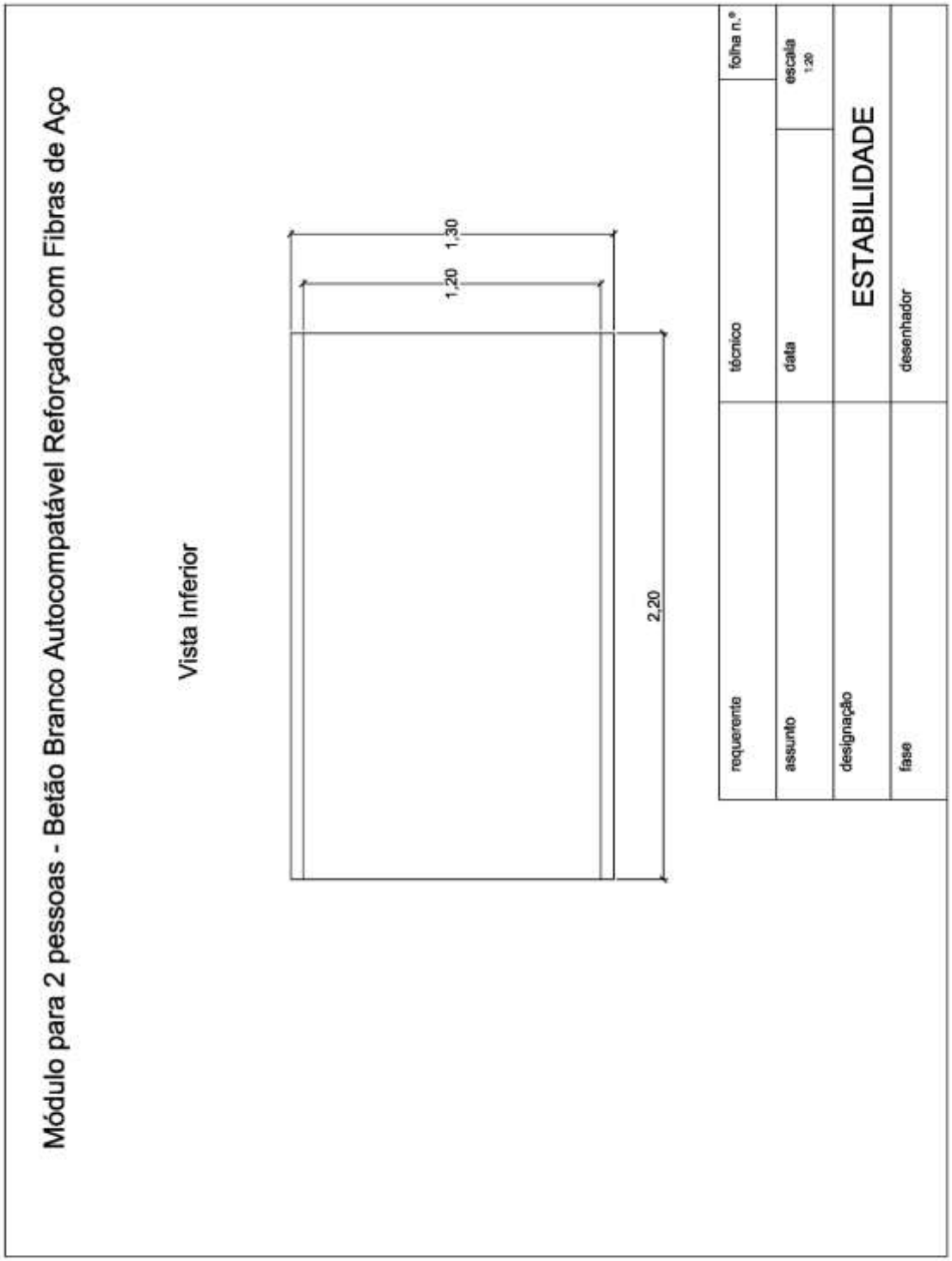

| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

Corte C-C'

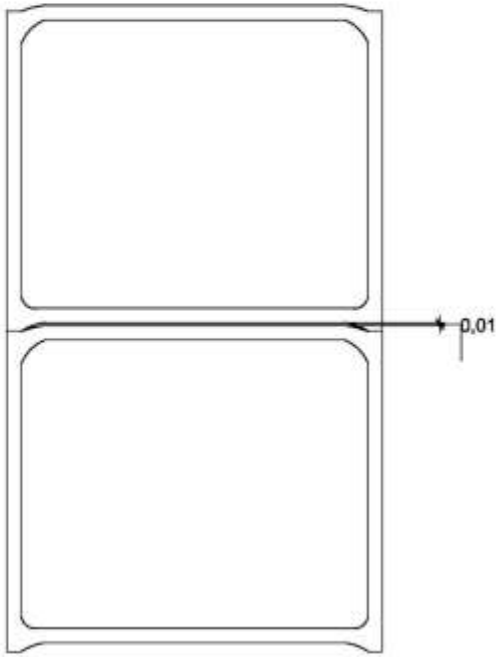



| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |


Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço
Vista Inferior
1,30
1,20
2,20
requerente
assunto
designação
fase
técnico
data
ESTABILIDADE
desenhador
folha n.º
escala
1:20

Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

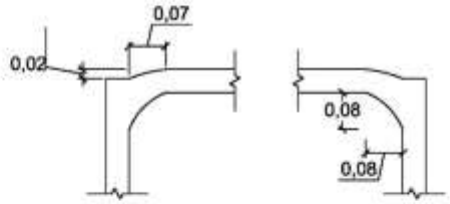
Sobreposição de Módulos



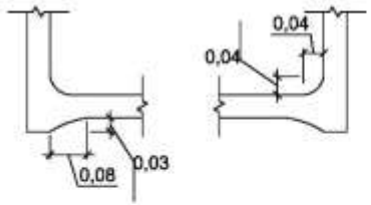

| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

## Módulo para 2 pessoas - Betão Branco Autocompatável Reforçado com Fibras de Aço

### Pormenor do Canto Superior




### Pormenor do Canto Inferior




| | | |
|---|---|---|
| requerente | técnico | folha n.º |
| assunto | data | escala 1:20 |
| designação | ESTABILIDADE | |
| fase | desenhador | |

| Caraterísticas da Estrutura | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\gamma_{betão}$ | $f_{ctm}$ | $f_{ctd}$ | $f_{yd}$ | esp | larg | comp | M | M | $V_{betão}$ |
| [KN/m$^3$] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [m] | [m] | [m] | [kN] | [kg] | [m$^3$] |
| 25,00 | 3,50 | 1,67 | 435 | 0,05 | 1,25 | 2,20 | 13,05 | 1330,86 | 0,522 |

| Ações | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PP | SC | $\gamma_g$ | $\gamma_q$ | $P_{Ed}$ |
| [KN/m$^2$] | [KN/m$^2$] | [ - ] | [ - ] | [KN/m$^2$] |
| 1,25 | 3,50 | 1,35 | 1,50 | 6,94 |

| Esforços |
|---|
| $M_{Ed,\ max}$ -> "PL$^2$/8" |
| [KNm] |
| 2,98 |

| Tensão Máxima na Seção | | | |
|---|---|---|---|
| b | h | W | σ |
| [m] | [m] | [m$^3$] | [MPa] |
| 2,20 | 0,05 | 9,17E-04 | 3,25 |

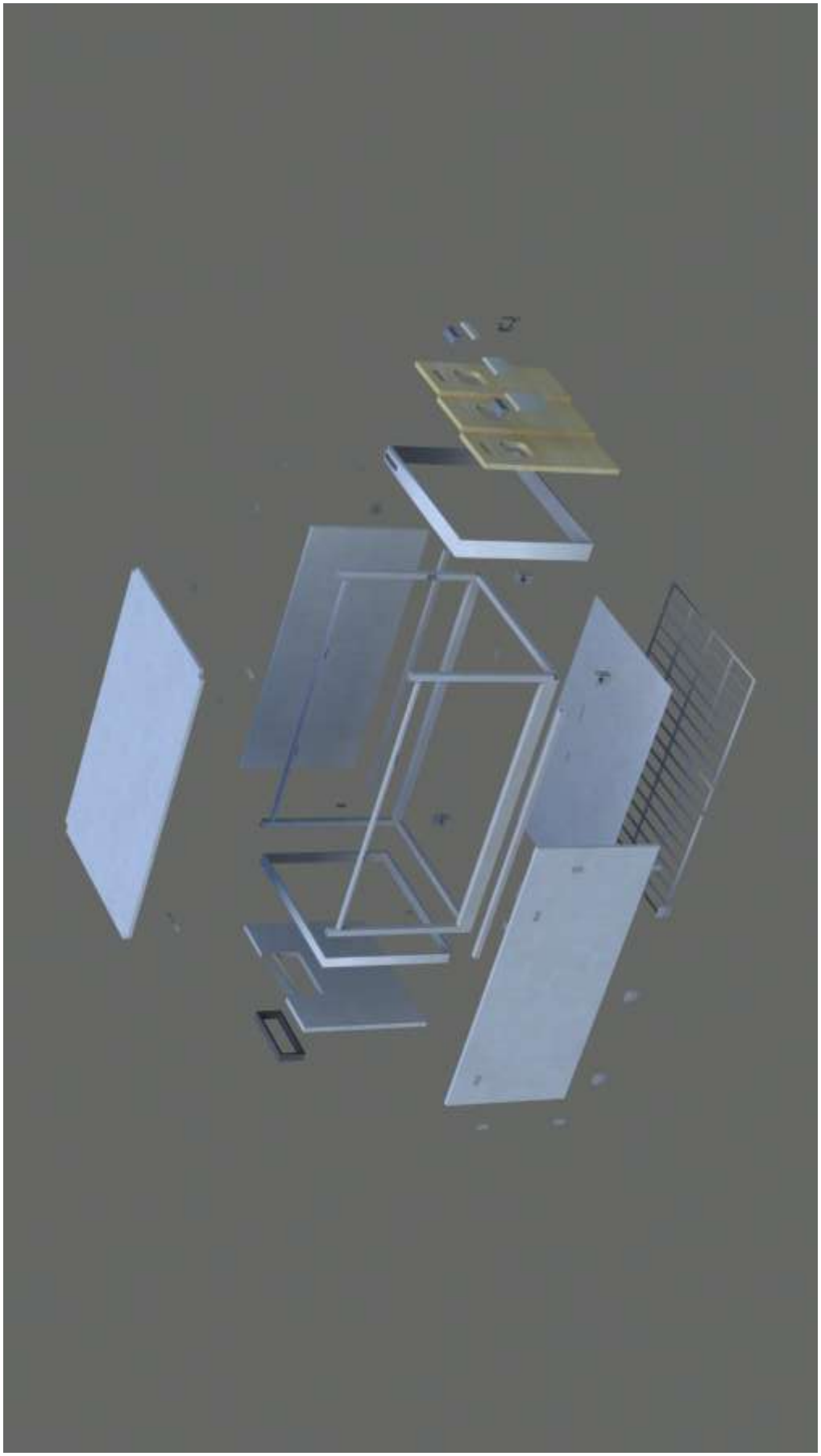
| Momento de Fendilhação |
|---|
| $M_{cr}$ |
| [KNm] |
| 3,21 |

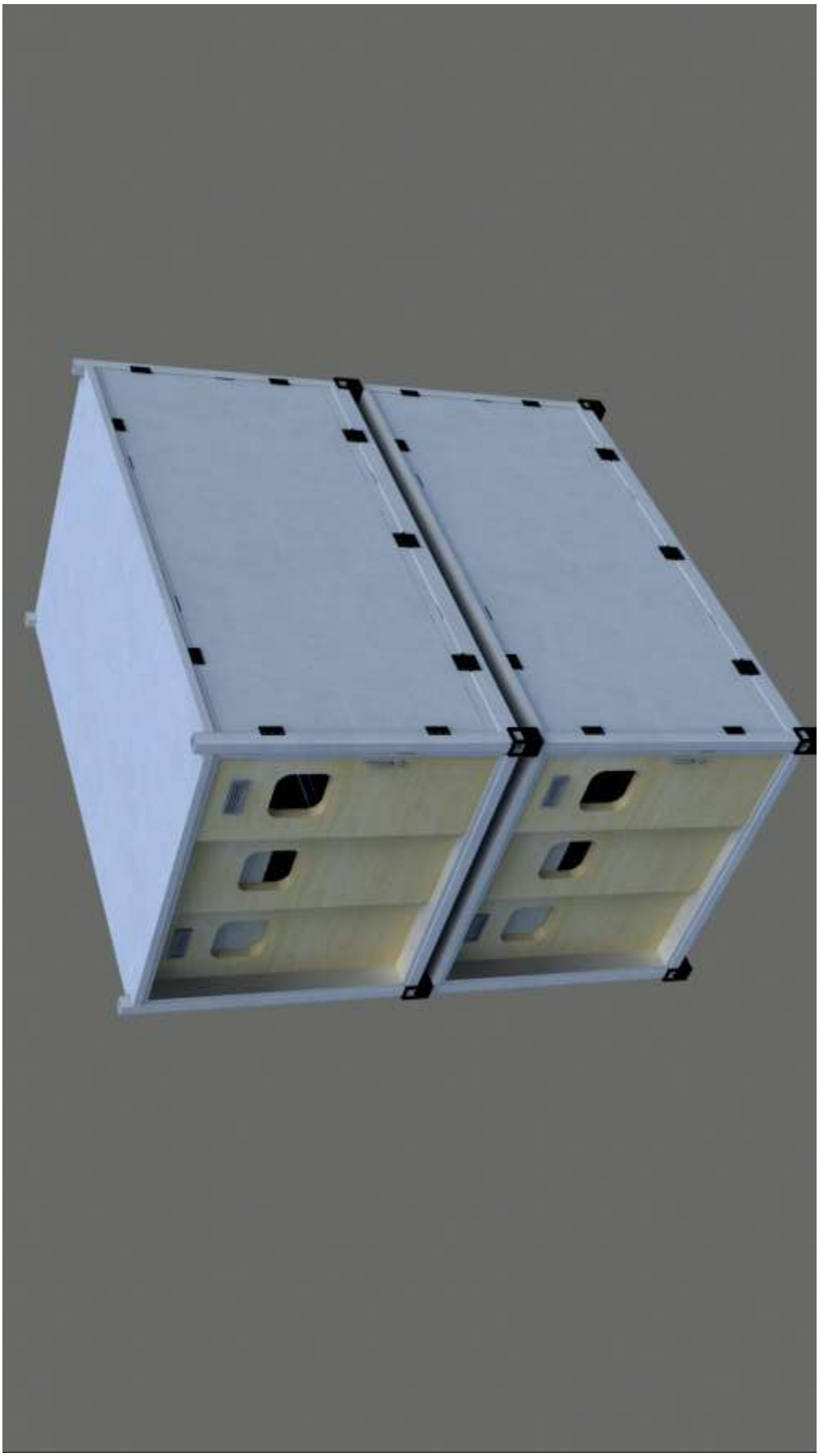
| Ganchos de Elevação | | | |
|---|---|---|---|
| $A_{c,\ seção}$ | $P_{Ed,\ susp}$ | $A_{s,\ susp}$ | $Ø_{s,\ adotado}$ |
| [m$^2$] | [KN] | [cm$^2$] | [mm] |
| 0,2373 | 6,53 | 0,150 | 8,00 |

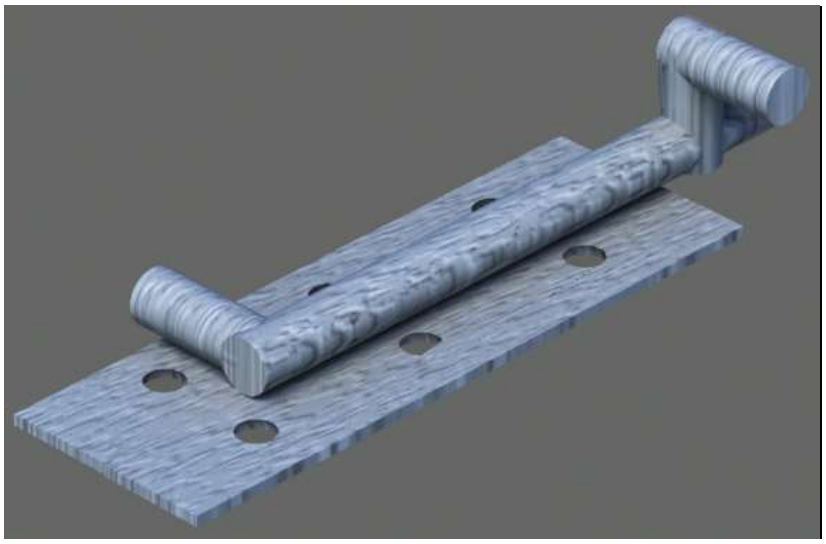
| Comprimento de Amarração dos Ganchos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\eta_1$ | $\eta_2$ | $\sigma_{sd}$ | $f_{bd}$ | $l_{bd}$ |
| [ - ] | [ - ] | [MPa] | [MPa] | [m] |
| 0,7 | 1,0 | 64,91 | 2,625 | 0,049 |

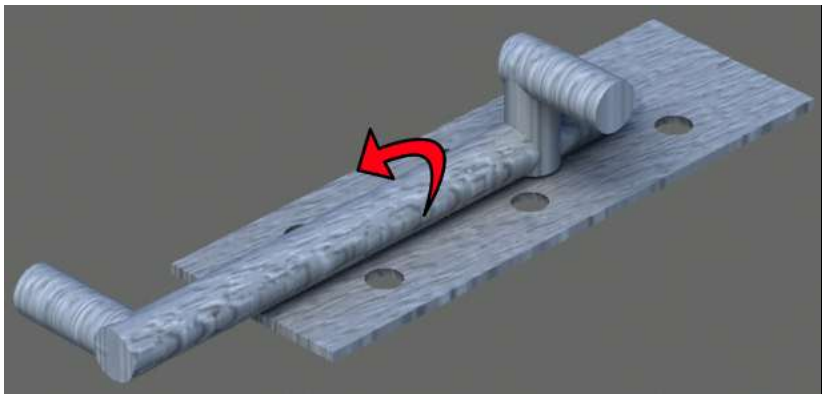
| Diâmetro mínimo do mandril para cotovelos, ganchos e laços (Quadro 8.1N - EC2) | |
|---|---|
| Ø <= 16mm | 4Ø |

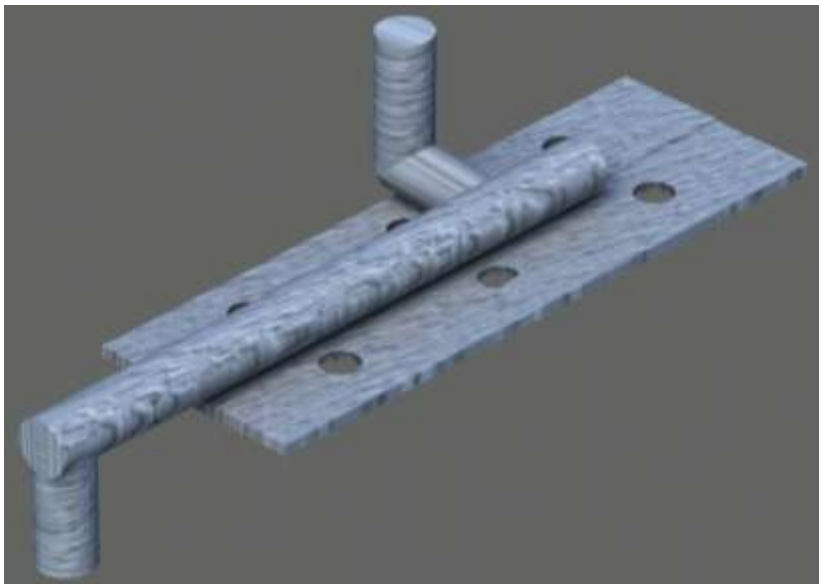
# **ANEXO III** – ELEMENTOS DE APOIO DO MÓDULO DE ALOJAMENTO TEMPORÁRIO EM ESTRUTURA METÁLICA PARA 2 PESSOAS











**Resistência das secções transversais da viga**

| Flexão | Corte |
|---|---|
| $W_{pl,y} \geq$ | $A_v \geq$ |
| [$cm^3$] | [$cm^2$] |
| 5,3521 | 0,1722 |

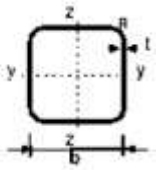
**Espessura do cordão de soldadura vigas - blocos de canto**

| Corte |
|---|
| a ≥ |
| [mm] |
| 0,1349 |

**Dados dos perfis metálicos utilizados**

# Tubo TPS Laminado a Quente

Norma Dimensional EN 10210-1
Material S355 J2 H




| b | t | M | A | I | i | $W_{el}$ | $W_{pl}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [mm] | [mm] | [kg/m] | [$cm^2$] | [$cm^2$] | [cm] | [$cm^3$] | [$cm^3$] |
| 50 | 4 | 5,64 | 7,188 | 24,97 | 1,864 | 9,99 | 12,27 |

# **ANEXO IV** – INQUÉRITOS

**Inquérito #1 – Condições de alojamento em festivais de Verão**

Este estudo visa fazer um levantamento da realidade do campismo em festivais - com especial enfoque no que pode ser melhorado.

Destina-se sobretudo a pessoas que já acamparam em festivais de Verão.

Sexo: *

- Masculino
- Feminino

Idade: *

A que festivais - ou outros eventos ao ar livre em que era possível acampar - (nacionais e internacionais) já foste? *

Supondo que já foste a um festival em que era possível acampar, chegaste a acampar lá? *

- Sim
- Não

Se sim, pagaste alguma taxa para poderes acampar? Quanto?

Se não, porquê?

Quando vais acampar num festival, o que é que levas contigo? *
Ex: tenda, saco-cama, dinheiro, roupa, comida, etc.

Quando vais acampar num festival, quantas pessoas partilham a mesma tenda? *

Em contexto de festival, quais os aspetos negativos que as tendas tradicionais apresentam? *
Ex: roubos, trabalheira de ter de acartar e montar tenda, calor durante o dia, etc.

- ☐ Necessidade de transportar e montar tenda
- ☐ Fragilidade da tenda
- ☐ Problemas de segurança (roubos, incêndios, etc)
- ☐ Más condições de higiene
- ☐ Mau isolamento sonoro
- ☐ Falta de luz artificial
- ☐ Pouco conforto

Quais são as tuas estratégias para minimizar esses aspectos negativos? *
Ex: acampar em zona de sombra, uso de cadeados, etc.

Na tua opinião, que serviços relacionados com o campismo em festivais deveriam existir ou ser melhorados? *
Ex: sistema de banhos/wc, frigorífico comunitário, etc.

Imagina uns módulos de alojamento disponíveis nos festivais, oferecendo melhores condições que as tendas e dispensando o seu transporte e montagem. Aderirias a esse conceito (em detrimento das tendas)? *

- ○ Sim
- ○ Não

Se sim, estarias disposto a pagar um montante extra pela utilização destes módulos? Até quanto?

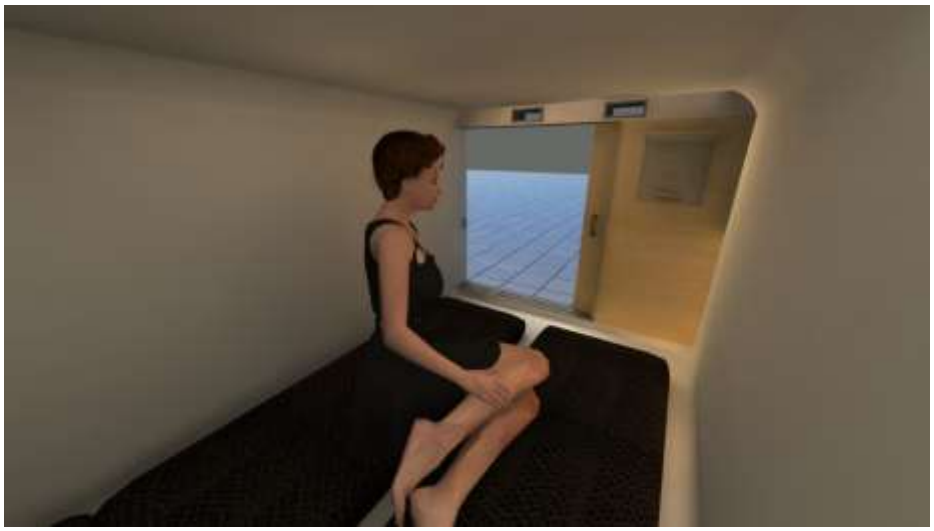
**Inquérito #2 – Alternativa às Tendas em Festivais**

Este estudo visa compreender se os festivaleiros estão dispostos a aderir a módulos de alojamento em detrimento das convencionais tendas de poliéster.

Acampamento com tendas tradicionais em poliéster:

Módulos de alojamento (vista geral) | Cada módulo tem capacidade para 2 pessoas, porta com fechadura, janelas com persianas ajustáveis e grelhas de ventilação. Sobre cada agrupamento de módulos, é instalada uma rede que confere maior arejamento:

Módulos de alojamento (vista interior) | Módulos laváveis e com as seguintes dimensões interiores: 1,20m de largura; 1,00m de altura; 2,10m de comprimento:



Qual é a solução de alojamento em festivais que preferes?

- ○ Tendas Tradicionais em Poliéster (transportadas e montadas pelos utilizadores)
- ○ Módulos de Alojamento (prontos a utilizar no recinto)

Porque preferes essa solução de alojamento?

Qual é o preço que achas ser justo pela estadia nestes módulos durante todo o festival (extra em relação ao bilhete do festival)?

- ○ €10 - €20
- ○ €20 - €30
- ○ €30+