

Estudo sobre Heliportos: Contribuição para Conceção de Heliportos

Thales Sbroglia Abrão

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e de Gestão,
para obtenção do Grau de Mestre em: Engenharia da Construção.

Orientado por:

Manuel Teixeira Braz César

Manuel Joaquim da Costa Minhoto

Bragança

2019/2020

Ao *Rei*, meus pais e irmãs.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.”

(Bíblia Sagrada, Provérbios 16:3.)

Agradecimentos

Gostaria de iniciar meus agradecimentos evidenciando imensa gratidão a Deus, que durante toda minha vida me susteve com Seu amor incondicional e cuidado. Do mesmo modo, por ter-me concedido a oportunidade de realizar este trabalho.

Agradeço aos meus pais, que sempre primaram por minha educação. Obrigado Sr. Neison e Sra. Andrea por, ao longo destes anos, colocarem-se em posição de batalha e sem medir esforços e coragem, suprirem-me com amor, carinho e sempre palavras de bom ânimo. Às minhas irmãs, Thamires e Luísa. Aos meus avós Sr. Gilberto e Sra. Maria Lígia por tamanha confiança e motivação. Aos meus familiares, muito obrigado.

Gratifico aos meu orientadores, Professor PhD. Manuel Teixeira Braz César e Professor PhD. Manuel Joaquim da Costa Minhoto, por aceitarem este desafio, pelos ensinamentos e constante demonstração de sabedoria. Agradeço ao Hospital Distrital de Bragança e ao Engenheiro Geraldo Alberto Leite da Assunção, da ULSNE. Meus sinceros agradecimentos ao Engenheiro Vítor Manuel Pereira Gomes, do Laboratório de Sistemas de Informação Geográfica do IPB, que com tamanha paciência me concedeu informações úteis e um bom ambiente de trabalho.

Meu agradecimento especial a Matheus Bernardes Souza e Lídia Ana Araújo de França. Grato pela perpétua amizade e carinho, por terem feito dessa etapa de minha vida um momento especial e mais leve. Agradeço aos meus amigos que também me acompanharam de perto, Elienai Silva, Issan Pereira, Rafael Palmeira e Victor Oliveira. Aos meus amigos de Portugal e Brasil.

Por fim, minha gratidão ao Instituto Politécnico de Bragança, instituição que disponibilizou todos os recursos necessários, estrutura e suporte para concretização deste

trabalho. Grato ao Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGÉLICA, pelo acordo de Dupla Diplomação.

Resumo

Face à rápida expansibilidade dos meios de transporte e primordialmente, o sistema aeroportuário, fez com que muitas dessas infraestruturas prosperassem de forma abrupta e em muitos casos, com problemas de planeamento e operacionalidade.

Apesar de nos dias de hoje, o acesso às informações de cunho aeronáutico serem mais acessíveis, devido à publicação de documentos por órgãos internacionais e especializados nesta temática, outra grande parte é de autoria militar, o que se faz ainda de difícil acesso e provoca certa negligência de muita experiência que poderia ser incrementada na construção de heliportos. Em vista disso, esta dissertação vêem como uma contribuição literária dos principais aspetos a serem revisados quanto à conceção e dimensionamento de heliportos, com ênfase nos de superfície.

Apresenta-se o dimensionamento de uma área de aproximação final, FATO (*Final Approach and Take-off Area*), análogo à um pavimento rígido, com utilização dos *eurocódigos* estruturais e modelo de cálculo desenvolvido no *Software* SAP 2000. Propõe-se um modelo de heliporto a ser implantado no aeródromo municipal de Bragança, como sugestão de um projeto de expansão para atender operações de tráfego privado de passageiros e proteção civil.

Os heliportos mundialmente construídos devem cumprir com as recomendações mínimas exigidas no anexo 14 volume II, da Organização Internacional de Aviação Civil, e estarem dotados de instalações de apoio ao serviço aéreo e de solo.

Palavras-chave: *Heliporto de Superfície; FATO; Placa de Aterragem; EH-101 Merlin; Aeródromo de Bragança.*

Abstract

Because of the rapid expansion of means of transport and, primarily, the airport system, it has caused many of these infrastructures to prosper abruptly and in many cases, with problems of planning and operationality, which includes the heliports.

Although nowadays, access to information of an aeronautical nature is more accessible, due to the publication of documents by international bodies and specialized in this subject, another large part is of military authorship, which is still difficult to access and causes certain neglect of many experiences that could be increased in the construction of heliports. Given this, this dissertation comes as a literary contribution of the main aspects to be reviewed regarding the design and dimensioning of heliports, with an emphasis on surface ones.

The design of a FATO(Final Approach and Take-off Area) is presented, similarly to a rigid pavement, using structural *eurocodes* and calculation model in the SAP 2000 software. A heliport model is proposed to be implemented at the Bragança aerodrome, as a suggestion for an expansion project to serve private passenger traffic and civil protection operations.

Heliports built worldwide must comply with the minimum recommendations required in annex 14 volume II, of the International Civil Aviation Organization, and be equipped with facilities to support air and ground service.

Keywords: *Surface Heliport; FATO; Landing Slab; EH-101 Merlin; Bragança Airport.*

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Objetivos do Trabalho	1
1.2	Estratégias e Metodologias	1
1.3	Estrutura da Dissertação	2
2	Revisão Literária	4
2.1	O Helicóptero	4
2.1.1	Um Breve Histórico	4
2.1.2	Finalidades	7
2.1.3	A aviação de Helicópteros no Brasil e Portugal	8
2.2	Espaço Aéreo e Condições Operacionais	10
2.2.1	Regras Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros	12
2.3	Introdução aos Heliportos	14
2.3.1	Classificação dos Heliportos	15
2.3.2	Tipos de Operações em Heliportos	17
2.3.3	Localização de Heliportos	17
2.3.4	Sistemas Comuns de Referência	19
2.3.5	Limitações de Ruídos	20
2.3.6	Soluções Estruturais para Heliportos	22
2.4	Legislação Aplicável	31
2.4.1	Considerações Iniciais	31

2.4.2	ICAO - Anexo 14 Volume II	32
2.4.3	Decreto-Lei n.º 186/2007	33
2.5	Concepção de Heliportos Segundo a ICAO	34
2.5.1	Helicóptero de Projeto	34
2.5.2	Geometria das Áreas Operacionais	36
2.5.3	Auxílios à Navegação em Heliportos	44
2.5.4	Dimensionamento Estrutural da <i>Final Approach and Take-off Area</i>	49
2.6	Pavimentos Rígidos de Betão	53
2.6.1	Pavimentos de Betão Simples	53
2.6.2	Pavimentos de Betão Estruturalmente Armado	55
2.6.3	Constituição Básica dos Pavimentos	55
2.6.4	Enquadramento Normativo	58
2.6.5	Interação Solo-Estrutura	60
2.7	Heliporto Hospitalar de Bragança	64
3	Estudo de Caso	68
3.1	Pressupostos do Projeto	68
3.1.1	Aspetos de Projeto	68
3.1.2	Normas Utilizadas	69
3.1.3	Localização do Heliporto	69
3.2	Operações de Tráfego Aéreo Previsto	71
3.2.1	Operações Aéreas	71
3.2.2	Helicópteros Operacionais	72
3.2.3	Helicóptero Crítico de Projeto	73
3.3	Geometria da Superfície de Aterragem	74
3.4	Dimensionamento Estrutural da Placa de Aterragem	75
3.4.1	Caracterização das Ações	76
3.4.2	Característica do Solo de Fundação	77
3.4.3	Modelo Computacional de Cálculo	79

3.4.4	Dimensionamento das Armaduras	83
3.5	Implantação do Heliporto	88
3.5.1	Características Meteorológicas	89
3.5.2	Cone de Aproximação	89
3.5.3	Ajudas Visuais, Sinalização e Marcas	91
3.5.4	Sinalização Luminosa	93
3.5.5	Equipamento de Salvamento e Extinção de Incêndios	94
4	Conclusão e Trabalhos Futuros	95
	Bibliografia	97
A	Elementos de Projeto	A1

Lista de Tabelas

2.1	Categoria dos helicópteros, adaptado [1].	35
2.2	Dimensões da FATO para heliportos de superfície e elevado, adaptado [1].	37
2.3	Largura pista de táxi terrestre, adaptado [1].	43
2.4	Dimensões da marcação "H", [2].	44
2.5	Dimensões recomendadas para indicador de direção do vento, adaptado de [3].	47
3.1	Características do EH-101 Merlin	73
3.2	Resumo de Ações na Estrutura.	77
3.3	Classificação do Solo de Fundação, adaptado de ASTM D 2487.	78
3.4	Valores do coeficiente vertical do solo (k_v), adaptado de <i>Béton-Kalender</i> (1962).	79
3.5	Quantidades mínimas utilizáveis, de agentes extintores para heliportos de superfície, adaptado (ICAO, 1995).	94

Lista de Figuras

2.1	Parafuso Helicoidal - Leonardo Da Vinci, [4].	5
2.2	Sikorsky's VS-300A, 1940, [5].	7
2.3	Helicópteros de Emergência Médica do INEM, [6].	9
2.4	Região de Informação de Voo (FIR) - Portugal, [7].	10
2.5	Divisão do Espaço Aéreo, [8].	12
2.6	Rotas VFR para Helicópteros na CTR de Lisboa, [9].	13
2.7	HeliCity Heliport - São Paulo, Brasil,[10].	15
2.8	Heliponto elevado - Belo Horizonte, Brasil, [11].	16
2.9	Comparação de ruídos, [12].	21
2.10	Heliporto elevado com estrutura em betão.	23
2.11	Heliporto em alumínio em estrutura <i>offshore</i> , [13].	24
2.12	Hangares em estruturas metálicas para helicópteros, [14, 15].	25
2.13	Tanque de armazenamento de combustível aeronáutico <i>Jet A1</i> , [16].	27
2.14	Separador de hidrocarbonetos, [17].	29
2.15	Sistema Integrado de Proteção contra Incêndio, [18].	30
2.16	Classes de performance dos helicópteros,[19].	34
2.17	Dimensões do helicóptero para dimensionamento da área de aterragem.	35
2.18	Áreas operacionais de um heliporto, adaptado de [20].	36
2.19	FATO e Área de Segurança correspondente, [3].	39
2.20	Área de segurança da FATO para aproximações por instrumento, [3].	39
2.21	Superfície de aproximação.	40
2.22	Superfícies Limitativas de Obstáculos, [3].	41

2.23	Superfícies Limitativas de Obstáculos, [3].	42
2.24	Símbolo de identificação padrão de Heliportos	44
2.25	Representação das marcações com pinturas para heliportos hospitalares, adaptado de [2].	45
2.26	Marcação Ponto de Mira Triangular, adaptado de [3].	45
2.27	Indicador de Direção do Vento, [21].	46
2.28	Características do <i>flash</i> do sistema <i>heliport beacon</i> , adaptado de [3].	48
2.29	Indicador de Percurso de Aproximação de Precisão (PAPI), Heliporto de Bragança, Portugal.	48
2.30	Pavimento de betão simples, [22].	53
2.31	Pavimento de betão simples com armadura distribuída, [22].	54
2.32	Pavimento de betão estruturalmente armado, [22].	55
2.33	Estrutura de pavimento de betão, adaptado de [23].	56
2.34	Deslocamentos para o caso de carregamentos em superfícies infinitamente rígidas e carregamentos em superfícies flexíveis uniformemente distribuídos, [24].	62
2.35	Comparação entre dois modelos de placas com coeficientes de reação do solo diferentes, adaptado de [25].	62
2.36	Modelo de Elemento Finito utilizando um elemento de placa retangular, adaptado de [26].	64
2.37	Heliporto Hospitalar de Bragança, <i>Google Earth</i>	65
2.38	Heliporto Hospitalar de Bragança, superfícies operacionais.	66
2.39	a) Sistema de drenagem do Heliporto de Bragança e b) Sistema de combate a incêndio.	67
3.1	Distribuição do 1º Piso do terminal do Aeroporto de Bragança.	70
3.2	Vista exterior do hangar do Aeroporto de Bragança.	70
3.3	<i>Agusta Westland</i> EH-101 Merlin	74
3.4	Representação gráfica FATO + TLOF + Área de Segurança.	75

3.5	Modelo em Elementos Finitos da placa de aterragem (FATO).	80
3.6	Modelo em Elementos Finitos da placa de aterragem (FATO), XY.	80
3.7	Configuração Deformada da placa de aterragem (FATO), com deslocamentos em $[cm] \times 10^{-3}$	81
3.8	Momentos Flectores atuantes, $M_{máx}^+ = 20.64$; $M_{mín}^- = -4.05 [kN \cdot m]$	82
3.9	Esforços Transversos atuantes, $V_{máx}^+ = 39.60$; $V_{mín}^- = -39.60 [kN]$	82
3.10	Pormenor da disposição de armaduras no pavimento da FATO.	85
3.11	Pormenor da disposição de armaduras no pavimento da FATO.	85
3.12	Esquema perímetro de rotura, mm	86
3.13	<i>Layout</i> heliporto de Bragança.	88
3.14	Exposição gráfica de Rosa dos Ventos, aeroporto de Bragança, adaptado de [27].	89
3.15	Cones de Aproximação heliporto de Bragança.	90
3.16	Manga de vento para heliportos de superfície.	91
3.17	Sinal de identificação do heliporto de Bragança.	92
3.18	Marcações horizontais da <i>taxiway</i>	93

Lista de Acrónimos

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AAN	Autoridade Aeronáutica Nacional
AWY	<i>Airway</i> ; Aerovia
ATZ	<i>Aerodrome Traffic Zone</i> ; Zona de Tráfego de Aeródromo
ATC	<i>Aerodrome Traffic Control</i> ; Controle de Tráfego do Aeródromo
ACI	<i>American Concrete Institute</i> ; Instituto Americano de Concreto
ACN	<i>Aircraft Classification Number</i> ; Número de Classificação de Aeronave
CIA	Circular de Informação Aeronáutica
CBR	<i>California Bearing Ratio</i> ; Índice de Suporte Califórnia
CTR	<i>Controlled Traffic Region</i> ; Região de Tráfego Controlado
EN	<i>European Normatization</i>
EASA	<i>European Aviation Safety Agency</i> ; Agência Europeia de Segurança na Aviação
FAP	Força Aérea Portuguesa
FATO	<i>Final Approach and Take-off Area</i> ; Área Final de Aproximação e Descolagem
FIR	<i>Flight Information Region</i> ; Região de Informação de Voo
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i> ; Administração Federal de Aviação
FL	<i>Flight Level</i> ; Nível de Voo
HFM	<i>Helicopter Flight Manual</i> ; Manual de Voo de Helicóptero
HAI	<i>Helicopter Association International</i> ; Associação Internacional de Helicóptero
INEM	Instituto Nacional de Emergência Médica
INAC	Instituto Nacional de Aviação Civil
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>

IFR	<i>Instrument Flight Rules</i> ; Regras de Voo por Instrumentos
IMC	<i>Instrument Meteorological Conditions</i>
LER	Lista Europeia de Resíduos
MTOW	<i>Maximum Take-off Weight</i> ; Peso Máximo de Descolagem
MEF	Método dos Elementos Finitos
NP	Norma Portuguesa
PCN	<i>Paviment Classification Number</i>
RASO	Relatório Anual de Segurança Operacional
SHEM	Serviços de Helicópteros de Emergência Médica
TMA	<i>Terminal Manoeuvring Area</i> ; Área de Controle Terminal
TLOF	<i>Touchdown and Lift-off Area</i>
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions</i>
VFR	<i>Visual Flight Rules</i>
WGS	<i>World Geodetic System</i>

Lista de Símbolos

Letras maiúsculas latinas

A_i	Área de influência
A_s/s	Área de aço por metro linear
D	Comprimento do helicóptero crítico
G_k	Peso próprio da estrutura
M_{sd}	Momento flector de dimensionamento
$M_{máx}^+$	Momento flector máximo positivo
$M_{mín}^-$	Momento flector mínimo negativo
RD	Diâmetro do rotor do helicóptero crítico
UC	Largura do trem de aterragem do helicóptero crítico
S_{Ha}	Ação de sobrecarga na FATO
V_{Ed}	Esforço transverso de dimensionamento
$V_{máx}^+$	Esforço transverso máximo positivo
$V_{mín}^+$	Esforço transverso mínimo negativo
$V_{Rd,c}^+$	Esforço transverso resistente do concreto

Letras minúsculas latinas

b	Largura da laje de betão
d	Altura útil da secção transversal da laje de betão
dB	Decibéis
f_{cd}	Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão
f_{yd}	Valor de cálculo da tensão de rotura do aço à tração

Capítulo 1

Introdução

1.1 Objetivos do Trabalho

O objetivo deste trabalho consiste em desenvolver uma abordagem ampla a respeito das infraestruturas aeronáuticas com ênfase na conceção e dimensionamento de heliportos, com desígnio de contribuir para o acervo literário deste tema, por muitas vezes, escasso. A nível de estudo e aplicação dos conceitos que serão abordados no decorrer deste trabalho, propõe-se a elaboração de uma solução estrutural e funcional para o caso de um heliporto de superfície, implementado no Aeródromo Municipal de Bragança, afim de receber operações de diversas aeronaves de asas rotativas, cujo helicóptero crítico de projeto é o EH-101 Merlin, da esquadra 751 da Força Aérea Portuguesa (FAP).

1.2 Estratégias e Metodologias

As principais linhas de desenvolvimento foram pautadas na análise e apoio bibliográfico que, fundam-se na consulta de documentos e normas nacionais, europeias e americanas, utilizadas no projeto de construções aeroportuárias.

No decorrer da revisão bibliográfica, o leitor terá conhecimento do processo evolutivo de desenvolvimento do helicóptero, das principais finalidades e como nos últimos anos, esta aeronave tem sido usada em países como Brasil e Portugal. Buscou-se também, conceituar

o leitor com alguns elementos de carácter aeronáuticos, como por exemplo, o tipo de operações aéreas realizadas por helicópteros; divisão do espaço aéreo controlado; definição das superfícies aéreas delimitadoras de zonas do aeródromo; classe de performance de helicópteros; superfícies operacionais em heliportos e sistemas de auxílio a navegação aérea.

Para consolidar os elementos teóricos apresentados anteriormente, realizou-se uma visita técnica ao Heliporto Hospitalar de Bragança que, acompanhado pelo engenheiro responsável das instalações, pode-se identificar a aplicação dos regulamentos, infraestruturas e dos elementos aeronáuticos.

O estudo de caso é realizado com a utilização de um modelo analítico da estrutura, modelado com elementos finitos no *software* SAP2000, onde se considerou um comportamento elástico e linear dos materiais utilizados, aço e betão. A análise enfatiza o dimensionamento da placa de aterragem (FATO) como um pavimento rígido, onde a interação solo-estrutura foi representada com o emprego da hipótese de *Winkler*.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é apresentada em volume único, harmonizada em quatro capítulos e anexos. O capítulo primeiro é introdutório e tenciona contextualizar os temas base abordados ao logo do desenvolvimento deste.

O Capítulo 2, titulado "Revisão Literária ", para além de trazer uma caracterização histórica da invenção e evolução das aeronaves de asas rotativas e sua usabilidade, foram denotados os tipos de heliportos e serviços que estes podem prestar, as soluções de infraestruturas, materiais e auxílios à navegação aérea exigidas; apresentou-se em síntese a legislação aplicável e os requisitos para dimensionamento geométrico e estrutural das superfícies de aterragem e descolagem; por fim, uma abordagem de soluções estruturais para heliportos de superfície, visando o uso de pavimentos rígidos de betão, além da representação da hipótese de *Winkler* para traduzir a interação solo-estrutura. No mesmo capítulo, há um breve resumo referente à visita técnica ao Heliporto Hospitalar de Bragança, com

descrições de seu funcionamento, dimensões da superfície de aterragem, especificação dos meios de combate à incêndio e outras observações que se julga importantes.

O Capítulo de número 3, destinou-se em um caso prático de estudo pautado no planeamento de um heliporto de superfície a ser construído na cidade de Bragança. Salientou-se o dimensionamento da pista de aterragem com a utilização de um modelo computacional e aplicação do Eurocódigo estrutural para estruturas de betão.

Finalmente, o Capítulo 4, retrata uma condensação das principais conclusões do presente trabalho, bem como sugestões para prosseguimento da investigação.

Capítulo 2

Revisão Literária

2.1 O Helicóptero

2.1.1 Um Breve Histórico

O projeto de aeronaves com asas rotativas, mesmo quando comparado com a história do avião, é digno de destaque. As primeiras menções a respeito do voo vertical podem ser encontradas em textos chineses do século IV a.C, em que as crianças fixavam duas penas em um galho e fazendo-o girar, elevava-se no ar. Estes brinquedos provavelmente foram inspirados por observações das sementes das árvores como o bordo e sicômoro que em rotação, eram levadas para muito longe pela brisa; nada além do que uma simples brincadeira de criança, talvez tenha sido o primeiro dispositivo tangível do que se entende como helicóptero, [28].

O visionário renascentista Leonardo da Vinci envolveu-se nos estudos sobre o voo em vários momentos de sua vida, tendo como foco o voo humano. Inspirado através de suas intensas observações da natureza, resultou em um trabalho já conhecido, nomeado "*Parafuso Helicoidal*", Figura 2.1, datado em 1483. Consistia em um protótipo de aeronave feita em madeira, arame e tecido, com uma asa em espiral em torno de um eixo central¹.

¹Surge, então, o nome helicóptero, cuja etimologia é formada pelas palavras gregas *helix* (helicóide) e *pteron* (asa).

Da Vinci descreve que se este dispositivo em forma de parafuso, se girasse em alta velocidade, seria capaz de levantar-se a si próprio e descolar; levando-o a concluir que o dispositivo precisava ser relativamente grande para produzir sustentação suficiente para este efeito. Mesmo com seu grande esforço e contributos em diversos conceitos de motores e turbinas, Vinci parecia não associar muito bem o funcionamento do parafuso helicoidal com um motor, o qual incluiria o conceito de torque - reação ², responsável por colocar o protótipo em movimento de rotação. A máquina proposta não chegou a ser construída, exceto talvez pequenos modelos, mas sua ideia estava muito além de seu tempo, [28].

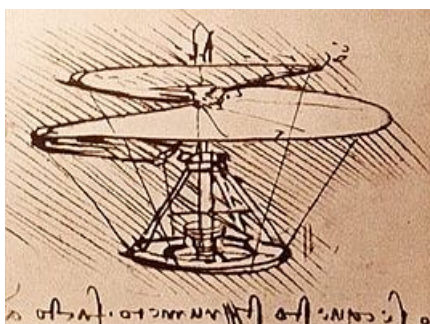


Figura 2.1: Parafuso Helicoidal - Leonardo Da Vinci, [4].

Desde então, começaram a surgir cada vez mais tentativas de descolagem vertical que baseavam simplesmente na intuição, considerando que as tentativas anteriores ao século XIX não poderiam usufruir do conhecimento científico em termos aerodinâmicos e/ou mecânicos. Durante a década de 1790, o engenheiro inglês Sir George Cayley realizou uma variedade de testes e experimentos destinados a explorar os princípios aerodinâmicos e a reunir informações de valor no projeto de aeronaves, [29]. Em 1843, ainda motivado por seu fascínio de quando criança, Cayley revela os detalhes de um aparelho de voo vertical denominado "Carruagem aérea". A máquina era composta por dois pares de rotores, posicionados lado a lado para gerar sustentação e era propulsionado para a frente através de duas hélices. No entanto, esta ideia nunca saiu do papel, dado que na altura os únicos motores eram os motores a vapor que eram demasiado pesados para máquinas voadoras, [28, 30]. Os estudos não pararam por aí, a história do desenvolvimento do

²A terceira Lei de Newton afirma que, para toda ação há uma reação igual e oposta.

helicóptero teve continuidade em diversos países e em diferentes épocas.

(1880) Thomas Alva Edison constatou a necessidade de se ter um rotor com grande diâmetro e área de pás pequena, [30].

(1907) Os irmãos Breguet construíram um aparelho com quatro rotores posicionados nos extremos de uma cruz, cada rotor com quatro pás biplanas, impulsionados por um motor de 40hp. Embora não ter ocorrido um voo propriamente dito, foram com estes "saltos" que Breguet conseguiu desenvolver o primeiro helicóptero a levantar um pessoa do solo, [28].

(1909) Igor Ivanovitch Sikorsky construiu o seu primeiro modelo de helicóptero não-pilotado, no qual não obteve sucesso. Seu segundo modelo, com um motor mais potente conseguiu alguns pequenos saltos.

Na Rússia, Boris Yur'ev constatou a necessidade de motores mais potentes e introduziu um sistema de controlo do ângulo de picada³ no qual, permitiu movimentos laterais e longitudinais. Nos Estados Unidos, Emile e Henry Berliner, concluíram que a potência necessária para o voo pairado era maior do que a necessária para o voo com velocidade horizontal. Raul Pescara, durante os anos 20, dirigiu seus estudos para o total controle do helicóptero, [28, 31].

Todos estes estudos e vários outros foram aperfeiçoados por Sikorsky que, tomou posse de todos os avanços alcançados no campo da aerodinâmica e materiais; diante dos problemas técnicos apresentados nos estudos e trabalhos que o antecede, se empenhou em resolver-los de forma sistemática. Em Maio de 1940 seu primeiro helicóptero levantou, o VS-300 - Figura 2.2. Este, permitia voar com o controlo longitudinal e lateral, voar para trás e realizar outras manobras. O primeiro modelo contava com um motor de 75 cavalos e seu segundo modelo o VS-300A, foi fabricado com um motor mais potente de 90 cavalos, [30].

³Ângulo de posição geométrica da pá.



Figura 2.2: Sikorsky's VS-300A, 1940, [5].

Os modelos de Sikorsky entraram logo em produção, no ano de 1941. O helicóptero quase que de imediato, foi colocado ao serviço das forças militares e tornou-se aeronaves importantes em muitos conflitos, como de exemplo, as duas guerras do Golfo.

2.1.2 Finalidades

A popularidade dos meios de transportes aéreos se intensificou consoante o avanço tecnológico e as necessidades do homem. Desde que surgiram as primeiras aeronaves, percebeu-se o grande potencial de uso e, tendo em conta que um único modelo não seria adequado para atender diferentes demandas, foi necessário especializar e criar novos "veículos voadores" para munir uma diversificada gama de tarefas e missões. Nos dias atuais, os aviões e os helicópteros compõem, em maior parte, o espaço aéreo de todo o mundo.

Em oposição aos aviões, as aeronaves de asas rotativas são utilizadas para viagens de curta distância e voos em altitudes mais baixas sendo que, sua autonomia e fenómenos como perda de sustentação e baixas temperaturas características de níveis de voo elevado, limitam a operacionalidade do helicóptero. Por outro lado, sua capacidade em descolar e aterrar na vertical não requer muito espaço, o qual o coloca na posição de meio de transporte aéreo mais viável dentro das grandes cidades, [32].

O helicóptero tem sido usado em diversas funções, o qual recebe destaque o transporte privado de civis, combate a incêndios, o transporte de tropas para execução de operações militares; fins comunitários para transporte de mantimentos para campos de refugiados

em países em estado de guerra, transporte de doentes ou feridos. Além disso, podemos ver empresas de televisão, a polícia, meteorologistas, entre outros que usam o helicóptero para uma observação mais prática, estudo ou vigilância do terreno ou do próprio meio aéreo, [32].

2.1.3 A aviação de Helicópteros no Brasil e Portugal

O helicóptero é um veículo capaz de estar em (quase) todos os lugares a (quase) qualquer tempo. Em contrapartida, tem-se um cenário em que seus custos operacionais, em face da carga paga transportada (passageiros e/ou carga) nas distâncias possíveis, são elevados demais para permitir tarifas aceitáveis para uso do público em geral, [33].

De acordo com o Relatório Anual de Segurança Operacional (RASO), publicado no ano de 2018 pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a frota de helicópteros brasileira é uma das maiores do mundo, contando com 1353 aeronaves com registo ativo em junho de 2019, o que corresponde à 14.32% da frota brasileira. Deve-se notar que as bases de operação estão muito concentradas nas regiões Sudeste e Sul do país, onde a distribuição geográfica dos helicópteros registados, tem-se o estado de São Paulo responsável por 32% da frota brasileira, seguido do Rio de Janeiro com 18% e Minas Gerais com 13%, o que aponta para a maior concentração das atividades económicas que fazem uso intensivo desse tipo de aeronaves nestas regiões, [34, 33].

No mercado brasileiro, dentre as atividades económicas, destacam-se o serviço aéreo privado, realizado pelos departamento de Serviços (ou Transporte) Aéreos de grandes empresas ou por empresas de táxi aéreo; as missões *offshore*, de ligação entre bases no continente e as plataformas de petróleo em alto mar, sendo que as bacias petrolíferas brasileiras concentram-se no litoral dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo; e missões a cargo das administrações públicas estaduais, [33, 35]. Segundo Ian, Shailon (2019) em sua divulgação especial para AERO Magazine, a falta de infraestrutura aeronáutica adequada para aviões também é um incentivo para o uso do helicóptero, que consegue operar em áreas com pouco preparo, como fazendas e plantas industriais.

Os helicópteros mono-motores representam 77% da frota nacional brasileira, onde a grande maioria tem sua utilização na aviação privada (59%) e o restante pertence à utilidade pública e das forças de segurança. Interessante destacar que, em alguns países europeus existe uma limitação para utilização de helicópteros mono-motores sobre áreas densamente povoadas, o que limita o mercado dessas aeronaves nos grande centros urbanos. No Brasil, a operação de mono-motores está limitada para apoio às plataformas de petróleo,[33, 36].

No território nacional português, o uso das aeronaves de asas rotativas tem se disseminado, principalmente, nas operações de proteção civil. Destaca-se o Serviço de Helicópteros de Emergência Médica (SHEM) do Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM), Figura 2.3, o que registou no primeiro semestre de 2019, uma taxa de operacionalidade superior a 98%, onde as aeronaves disponibilizadas foram acionadas para 595 ocorrências. Os Helicópteros de Emergência Médica são utilizados no transporte de doentes graves entre o local da ocorrência e a unidade de saúde (missões primárias) ou entre unidades de saúde (missões secundárias). O SHEM pode ainda ser usado para outras missões, nomeadamente transporte de órgãos para transplantação, [37].

Outros serviços que têm sido prestados por helicópteros são, operações de voo turístico em cidades como Porto e Lisboa; operações de combate a incêndios florestais, em que as aeronaves são equipadas com grandes reservatórios de água; transporte privado de passageiros em voos executivos, o que oferece conforto, segurança e rapidez; dentre outras atividades exercidas por entidades civis e militares.



Figura 2.3: Helicópteros de Emergência Médica do INEM, [6].

2.2 Espaço Aéreo e Condições Operacionais

Segundo a *International Civil Aviation Organization* (ICAO), também conhecida como Convenção de Chicago, assinada em 1944, declara que os Estados têm a responsabilidade do espaço aéreo dos territórios sob a sua jurisdição.

O espaço aéreo pode ser dividido em regiões de informação de voo, *Flight Information Region* (FIR), o qual caracteriza-se por um espaço aéreo de dimensões definidas. Adentro de cada FIR o espaço aéreo pode dividir-se em até sete classes, de A a G. Dentre as sete, cinco são caracterizadas por espaço controlado (A a E) e as duas restantes (F e G), espaço não controlado, [38].

Portugal tem sob sua jurisdição a FIR de Lisboa e a FIR de Santa Maria, que se encontram representadas na Figura 2.4 abaixo.

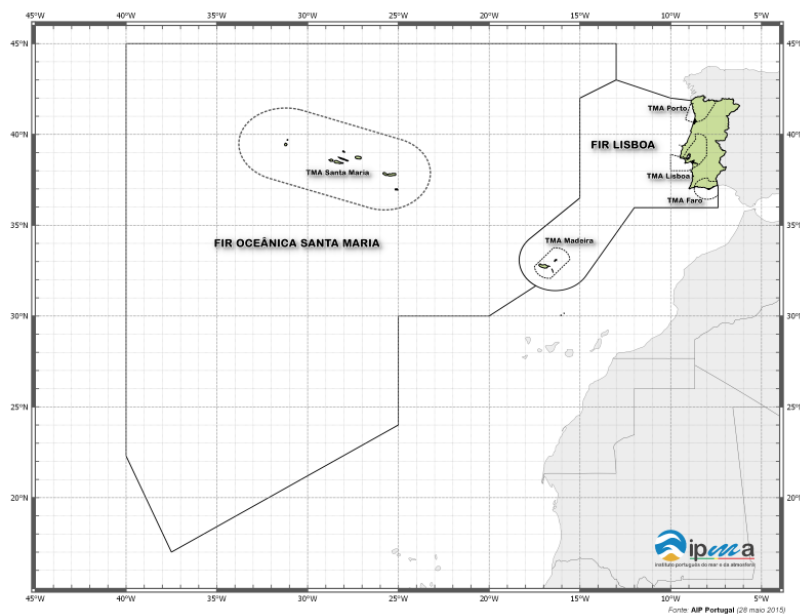


Figura 2.4: Região de Informação de Voo (FIR) - Portugal, [7].

Os tipos de voos outorgados e os tipos de serviços prestados, são estabelecidos de acordo com as classes. Nas zonas de espaço aéreo controlado, os voos são classificados em duas categorias: Regras de Voo por Instrumento (*Instrument Flight Rules - IFR*) e Regras de Voo à Vista (*Visual Flight Rules - VFR*). Não obstante, os voos podem ser

separados por tipos de aeronaves, [38].

Em um espaço aéreo controlado, para que as aeronaves possam manter comunicação ao aproximar e afastar dos aeródromos, existem regiões e zonas de controle aéreo, perfeitamente definidas, em que seus limites se dão através de níveis de voo, *Flight Level (FL)*, que expressa uma determinada altitude em centena de pés. Estas regiões e zonas de controlo estão associadas ao que é chamado de corredores aéreos, *airway (AWY)*, o que constitui limites laterais e verticais. A compreensão do funcionamento aéreo é assunto relevante para operação de qualquer tipo de aeronave, sejam de asas fixas ou não, contribuindo para que qualquer trajetória de voo seja realizada dentro da cobertura de auxílios à navegação.

Existem áreas do espaço aéreo controlado, Figura 2.5, que são divididas em, [38]:

1. Zona de Tráfego de Aeródromo (ATZ): Espaço aéreo controlado pela torre de controle do aeródromo no qual, os controladores possuem contacto visual com as aeronaves em procedimento de pouso e decolagem. Envolve todo o circuito do aeródromo e o circuito de tráfego do mesmo, Figura 2.5.
2. Zona de Controle (CTR): É um espaço controlado que se inicia no solo e se prolonga verticalmente até determinada altitude, cujo principal objetivo é proteger os procedimentos por instrumentos, Figura 2.5.
3. Áreas de Controle Terminal (TMA): Espaço aéreo controlado que existe em regiões de grande intensidade de tráfego, responsável pelo controle dos procedimentos de voo de aproximação e que se encontra em uma área de confluência de aerovias, Figura 2.5.

Dentre os objetivos da sistematização dos Serviços de Tráfego Aéreo e consoante ao disposto pela ICAO, destaca-se como os principais objetivos o de prevenir a colisão entre aeronaves, seja no ar ou em solo nas áreas de manobras dos aeródromos; garantir um fluxo ordenado e acelerado de tráfego; fornecer conselhos e informações úteis para a segurança e condução eficiente de voos e notificar as organizações apropriadas sobre as aeronaves que precisam de ajuda de busca e salvamento, e ajudar tais organizações como requerido.

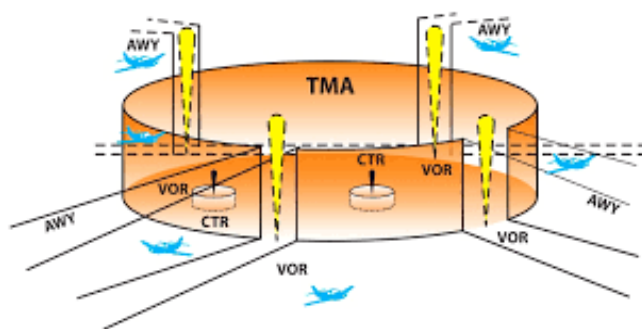


Figura 2.5: Divisão do Espaço Aéreo, [8].

2.2.1 Regras Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros

Devido à complexidade de tráfego aéreo nas áreas circundantes aos aeroportos e ao aumento do tráfego VFR, torna-se importante o ajustamento dos fluxos de tráfego aéreo dentro das CTR/TMA. Nesse sentido, são estabelecidas estruturas de rotas diferentes a fim de ordenar a circulação de helicópteros, com procedimentos específicos de tráfego que agilizem e possibilitem as operações com segurança, através de entendimento com os operadores de helicópteros, [9].

Sempre que houver essas estruturas de rotas, também conhecidas por túneis VFR especiais para helicópteros, os voos em princípio, deverão ser realizados utilizando os níveis de voo ou altitudes estabelecidas de acordo com o sentido do voo, devendo ter sempre à sua direita os pontos de referência dessa rota. Destaca-se também que, para evitar a sobrecarga das frequências de rádio dos aeródromos da região, o tráfego operado nos tais túneis deve submeter um plano de voo. Em Lisboa, por exemplo, de forma a facilitar o trânsito de helicópteros nas entradas e saídas do Aeroporto de Lisboa ou em outros heliportos dentro da CTR de Lisboa, foram estabelecidas duas rotas para helicópteros, Figura 2.6, a Rota Tejo "TR" e a Rota Salemas "SR". No Faro, decorrente do fato já apresentado, foram criados túneis de dois sentidos chamados de LESTE e OESTE, definidos pelos pontos de referência visuais, Quarteira, Porto de Pesca - Almancil - São João da Venda - Pechão - Quelfes - Fuseta, [9].

É importante referir que dentro dos CTR possam existir infraestruturas aeronáuticas

que, apesar de não serem controladas estão dentro de uma espaço aéreo controlado e portanto, sujeitos ao ATC da região. Os túneis VFR contribuem de forma a reduzir ao mínimo o contacto rádio com o ATC e ao mesmo tempo, garante que as aeronaves a voar por instrumentos estejam separadas. Os voos de helicópteros devem ser planeados com critério e é de fundamental importância o conhecimento sobre a localização das áreas proibidas, perigosas e restritas, ou outras áreas sensíveis, [9].

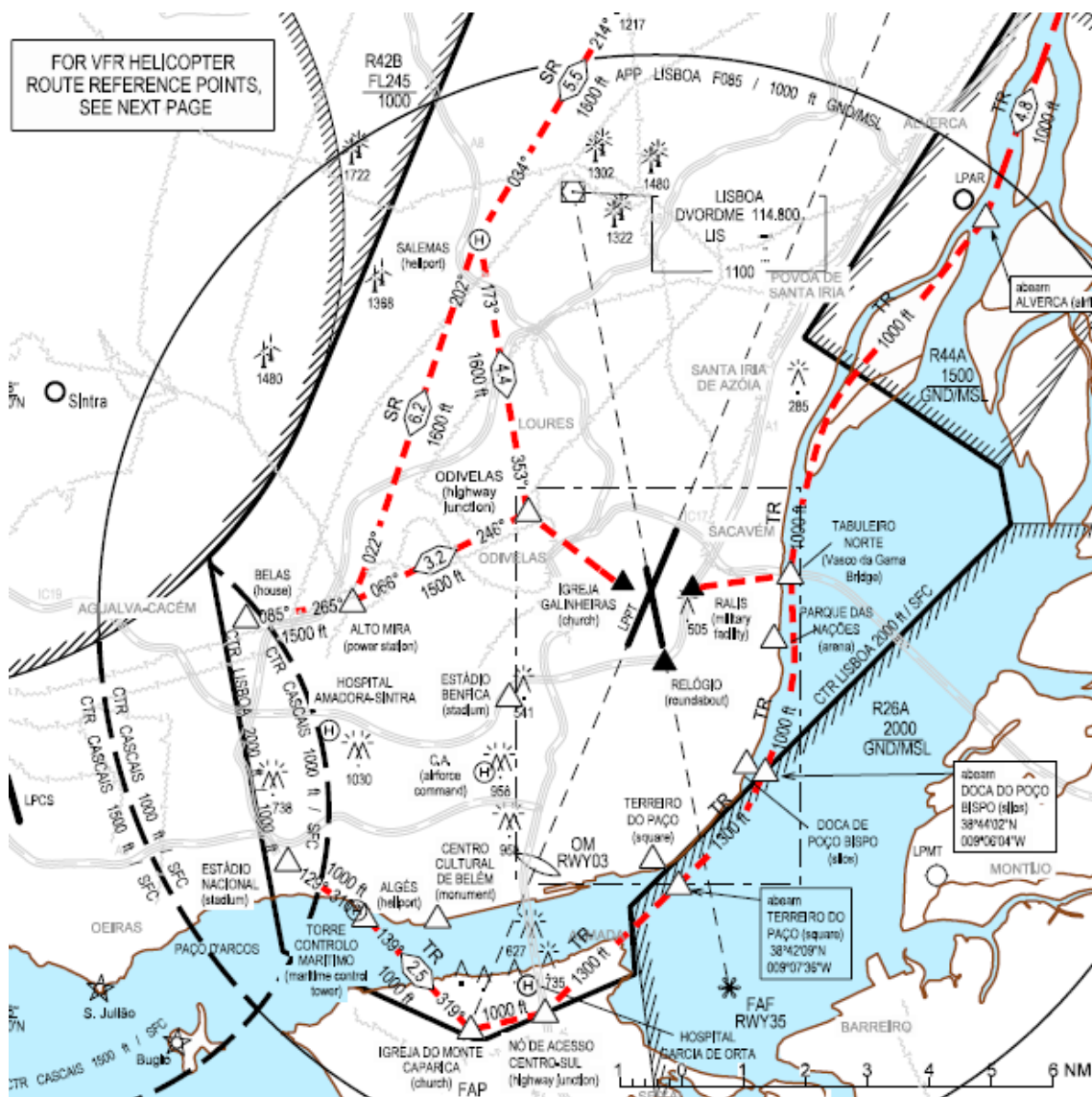


Figura 2.6: Rotas VFR para Helicópteros na CTR de Lisboa, [9].

2.3 Introdução aos Heliportos

No decorrer do século XX, em território europeu e americano, deparamos-nos com grandes avanços tecnológicos, inovações e grande evolução no campo da investigação científica. O período entre guerras foram anos nos quais a tecnologia de aeronaves em geral desenvolveu-se consideravelmente, fazendo com que a aviação militar e civil se vulgarizasse. Em efeito, surgiu a necessidade de locais preparados para a chegada e partida de diversos tipos de aeronaves, bem como a salvaguarda do espaço aéreo envolvente a esses locais, dando origem aos primeiros aeródromos.

A construção de heliportos nos grandes centros urbanos tem sido cada vez mais frequentes, devido a grande importância do transporte na economia de um país ou região. O uso destas infraestruturas têm contribuído para uma eficiente mobilidade de pessoas e cargas, melhorando a conectividade contínua, oferecendo apoio aos turistas, operações militares, evacuação médica e transporte rápido em geral. Segundo 2007, P. Alves *et al.* um emprego que vem sendo realizado mais intensamente nos últimos anos é o das ligações do tipo aeroporto a centro urbano, o qual objetiva complementar a rapidez do transporte aéreo de passageiros e produtos/serviços, [39].

Para os diversos tipos de operações realizadas em heliportos, torna-se de grande relevância a aplicação de condições de segurança operacional e um apoio prestado por pessoal de serviço no solo de boa qualidade, afim de oferecerem níveis aceitáveis de segurança. Entretanto, muitas infraestruturas hoje não se encontram inteiramente preparadas para os mais diversos tipos de operações e falham principalmente em acessibilidades através de outros meios de transporte, o que resulta, em muitos casos, na inutilização do heliporto em consequência da má planificação, [39].

A implantação e a operação de heliportos, devem respeitar a legislação específica e seu projeto deve ser submetido a aprovação por parte da entidade aeronáutica do país. Alguns aspetos importantes são levados em conta para o planeamento destas infraestruturas tais como: a caracterização do tráfego existente e suas necessidades, análise das alternativas menos gravosas para o ambiente, identificação de obstáculos na região, geografia do local,

impacto sonoro na sociedade, dentre outros abordados adiante.

2.3.1 Classificação dos Heliportos

Um heliporto, Figura 2.7, é uma área homologada e demarcada na terra, água, ou estruturas, incluindo edifícios ou instalações, para uso exclusivo de helicópteros, permitindo pousos e descolagens em uma área desobstruída de obstáculos, [20]. Habitualmente, os heliportos podem ser constituídos por uma ou mais plataforma de aterragem e instalações de terminais de passageiros, terminais de carga, hangares de estacionamento e manutenção, instalações de abastecimento, corpo de bombeiros e órgãos dos serviços de tráfego aéreo, [20].



Figura 2.7: HeliCity Heliport - São Paulo, Brasil,[10].

Os heliportos recebem denominações distintas, variando de acordo com o tipo de operação no qual está destinado e o local em que se situa. Em 2010, R. Horonjeff *et al.* definem que: Heliportos localizados em flutuantes ou em estruturas *offshore*⁴, são classificados como *helideck*; áreas desenvolvidas e usadas para pousos e descolagens com finalidade de deixar ou levar passageiros ou cargas, são definidas como *helistop*; por último, define-se por *helipad* um pavimento ou superfície usada para estacionamento de helicópteros em heliportos. Outra classificação relevante e que se deve ter em conta é a classificação com base em sua implantação, [40]. De acordo com o Decreto-Lei n.º. 186/2007 em Portugal e relativamente à construção de heliportos, estes podem ser designados por heliportos de superfície ou heliportos elevados.

⁴Estruturas localizadas em alto mar.

Os heliportos de superfície diz respeito aos que estão situado no solo ou em plataforma sob a água. Por sua vez, os heliportos elevados, Figura 2.8, são construídos sobre uma estrutura artificial mais alta do que o solo, [41]. Este tipo de solução só deve ter em vista desde que não seja possível ou inviável construir um heliporto ao nível do solo. Nesse caso, a área de aterragem pode englobar em totalidade a superfície do terreno ou apenas parte dele, o qual deve exigir o cálculo estrutural de uma plataforma de distribuição de carga, incluindo sobrecargas devido aos helicópteros e todas às operações de voo associadas, [42].



Figura 2.8: Heliporto elevado - Belo Horizonte, Brasil, [11].

Mediante às classificações feitas anteriormente, é notório a diversificação de heliportos em função do objetivo a quais se destinam, todavia, há outra classificação atribuída à esse tipo de infraestrutura e está ligada com a entidade que assegura sua gestão, e do tipo de aeronaves que os utilizam, [20].

1. *Heliporto Militar*: Instalações operadas por um dos ramos do serviços armados, no qual, os critérios de projetos são especificados pelo ramo de serviço e geralmente proibem o uso não militar.
2. *Heliporto Federal*: Instalações operadas por agências não militares ou departamentos do governo federal que os usam para desempenhar funções específicas.
3. *Heliporto de uso Privado*: Esse tipo de instalação deve ser de uso privado, mas com exceção de uso pela polícia ou bombeiros.
4. *Heliporto de uso Público*: Estas instalações são aberta ao público em geral e não

- exigem permissão prévia do proprietário para pousar. Estas instalações podem ser limitadas ao uso de acordo com as especificações de tamanho e peso dos helicópteros.
5. *Heliporto de Serviços Comerciais*: Instalações designadas para uso de helicópteros com transporte de passageiros ou serviço de cargas.
 6. *Heliporto de uso Pessoal*: Instalações usadas exclusivamente pelo proprietário.

2.3.2 Tipos de Operações em Heliportos

Os heliportos quando abertos ao tráfego aéreo, podem estar aptos a receber operações diurnas ou noturnas, instrumentais ou visuais. Estas operações dependem essencialmente dos fatores de condicionamento do processo de implantação das infraestruturas assim como, dos equipamentos disponíveis. As operações diurnas são conduzidas entre o nascer e o pôr-do-sol; as noturnas, entre o pôr-do-sol e o nascer, [43].

As operações visual de voo devem sempre garantir uma altitude de segurança em relação aos obstáculos, não penetrar áreas proibidas do espaço aéreo e evitar áreas restritas, sem devida autorização. Estas operações devem ser conduzidas acima de mínimos meteorológicos estabelecido, e o piloto deve cautelar para manter o contato visual com o solo, [44]. As operações por instrumentos são conduzidas dentro de limites meteorológicos estabelecidos, onde são permitidos segmentos sem contato visual externo, podendo ocorrer tanto em período diurno quanto noturno, [43].

2.3.3 Localização de Heliportos

A execução e planeamento de todo projeto de caráter aeronáutico, envolve uma série de estudos complementares afim de ponderar, os possíveis impactos (sejam eles positivos ou negativos) que o ambiente envolvente poderá causar nas instalações, assim como, os efeitos que as construções aeronáuticas provocam em seus arredores, incluindo a sociedade.

A seleção do local para inserção de um heliporto, deverá ser realizada com o objetivo de maximizar a conveniência do usuário, a segurança da aeronave e a aceitação da comunidade, através da identificação e análise das fontes de informações disponíveis. Estes

estudos devem incluir previsões de origens e destinos de viagens, indicações de tempo de percurso associado ao transporte terrestre, estimativas de uso do solo, o custo financeiro das áreas de interesse, tal como, uma inspeção aérea de cada possível local de implantação do heliporto afim de identificar, possíveis obstáculos ao voo, locais de pouso de emergência e outros aspetos relacionados à navegação aérea, [45].

Kazda *et al* (2007), o transporte aéreo tem claramente um efeito negativo no meio ambiente, entretanto, em comparação com os outros meios de transporte, seu impacto ambiental é causado apenas nos arredores de suas instalações, enquanto que no transporte rodoviário ou ferroviário a área ao longo de todo o percurso é afetada pelo ruído e emissões gasosas. A construção de um novo aeródromo requer de muita técnica e investimentos, sendo necessário garantir um projeto para o maior período de tempo possível, além de cumprir com os requisitos operacionais e de capacidade dentro dos limites de segurança. Sem dúvidas, uma das tarefas mais importantes no planeamento de um heliporto é a escolha de sua localização, [46].

Mesmo que na prática, a escolha do local ideal seja dificilmente encontrada, normalmente seleciona-se a opção que amenize os inconvenientes ao heliporto, à população e ao ambiente. A análise e seleção dos possíveis locais para a implantação de um heliporto, requer uma atenção especial aos seguintes fatores, [20]:

- Proximidade às vias de comunicação;
- O custo de aquisição e desenvolvimento;
- Escolher o melhor local para servir o potencial de tráfego aéreo;
- Garantir a mínima perturbação devido ao ruído produzido pela operação das aeronaves;
- A provisão da mínima obstrução aérea dos caminhos de aproximação;
- Garantir no mínimo dois caminhos de aproximação;
- A provisão de acessos adequados para transportes terrestres e estacionamento;
- Evitar conflitos de tráfego entre helicóptero e outras aeronaves;

Outro aspeto relevante para o projeto destas infraestruturas aeronáuticas, é a análise dos ventos dominantes do local onde será inserido. O Anexo 14 Vol. II da ICAO, estabelece que sejam definidos rumos de aproximação e descolagem de forma a evitar as operações com ventos cruzados, além de ter atenção especial à possibilidade de serem produzidas turbulências provocadas por obstáculos ⁵, as quais poderiam interferir na segurança das operações dos helicópteros. Por exemplo, se um heliporto estiver implantado em proximidade com regiões montanhosas, para que a aeronave possa evitar os efeitos de turbulência de montanha, é recomendado cruzar a barreira a uma altura de 2,5 vezes a elevação da montanha, [47].

Estes pormenores são cruciais no processo de determinação dos caminhos de aproximação além de atentar ao estudo do tráfego aéreo envolvente, afim de constatar se o heliporto não está localizado em nenhuma área perigosa, restringida ou proibida, sendo necessário solicitar um certificado de compatibilidade do espaço aéreo ao INAC.

2.3.4 Sistemas Comuns de Referência

O disposto no Anexo II da ICAO define três sistemas de referência utilizados para indicar as coordenadas geográficas de um heliporto, são elas:

1. Sistema de Referência Horizontal, WGS-84 (*World Geodetic System -1984*), utilizado para expressar a latitude e longitude.
2. Sistema Vertical de referência para indicar a altitude do heliporto é a relação estabelecida pelo nível médio do mar.
3. Por fim, o sistema de referência temporal utilizado é o calendário Gregoriano e o Tempo Universal Coordenado (*Coordinated Universal Time - UTC*).

⁵Conhecida por Turbulência mecânica, é causada pelo fluxo do vento através de uma estrutura sólida (montanhas, prédios, hangares dos aeroportos, etc).

2.3.5 Limitações de Ruídos

Em 1992, Paul H. *et al*, relata que muitas pessoas consideram o ruído de helicópteros questionáveis, não obstante, a necessidade de localizar heliportos em proximidade com grandes concentrações populacionais faz com que o problema do controle do ruído, torna-se especialmente complexo.

Segundo Kamenický, Milan *et al*, os engenheiros para além de ter em conta a qualidade da água e do ar, e do uso do solo, é necessário compreender a atitude da comunidade pelo qual são responsáveis e até que ponto a indústria garante que estão sendo usados níveis fiáveis de tecnologia para mitigar os impactos. O ruído entorno de aeroportos e heliportos podem ser controlados de quatro maneiras e são classificadas pelas ICAO como o uso da "abordagem equilibrada". A primeira, consiste em intervir diretamente na fonte através de tecnologia aprimorada e em garantir a utilização de aeronaves com certificação de ruído. O segunda forma está em controlar o procedimento operacional dos helicópteros o que inclui, otimização dos procedimentos de voo e a distribuição de movimentos no solo. A terceira maneira é mais prática, a qual se desenvolve em limitar as operações dos helicópteros por tipo e hora do dia, com exceção a heliportos hospitalares que devem estar aptos a receber o transporte de utentes mediante situações de emergência. Por último, restringe-se ao uso do solo e planeamento de compatibilidade em torno dos aeródromos, em que, o planeamento de áreas urbanas nas proximidades é um instrumento eficiente para prevenir reclamações futuras por parte dos habitantes, afim de proporcionar um ambiente saudável, principalmente em regiões onde há atividades sensíveis ao ruído, [46, 12].

Contudo, a *Federal Aviation Administration* (FAA), em 2004, afirma que as áreas sensíveis ao ruído não se resumem nas áreas residenciais, escolas e hospitais, mas sim, considera como sensível ao ruído, todo o local onde o ruído dos helicópteros possa interferir nas atividades normais associadas ao uso do solo. Deste modo, são incluídos também as áreas de parque nacionais, incluindo florestas, áreas primitivas ou selvagens, monumentos, lagos nacionais, áreas de recreação, sítios culturais e históricos, e todo o local onde um ambiente calmo é uma característica reconhecida ou um atributo. As fontes predominantes

geradoras de ruído nas aeronaves de asas rotativas, provém do seu rotor principal e rotor de cauda. Segundo *Helicopter Association International* (HAI), em 1993, o ruído produzido pelo rotor em helicópteros de médio e grande porte, é mais acentuado em altitudes menor que 500 pés (150 m) e velocidade da ordem de 60 a 80 nós, velocidade usualmente utilizada nas operações de pouso destas aeronaves.

A Figura 2.9 apresenta uma comparação entre os níveis médios de ruído para os diversos meios de transporte. Observa-se que o ruído produzido por um helicóptero não difere muito do que se regista diariamente num meio urbano o qual justifica, a escolha de rotas sobre zonas de tráfego sendo que um veículo ligeiro ou caminhão podem produzir ruído da ordem dos 60 a 90 decibéis (*dB*), amenizando os efeitos de operação dos helicópteros.

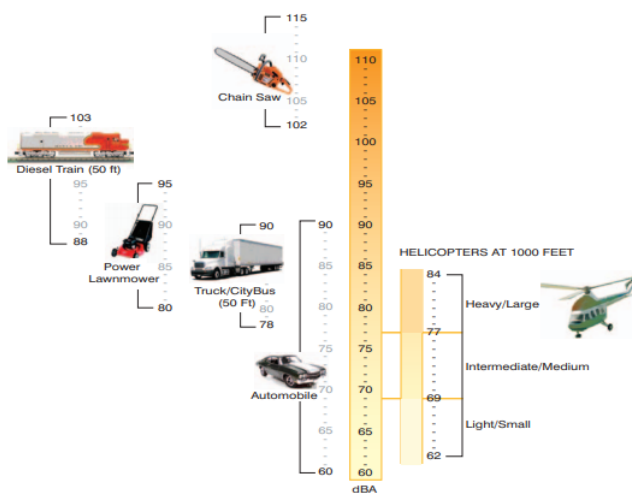


Figura 2.9: Comparação de ruídos, [12].

No ano de 1982, nos Estados Unidos, a HAI desenvolveu o programa *Fly Neighborly* cuja estratégia principal consiste na consciencialização de pilotos e companhias de táxi aéreo sobre a importância das questões relativas ao impacto do ruído, o qual inclui treinamento e educação dos pilotos para ampliar comunicação com a população para obter maior aceitação em relação às atividades com helicópteros. O programa impõe recomendações para a utilização de rotas de mínimo incomodo, sempre que possível. Estas rotas preferenciais devem ser sobre áreas não habitadas ou com ruído ambiente elevado, como

autoestradas, ferrovias e até mesmo rios. Em situações que não há possibilidade de desvio das zonas sensíveis, os pilotos devem adotar procedimentos como, manter a altitude a mais elevada possível; evitar manobras drásticas e repentinas; usar perfis de pouso e descolagem com máxima inclinação; sobrevoar com velocidade menor do que a de cruzeiro e alternar o uso de rotas, [12, 48].

2.3.6 Soluções Estruturais para Heliportos

Conforme discutido nas secções anteriores, os heliportos possuem certa multiplicidade quando se coloca em pauta seu local de implantação, sendo que sua estrutura pode ser executada em superfície de terrenos, laje de cobertura de edifícios, navios e estruturas *offshore* ou sequência de outra estrutura principal que se faz possível sua instalação. Ao partir deste pressuposto surge um leque de possibilidades quando se trata de qual solução estrutural optar que, em termos de materiais, se faz usual as estruturas metálicas em conjunto com soluções em concreto.

Em construções elevadas, por exemplo, faz-se substancial avaliar a sobrecarga na edificação e a melhor maneira de poupar a estrutura principal, através do ato de averiguar sua resistência e a necessidade ou não de reforços estruturais. Essas condições devem ser ponderadas sob duas óticas: novos edifícios e edifícios em uso. Ao projetar uma edificação que já prevê um heliporto, o engenheiro calculista já distribui na estrutura essa carga extra e nas edificações não previstas, os reforços deverão ser atribuídos dos andares superiores para os inferiores, para mais, as escolhas deverão obedecer uma boa relação entre preços e viabilidade técnica de instalação.

2.3.6.1 Superfícies de Pouso e Descolagem

Os mais diferentes materiais podem ser usados para as superfícies de pouso dos heliportos, tais como concreto cimento, concreto asfáltico, madeira, materiais compósito e de ligas metálicas. É importante referir que, a superfície seja construída de maneira a que se

verifique o efeito de solo ⁶ assim, não são aconselhadas superfícies de pouso construídas com malhas de ferro (porosas), as quais acusam grande dissipação do efeito de solo. Porém, outras opções como os pisos de concreto, chapas metálicas e o *steel deck* são possíveis de utilizar, [19].

Aço e Betão

O betão quando comparado com os outros materiais, tem um custo inicial menor e maior duração sem necessidades de manutenção; isso devido à sua baixa frequência natural (contribui para um bom isolamento às vibrações), é pouco deformável, não inflamável, fácil de reparar e permite tratar a camada de desgaste quando necessário. Por outro lado, é um material pesado e deve ser usado com determinados cuidados em situações de temperaturas extremas, [19].

Grande parte dos heliportos no topo de edificações adotam soluções estruturais mistas (aço/betão), em sistemas do tipo porticado com pilares, vigas e lajes de betão armado ou, afim de obter estruturas mais leves, opta-se por pilares e vigas em aço (de alma cheia ou treliças) e a plataforma em betão armado, o que entrega uma estrutura suficientemente rígida para permitir a operação em segurança, [19].



Figura 2.10: Heliporto elevado com estrutura em betão.

⁶o ar gerado pelas pás do helicóptero volta à superfície formando um colchão de ar.

Alumínio

A construção de estruturas em alumínio para heliportos, Figura 2.11, são bem consolidadas quando destinada às instalações para o setor *offshore* e marítimo, devido sua alta durabilidade em condições agressivas de ambiente. Estudos da Revista Alumínio, apontam que o alumínio absorve melhor os impactos do peso do helicóptero durante o pouso, o que corrobora sua aplicação também no topo de edifícios, onde a preocupação maior é o sobrepeso na laje e nos pilares sobre os quais será instalado.



Figura 2.11: Heliporto em alumínio em estrutura *offshore*, [13].

Em relação ao peso, apresenta-se entre 55% a 60% mais leve do que uma estrutura em aço, o que contribui para a não necessidade de reforços estruturais em grande parte dos edifícios e viabiliza até operações de helicópteros mais robustos, [49].

2.3.6.2 Estruturas de Apoio aos Heliportos

Hangares

É um espaço construído para se guardar grandes e pequenas aeronaves, além de servirem como oficina de manutenção e espaço para alocar escritórios e até mesmo funcionários de companhias aéreas, [50].

Usualmente, estas instalações são concebidas em estruturas metálicas, Figura 2.12, o que permite maior liberdade arquitetônica em termos de sua capacidade de vencer grandes vãos. Neste intuito, grande parte desses hangares tem sua estrutura principal em pórticos

treliçados o que entregam estruturas mais leves e permite vencer grandes vãos de forma mais económica. De outra forma, pode-se utilizar pórticos com perfis únicos, normalmente com secções em I ou em H, o qual denominam-se de pórticos com secções de alma cheia; estes apresentam maior facilidade de projeto e até mesmo maior facilidade de transporte, em contrapartida apresentam um maior consumo de aço, [51].



Figura 2.12: Hangares em estruturas metálicas para helicópteros, [14, 15].

Os hangares têm sido um veículo para potencializar o aproveitamento da versatilidade de helicópteros, sendo que em heliportos mais modernos os hangares são elaborados com projetos de salas VIP luxuosas para atendimento a passageiros, onde dispõe de cafés e salas para reuniões. Para os tripulantes e o pessoal de apoio, possuem ambientes adequados para descanso, repouso e alimentação, além de estrutura de suporte com escritórios. O fator manutenção permite o piloto usufruir de uma equipe de apoio para executar inspeções pré-voos na aeronave, ter o helicóptero já abastecido com a quantidade correta de combustível para o voo programado, realizar inspeções programadas e ainda, ter representantes de marcas de aeronaves, vendas de peças e equipamento, tudo na mesma instalação, [52].

Sistemas de Reabastecimento de Aeronaves

Atualmente o querosene para aviação *Jet A1* é o combustível mais utilizado por aviões e helicópteros equipados com motores de turbina, como jatos puros, turbo hélices ou turbofans. O alto rigor da aviação civil não deixaria passar de forma alheia as boas práticas de manuseio de seu combustível, desde o fabrico, transporte e armazenamento, devendo ser eliminado qualquer possibilidade de impurezas. Elevadas quantidades de querosene de aviação devem ser bombeadas para dentro de tanques de aeronaves em um período de tempo relativamente curto, enquanto sua qualidade quase farmacêutica é garantida. Isto só é possível com a correta construção e manutenção dos equipamentos e o seguimento dos procedimentos definidos, [46].

A construção de tanques de armazenamento, Figura 2.13, além de evitar a contaminação do combustível com qualquer impureza, não deve permitir a entrada de água no reservatório, o qual instiga o desenvolvimento de microrganismos no combustível. O fundo do tanque de armazenamento deve conter um declive e, no ponto mais baixo é necessário a presença de um dreno para promover a retirada de água e sedimentos; da mesma forma nas tubulações, para além de uma inclinação mínima é essencial acoplar válvulas de descarga de sedimentos no ponto mais baixo. Para garantir que o combustível quando usado, tenha a mesma qualidade ao sair da coluna de destilação, sua entrega deve ser acompanhada de um certificado que garanta sua qualidade, [46].

Vale a pena ressaltar que o combustível não pode ser usado logo após que for descarregado nos tanques de armazenamento, mas como requisito, deve-se deixar-lo inativo por um período de tempo prescrito para que as impurezas possam se depositar no fundo do tanque. Portanto, em instalações de heliportos e aeroportos deve haver pelo menos três tanques de armazenamento para que, a qualquer momento, um deles esteja sendo preenchido, outro em repouso inativo e o abastecimento seja feito a partir do terceiro, [46]. A adoção dessa quantidade de reservatórios faz sentido quando se trata de heliportos com grandes movimentações horárias de helicópteros mas, em muitos casos, heliportos destinados a apoios hospitalares e combate à incêndios possuem um tráfego muito reduzido,

o que exige pouca demanda de combustível e conseqüentemente, reduz a necessidade de mais de uma instalação para armazenamento.

A distribuição de combustível pode ser feita de duas formas. A primeira é por caminhões tanque e a outra é a distribuição por sistemas fixos. Em heliportos com mais de uma plataforma é vantajoso instalar um sistema fixo de hidrante, como principal vantagem, a redução dos custos de operação e aumento da segurança, e a redução no perigo de contaminação do combustível durante o reabastecimento, [46].



Figura 2.13: Tanque de armazenamento de combustível aeronáutico *Jet A1*, [16].

Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais e Processamento de Hidrocarbonetos

A drenagem dos pavimentos é uma das importantes etapas no dimensionamento de rodovias, aeroportos e heliportos, tendo em vista que a água em excesso nas estruturas reduz sua vida útil, o que verifica o surgimento acelerado de defeitos estruturais e funcionais, [53].

A estrutura de um pavimento aeroportuário, nas zonas pertencentes ao lado ar, pode conter pavimentos tanto do tipo flexível quanto pavimentos rígidos. A questão é que, estas estruturas apresentam normalmente grandes áreas superficiais expostas às intempéries e a solicitação do tráfego e quando combinadas com ações de mudança de temperaturas e precipitações, podem intensificar o surgimento de uma série de patologias. Essa água em excesso tende a penetrar nos espaços entre camadas ou mesmo nos poros de cada camada do pavimento, o qual pode se originar de fontes como, [53]:

1. Infiltração através de superfícies permeáveis, juntas, trincas ou fissuras;

2. Condensação de vapor d'água, como resultado das variações de temperatura e da pressão atmosférica;
3. Sucção capilar;
4. Infiltração lateral de águas acumuladas.

No processo de conceção de heliportos, em especial os de superfície, é fundamental ter em conta um eficiente sistema de drenagem nos caminhos de circulação, pátios de estacionamento e zonas de aterragem, afim de oferecer permeabilidade suficiente para permitir o escoamento rápido da água que provém de infiltrações ou até mesmo de lençóis freáticos elevados. Neste propósito, é usual drenos coletores, instalados ao longo da borda do pavimento. Este sistema é composto por, além dos próprios tubos para coleta das águas, caixas de inspeção, descargas laterais, geotêxteis para prevenir a entrada de finos no tubo e material drenante para preenchimento de vala, [53].

O tubo coletor pode ser de concreto poroso ou perfurado, cerâmico, de fibro-cimento, de materiais plásticos ou até mesmo metálicos. Para os materiais drenantes para preenchimento de vala podem-se utilizar britas, cascalho grosso ou outro material que forneça permeabilidade suficiente e suporte adequado. Ainda assim, para garantir a boa performance do sistema, o pavimento deve garantir uma inclinação mínima e, amplificar as áreas molhadas no envolto das instalações, considera-se um bom contributo para dissipação do volume de água, [53].

As instalações aeronáuticas estão sujeitas ao derramamento de substâncias contaminantes que provém das aeronaves e de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER), são considerados resíduos perigosos aqueles produzidos essencialmente no sector industrial, como é o caso por exemplo dos resíduos de óleo, como o *fuel-oil*, diesel, óleos lubrificantes e outros. Devido à sua perigosidade quer para o homem quer para o meio ambiente, deve ser levada a cabo uma correta gestão dos mesmos, [54].

À vista disso, a concentração de hidrocarbonetos destes resíduos representam a principal fonte de contaminação de redes de saneamento e tratamento de águas, e nos heliportos, estas águas residuais oleosas devem ser tratadas por processo de filtração antes de serem

despejadas nos sistemas da rede pública. Os separadores de hidrocarbonetos, Figura 2.14, deverão ser instalados juntamente à rede de recolha de água e seu funcionamento consiste em permitir a entrada de água oleosas e baseado na separação gravítica de materiais com densidade diferente da água, faz com que os hidrocarbonetos se acumulam à superfície da câmara ao mesmo tempo que a água tratada, sai pelo fundo do equipamento, [17]. No caso de heliportos elevados, também é requerido um sistema de recolha de líquidos que, em caso de derrame de combustível, permita a condução, separação e retenção de hidrocarbonetos líquido, o sistema deve ser independente servindo como meio de prevenção para não contaminação do sistema de águas residuais do edifício e como meio de prevenção de incêndios, [19].

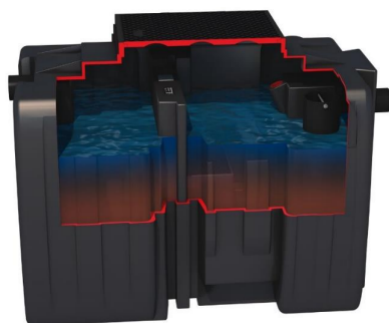


Figura 2.14: Separador de hidrocarbonetos, [17].

Sistemas de Proteção Contra Incêndios

O principal objetivo de um serviço de resgate e combate a incêndio é o de salvar vidas. Por este motivo, é indispensável o fornecimento de meios adequados para lidar com situações de emergência nos locais próximos às operações de helicópteros, sendo que são nessas áreas que existem as maiores oportunidades de manter as vítimas com vida. Os fatores mais importantes relacionados a um resgate efetivo de um acidente de helicóptero são, o treinamento recebido pela equipe, a eficácia e velocidade dos equipamentos designados para o resgate, [3].

O nível de proteção a ser provido deve ser baseado no comprimento da maior aeronave que entrará em operação, o qual divide-se em até três categorias e o agente principal a

utilizar deve cumprir a eficácia mínima de nível B imposto pelo regulamento da ICAO, onde deve ser dimensionado um sistema efetivo de proteção que pode utilizar água ou espuma para combater as chamas. Em heliportos elevados é necessário garantir pelo menos uma linha de pulverização para fornecer espuma em jato com padrão de 250 l/min e em complemento, utilizar aspersores automáticos para água, Figura 2.15, integrados na superfície de aterragem. É essencial que toda edificação que possua área de pouso para helicópteros tenha alto grau de proteção ao fogo e incorpore, adicionalmente, dispositivos de combate à fogo e de proteção à sua estrutura como: a adoção de *sprinkler* em todos os andares e dispositivos de alarme, prevendo a eventualidade de propagação de fogo, [19, 3].

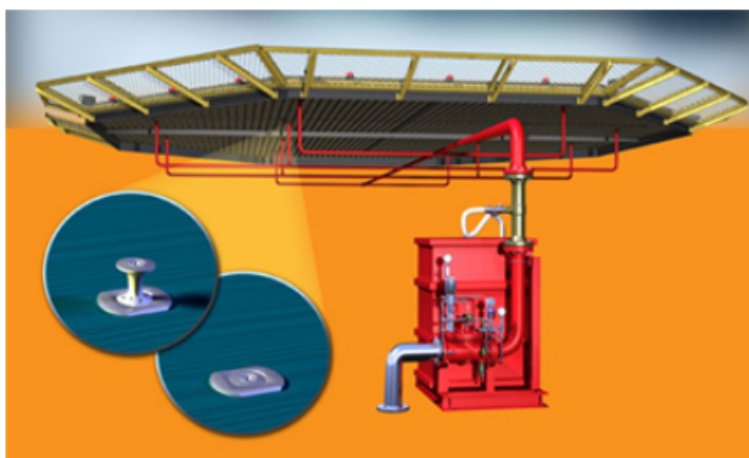


Figura 2.15: Sistema Integrado de Proteção contra Incêndio, [18].

No caso de heliportos de superfície, para além dos sistemas integrados para combater ocorrências de incêndios, é fundamental uma equipe qualificada para apoio em solo. O quartel de bombeiros é uma instalação com características próprias referenciadas ao disposto pela ICAO, localizada no próprio heliporto ou aeródromo aptos a receber operações de helicópteros, que conta com equipe formada e qualificada para exercer atividades de socorro, com uso de viaturas de combate a incêndio, sistema de comunicações e alerta, e outros equipamentos disponibilizados afim de garantir um tempo de resposta adequado desde o alerta de emergências. A equipe de solo deve garantir proteção durante a manipulação de combustível, seja com o intuito de abastecer ou retirar o combustível de uma aeronave, o que deve estar acessíveis extintores a uma distância nunca superior a 30 m

do ponto de abastecimento, [55].

2.4 Legislação Aplicável

2.4.1 Considerações Iniciais

O Instituto Nacional de Aviação Civil em Portugal, INAC, é o organismo responsável por supervisionar, inspecionar, fiscalizar e regulamentar as atividades desenvolvidas no setor da Aviação Civil, afim de garantir a eficácia e alicerçar este setor e os respetivos subsectores, a qual se faz autoridade aeronáutica de referência a nível nacional, europeu e internacional, na prossecução de elevados padrões de segurança da aviação civil e na regulamentação da atividade aeronáutica nacional.

Verifica-se que as normas relacionadas com heliportos não são muito numerosas e por vez, não são muito explícitas, em que a regulamentação apresentada pela Organização da Aviação Civil Internacional a mais utilizada, mesmo que seus anexos não estejam em vigor com tal no direito interno português. O INAC emite sempre que necessário as Circulares de Informação Aeronáutica(CIA), onde são estabelecidos os critérios básicos para a aprovação e certificação de heliportos e na prática, é o quadro normativo existente em Portugal para além do que está preconizado no Anexo 14 da ICAO, [40].

O desenvolvimento da aviação civil nos últimos anos, determinou a proliferação por todo o país de Portugal as mais diversas infraestruturas aeroportuárias, sem que o ordenamento jurídico nacional estivesse dotado dos adequados meios regulamentares e disciplinadores. Nestas circunstâncias, criou-se um quadro normativo, o Decreto-Lei n.º 186/2007 de forma a disciplinar a construção, ampliação ou modificação, certificação e exploração das infraestruturas aeroportuária, além de garantir a existência de segurança nas operações aéreas e assegurar a proteção de pessoas e bens à superfície, [40].

2.4.2 ICAO - Anexo 14 Volume II

A publicação relativa ao volume II do anexo 14, deu-se no início dos anos 90 do século passado, o qual apresentava as normas e recomendações dirigidas especialmente para heliportos. Este regulamento é baseado na performance operacional (definidos no Anexo 6 do mesmo), o que classifica os heliportos em função do tipo de aeronave que irá operar em suas instalações.

No anexo estão inclusas as disposições que cobrem todos os aspetos da planificação, desenho e operações de heliportos, onde está dividido em seis capítulos diferentes. O *capítulo 1*, são indicadas algumas generalidades em referências das situações em que deve-se aplicar o regulamento, e é citado os sistemas de referência comuns, horizontal, vertical e temporal. O *capítulo 2* estabelece informações a respeito dos dados aeronáuticos a considerar no dimensionamento de um heliporto, ponto de referência e elevações, assim como esclarece a coordenação que deve ser feita entre a autoridade dos serviços de informação aeronáutica e a autoridade do heliporto. O terceiro capítulo (*capítulo 3*), em termos construtivos define as características dimensionais a serem consideradas nas instalações, sejam heliportos elevados, de superfícies, heliportos a bordo de barcos, entre outros. São referidas as especificações das áreas de aproximação e descolagem, área de toque e área de segurança, caminhos de circulação em terra para helicópteros, caminhos de circulação para voos de baixa altitude, dentre outros, [3].

No decorrer do processo de dimensionamento é necessário especificar e definir o espaço aéreo ao redor do heliporto para que as operações de voo sejam realizadas em condições de segurança e de modo a evitar a inoperacionalidade devido à presença de obstáculos. Em seguimento, no *capítulo 4* é apresentado os sectores limitadores de obstáculos e as superfícies de desobstrução aeronáutica, as quais devem ser consideradas. O penúltimo capítulo (5), talvez o mais rico em informações, detalha um série de instalações auxiliares necessárias para o funcionamento do heliporto, desde o indicador de direção do vento, da sinalização diurna (marcações com pintura) e sinalização noturna (luminosa). Por último, o *capítulo 6* apresenta informações acerca dos serviços a disponibilizar em heliportos. Mais

concretamente estabelece critérios e regras para os sistemas de salvamento e de extinção de incêndios, [3, 19].

2.4.3 Decreto-Lei n.º 186/2007

No enquadramento jurídico Português, conforme o Decreto-Lei n.º 186/2007, de 10 de maio, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 55/2010, de 31 de maio, fixa as condições de construção, certificação e exploração dos aeródromos civis e estabelece os requisitos operacionais, administrativos, de segurança e de facilitação a aplicar nessas infraestruturas; em que a aprovação de projetos e certificação de aeródromos e heliportos é de responsabilidade da INAC. Em harmonia com o n.º 2 do art. 6.º deste diploma, a certificação destas infraestruturas é feita em conformidade com o preconizado pela Agência Europeia de Segurança na Aviação (EASA), que por sua vez remete para o Anexo 14 da ICAO e regulamentos complementares, [56].

Ponderoso destacar que, o INAC não têm qualquer autoridade sobre os aeródromos e heliportos sob gestão de entidades públicas designados a cumprir funções de defesa militar, emergência médica, e operações de combate a incêndios ou outros afins de proteção civil(art. 1.º do Decreto-Lei n.º 186/2007), [41]. A regulamentação da atividade aérea militar está ao cuidado da Autoridade Aeronáutica Nacional(AAN),conforme a Lei n.º 28/2013 de 12 de abril, o que compete certificar as infraestruturas aeronáuticas dos aeródromos de uso exclusivamente militar, regular o Serviço de Busca e Salvamento Aéreo, além de assegurar o policiamento aéreo e certificar o pessoal que desempenha funções aeronáuticas de âmbito militar, [57].

Ainda assim, a regulamentação das infraestruturas para fins de emergência médica e proteção civil cai num vazio legal, [56]. As entidades nacionais responsáveis por estas instalações, as direções hospitalares e/ou governos locais, buscam por cumprir o exposto com base no Decreto-Lei n.º 186/2007 e o que está prescrito nos anexos da ICAO.

2.5 Concepção de Heliportos Segundo a ICAO

2.5.1 Helicóptero de Projeto

O Anexo 14 da ICAO - Volume II, declara que os heliportos são caracterizados em dependência da classe de performance dos helicópteros que irão realizar suas operações nos mesmos. As aeronaves são classificadas de acordo com o Anexo 6 da ICAO, em três classes de performance: PC1, PC2 e PC3, ver Figura 2.16. Estas classes são definidas mediante a capacidade do helicóptero de continuar seu percurso em voo, durante a fase de decolagem em caso de falha de uma unidade de potência. A classe PC1 corresponde aos helicópteros que em caso de falha dos motores, têm a capacidade de aterrizar na *Rejected Take-off Area* ou prosseguir em voo até um sítio apropriado para aterragem. As aeronaves de classe PC3, onde estão incluídos os helicópteros mono motores, quando em situação de falha devem proceder imediatamente a uma aterragem forçada. A classe PC2 é uma classificação intermediária de performance entre as duas anteriormente referidas.

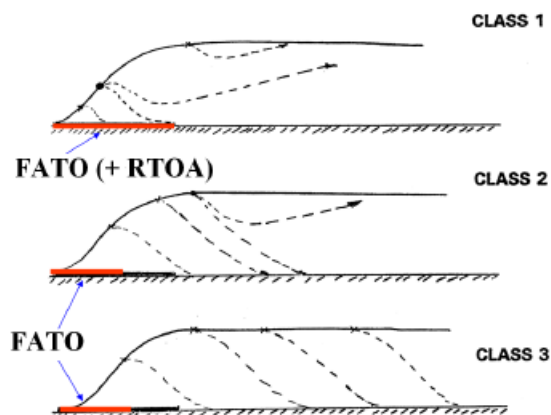


Figura 2.16: Classes de performance dos helicópteros,[19].

Para efeito de dimensionamento é essencial conhecer, para além da classe de performance, as características dimensionais do helicóptero de projeto (ver Figura 2.17), tal como: peso máximo à decolagem(MTOW), distância entre rodas do trem de pouso, o diâmetro do rotor principal (RD - *Rotot Diameter*), o comprimento da fuselagem (D) e o espalho do trem de aterragem (UC - *Undercariage*).

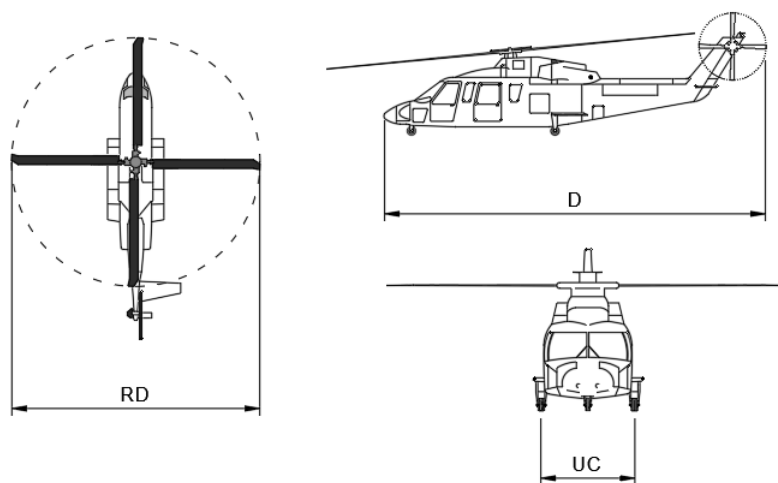


Figura 2.17: Dimensões do helicóptero para dimensionamento da área de aterragem.

Para fins de projeto, deve-se presumir que a aeronave irá aterrar sobre duas rodas principais, independente do número real de rodas, ou em dois patins, se estiverem montados. As cargas impostas à estrutura resistente devem ser tomadas como cargas pontuais, nos centros das rodas, espaçadas de acordo com o espalho do trem de aterragem, ver Tabela 2.1. A superfície deve ser projetada com capacidade resistente à cargas dinâmicas, geradas pelo impactado da aeronave durante uma aterragem em caso de emergência, assim como, deverá resistir a carga estática do helicóptero. Válido ressaltar que, a aeronave de projeto deverá ser o maior ou o mais pesado que se prevê operar no heliporto e ainda, contabilizar cargas devido ações de neve, equipamentos de reabastecimento, dentre outros, [1].

Tabela 2.1: Categoria dos helicópteros, adaptado [1].

Categoria Helicóptero	MTOW		Carga Pontual por Roda, [kN]	Distância entre Rodas do Trem de Aterragem, [m]
	[kg]	[kN]		
1	até 2300	até 22.6	12	1.75
2	2301-5000	22.6-49.2	25	2.0
3	5001-9000	49.2-88.5	45	2.5
4	9001-13500	88.5-133.0	67	3.0
5	13501-19500	133.0-192.0	96	3.5
6	19501-27000	192.0-266.0	133	4.5

2.5.2 Geometria das Áreas Operacionais

O tamanho e formato de um heliporto e os tipos de serviços oferecidos, dependem primordialmente de três fatores: a natureza do sítio disponível; o tamanho e performance do helicóptero de projeto (citado anteriormente), do número, tamanho e localização dos edifícios e outros objetos que circundam o heliporto. Os principais componentes operacionais de um heliporto são, de acordo com a ICAO, a zona de aproximação, aterragem e segurança e a superfície de desobstrução, [20]. Figura 2.18.

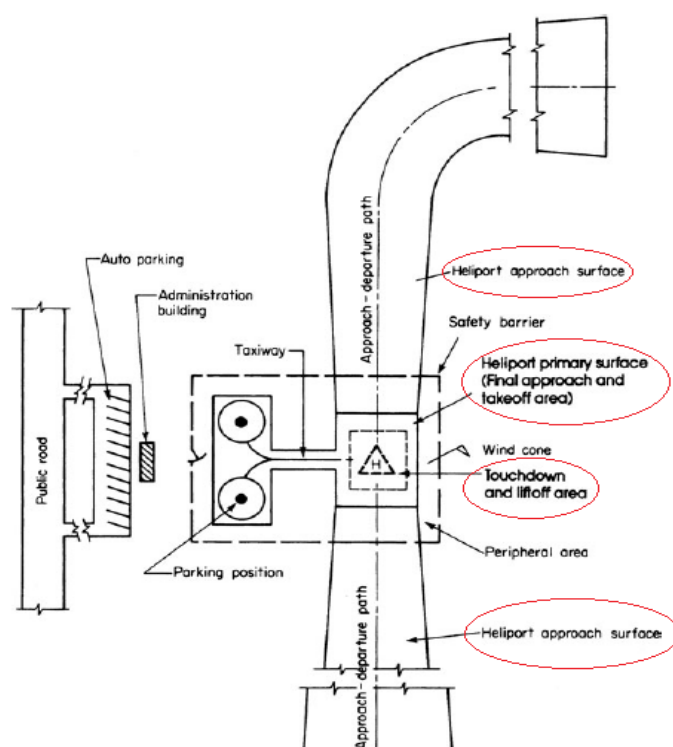


Figura 2.18: Áreas operacionais de um heliporto, adaptado de [20].

2.5.2.1 Final Approach and Take-off Area

A *Final Approach and Take-off Area* (*FATO*) é uma superfície delimitada para que, helicópteros iniciem a fase final da manobra de aproximação para aterragem ou, iniciem os procedimentos para descolagem. A ICAO especifica que a *FATO* é uma área circular ou

retangular, de dimensões definidas, relativamente ao comprimento total do maior helicóptero em que o heliporto irá receber, podendo ou não, ter a área de toque (*TLOF*) em seu interior.

Conforme o Anexo 14 em vigor, a FATO define-se de forma distinta entre helicópteros com classe de performance PC1 e PC2/PC3. No caso de serem consideradas aeronaves de classe PC1, a dimensão da FATO deve ser comparada com a prevista no *Helicopter Flight Manual* (HFM) que estabelece o valor da distância necessária para abortar a decolagem (*Reject Takeoff Distance*) e deverá ser considerada a maior entre as duas. Na ausência dessa especificação, deve ser adotado no mínimo $1D$ de largura do maior helicóptero a operar.

Quando destinado às classes de performance PC2/PC3, deverá ter dimensões e formato suficientes para conter uma área em seu interior da qual pode ser desenhado um círculo de diâmetro não inferior a:

- (a) $1D$ do maior helicóptero quando o peso máximo de decolagem (MTOW) é superior a 3175 kg ;
- (b) $0,83D$ do maior helicóptero quando o peso máximo de decolagem (MTOW) é de 3175 kg ou inferior. Mesmo quando se enquadra no item (b), a ICAO recomenda cumprir com as condições impostas pelo item (a) por questões de segurança.

Tabela 2.2: Dimensões da FATO para heliportos de superfície e elevado, adaptado [1].

Classe de desempenho	Peso máximo de decolagem (MTOW)	FATO
PC1	-	De acordo c/ <i>Heliport Manual</i> e c/ uma largura = $1D$
PC2 / PC3	$> 3175\text{ (kg)}$	Área c/ círculo inscrito, diâmetro = $1D$
	$\leq 3175\text{ (kg)}$	Área c/ círculo inscrito, diâmetro = $0,83D$

A FATO deverá ter declividade média $\leq 3\%$ em qualquer direção, e declividade máxima para helicópteros PC1 = 5% e para PC2 ou PC3 = 7% ; ser uma superfície resistente ao efeito da turbulência do rotor; ser livre de obstáculos que prejudicam a decolagem e pouso dos helicópteros e ter suporte para acomodar o helicóptero PC1 na abortagem da decolagem. O Anexo 14 ainda deixa as seguintes observações: A área de uma FATO ao

redor da TLOF no caso de helicópteros PC2 ou PC3 deverá suportar a carga estática do helicóptero e, as condições locais como altitude e temperatura devem ser consideradas na determinação da dimensão de uma FATO conforme orientações específicas do Manual de Heliportos da ICAO (*Doc.9261*).

2.5.2.2 Touchdown and Lift-off Area

A *Touchdown and Lift-off Area (TLOF)* é uma área regularmente situada no interior da FATO, de superfície pavimentada e plana, definida por uma borda sólida pintada, com capacidade resistente à cargas dinâmicas para suportar em condições de emergência ou normal, pousos e descolagens do helicóptero de projeto.

A TLOF poderá ser concebida em qualquer formato, mas deverá ter dimensões suficientes para conter um círculo de diâmetro equivalente a pelo menos $0,83D$ do maior helicóptero a entrar em serviço. A superfície deverá ter inclinação suficiente para evitar a acumulação de água em sua superfície, mas não poderá exceder 2% em qualquer de suas direções e, quando a TLOF for dentro da FATO, ela deverá suportar a carga dinâmica do helicóptero. Caso o heliporto for elevado, a TLOF será igual a FATO.

2.5.2.3 Safety Area

Safety Area ou Área de Segurança, é uma área periférica à FATO caracterizada por ser livre de obstruções/obstáculos, permitindo com que a aeronave, em caso de distanciarem acidentalmente da área de aproximação, possam corrigir a proa da aeronave em segurança.

A área de segurança à volta da FATO deve-se estender com uma distância de pelo menos $3 m$ ou $0,25D$ para fora da mesma, adotando o maior valor entre as duas, em Condições Meteorológicas Visuais (VMC). Ainda no anexo 14, a ICAO especifica que: cada lado externo da área de segurança seja pelo menos de $2D$, quando a FATO é um quadrilátero; o diâmetro externo da área de segurança seja pelo menos $2D$ quando a FATO é circular. Ver Figura 2.19.

Para o caso de operar helicópteros de classe PC2 ou PC3 em VMC, a área de segurança deverá se estender $3 m$ ou $0,5D$ (o que for maior), tal que: cada lado externo da área de

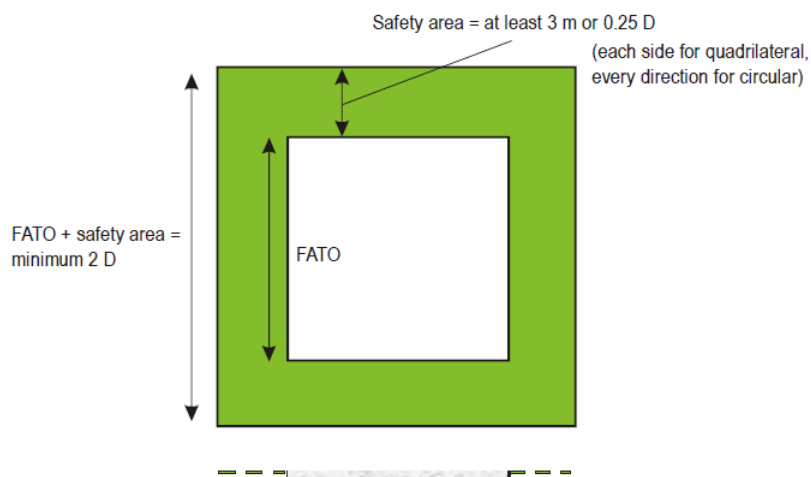


Figura 2.19: FATO e Área de Segurança correspondente, [3].

segurança seja $\geq 2D$, quando a FATO é um quadrilátero; o diâmetro externo da área de segurança seja $\geq 2D$, quando a FATO é circular. Já uma área de pouso e decolagem para aproximações por instrumento (IMC), deve apresentar uma área de segurança que se estende 45 m lateralmente e 60 m longitudinalmente, como na Figura 2.20, abaixo:

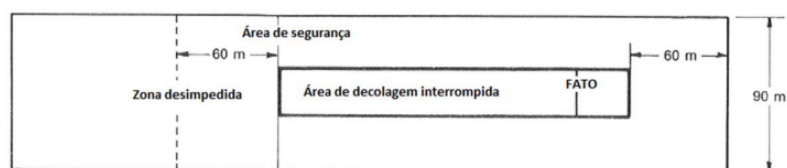


Figura 2.20: Área de segurança da FATO para aproximações por instrumento, [3].

O dimensionamento da zona de aterragem de um heliporto elevado é igual ao caso geral (heliporto de superfície), com exceção de a FATO e a TLOF serem neste caso coincidentes, e com características resistente ao carregamento dinâmico, [19]. É importante considerar que objetos onde suas funções, exige que estejam localizados no interior da área de segurança, não poderão exceder uma altura de 25 cm quando localizados ao longo da borda da FATO, nem penetrar em um plano que se origine a uma altura de 25 cm acima da borda da FATO e incline-se para cima e para fora da borda em um gradiente de 5%, [1].

2.5.2.4 Superfícies de Aproximação e Delimitadoras de Obstáculos

O funcionamento de um heliporto certificado, exige que o espaço aéreo no entorno de sua estrutura seja livre de obstáculos afim de garantir que as aeronaves possam realizar suas atividades com um nível de segurança controlado e evitar que, o surgimento de futuras obstruções torne as instalações inutilizáveis. É necessário que os heliportos tenham ao menos uma aproximação e rampa de descolagem livre de qualquer obstrução, sendo estas estabelecidas com base na direção dos ventos predominantes e nas rotas de acesso com menos obstáculos, [20].

É importante compreender que, apesar de os helicópteros possuírem capacidade de descolar verticalmente a partir do solo, este tipo de operação provoca limitações no que diz respeito à capacidade de carga. Por este motivo, o procedimento habitual consiste em elevar verticalmente até aproximadamente 1 m da área de toque e então, acelerar a aeronave para frente e para cima, seguindo uma rampa de subida, Figura 2.21, a qual irá resultar numa trajetória com aumento de velocidade até altitude programada de voo. O procedimento de pouso consiste de uma descida, com velocidade reduzida, da altitude de voo até uma condição de pairar a aproximadamente 1 m acima da superfície. Estes procedimentos são efetuados no sentido contrário ao vento, [39].

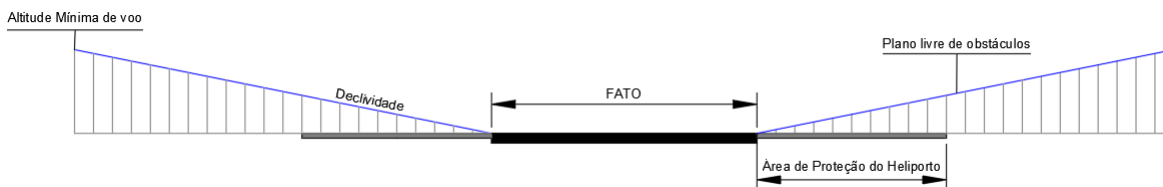


Figura 2.21: Superfície de aproximação.

As dimensões mínimas destas superfícies estão em função das características do helicóptero, nomeadamente a classe de performance, e do tipo de aproximação pretendida, isto é, aproximação em condições de voo visual (VFR) ou em condições de voo por instrumentos (IFR), de precisão ou de não precisão. Quando se trata de aproximação feita

por instrumentos, deve ser estabelecida uma superfície de transição, Figura 2.22, definida ao longo das laterais da rampa de aproximação, a qual contribui para definir o volume de espaço aéreo que deve estar livre de obstáculos para proteger a aeronave na fase final de aproximação e aterragem.

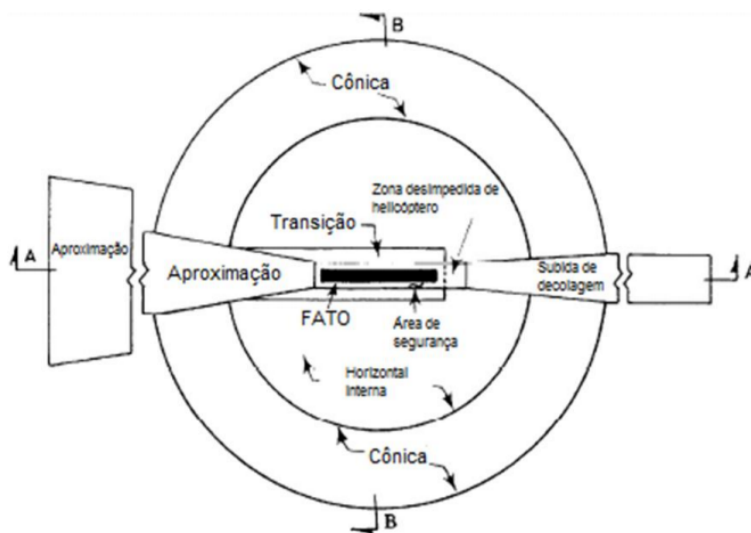


Figura 2.22: Superfícies Limitativas de Obstáculos, [3].

O Anexo 14 da ICAO ainda estabelece que, para pistas tanto de aproximação visual quanto por instrumentos, devem ser estabelecidas as superfícies limitativas de obstáculos cônica, horizontal interior, aproximação e decolagem, Figura 2.22, com o propósito de disciplinar a ocupação do solo, de modo a garantir a segurança e a regularidade das operações aéreas, [3].

Em relação às superfícies de desobstrução e aos sectores limitadores de obstáculos deve-se ter em conta o seguinte:

1. **Superfície de Aproximação e Saída** - Corresponde a um plano inclinado ou combinação de planos com pente ascendente a partir do extremo da área de segurança e com centro numa linha que passa pelo centro da FATO. Esta superfície estende-se para cima e para fora com um declive de 8 : 1 (h:v), até uma distância de 1219 m, onde a largura é de 152 m, até uma altura de 152 m acima da elevação da TLOF.

2. **Superfície de Transição** - Superfície complexa que se estende ao longo do extremo da área de segurança e inicia-se no limite da superfície de aproximação. Estendem-se lateralmente, para cima e para fora, com um declive de 2 : 1 (h:v), até uma altura de 30 m.
3. **Superfície Horizontal Interna** - Tem como finalidade permitir uma manobra visual segura;
4. **Superfície Cónica** - É uma superfície de pendente ascendente, que se estende para fora, desde a periferia da superfície horizontal interna ou desde o limite exterior da superfície de transição se não se proporcionar uma superfície horizontal interna;

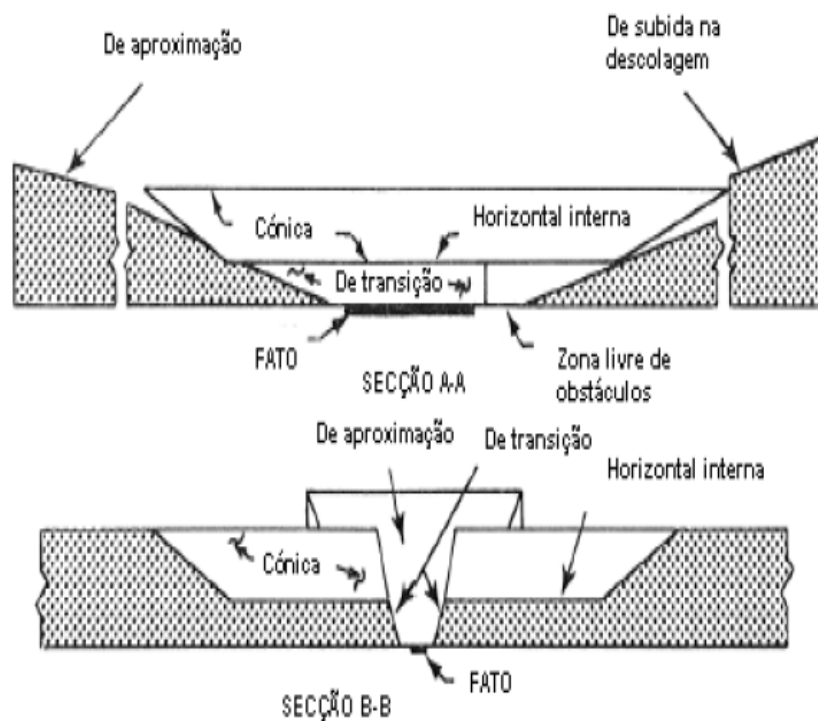


Figura 2.23: Superfícies Limitativas de Obstáculos, [3].

2.5.2.5 Pista de táxi terrestre (*Ground taxiways*)

As *ground taxiways* são projetadas com o propósito de permitir que as aeronaves sobre rodas circulem em solo, com a força gerada pelo próprio rotor. Estas superfícies de circulação devem ter uma largura mínima de 1.5 vezes a maior largura do espalho do trem de aterragem (UC) entre os helicópteros a operar e, a inclinação longitudinal não deverá exceder 3%; já a inclinação transversal não poderá exceder 2%, todavia, é necessário que o pavimento provê de uma drenagem rápida. Posto isso, a superfície de circulação deve se estender simetricamente em cada lado da linha central (*ground taxi-route*), sendo requisitada a suportar a carga estática das aeronaves e do respetivo tráfego. O *Heliport Manual*, apresenta a Tabela 1.3, como uma síntese da relação entre largura do trem de pouso e largura da pista de *taxiway*.

Tabela 2.3: Largura pista de táxi terrestre, adaptado [1].

Vão do Trem de Pouso, [m]	Largura da Pista de Táxi, [m]
Menor que 4.5	7.5
Entre 4.5 e 6	10.5
Entre 6 e 10	15
10 ou maior	20

2.5.2.6 Pista de táxi aérea (*Air Taxiways*)

A pista de táxi aérea serve para o movimento de helicópteros a uma altura do solo (associada ao efeito de solo) e a uma velocidade menor que 37 km/h . Sua largura deve ser ao menos 3 vezes maior que o vão do trem de aterragem (UC) do helicóptero condicionante e sua superfície deve ser resistente aos efeitos das correntes de ar do rotor e a possíveis pousos de emergência. A inclinação transversal da superfície não deve ser maior do que 2% e a inclinação longitudinal deverá ser menor ou igual a 7%. Importante destacar que, não será permitido a presença de objetos na pista de táxi aéreo, exceto aqueles que são frágeis e cujo sua função obrigue estar localizado no mesmo.

2.5.3 Auxílios à Navegação em Heliportos

2.5.3.1 Sinalizações diurnas - Marcações com Pinturas

O objetivo principal da marcação em heliportos é identificar a instalação para uso específico de helicópteros. De modo geral, estas marcações consistem em pintar a letra "H" com seu centro coincidente com o centro da TLOF, envolto pelo *aiming circle*, círculo de mira, na cor amarelo. Para o caso de heliportos hospitalares, Figura 2.25, as marcas são representadas por um "H" em vermelho, envolvido por uma cruz branca. Em ambos os casos, a FATO deverá ter seu perímetro demarcado com uma linha descontínua, na cor branca, exceto em heliportos elevados que a FATO coincide com a TLOF, [20]. As dimensões estão representadas pelas Figuras 2.24, 2.25 e Tabela 2.4.

As marcas de identificação, segundo a ICAO, devem ser orientadas com o braço transversal do "H" em ângulo reto com a direção preferencial da aproximação final. Como complemento das informações contidas através das marcações, será necessário conter no canto superior direito da FATO, a marcação referente ao peso máximo suportado pela estrutura, sendo obrigatório em heliportos elevados, *helideck* e *shipboard*; no caso de heliportos de superfície, a marcação referente ao peso admissível, é opcional. Estas marcações deverão conter no máximo 3 dígitos, expressos em toneladas [*t*] e a letra deverá ter uma cor contrastante com o da superfície.

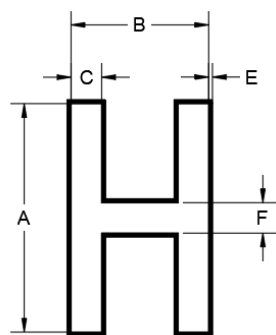


Figura 2.24: Símbolo de identificação padrão de Heliportos

Tabela 2.4: Dimensões da marcação "H", [2].

Dimensões "H"		
Dimensão	Padrão	Alternativa
A	3 [m]	0.3D
B	1.8 [m]	0.66A
C	30 [cm]	0.1A
E	7 [cm]	0.02A
F	61 [cm]	0.2A

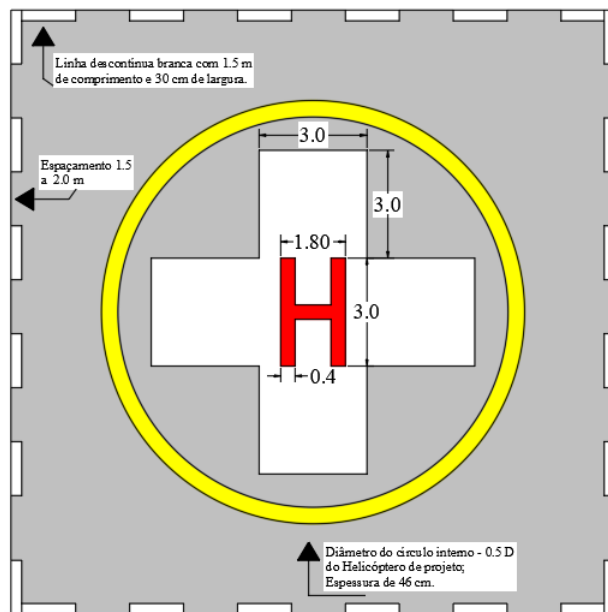


Figura 2.25: Representação das marcações com pinturas para heliportos hospitalares, adaptado de [2].

É comum em heliportos não hospitalares, o ponto de mira (*aiming point*) ser representado por um triângulo equilátero com a bissetriz de um dos ângulos alinhados com a direção preferencial de aproximação. A marcação deve consistir em linhas brancas contínuas e as dimensões da marcação devem estar em conformidade, como mostra a Figura 2.26 a seguir.

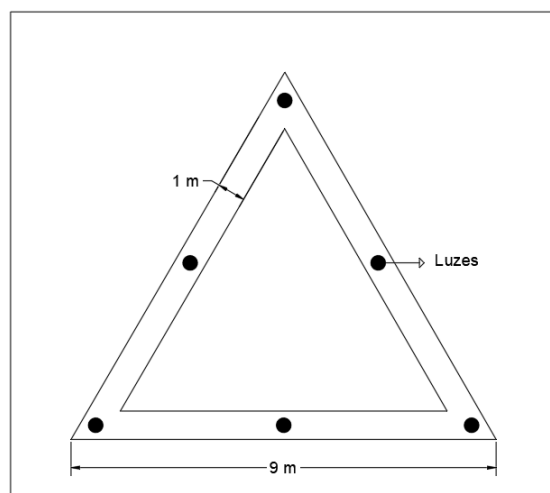


Figura 2.26: Marcação Ponto de Mira Triangular, adaptado de [3].

2.5.3.2 Indicador de Direção do Vento

A ação do vento influencia de forma bastante significativa o trajeto e desempenho das aeronaves em voo, mesmo que a maioria dos pilotos utilizam deste fenómeno favorecendo o pouso e decolagem, é crucial que as informações de direção e intensidade do vento sejam transmitidas de forma precisa aos pilotos para que as correções de altitude sejam adequadas, viabilizando operações de voo em segurança. Em grande parte dos aeródromos controlados, esta informação é transmitida através de sistemas eletrónicos de auxílio à navegação, ou via rádio pelos controladores de tráfego, todavia, o vento pode ser considerado um fenómeno irregular e suscetível a mudanças repentinas de intensidade e direção e para este efeito, é exigido que os heliportos venham a ser equipados com pelo menos um indicador de direção do vento, servindo de informação visual durante condições críticas de aproximação, [19].

O Anexo 14 da ICAO determina que o indicador de direção do vento, deve ser localizado de modo a indicar as condições de vento sobre a FATO e TLOF de maneira que fique livre do efeito das perturbações de correntes de ar, causada pela proximidade de objetos ou rotor *downwash*. Recomenda-se que a cor da manga de vento seja selecionada de forma ser claramente visível e compreensível a partir de uma altura de pelo menos 200 *m* acima do heliporto. Tradicionalmente, o equipamento possui a combinação de duas cores, cor laranja e branco, vermelho e branco ou preto e branco, devendo ser organizado em cinco banda de cores alternadas, sendo a primeira e a última banda com a cor mais escura, Figura 2.27. Ademais, o Anexo 14 apresenta um quadro com as dimensões recomendadas da manga de vento de acordo com o tipo de heliporto, seja de superfície ou elevados, Tabela 2.5.



Figura 2.27: Indicador de Direção do Vento, [21].

Tabela 2.5: Dimensões recomendadas para indicador de direção do vento, adaptado de [3].

Heliportos:	Superfície	Elevado/<i>Helidecks</i>
Comprimento	2.4 m	1.2 m
Diâmetro (extremidade maior)	0.6 m	0.3 m
Diâmetro (extremidade menor)	0.3 m	0.15 m

2.5.3.3 Luzes ou Sistemas de Iluminação Noturno

As recomendações mínimas de iluminação em heliportos públicos e privados, consistem na demarcação luminosa do perímetro da área de aterragem, de modo que fique excluída qualquer área não utilizada pelo helicóptero. Um sistema mínimo de iluminação também implica a sinalização luminosa da manga de vento e possíveis obstáculos à volta que se encontram dentro da superfície de aproximação, que deverão ser iluminados com luzes de cor vermelha, [20].

Em heliportos de carácter público as luzes de cor verde são usadas para definir a *taxiway* e as linhas de centro da *taxilane*⁷. Para heliportos de serviço comercial a *touchdown and lift-off area* é delineada por luzes amarelas localizadas a 3 m do bordo externo, onde também se recomenda o uso de luzes verdes para as *taxiways* e retro refletores azuis para identificar pontos de entrada e saída das *taxiways*, [20, 3]. É recomendado identificar o *aiming point* com luzes amarelas e o "H" a verde.

A ICAO em seu Anexo 14 especifica outros sistemas complementares de auxílio luminoso, dentre eles as luzes de direção para o pouso, indicador visual da rampa de descida (*glide path indicator*) e o farol de identificação do heliporto (*heliport beacon*). O sistema luminoso de direção para o pouso, do inglês *Flight path alignment guidance lighting system(s)*, consiste em um conjunto de pelo menos 3 luzes, espaçadas entre 1.5 m a 3.0 m, com distância mínima total de 6 m posicionadas dentro da *TLOF*, *FATO* e ou da área de segurança.

O *Heliport Beacon* é necessário quando a identificação do heliporto é difícil devido à

⁷ *Taxiways* são áreas usadas por aeronaves para o acesso entre as *taxiways* e zonas de estacionamento.

alta poluição luminosa ou quando é necessária orientação visual de longa distância. A posição ideal para este tipo de luz é nas proximidades do heliporto e preferencialmente em uma posição elevada e de modo a não ofuscar a visibilidade do piloto. É característico do sistema a emissão de repetidas séries de *flashes*, Figura 2.28, brancos e de curta duração e deverá aparecer em todos os ângulos do azimute, [3].

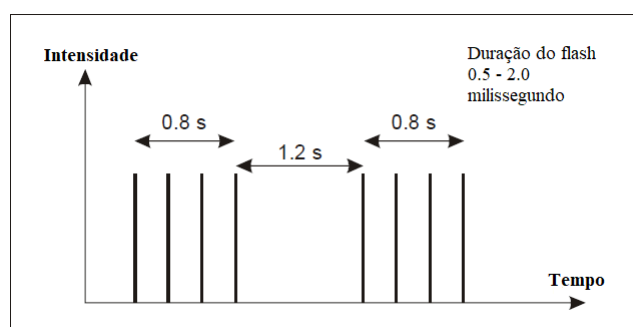


Figura 2.28: Características do *flash* do sistema *heliport beacon*, adaptado de [3].

O indicador visual da rampa de descida é um sistema que auxilia o piloto por meio de luzes a obter um ângulo correto para o pouso, em que pode ser usado durante o dia e a noite. O padrão utilizado para operações de helicópteros consiste nos sistemas PAPI e APAPI, Figura 2.29, equipados com um sistema ótico de luzes que alternam entre o branco e o vermelho. O equipamento deve ser implementado de forma que o helicóptero seja guiado diretamente para a FATO e que a visão do piloto não seja ofuscada além de, ser localizado adjacente ao ponto de mira e estar alinhado com o azimute da direção preferencial para procedimentos de pouso, [3].



Figura 2.29: Indicador de Percurso de Aproximação de Precisão (PAPI), Heliporto de Bragança, Portugal.

2.5.4 Dimensionamento Estrutural da *Final Approach and Take-off Area*

No que concerne ao dimensionamento estrutural de heliportos pode-se referir substancialmente à placa de aterragem e descolagem, e dentre as diversas tipologias existentes, as de aplicação mais comuns são as de superfície e as elevadas. Estas superfícies normalmente são pavimentadas e tem de ser capaz de suportar as solicitações dinâmicas do impacto de uma aterragem de emergência, em função das dimensões da aeronave crítica ou de projeto e do peso máximo à descolagem, [1].

A observação da maioria dos heliportos de superfície em Portugal constata-se que exibem pavimentos flexíveis, talvez pelo fato desta configuração de pavimentos serem mais acessíveis economicamente. De mesmo modo, estas superfícies estão sujeitas não somente ao impacto da aterragem mas em muitos casos, é sobre tudo um local de estacionamento/repouso de aeronaves, onde nessas circunstâncias, o carregamento passa a ser estático e com tempos de carregamento prolongados a quando comparados aos tempos de carregamento correspondente aos trens de aterragem de aviões de asa fixa, em circulação numa pista. Os pavimentos flexíveis, em particular as camadas betuminosas, apresentam um comportamento visco plástico em condições de carregamento muito longo, o que justifica explicar que nos aeroportos, os caminhos de circulação dos aviões e as pistas de aterragem são executadas em pavimentos flexíveis e as zonas de estacionamento (tempo de carregamento muito longo), são executadas em lajes de betão (rígido e não viscosos).

Neste ponto de vista, apesar de muitas placas de heliportos serem executadas em flexível, ela poder-se-á assemelhar a uma placa de estacionamento de aeroporto, pelo que considera-se ser mais prudente o dimensionamento de uma placa de betão armado para a carga estática do helicóptero e também para carga dinâmica do mesmo.

Método ACN/PCN

Por volta do ano de 1974, foi solicitada à ICAO a elaboração de uma metodologia internacional unificada para a classificação da resistência dos pavimentos aeroportuários, com

o objetivo de padronizar e difundir os dados nas publicações de informações aeronáuticas, [58].

No caso específico de aeródromos destinados à operações de aeronaves de asas fixas, a análise de pavimentos se correlaciona com a metodologia *ACN/PCN*, onde muitos levam a entender que esta metodologia trata-se de um processo de dimensionamento quanto na verdade, é um sistema universal simples para determinar o peso limite de aeronaves que poderiam operar sobre determinado pavimento aeroportuário por meio de um procedimento de comparação entre o Número de Classificação da Aeronave (*Aircraft Classification Number - ACN*) e o Número de Classificação do Pavimento (*Pavement Classification Number - PCN*) que é um conceito que está muito relacionado com aspetos de fadiga de pavimentos das pistas, [58].

A metodologia *ACN/PCN* aplica-se aos aeródromos com pavimentos cuja capacidade de carga, ou cujas massas das aeronaves que o solicitam, sejam superiores a 5400 *kg* e, apesar de muitas aeronaves de asas rotativas cumprirem com esta condição inicial, o tal método não é de comum aplicação em heliportos para avaliação dos pavimentos destinados à aterragem deste tipo de aeronave, sendo que na grande maioria, o pavimento sujeito a carga de pouso e descolagem de helicópteros estão representados com as informações relativas à carga máxima admissível da aeronave, [58, 59].

O cálculo do *ACN*, por exemplo, exige informações detalhadas sobre as características físicas e operacionais das aeronaves, como o centro de gravidade, peso máximo de descolagem, espaçamento entre as rodas do trem de aterragem, pressão dos pneus, dentre outras. O *ACN* de cada aeronave é comum seu fornecimento por parte do fabricante ou operador da aeronave ou, ainda, através dos anexos consignados pela ICAO. Em termos do valor numérico do *PCN*, as bases de dados da FAA (*Federal Aviation Administration*) para cálculo do *PCN* dispõem apenas de aviões de asas fixa, onde mostra que este método está mais do que configurado para esta categoria de aeronaves, o que dá a entender que para eventual utilização nas infraestruturas pavimentadas dos heliportos, faz-se necessário uma atualização ou adaptação deste conceito, [58].

2.5.4.1 FATO em Heliportos Elevados

O *Heliport Manual* trata das premissas básicas do dimensionamento estrutural da FATO. Os heliportos elevados devem ser dimensionados para um tipo de helicóptero específico, o maior e mais pesado que se prevê usar no heliporto e levar em consideração outros tipos de cargas como, circulação de pessoas, carga de neve, equipamento de reabastecimento, dentre outras. Para fins de dimensionamento, o projetista deve assumir que o helicóptero irá aterrar sobre duas rodas principais, independente do número real de rodas do trem de aterragem, ou em dois patins, se estiverem montados. As cargas aplicadas à estrutura devem ser tomadas como cargas pontuais nos centros das rodas, [1].

A FATO deve ser dimensionada para a pior condição dentre os dois casos especificados pelo *Heliport Manual*:

1. Caso A - Helicóptero em aterragem

Ao projetar um heliporto elevado, e para cobrir as tensões de flexão e corte que resulta do toque da aeronave na FATO, deve-se levar em consideração:

(a) Carga dinâmica devido ao impactado da aterragem.

Em uma situação de pouso normal, a carga de impacto será 1.5 vezes a massa máxima de descolagem do helicóptero e, em situação de emergência, o fator de segurança parcial deve ser considerado de 1.66. Neste sentido, a carga final de dimensionamento é igual a (1.5×1.66) a massa máxima de descolagem (MTOM), [1].

(b) Sobrecarga na FATO (S_{Ha}).

Para permitir carga da neve, de pessoas, carregamentos e equipamentos, deve-se considerar em adição, 0.5 kN/m^2 na FATO,[1].

(c) Carga lateral na plataforma de suporte.

As plataformas de suporte deverão ser dimensionadas para resistir a uma carga pontual horizontal equivalente a 0.5 vezes a massa máxima de descolagem do

helicóptero, junto com a carga de vento, aplicada na direção que permite extrair os esforços maximizados de momentos fletores, [1].

(d) Peso próprio dos elementos estruturais.

O fator parcial de segurança a ser usado no peso próprio dos elementos deverá ser de 1.4, [1].

(e) Esforço de punção.

Deve-se verificar o esforço de punção no elemento estrutural, provocado pelo contacto do trem de aterragem, com uma área de $64.5 \times 10^3 \text{ mm}^2$, [1].

2. Caso B - Helicóptero em repouso

De modo similar ao caso A e de forma a obter os esforços mais gravosos na situação de uma aeronave em repouso, deve-se também considerar o peso próprio do helicóptero, representado por duas cargas pontuais aplicadas simultaneamente em qualquer posição da FATO para produzir os esforços mais gravosos; a sobrecarga de utilização distribuída ao longo da superfície da FATO; o peso próprio dos elementos estruturais majorados com os fatores de segurança próprio de cada caso e por fim, a carga de vento, [1].

2.5.4.2 FATO em Heliportos de Superfície

De maneira análoga ao exposto no *Heliport Manual* no que trata de dimensionamento estrutural da FATO em heliportos elevados, o mesmo documento fornece informações de dimensionamento para o caso de heliportos de superfície, porém, com certa escassez de dados quando comparado com a primeira tipologia. Por vez, isto pode ocorrer pela situação em que a FATO em heliportos de superfície e, conforme já discutido anteriormente, está diretamente assimilada com um pavimento rígido, o que traduz em uma laje de betão armado apoiada em meio elástico, solo. O documento da ICAO especifica que a FATO também neste caso, deverá resistir aos esforços provocados por uma eventual aterragem de emergência e deverá ser 1.66 vezes a massa máxima de descolagem do maior helicóptero que poderá operar no heliporto, [1].

Com o intuito de propor um método de cálculo e dimensionamento para o caso da FATO de superfície e, como objeto de estudo deste trabalho, propõe-se a seguir uma abordagem a respeito de lajes de betão apoiadas diretamente no solo, afim de expor um meio de análise para estas infraestruturas de aterragem em heliportos.

2.6 Pavimentos Rígidos de Betão

Os pavimentos em betão são aqueles cuja camada de desgaste é executada em laje de betão, o que permite a aplicação de diversas técnicas de manipulação e elaboração do betão, como pré-moldagem ou produção *in loco*, onde apresenta particularidades tanto de projeto, execução, operação e também manutenção, [60].

Estes pavimentos normalmente se desenvolvem em fundação direta, o que corresponde à maioria dos pavimentos, e são aqueles que se apoiam diretamente sobre o terreno (subleito), com ou sem emprego de sub-bases, embora estas sejam sempre recomendadas. Podem ser construídos com betão simples, armado, protendido, com adição de fibras e até mesmo com betão de alta resistência, [61, 62].

2.6.1 Pavimentos de Betão Simples

É o tipo de pavimento que não há presença de armadura com função estrutural ou para controle da fissuração, Figura 2.30, nos quais os esforços, tanto os de compressão quanto os de tração, são resistidos apenas pelo concreto, [61].

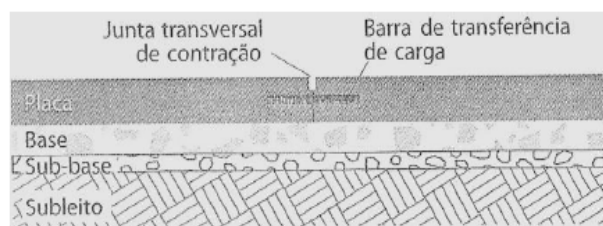


Figura 2.30: Pavimento de betão simples, [22].

Usualmente a execução deste tipo de pavimento consiste na construção de placas de

betão moldadas *in loco* com juntas transversais e longitudinais moldadas ou serradas e igualmente espaçadas, afim de controlar a fissuração devido à retração hidráulica, à dilatação térmica e o empenamento das placas de betão. Pode-se ainda, aplicar o uso ou não de dispositivos de barras para transferência de carga entre as placas, as quais não são consideradas armaduras, portanto não descaracterizam o pavimento de concreto simples, [60].

2.6.1.1 Pavimentos de Betão Simples com Armadura Distribuída

Este tipo de pavimento, 2.31, é concebido por um conjunto de placas de betão armado apoiadas sobre a fundação. As placas são dotadas de malhas de aço posicionadas acima do plano médio da secção, mantendo-se ao menos 5 *cm* de cobrimento. A colocação dessa armadura de distribuição, geralmente redes electrossoldadas, para além de contribuir na inibição da propagação de fissuras devido retração e às mudanças de temperatura, é responsável por manter as faces fortemente ligadas que, secundariamente, também apresenta uma resposta estrutural, [61, 62].

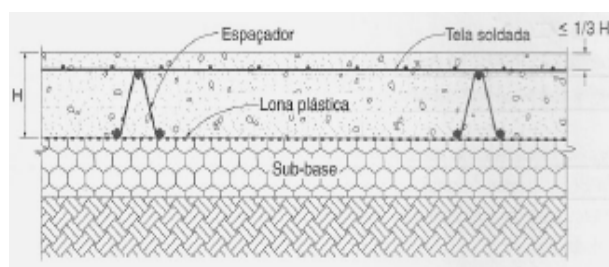


Figura 2.31: Pavimento de betão simples com armadura distribuída, [22].

2.6.1.2 Pavimentos de Betão Simples Continuamente Armado

O pavimento continuamente armado possui armadura distribuída em toda a sua extensão, com objetivo principal de ligar fortemente as faces das fissuras, que surgem pelo fato de não serem executadas juntas, a não ser as de construção. Assim como no caso dos pavimentos de betão com armadura distribuída descontínua, o aço tem função de controlar a fissuração devida às variações volumétricas. Este tipo de pavimento apresenta a vantagem

de não apresentar juntas transversais e, dependendo do método de execução, também não apresenta juntas longitudinais, [61].

2.6.2 Pavimentos de Betão Estruturalmente Armado

Quando se trata de pavimentos estruturalmente armados, tem-se placas de betão armadas na parte inferior, onde se desenvolvem as maiores tensões de tração. O aço, ao resistir a essas tensões, permite com que a espessura da placa de betão seja reduzida, além de permitir maiores espaçamentos entre juntas, [61].

Este tipo de pavimento é constituído por duas malhas de armaduras: uma abaixo do plano médio, para resistir à tração provocada pelo momento fletor, e outra acima, para controlar a fissuração por retração. A Figura 2.32 ilustra uma secção de pavimento de betão estruturalmente armado.

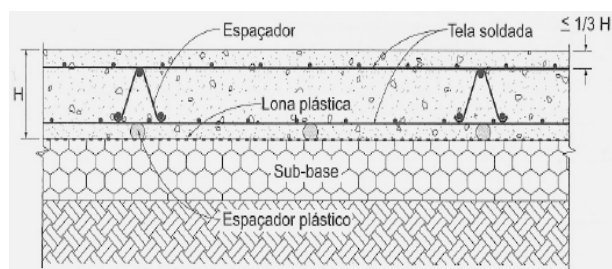


Figura 2.32: Pavimento de betão estruturalmente armado, [22].

Embora esse tipo de pavimento seja composto por diversas placas, é comum a utilização de dispositivos eficazes de transferência de esforços nas juntas, como no caso das barras de transferência, de modo que se possa considerar, para fins estruturais, como sendo uma placa de grandes dimensões, [61].

2.6.3 Constituição Básica dos Pavimentos

O sistema de suporte de um pavimento de betão, Figura 2.33, é constituído por variadas camadas conforme a solução pretendida, das quais a estrutura mais usual consiste no solo de fundação ou subleito, uma base e por vezes, uma sub-base. Este tipo de pavimento

muito tem sido utilizado em soluções de pavimentos industriais, onde ainda, é empregue uma membrana de dessolidarização/barreira de para-vapor, [63].

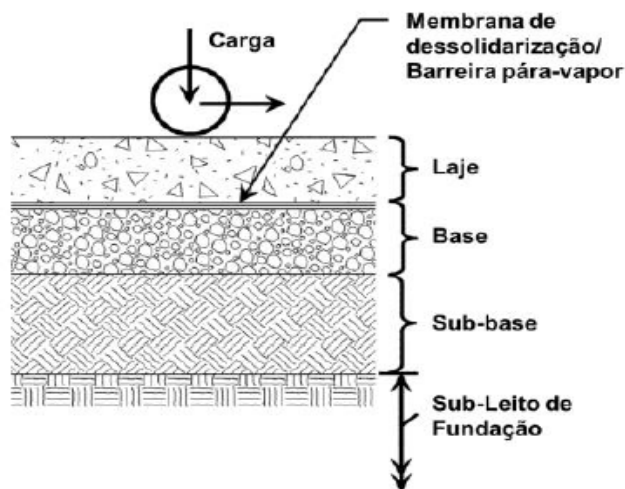


Figura 2.33: Estrutura de pavimento de betão, adaptado de [23].

2.6.3.1 Camada de Subleito

Define-se terreno de fundação ou subleito como a camada cuja função é absorver os esforços de carregamentos transmitidos pelas placas de betão e sub-bases, [60].

No processo de dimensionamento de pavimentos, a capacidade de suporte mecânico do subleito é caracterizada pelo módulo de reação (k_s), também conhecido por coeficiente de recalque, sendo este parâmetro determinante no cálculo da espessura (h) e das armaduras da placa de concreto, quando necessárias. É obtido diretamente através de ensaios de carga em placa ou por meio de correlações com o índice de suporte californiano (CBR), [60].

2.6.3.2 Camada de Base e Sub-Base

As sub-bases são elementos estruturais intermediários entre as placas de betão e o subleito, formado pelo terreno natural ou por solo trocado, devidamente compactado, e são de importância primordial ao desempenho do pavimento, [62].

As camadas de sub-bases exercem três principais funções:

1. Evitar variações excessivas do material do subleito.

Os materiais que compõem o subleito, quando formados por solos expansivo, podem, na presença de água ou em sua ausência, sofrer fenómenos de expansão ou retração, que podem vir a induzir a uniformidade do suporte do pavimento, o que provoca deformações e eventualmente prejudicará o rolamento, [62].

2. Uniformizar o comportamento mecânico da fundação ao longo do pavimento.

A presença de sub-base é capaz de introduzir dois novos aspetos: a uniformização do comportamento do fundação e, segundo, o aumento da resistência, [62] .

3. Incremento na transferência de carga nas juntas.

O efeito apresentado ocorre devido à redução nas deformações da placa que, apesar de a redução das tensões pela presença da sub-base nem sempre ser significativa, a deflexão será sempre menor, pois varia inversamente com o coeficiente de recalque (k), [62].

As sub-bases para pavimentos rígidos dividem-se em dois grupos: sub-bases granulares e sub-bases estabilizadas. As granulares podem ser do tipo de granulometria aberta ou fechada e quanto às estabilizadas, as mais comuns são o solo melhorado com cimento, brita graduada tratada com cimento e betão compactado com rolo.

2.6.3.3 Membrana de Dessolidarização/Barreira Para-Vapor

Este tipo de membrana é afixada na constituição do sistema afim de reduzir o atrito entre a laje de betão e a camada de base ou sub-base, onde proporciona à laje o ajuste necessário para os esforços devidos à retração do betão, sem o impedimento da camada de sub-base. Esta barreira também evita a perda de finos e água para a sub-base aquando da betonagem da laje, o que auxilia o processo de cura do betão, [63].

2.6.3.4 Laje de Betão

A camada superior do sistema de pavimento, constituída pela laje de betão, representa uma camada resistente que suporta diretamente as ações a que o pavimento está submetido e geralmente reforçada com armadura convencional (aço em varão ou malha electrossoldada), [63].

Segundo (JOÃO,2014) muito das patologias relacionada com a laje de betão ocorrem devido a escolha inadequada do tipo de betão e sua incorreta execução. Por muitas vezes, a falta de atenção em fase de projeto, leva à especificação de um betão de baixo desempenho para a execução, com baixa resistência, onde provoca desgaste excessivo da superfície. Outro fator preponderante de análise é a caracterização dos agregados, o abaixamento do betão, a resistência à flexão, a resistência ao desgaste, segregação, a retração, entre outros, [63].

2.6.4 Enquadramento Normativo

O enquadramento normativo visa sistematizar os referenciais normativos fundamentais a ter em conta na execução deste tipo de pavimento e principalmente, ao tratar da laje de betão. Este, porém, pode ser dividido em três etapas elementares, sendo em primeiro uma análise das normas referentes à conceção e dimensionamento; em seguida as normas relativas a materiais e por último, as normas de execução técnica de pavimentos térreos, [63].

Normas Europeia e Nacional

2.6.4.1 NP EN 1990 e NP EN 1991 1-1 - Bases para o projecto de estruturas e Ações em estruturas

Este conjunto de normas constituem os Eurocódigos Estruturais, adotados em vários países da Europa. Para o campo dos pavimentos e em específico, os térreos, são mencionados no Eurocódigo 1 (NP EN 1991 1-1), os valores característicos das sobrecargas em pavimentos, no capítulo 6 do mesmo. São explanadas as ações, a disposição de cargas e

apresentados os valores característicos das sobrecargas para utilizações específicas.

2.6.4.2 NP EN 1992 1-1 - Eurocódigo 2, Projeto de estruturas de betão

O Eurocódigo 2 estabelece os princípios de base para o projeto de betão simples, armado e pré-esforçado, com regras específicas para os edifícios. Este documento não apresenta métodos de cálculo e dimensionamento no que concerne a este tipo de pavimento e, por este motivo, faz-se necessário recorrer a referenciais internacionais para cumprir com este propósito.

Normas Relativas a Materiais

2.6.4.3 NP EN 206-1 - Betão

O devido documento normativo, inserido em Portugal, em sua Parte Primeira, especifica os requisitos para:

- materiais constituintes o betão;
- as propriedades de betão fresco e endurecido e a sua verificação;
- limitações à composição do betão;
- procedimentos de controlo da produção;
- especificação do betão;
- a entrega do betão fresco;
- os critérios de conformidade e a avaliação da conformidade.

O uso desta norma pode ser complementada com a utilização das normas de ensaio correspondentes (NP EN 12350 para betão fresco e NP EN 12390 para betão endurecido), além dos documentos técnicos de aplicação do LNEC, [63].

2.6.4.4 EN 10080 - Armaduras para betão armado

No campo dos pavimentos com laje em betão armado, interessam nesta norma os aspetos ligados à malha electrossoldada e dos varões de armadura convencional, também de grande importância por serem utilizados em reforços locais e ligações entre placas.

Esta norma especifica os requisitos e as definições gerais para as características do aço soldável para reforço, utilizado em estruturas de betão sob forma de varões, fio em bobine, malha electrossoldada e vigas treliçadas, [63].

2.6.4.5 NP EN 13877 - Pavimentos em betão

Esta norma é constituída por três partes, sendo que a Parte 1 especifica alguns requisitos para os materiais constituintes do betão dos pavimentos e as propriedades do betão fresco e endurecido, assim como as dimensões máximas dos agregados, classe de resistência mecânica de provetes de betão para pavimentos, dimensões de varões de ligação; a Parte 2 especifica os requisitos para os pavimentos em betão fabricados *in situ* e para as camadas de sub-base em betão, e a Parte 3 especifica os requisitos dos varões de transferência a utilizar nos pavimentos em betão fabricados *in situ*.

2.6.5 Interação Solo-Estrutura

2.6.5.1 Aspetos Gerais

Na determinação de esforços e deslocamentos, em qualquer tipo de estrutura, é necessário a aplicação de modelos físicos e matemáticos afim de representar o comportamento da estrutura e dos materiais, [63].

Os pavimentos rígidos de betão podem ser estudados de forma análoga aos modelos já aplicados às técnicas de ensoleiramento geral que, segundo o *American Concrete Institute* (ACI), este tipo de estrutura (*slab on grade*), consiste em uma laje apoiada continuamente sobre o solo, cuja principal finalidade é suportar carregamentos externos através da tensão admissível de suporte do solo. O cálculo é semelhante ao de lajes convencionais, com a diferença de que o ensoleiramento está lançado diretamente sobre o solo, o que dispensa a necessidade de outro tipo de fundação, [25].

Apesar de o solo ser um material complexo para sua modelagem, e, portanto, dificultoso chegar a um modelo realístico do problema interação solo-estrutura, existem dois principais métodos de análise para esta interação e são classificados quanto ao modelo

representativo do solo e, quanto a consideração da linearidade destes modelos. A representação do solo pode ser feita da seguinte maneira: (a) uma cama de molas, consoante a hipótese de *Winkler*, ou (b) meio contínuo, representado por um semi espaço (elástico ou não), [26].

O modelo do semi espaço, em que o solo é tratado como um meio contínuo e a deformação da superfície do terreno ocorrerá em mais regiões para além da carregada, implica a uma resolução de problemas de complexa formulação matemática (SANTOS, 1987) onde leva o modelo de *Winkler*, análogo ao princípio de Arquimedes, representado por uma placa sobre fluido denso, e que a tensão de contacto provocada em um ponto é diretamente proporcional ao deslocamento que ocorre no mesmo (JOHNSON, 1989).

2.6.5.2 Hipótese de *Winkler* - Sistema elástico de suporte para placas

O modelo de comportamento decretado por *Winkler*, admite que o deslocamento, s_t , de qualquer ponto situado na superfície do solo é diretamente proporcional ao carregamento, p , aplicado no ponto e independente de outros carregamentos externos, aplicados em outras regiões do solo. A descrição matemática do modelo é dada pela expressão, 2.1, onde k_s é o módulo de reação do solo, [24] .

$$p = k_s \cdot s_t \tag{2.1}$$

Uma das hipóteses assumidas no modelo é que os deslocamentos são determinados para pontos imediatamente abaixo da região carregada, sendo nulos os deslocamentos fora dessa área. Esta situação, dependendo do caso analisado, pode produzir grandes desvios de respostas. De acordo com a Figura 2.34 , os deslocamentos da região carregada serão constantes se o solo estiver submetido a um carregamento em superfície infinitamente rígida ou a um carregamento uniformemente distribuído em superfície flexível, [24] .

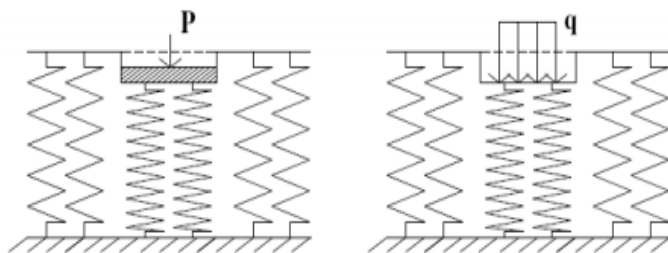


Figura 2.34: Deslocamentos para o caso de carregamentos em superfícies infinitamente rígidas e carregamentos em superfícies flexíveis uniformemente distribuídos, [24].

2.6.5.3 Coeficiente de reação do solo, k_s

A adequada determinação do coeficiente de reação do solo é de extrema importância para que se obtenha um modelo comportamental compatível ao real da obra, sendo que estes valores interferem diretamente no comportamento da estrutura, [25]. Este coeficiente é basicamente uma medida da rigidez do solo. Ao analisar dois modelos com coeficientes de reação diferentes, percebe-se que o modelo com o dobro do coeficiente, além de distribuir a carga de maneira mais eficiente pela laje, também reduz os momentos máximo na mesma. Figura 2.35.

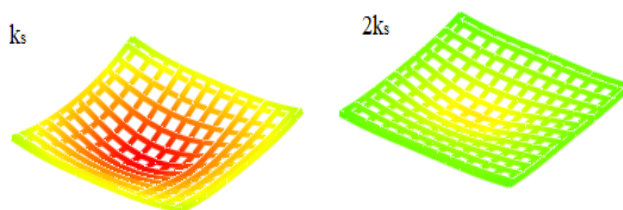


Figura 2.35: Comparação entre dois modelos de placas com coeficientes de reação do solo diferentes, adaptado de [25].

A situação apresentada pela Figura 2.35, explicita que para coeficientes distintos, haverá comportamentos diferentes. O método mais apropriado para obter os coeficientes é através de ensaios efetuados com o solo disponível, como por exemplo o ensaio de placa.

Terzaghi (1955) alega que o termo reação vertical do solo (k_s) indica a pressão p por unidade de área da superfície de contacto entre uma viga ou laje carregada e o subleito no qual ela se apoia e transfere os carregamentos aplicados. E, que o coeficiente de reação

vertical do solo k_s é a razão entre esta pressão em um ponto qualquer da superfície de contato e o recalque s_t produzido pela aplicação da carga neste mesmo ponto, Equação 2.2. É importante observar que o coeficiente de reação (recalque) não é uma característica específica de um dado solo, pois depende das dimensões (largura) da placa ou da viga apoiado sobre o mesmo, [64].

$$k_s = \frac{P}{s_t} \quad (2.2)$$

Para a determinação do coeficiente de reação, k_s , interessa somente a relação entre a pressão unitária aplicada ao solo e o assentamento do mesmo em correspondência com essa pressão, Equação 2.3.

$$k_s = \frac{1}{s_t} \quad (2.3)$$

Ao multiplicar o coeficiente (k_s) pela área de influência afetada a cada mola (A_i), obtém-se o coeficiente de mola k_m da Equação 2.4.

$$k_m = k_s \cdot A_i \quad (2.4)$$

Sendo:

k_s , Coeficiente de reação (*Winkler*), em kPa/m ;

k_m , Coeficiente de mola, em kN/m ;

s_t , Assentamento em metros, devido à aplicação de uma pressão unitária em kPa ;

A_i , Área de influência afetada a cada mola, em m^2 .

2.6.5.4 Método dos Elementos Finitos (MEF)

Este método supõe uma placa finita sobre apoios elásticos, utilizando a hipótese de *Winkler*, onde o pavimento é discretizado em um número finito de elementos de placas e, a superfície de contacto entre o pavimento e o solo é representado por um conjunto de molas, situadas nos pontos nodais da malha, Figura 2.36,[26].

Bowles (1996) mostra que por meio deste, é possível analisar geometrias mais complexas, mesmo ao exigir processamento intensivo de computadores e que a saída de dados é difícil de ser interpretada, não sendo indicada para uma solução analítica. Com os *softwares* desenvolvidos nos dias atuais, que permitem a modelagem matemática de problemas reais, a análise dos dados de saída possuem uma boa aproximação e são de fáceis interpretação, [26].

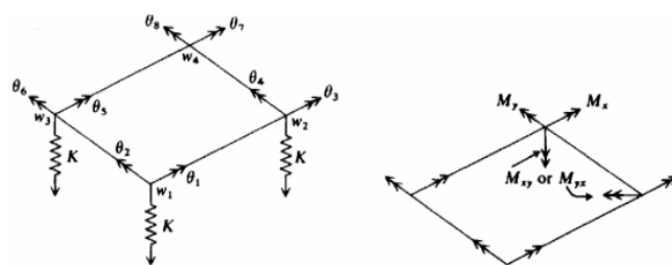


Figura 2.36: Modelo de Elemento Finito utilizando um elemento de placa retangular, adaptado de [26].

2.7 Heliporto Hospitalar de Bragança

No decurso de estudos relacionados à conceção de heliportos e em busca de melhor compreender o funcionamento das instalações referente a este objeto de estudo, foi proporcionado uma visita técnica ao Heliporto Hospitalar de Bragança, situado e de uso exclusivo do hospital distrital da cidade, Figura 2.37, o qual recebe operações de voo dos helicópteros do Instituto Nacional de Emergência Médica, INEM.

O heliporto está situado a uma elevação de 704 m e seus dados de referência são, Latitude: 4548156 N e Longitude: 00646122 W.

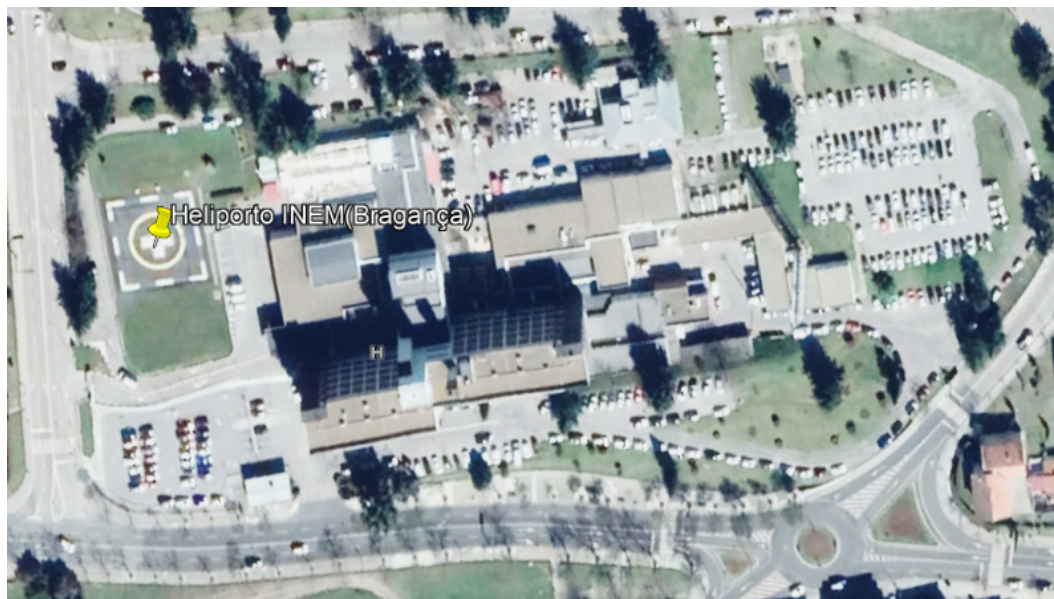


Figura 2.37: Heliporto Hospitalar de Bragança, *Google Earth*.

O funcionamento do heliporto está disponível para 24 horas de serviço, autorizado a receber tráfego por regras de voo visual, VFR. As características dimensionais e de composição das superfícies, são: TLOF com diâmetro de 15.50 m em betão betuminoso; FATO com dimensões $25 \times 25\text{ m}$ em betão betuminoso e área de segurança, $29 \times 29\text{ m}$. As marcações com pintura resumem-se na letra "H" em vermelho; marcas de limite da TLOF em amarelo e a FATO em branco, Figura 2.38. Sua estrutura também conta com sinalização luminosa tanto nas superfícies operacionais quanto no indicador da direção do vento.

Acompanhado do responsável técnico e coordenador das instalações referente ao heliporto do hospital, que disponibilizou o acesso aos documentos de projeto, pode-se identificar a aplicação das normas da ICAO estudadas anteriormente, o que garante a segurança de operação dos helicópteros, atendendo ao mesmo tempo, à facilidade de exploração do mesmo. O heliporto está situado muito próximo da cerca do hospital, tem um único cone de aproximação situado (aproximadamente 10°) a Norte, e por tal fato não permite a colocação dentro dos terrenos envolventes do hospital, armaduras para sinalizar o caminho de aproximação, pelo que se optou por um indicador de linha de aproximação de



Figura 2.38: Heliporto Hospitalar de Bragança, superfícies operacionais.

helicópteros *HAPI* (*Helicopter Approach Path Indicator*), com três indicadores luminosos de desvio em relação à ladeira de aproximação.

O heliporto passou por uma série de inspeções afim de cumprir com as condições mínimas necessárias para sua aprovação, dentre elas, as árvores e demais vegetação existentes no canal de aproximação foram e devem-se manter cortadas de forma a não constituírem obstáculo e os obstáculos amovíveis, nomeadamente o edifício do hospital situado a Este e o silo a Sudoeste, receberam sinalização própria. Os postes de iluminação pública localizados no canal tiveram de ser rebaixados ou removidos.

O heliporto está dotado de meios próprios de luta e combate a incêndio, Figura 2.39, com local apropriado para armazenamento do fardamento dos bombeiros, capacetes, luvas, proteção respiratória, lanternas e outras ferramentas. Há ainda um sistema de espumífero com carretel. Para a aprovação e certificação quanto ao cumprimento e eficácia do Plano de Emergência do Heliporto, foi realizado um teste de simulacro para testar a capacidade de resposta de todos os meios envolvidos no socorro e salvamento em caso de acidentes. Outro fator considerado relevante nesta vista foi que, após os resultados obtidos pelo simulacro, observou-se certa deficiência de escoamento de águas na superfície de pouso, o qual teve de passar por um processo de implantação de um sistema de drenagem lateral,

com grelhas metálicas, Figura 2.39, associadas a um separador de hidrocarbonetos.



Figura 2.39: a) Sistema de drenagem do Heliporto de Bragança e b) Sistema de combate a incêndio.

Capítulo 3

Estudo de Caso

3.1 Pressupostos do Projeto

O presente capítulo exprime o planeamento e projeto de um heliporto, inserido no aeródromo municipal da cidade de Bragança, o qual teve como base o disposto nos regulamentos abordados e busca retratar, de forma prática, os elementos estudados sobre o ponto de vista teórico.

3.1.1 Aspetos de Projeto

O programa do heliporto de Bragança implica um projeto de uso geral, destinado à operações de táxi aéreo e suporte ao combate de incêndios na região. O desenvolvimento desta infraestrutura visa sua utilização tanto em condições de voo noturno quanto aos voos operados em período diurno.

O objetivo primário consiste no dimensionamento da zona de aterragem consoante o helicóptero crítico, dentre aqueles que atualmente opera em Portugal para operações de táxi aéreo e proteção civil. O estudo terá em conta a especificação dos sistemas necessários para uma operação segura das aeronaves, tais como: sistema de prevenção e combate a incêndios, sistema de reabastecimento, sinalização diurna e noturna, pátio de estacionamento para helicópteros, áreas de proteção e superfícies limitadoras de obstáculos.

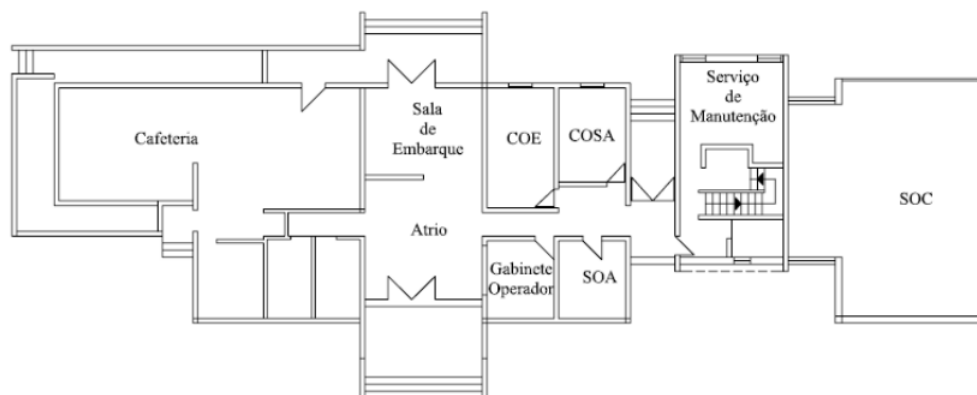
3.1.2 Normas Utilizadas

1. Anexo 14 da ICAO, Volume II - Heliportos;
2. Anexo 6 da ICAO - Operação de Aeronaves Parte III, Operações Internacional - Helicópteros;
3. CIA N.º: 24 / 2010, Salvamento e Luta Contra Incêndios em Aeródromos e Heliportos;
4. Eurocódigo 1 - Ações em Estruturas;
5. Eurocódigo 2 - Projeto de Estruturas de Betão.

3.1.3 Localização do Heliporto

O heliporto em causa será planeado e projetado tendo em vista suas instalações no Aeródromo de Bragança, que está situado no Concelho de Bragança e, por conseguinte, no Distrito do mesmo nome. O aeródromo posiciona-se a nordeste da cidade, a cerca de 10 *km*, entre as localidades de Baçal e Sacoias. Encontra-se a 530 *km* de Lisboa, a 252 *km* do Porto e a 330 *km* de Madrid. Pela sua localização geográfica, nas montanhas do Nordeste Transmontano, este Aeroporto encontra-se a 683*m* de altitude. As suas coordenadas geográficas, expressas no sistema de referência WGS84, são 41°51'18" *N*, 006°42'23" *W*, com uma declinação magnética de 5°11' *W* e uma variação anual de -9,0°, [65].

O local escolhido para o heliporto, mostrou ser bastante relevante e adequado para receber as operações de helicópteros, sendo que, o aeroporto já usufrui de infraestruturas e estruturas próprias para operações aéreas. Pode-se destacar a presença de um edifício Terminal com uma superfície total de 317.06 *m*², divididos entre sala de embarque, sanitários, escritórios, centro de operação de emergência, centro de operação e segurança do aeroporto, zona de manutenção, serviço de socorros do aeroporto e átrio de partida, Figura 3.1. Nos pisos superiores, está instalado o serviço de meteorologia e o serviço de torre de controlo, [65].



COE: Centro de Operação de Emergência
COSA: Centro de Operação e Segurança do Aerodromo
CAP: Centro de Acolhimento de Passageiros
SOC: Serviço de Socorros do Aerodromo

Figura 3.1: Distribuição do 1º Piso do terminal do Aeroporto de Bragança.



Figura 3.2: Vista exterior do hangar do Aeroporto de Bragança.

Em complemento, dispõe de um hangar de 30×30 m, Figura 3.2, em estrutura metálica, porta de acesso com aproximadamente 7 m de altura e 20 m de largura, onde vem sendo usado para guardar aeronaves de pequeno porte, como avionetas, ultraleves, etc. O Aeroporto conta com serviço de abastecimento de combustível, tanto de AVGAS 100 LL, como de *JET* A1, [65].

Além das instalações de apoio aos serviços de transporte aéreo já existentes, o estudo de implantação do heliporto no local em pauta, é favorecido por pertencer a uma região

com proximidade às vias de comunicação, inexistência de grandes obstáculos que dificultaria a execução do projeto, topografia favorável do terreno, possibilidade de caminhos de aproximação distantes de zonas sensíveis ao ruído da cidade de Bragança, além da possibilidade de utilizar os estudos de meteorologia (temperatura, visibilidade, precipitação, pressão e vento) já aplicados para o projeto e execução do aeroporto, [65].

3.2 Operações de Tráfego Aéreo Previsto

Devido a escassez dos dados estatísticos relativos à atividade aeronáutica na região, não se dispõe de informações correspondente ao número de operações que podem vir a ser consideradas no heliporto de Bragança. No âmbito deste trabalho, utilizou de uma metodologia não muito usual neste tipo de estudo, o que teve em consideração apenas fatores externos capazes de gerar um aumento da procura deste serviço, tais como: turismo, população portuguesa residente no estrangeiro, atividades empresariais, ações de proteção civil, atividades desportivas, e mais.

3.2.1 Operações Aéreas

Nos últimos anos, no Aeroporto de Bragança, têm-se intensificado as operações de voos comerciais de ligação ao litoral português assim como, operações de treino de escolas de voo, voos para fotografias aéreas, de aterragem ou descolagem de aeronaves destinadas à extinção de incêndios e outras atividades similares.

Por outro lado, há um incremento do número de passageiros no Aeroporto de Bragança através das operações geradas pelo turismo da zona do Alto Trás-os-Montes, em que pode-se destacar o Parque Natural de Montesinho que é um dos maiores parques existentes em Portugal, abarcando a parte norte dos concelhos de Bragança e Vinhais; a Rota da Terra Fria que atravessa os concelhos de Bragança, Miranda do Douro Vimioso e Vinhais, onde se promove o turismo mediante diversas atividades desportivas, culturais, gastronómicas e de observação da natureza que, eventualmente poderão ser intensificadas por meio de passeios aéreos.

Outro fator a ser levado em consideração para intensificar as operações de helicópteros na região é que, muitos portugueses da região norte residem nos países vizinhos, em especial o país espanhol. Muitos de forma temporária à trabalho, e em finais de semana e/ou períodos de férias e datas dos principais eventos culturais da região, regressam ao seu país de origem. Com isso, há também muitas empresas a nível internacional que tem se instalado na região e que, por muitas vezes, estão a receber líderes e até mesmo autoridades, o que faz destaque, o Parque de Ciência e Tecnologia "Brigantia-EcoPark" e a indústria automobilística francesa, Faurecia. Para mais, à cerca de 10 *km* do local de implantação do heliporto, há as instalações do Centro de Saúde de Santa Maria, o que poderá ser útil em casos de emergências extremas, onde os utentes aerotransportados poderão também, ser encaminhados para esta unidade de apoio médico, com tempo de percurso, heliporto - emergência médica, de aproximadamente 11 minutos, via terrestre.

3.2.2 Helicópteros Operacionais

Considerou-se que os helicópteros que venham a operar no heliporto, serão os existentes em território nacional, que normalmente são os utilizados em situações de emergência e também os mais usuais no que diz respeito à operações de voo privado.

1. Força Aérea Portuguesa (FAP):

- (a) Sudaviation - SE 3160 Alouette III, Esquadra 552 (Zangões);
- (b) Leonardo AW119MKII "Koala";
- (c) Agusta *Westland* EH-101 Merlin, Esquadra 751 (Pumas).

2. Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM):

- (a) Agusta *Westland* 109 S;
- (b) Bell 430 *Helicopter*;
- (c) Bell 412 *Helicopter*;

3. Proteção Civil - Combate a Incêndios Florestais:

- (a) Kamov 32-A11-BC;
- (b) *Airbus* AS-350-B2 e AS-350-B3;

4. Transporte de Passageiros e uso particular:

- (a) Robinson R22/R44;
- (b) *Eurocopter* EC130 T2

3.2.3 Helicóptero Crítico de Projeto

O helicóptero *Agusta Westland* EH-101 Merlin, Figura 3.3, foi escolhido como helicóptero crítico ou helicóptero de referência para o projeto do heliporto, que permite estabelecer a geometria das superfícies de pouso pelo fato de ter as maiores dimensões em relação às outras aeronaves. É um helicóptero de transporte médio, trimotor, com trem de aterragem triciclo, semi-retrátil, com rodas duplas em cada unidade e rotor principal de 5 pás. Utilizado pela Força Aérea Portuguesa para operações de busca e salvamento, transporte aéreo e vigilância.

Pelo fato de possuir três motores, caso haja situação de falha de um motor durante qualquer fase do voo e principalmente durante o procedimento de descolagem, o helicóptero têm capacidade de prosseguir com o voo até uma zona de aterragem apropriada, à vista disso, é uma aeronave que pertence à classe PC1.

Tabela 3.1: Características do EH-101 Merlin

Dimensões do EH-101 Merlin		
Fabricante	<i>Agusta Westland</i>	
Comprimento (D)	22.77	[m]
Diâmetro do Rotor (RD)	18.59	[m]
Largura do Trem de Aterragem (U/C)	4.29	[m]
Peso Máx. à Descolagem (MTOW)	15600	[kg]

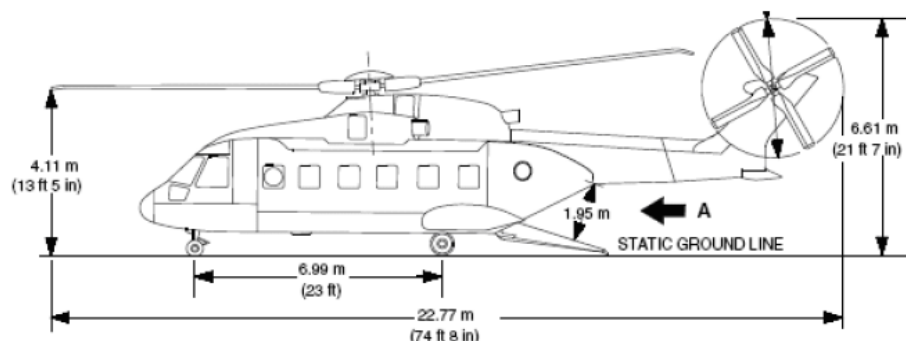


Figura 3.3: Agusta Westland EH-101 Merlin

3.3 Geometria da Superfície de Aterragem

3.3.0.1 FATO + Área de Segurança

Considerando a maior dimensão do helicóptero o seu próprio comprimento (D) de 22.77 m , arredondou-se para cima este valor, 23.00 m . Em segmento, tem-se que: $FATO + Área de Segurança = 2D$, Figura 3.4.

$$2 \cdot D = 2 \cdot 23.00 = 46.00m \quad (3.1)$$

Área de Segurança

A área de segurança deve estender-se para fora da FATO pelo menos 3 metros ou 0.25 vezes o maior comprimento do helicóptero a operar no heliporto. Neste sentido e afim de garantir uma folga na área de segurança, optou-se por incrementar 40% a mais do mínimo estabelecido. Figura 3.4.

$$Área de Segurança = 0.25 \cdot D$$

$$0.25 \cdot D = 0.25 \cdot 23 = 5.75m \therefore 0.25 \cdot D + 40\% \simeq 8.00m \quad (3.2)$$

3.3.0.2 Área de Toque (TLOF)

Conforme especificado na Secção 2.5 deste documento, a TLOF deverá ter dimensões suficientes para conter um círculo de diâmetro equivalente a pelo menos $0.83D$ da aeronave

de projeto, como inclinação da superfície de no máximo 2%. Figura 3.4.

$$0.83 \cdot D = 0.83 \cdot 23.00 \simeq 19.10m \quad (3.3)$$

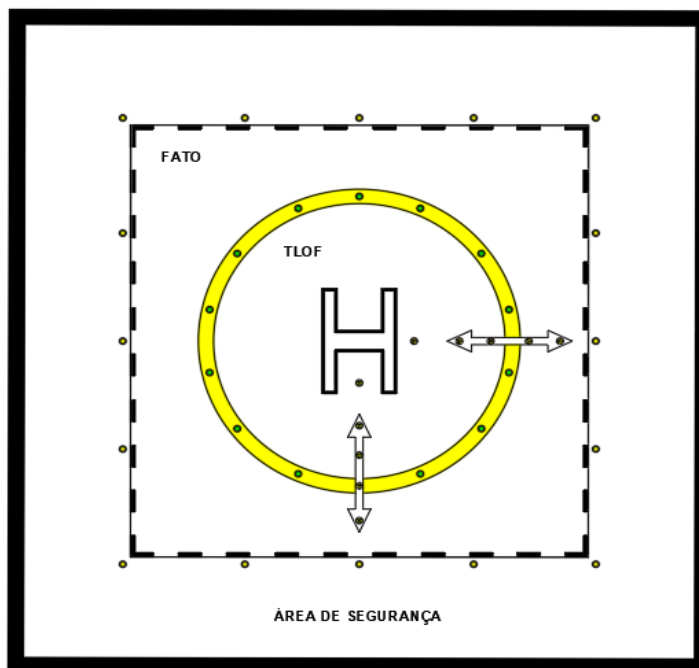


Figura 3.4: Representação gráfica FATO + TLOF + Área de Segurança.

3.4 Dimensionamento Estrutural da Placa de Aterragem

De forma notória nesse estudo, um heliporto é uma infraestrutura caracterizada, principalmente, pela *Final Approach and Takeoff Area* (FATO), no centro da qual existe a *Touchdown and Liftoff Area* (TLOF). Estas superfícies normalmente são pavimentadas e tem de ser capazes de suportar as solicitações dinâmicas do impacto de uma aterragem de emergência, em função das dimensões da aeronave crítica ou de projeto e do peso máximo à descolagem, [1].

Análise Estrutural

A análise dos esforços na placa de aterragem, será efetuada com base no modelo de cálculo de *Winkler*, o que traduz a interação solo-estrutura, de uma laje de betão apoiada em meio elástico, Secção 2.6. Os cálculos terão em consideração as ações preconizadas pelo *Heliport Manual* e em complemento, a Norma Portuguesa NP EN 1991-1-1, Eurocódigo 1, para definição das ações restantes, variáveis e permanentes.

3.4.1 Caracterização das Ações

3.4.1.1 Ações Permanentes

Consideram-se os seguintes pesos específicos, γ :

1. Aço Estrutural - 77 kN/m^3 ;
2. Betão - 25 kN/m^3 ;

3.4.1.2 Ações Variáveis

O Eurocódigo 1, em seu Quadro 6.9 - Categorias de coberturas, apresenta 3 classificações (H, I, K) para coberturas, de acordo com a sua acessibilidade. A categoria K têm utilização específica para aterragem de helicópteros que são agrupados em duas classes, HC1 e HC2, função da carga máxima de descolagem. Entretanto, a carga máxima especificada por este regulamento é de 60 kN , valor muito inferior aos 156 kN que correspondem à carga real máxima do EH-101, pelo que este regulamento não deve ser aplicado, neste caso específico. No mesmo trabalho, prevê que a carga de dimensionamento seja afetada dum fator dinâmico $\varphi=1.4$, para considerar o efeito do impacto da aeronave na estrutura, produzido na aterragem.

De acordo com o *Heliport Manual* da ICAO, a placa de aterragem de um heliporto de superfície deverá resistir aos esforços provocados por uma eventual aterragem de emergência, que deverá ter o valor de 1.66 vezes a massa máxima de descolagem do helicóptero de projeto.

1. A carga final de dimensionamento será = $1.66 \cdot \text{carga de serviço} = 1.66 \cdot \text{massa máxima de descolagem} = 1.66 \cdot MTOW$;
2. Sobrecarga de utilização da plataforma de 0.5 kN/m^2 , para o caso mais gravoso (helicóptero em repouso) consoante o *Heliport Manual*.

3.4.1.3 Resumo das Ações na Estrutura

Tabela 3.2: Resumo de Ações na Estrutura.

	Ações Verticais		Fator Majoração
Peso Helicóptero	Q_k	78 [kN]	1.66
Peso Próprio Estrutura	G_k		1.5
Sobrecarga Utilização	q_k	0.5 [kN/m ²]	1.5

3.4.2 Característica do Solo de Fundação

Para efeito de estudo, não foi realizado nenhum teste de carácter geotécnico para caracterizar o solo do local de implantação do heliporto. Entretanto, com o acesso ao Plano Director do Aeroporto Regional de Bragança, desenvolvimento conjunto entre a Câmara Municipal de Bragança e a SENER, *Ingeniería y Sistemas*, S.A, fez-se possível através do estudo geotécnico já realizado, concluir que o terreno de fundação tem pouca capacidade de carga, o qual estima o valor do CBR de 5. Para efeitos de cálculo considerar-se-á que todo o terreno de implantação do heliporto terá um valor de CBR de 5.

Afim de melhor conhecer o solo perante a escassez de informações, optou-se por, a partir do CBR, recorrer à classificação de solos, Tabela 3.3, contida na especificação ASTM D 2487, a mesma utilizada pelo Manual de Conceção de Pavimentos (MACOPAV), desenvolvido para a Rede Rodoviária Nacional de Portugal. Com o dado de entrada CBR= 5%, obtém-se um tipo de solo **CH** ou **MH**, que aproxima de um solo argiloso.

Tabela 3.3: Classificação do Solo de Fundação, adaptado de ASTM D 2487.

Classe	CBR(%)	Tipo de Solo	Descrição
S0	3	OL	Silos orgânicos e minerais argilosos de baixa plasticidade (1);
		OH	Argilas orgânicas de plasticidade média a alta; Siltos orgânicos (2);
		CH	Argilas inorgânicas de plasticidade elevada; Argilas gordas (3); Siltos inorgânicos;
		MH	Areias finas micáceas; Siltos micáceos (4);
S1	≥ 3 a < 5	OL	idem (1)
		OH	idem (2)
		CH	idem (3)
		MH	idem (4)
S2	≥ 5 a < 10	CH	idem (3)
		MH	idem (4)
		CL	Argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média; Argilas com seixo, argilas arenosas, argilas siltosas e argilas magras; Siltos inorgânicos e areias muito finas;
		ML	Areias finas, siltosas ou argilosas; Siltos argilosos de baixa plasticidade;
		SC	Areia argilosa;
			Areia argilosa com cascalho (5)

Ao ter em vista o pressuposto da descrição do solo, recorreu-se à tabela de *Béton-Kalender* (1962), Tabela 3.4, de valores típicos para obtenção do coeficiente de recalque vertical, k_v . Definido que o solo seja uma argila e, afim de utilizar valores médios, optou-se por categorizar-lo como argila húmida, extraíndo o coeficiente de recalque vertical (k_v) de 4.0 kgf/cm^3 . Com o valor de k_v já definido, faz-se possível obter o coeficiente de mola (k_m) para criação do modelo de *Winkler*, o qual irá simular a laje de betão sobre apoio em meio elástico, o solo.

Tabela 3.4: Valores do coeficiente vertical do solo (k_v), adaptado de *Béton-Kalender* (1962).

Valores de k_v [kgf/cm^3]	
Turva Leve - Solo Pantanoso	0.5 a 1.0
Turva Pesada - Solo Pantanoso	1.0 a 1.5
Areia Fina	1.0 a 1.5
Aterro de silte, areia e cascalho	1.0 a 2.0
Argila Molhada	2.0 a 3.0
Argila Húmida	4.0 a 5.0
Argila Seca	6.0 a 8.0
Argila Seca Endurecida	10.0
Silte Compactado c/ Areia e Pedra	8.0 a 10.0
Silte Compactado c / Areia e muita Pedra	10.0 a 12.0
Cascalho Miúdo c/ Areia Fina	8.0 a 12.0
Cascalho Médio c / Areia Fina	10,0 a 12,0
Cascalho Grosso c / Areia Grossa	12.0 a 15.0
Cascalho Grosso c / pouca Areia	15.0 a 20.0
Cascalho Grosso c / pouca Areia compactada	20.0 a 25.0

3.4.3 Modelo Computacional de Cálculo

O modelo computacional de cálculo, Figura 3.9, para processamento da estrutura e extração dos esforços e deslocamentos, foi modelado com a utilização do *software* SAP 2000. A placa a ser dimensionada possui dimensão (30×30 m), conforme especificado na Figura 3.4, onde apenas a FATO será dimensionada estruturalmente como um pavimento rígido e, o seu envoltório (área de segurança), por não haver necessidade de resistir aos esforços provocados pela aeronave, será constituído por um pavimento de mistura betuminosa.

Foram aplicadas duas cargas pontuais no centro da placa de aterragem, espaçadas a 4.30 m (espalho do trem de aterragem principal) e com valor de 78.0 kN majoradas com os devidos coeficientes; além de uma sobrecarga de 0.5 kN/m² ao longo de toda superfície. A simulação iniciou-se com um valor arbitrário da espessura da laje, equivalente a 30 cm e conforme os resultados obtidos, reduziu a espessura para 25 cm afim de obter um elemento melhor dimensionado. A classe de betão foi determinada de acordo com a classe de exposição ambiental, XD3.

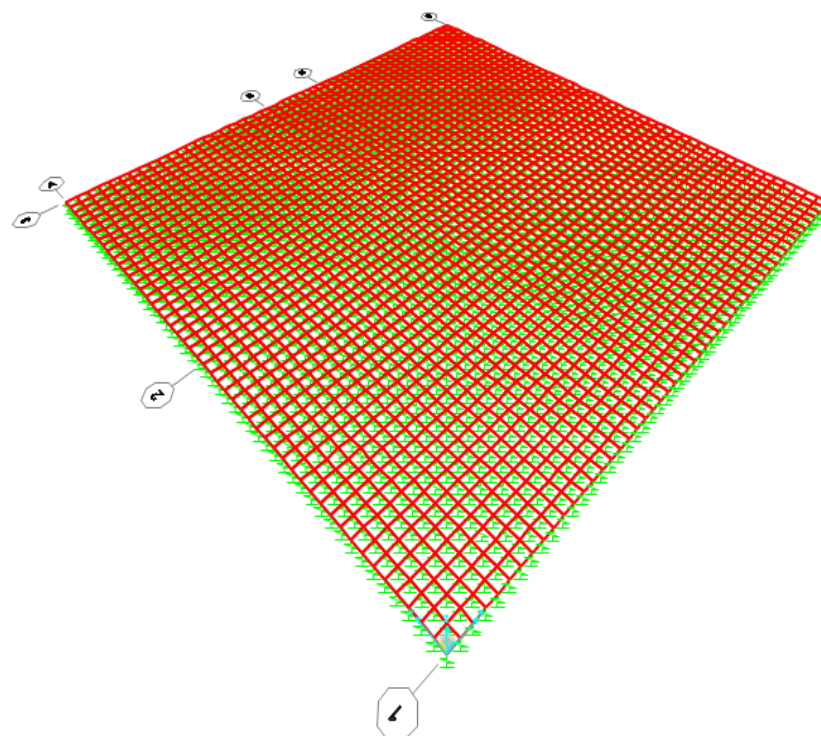


Figura 3.5: Modelo em Elementos Finitos da placa de aterragem (FATO).

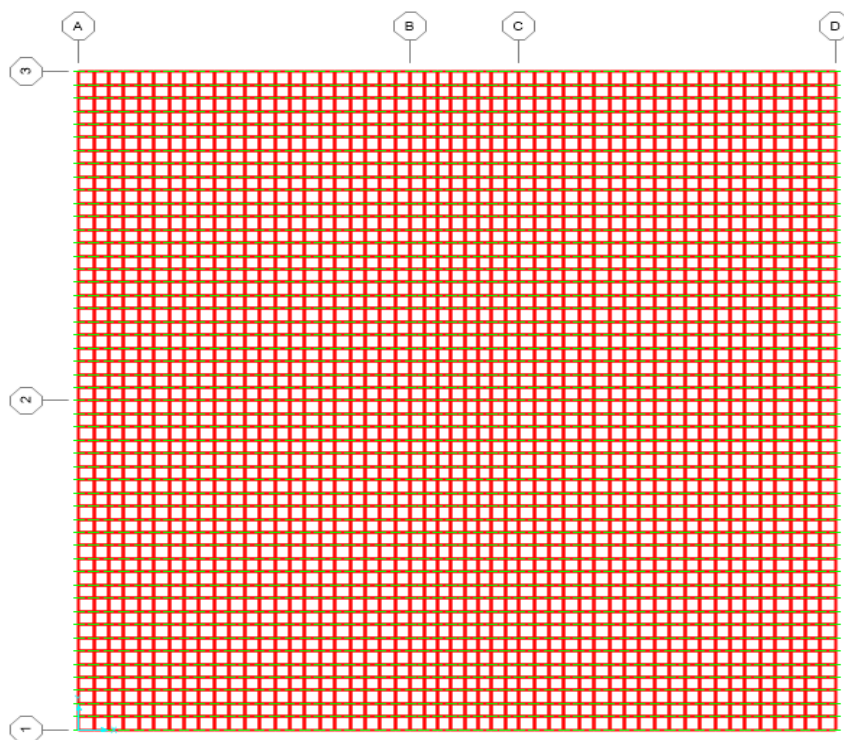


Figura 3.6: Modelo em Elementos Finitos da placa de aterragem (FATO), XY.

3.4.3.1 Configuração Deformada

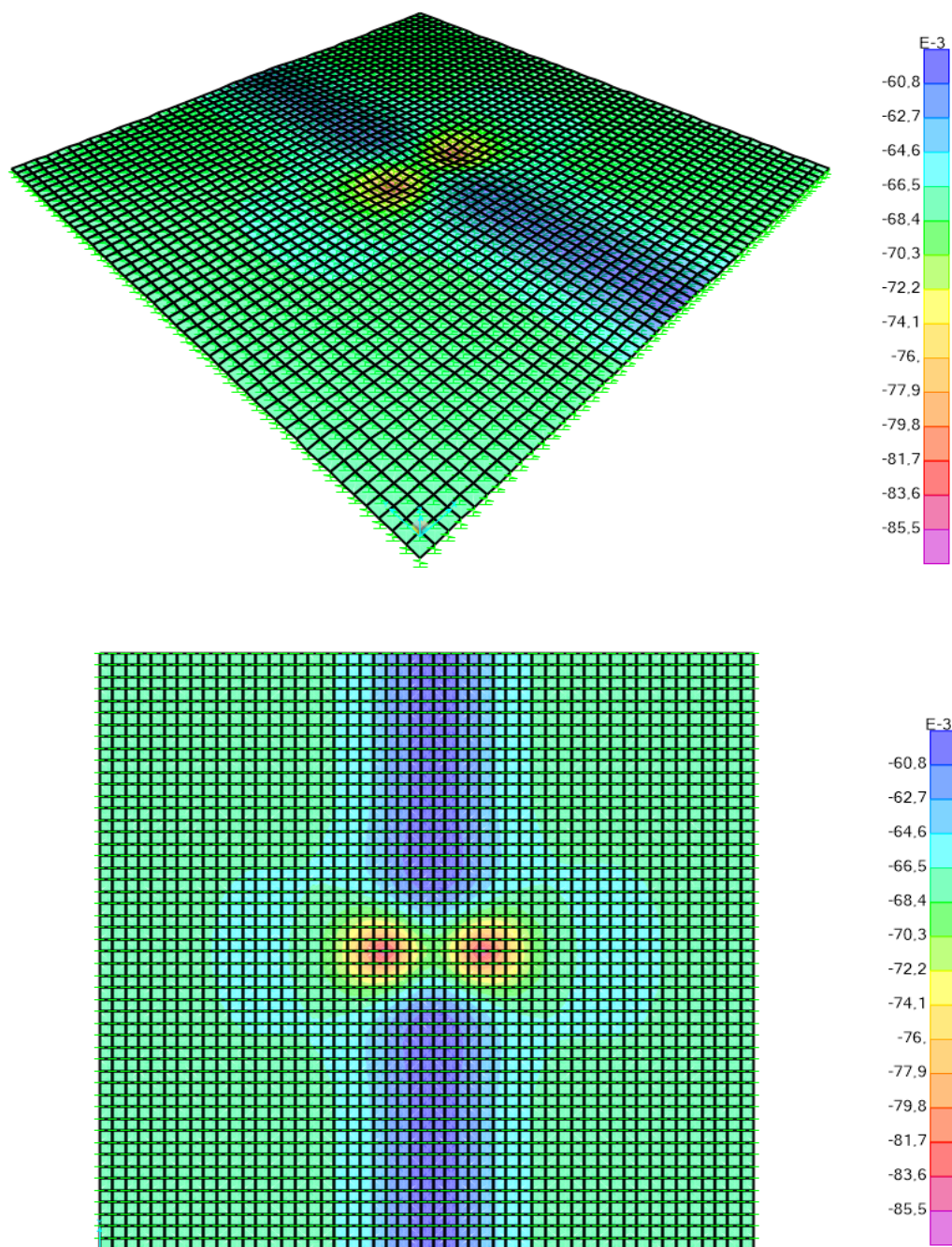


Figura 3.7: Configuração Deformada da placa de aterragem (FATO), com deslocamentos em $[cm] \times 10^{-3}$.

3.4.3.2 Esforços Atuantes de Momentos Flectores e Transversos

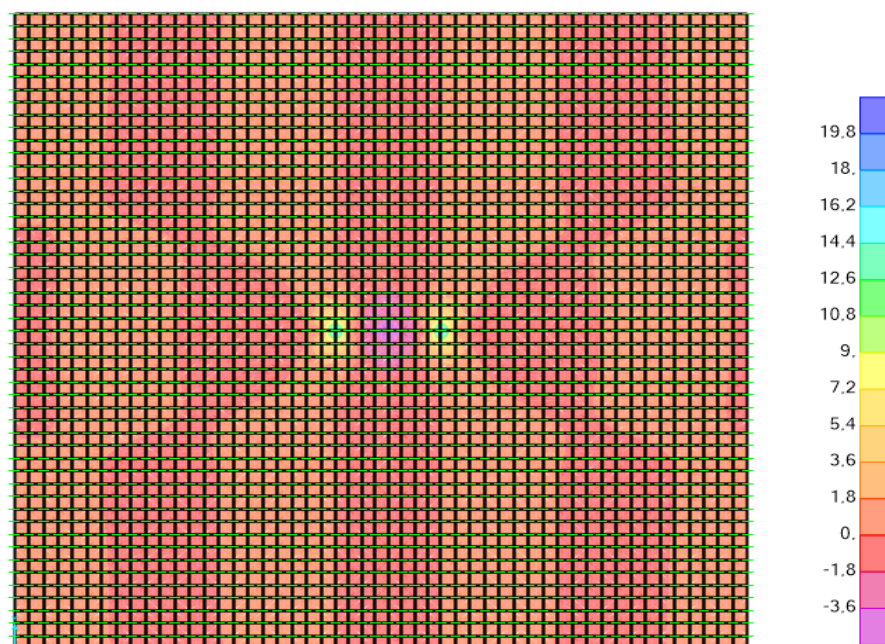


Figura 3.8: Momentos Flectores atuantes, $M_{máx}^+ = 20.64$; $M_{mín}^- = -4.05$ [$kN \cdot m$].

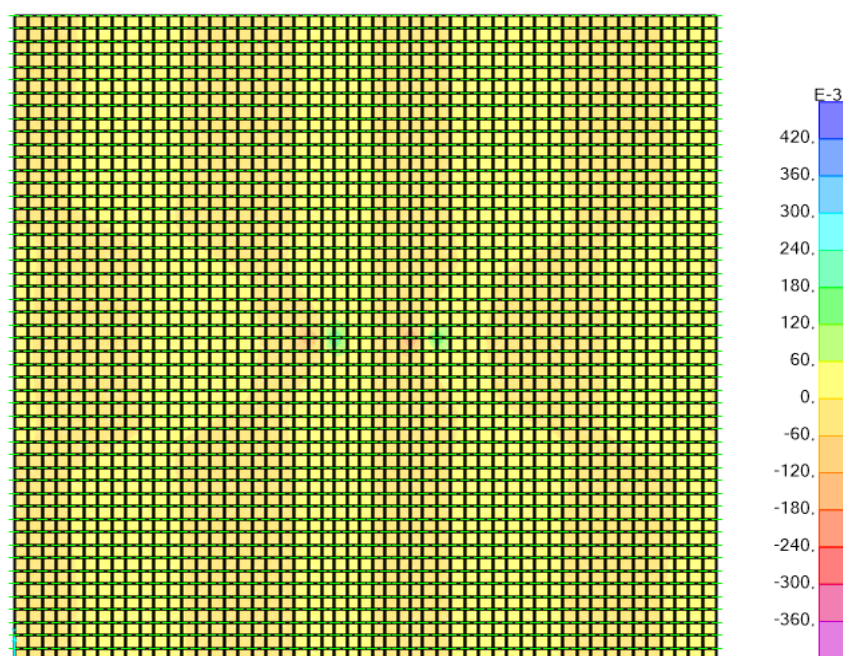


Figura 3.9: Esforços Transversos atuantes, $V_{máx}^+ = 39.60$; $V_{mín}^- = -39.60$ [kN].

3.4.4 Dimensionamento das Armaduras

Para calcular a armadura mínima numa laje de betão armado, segundo o Eurocódigo 2, segue-se o seguinte raciocínio:

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (3.4)$$

Em que:

μ , Momento reduzido;

M_{sd} , Momento flector atuante;

b ; Largura da laje (considerada uma faixa de 1m);

d , Altura útil da secção transversal da laje;

f_{cd} , Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão.

Em seguida, procede ao cálculo da taxa mecânica de armaduras (ω):

$$\omega = \frac{(1 - \sqrt{1 - 2.42 \cdot \mu})}{1.21} \quad (3.5)$$

A área de armadura será:

$$\frac{A_s}{s} = \omega \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (3.6)$$

Sendo,

ω , Taxa mecânica de armaduras;

f_{yd} , Valor de cálculo da tensão de cedência à tração do aço das armaduras para betão armado;

$\frac{A_s}{s}$, Área de aço por metro linear;

3.4.4.1 Momentos Flectores Positivos e Negativos.

Informações:

. Betão: C35/45; $\gamma_c = 1.5$; $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$;

. Aço: A500 NR; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$; $\gamma = 77 \text{ kN/m}^3$;

- . Classe de Exposição Ambiental: XD3, ciclicamente húmido e seco;
 - . Altura da secção transversal: 25cm;
 - . Altura útil da secção, d : 16cm
 - . $M_{máx}^+ = 20.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$;
 - . $M_{mín}^- = 4.05 \text{ kN} \cdot \text{m}$;
1. Área de Aço, $\left(\frac{A_s}{s}\right)$:

$$M_{máx}^+ = 20.64 \text{ kN} \cdot \text{m} \therefore \left(\frac{A_s}{s}\right) = 3.5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Para o momento flector negativo, $M_{mín}^-$, será adotado a armadura mínima requerida pela secção:

$$M_{mín}^- = 4.05 \text{ kN} \cdot \text{m} \therefore A_{s,mín} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d \therefore \left(\frac{A_s}{s}\right) = 2.1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2. Disposições construtivas relativas às armaduras:

O modelo de pavimento adotado refere-se a um sistema estruturalmente armado, Figura 3.11, com dupla rede electro-soldada que, para além de promover o controle à fissuração, entrega resposta estrutural ao sistema. O pavimento é composto por placas de betão e uma tela electro-soldada no terço superior de sua espessura, com o objetivo de controlar a fissuração causada pela retração por secagem do concreto devido às variações de temperatura.

A armadura principal, habitualmente constituída de telas electro-soldadas ou de aço convencional em barras, é sempre colocada na parte inferior das placas, região onde as principais tensões se desenvolvem.

a) Para o controle de fissuração, optou-se por uma rede Electro-soldada (Malhasol) A500 EL, do tipo AQ 30, com área de aço iguais nas duas direções (long. e transv.) de $0.71 \text{ cm}^2/\text{m}$, afastamento long. e transv. de 100 mm , $\phi = 3.0 \text{ mm}$.

b) Para resistir aos esforços provocados pelos momentos máximos, optou-se por uma rede Electro-soldada (Malhasol) A500, malha quadrada, com área de aço iguais nas

duas direções (long. e transv.) de $3.85 \text{ cm}^2/\text{m}$, afastamento long. e transv. de 100 mm , $\phi = 7.0 \text{ mm}$.

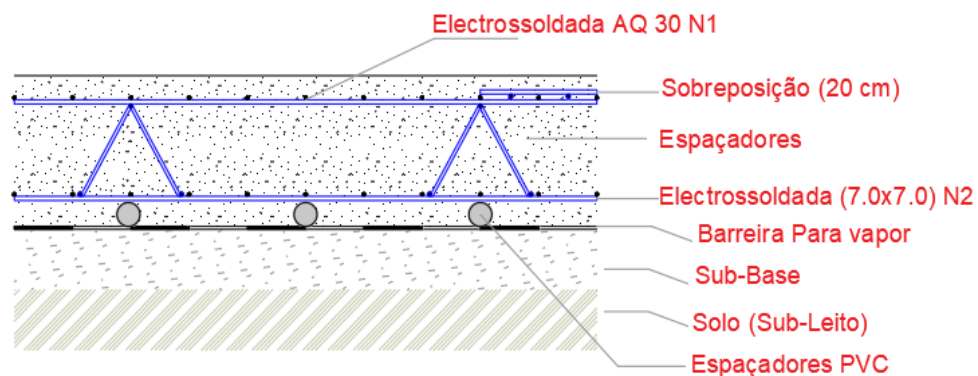


Figura 3.10: Pormenor da disposição de armaduras no pavimento da FATO.

A área total de pavimento será seccionada com pré-disposição de juntas serradas, que deverão ser preenchidas com material selante, formando placas com dimensões de $15 \text{ m} \times 5 \text{ m}$, interligadas com barra de transferência.

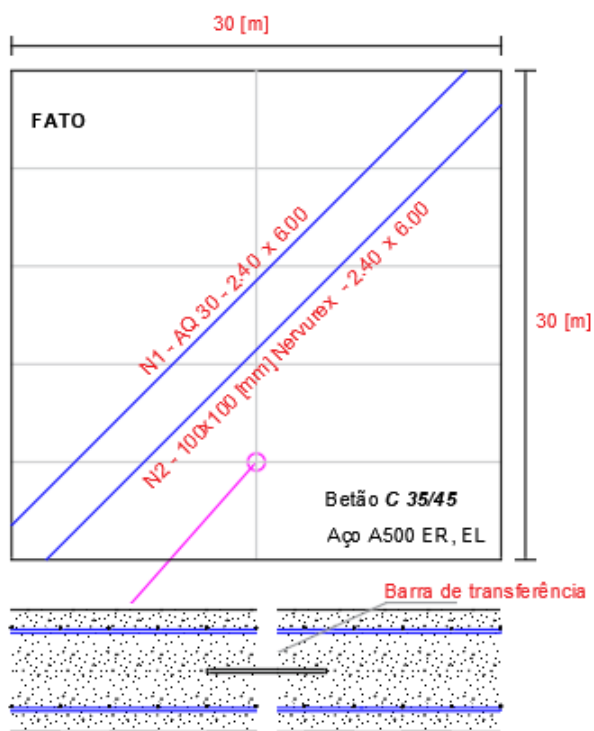


Figura 3.11: Pormenor da disposição de armaduras no pavimento da FATO.

3.4.4.2 Verificação da Segurança ao Punçoamento

Realiza-se a verificação da resistência da laje ao punçoamento sob as rodas de contacto do helicóptero aquando de uma aterragem de emergência como previsto pelo *Heliport Manual*. Considera-se que a área que resulta da degradação das cargas do helicóptero na laje, preconizada no *Heliport Manual*, é de $254 \times 254 \text{ mm}^2$.

O esforço de punçoamento é realizado no chamado perímetro de controlo básico. De acordo com o *cap. 6.4.2 da EC 2*, o perímetro de controlo para as lajes está localizado a uma distância de $2d$ (d = profundidade efetiva da laje) da superfície de carga. A Figura 3.12 representa o cálculo do perímetro de controlo (u), obtido para o caso em estudo:

$$u = 4 \cdot 0.254 + 2\pi \cdot 0.32 = 3.03m \quad (3.7)$$

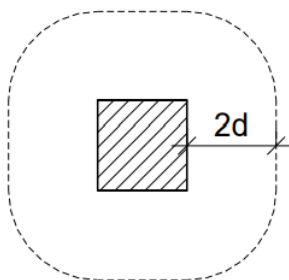


Figura 3.12: Esquema perímetro de rotura, mm .

O esforço transversal de dimensionamento é dado por:

$$V_{Ed} = 1.66 \cdot Q_k = 1.66 \cdot 78 = 129.50kN \quad (3.8)$$

A força de corte relacionada com o perímetro de controlo é calculada de acordo com a *Eq. 6.38, EC 2*:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} \quad (3.9)$$

em que:

v_{Ed} , Valor de cálculo do esforço de punçoamento resultante das ações exteriores;

V_{Ed} , Esforço de punçoamento (reação de apoio);

β , Fator de incremento de carga para considerar a distribuição assimétrica da força de corte no perímetro de controle;

u , perímetro de controlo;

d , Altura útil da secção;

Adota-se $\beta = 1$, o correspondente esforço de corte sob a roda é dado por:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} = 266.1 kN$$

3.4.4.3 Resistência ao Punçoamento sem Armadura de Punçoamento

A resistência ao punçoamento sem armadura de corte $v_{Rd,c}$, tem de ser determinada de acordo com 6.4.4, EN 1992-1-1 do seguinte modo:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \quad (3.10)$$

O esforço de punçoamento é realizado sem armadura de punção adicional se houver $v_{Ed} \leq V_{Rd,c}$.

$$V_{Rd,c} = v_{Rd,c} \cdot u \cdot d \quad (3.11)$$

Tem-se que:

$$v_{Rd,c} = 824 \text{ kN} \therefore V_{Rd,c} = 824 \cdot 3.03 \cdot 0.16$$

$$V_{Rd,c} = 399.5 \text{ kN} \therefore v_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$

Conclui-se que a laje com espessura de 25 cm tem resistência ao punçoamento necessária, para resistir ao caso das rodas do EH-101 Merlin.

3.5 Implantação do Heliporto

A obra irá integrar uma pista de aterragem e descolagem, *taxiway* e uma zona de estacionamento para aeronaves de proteção civil. As aeronaves com finalidades de táxi aéreo deverão seguir pela *taxiway* até o pátio de aeronaves, de encontro com o hangar para embarque e desembarque. O distanciamento da FATO se justifica não só pela sua grande dimensão, mas principalmente, pela necessidade de garantir o cone de aproximação livre de qualquer obstáculos, que tem em consideração o hangar e as aeronaves estacionadas.

É válido especificar que a zona de estacionamento para as aeronaves de proteção civil, não permite a descolagem a partir da mesma, o que deve ser feito o taxiamento até a FATO. A zona de estacionamento foi concebida de acordo com as dimensões do helicóptero crítico e a escolha do local foi fundamentada prevendo possíveis situações de emergência, o que exige prontidão por parte da equipe a operar.

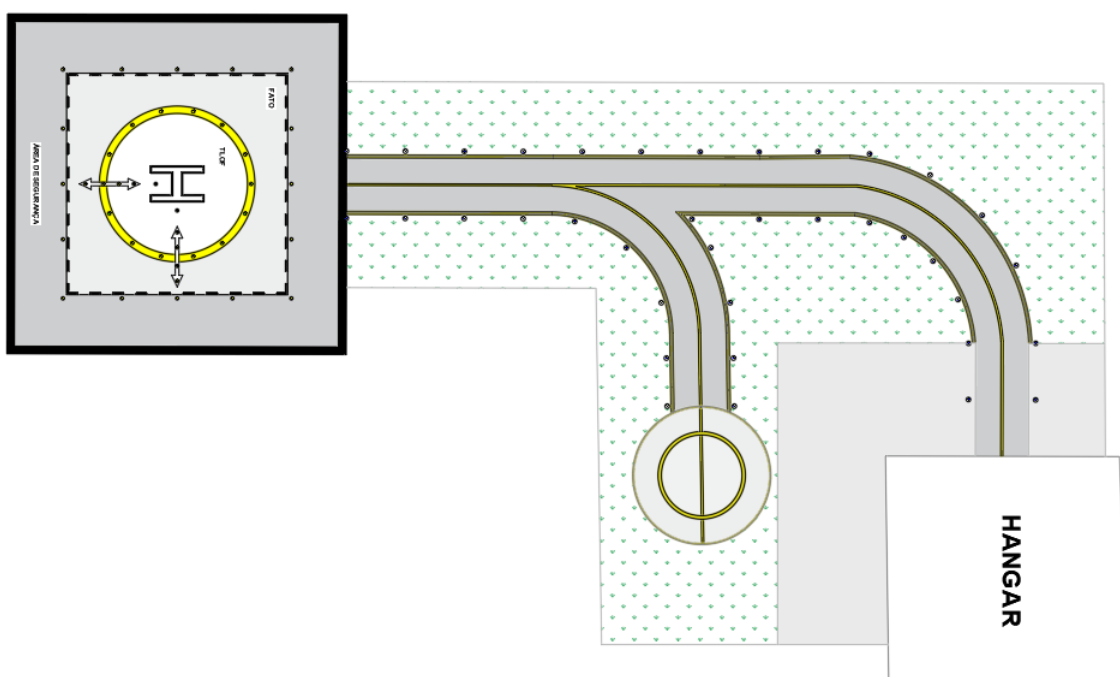


Figura 3.13: *Layout* heliporto de Bragança.

ao cone principal, 112.5° SE.

A escolha se justifica para que, os helicópteros, em procedimentos de pouso e decolagem, evitem cruzar o pátio de estacionamento das aeronaves e a própria pista, quando na rampa de aproximação, onde estes dois cones definidos, permite operações em segurança.

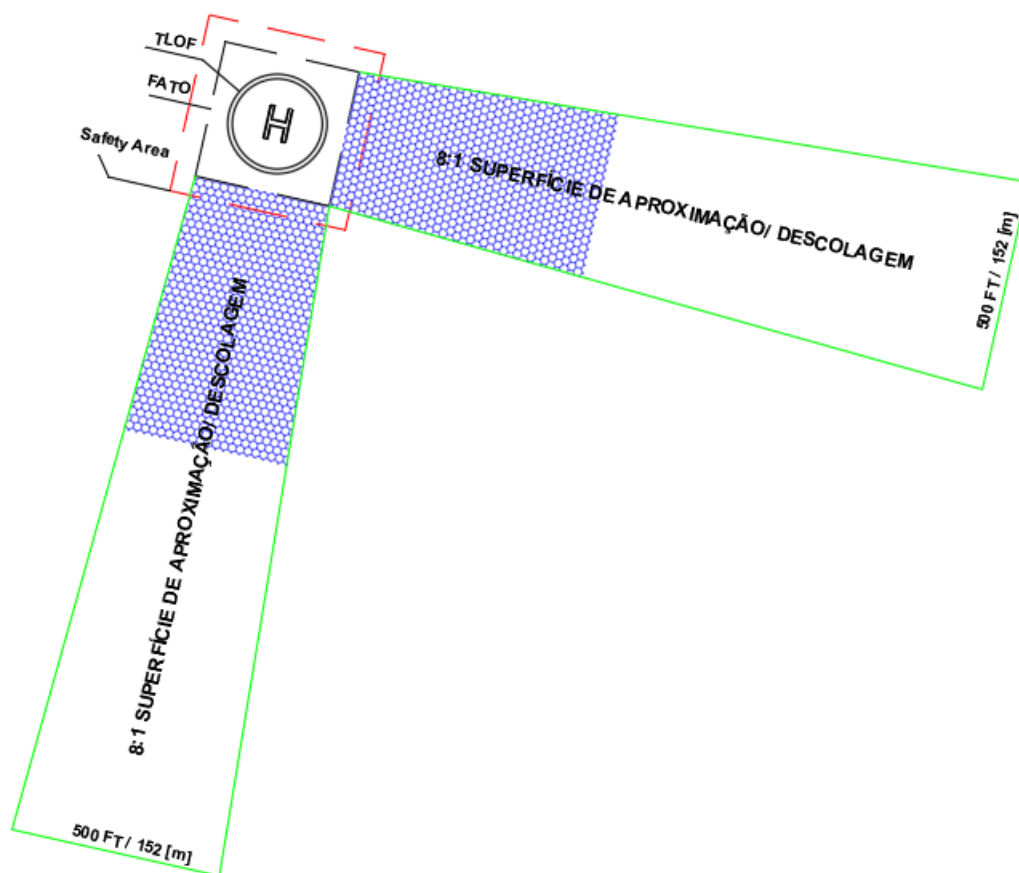


Figura 3.15: Cones de Aproximação heliporto de Bragança.

Superfície de aproximação e saída

Esta superfície estende-se para cima e para fora com um declive de 8 : 1 (h:v), até uma distância de 1219 m, onde a largura é de 152 m, até uma altura de 152 m acima da elevação da TLOF.

Superfície de transição

As Superfícies de Transição estendem-se também a partir da FATO. Estendem-se lateralmente, para cima e para fora, com um declive de 2 : 1 (2 unidades na horizontal para 1 unidade na vertical), até uma altura de 30 m.

3.5.3 Ajudas Visuais, Sinalização e Marcas

As ajudas visuais que o heliporto de Bragança deverá ter para funcionar em boas condições, foram definidas tendo em conta as recomendações do Anexo 14 Vol.II da ICAO.

3.5.3.1 Indicador de direção do vento

Será constituído por um cone truncado em tela forte, com comprimento de 2.40 m e diâmetro no extremo maior e menor de 0.6 m e 0.3 m, respectivamente, Figura 3.16. A cor recomendada para o cone é a alaranjada, uma vez que é uma cor que permite a visualização do indicador da direção do vento, claramente, desde uma altura de pelo menos 200 m acima do heliporto.

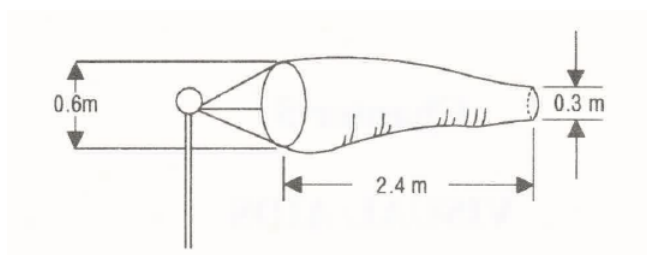


Figura 3.16: Manga de vento para heliportos de superfície.

3.5.3.2 Sinalização horizontal: Sinal de indentificação "H"

O sinal de identificação do heliporto consistirá numa letra "H" de cor branca com as dimensões indicadas na Tabela 2.4 e Figura 3.17.

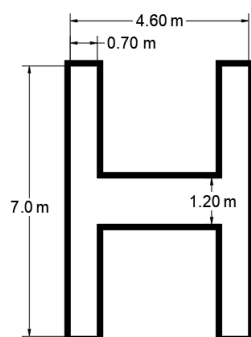


Figura 3.17: Sinal de identificação do heliporto de Bragança.

O sinal de identificação do heliporto deve estar orientado de forma a que a barra transversal da letra “H” faça um ângulo recto com a superfície preferencial de aproximação final.

3.5.3.3 Sinalização horizontal: FATO

Corresponde a uma linha interrompida com marcas retangulares de 1,5 m de comprimento por 0,30 m de largura, de cor branca, segundo o indicado pelo Anexo 14 Vol.II da ICAO, a colocar à volta da área.

3.5.3.4 Sinalização horizontal: TLOF ou Ponto de mira

Deve ser feita através de uma linha contínua, de cor amarela, com 1,0 m de largura.

3.5.3.5 Sinalização horizontal: *Taxiway*

As linhas de marcações laterais são duplas e contínuas, espaçadas em 15 cm e, deverão ser amarelas com espessura de 15 cm. A linha de marcação central deve ser amarela, com 30 cm de largura e contínua. Figura 3.18.

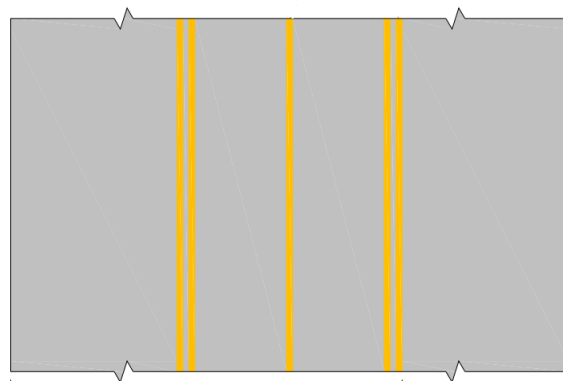


Figura 3.18: Marcações horizontais da *taxiway*.

3.5.4 Sinalização Luminosa

1. Sinalização luminosa da TLOF. Este sistema será composto por 14 luzes de perímetro, na cor verde, uniformemente espaçados a intervalos máximos de 5.0 *m*.
2. Sinalização luminosa da Área de Aproximação e Descolagem, FATO. Deve-se colocar o mínimo de 5 luzes de cada lado da área, com lente amarela, instaladas dentro ou fora do perímetro, a pelo menos 30 *cm*. Deve estar incluído uma luz em cada canto.
3. Indicador do ângulo de descida. Para as duas superfícies preferenciais de aproximação e descolagem, deve-se colocar um sistema indicador de rampa de descida (HAPI). Estes sistemas devem estar alinhados em azimute e em relação à superfície preferencial de aproximação, a uma distância de 3.0 *m* da FATO.
4. Sistema luminoso de direção para pouso (*Flight path alignment guidance lighting system*). Consiste em um conjunto de pelo menos 3 luzes, espaçadas entre 1.5 *m* a 3.0 *m*, dentro da TLOF, FATO e ou área de segurança.
5. Iluminação lateral da *taxiway*. Consiste em sinalizadores de borda, posicionados numa distância compreendida entre 0.5 *m* e 3.0 *m* além da borda da pista. Devem ser distribuídos uniformemente em intervalos não superiores a 15 *m* nos trechos retos e 7.5 *m* nos curvos.

3.5.5 Equipamento de Salvamento e Extinção de Incêndios

O nível de proteção a ser garantido é definido com base no comprimento do helicóptero de projeto. Considerando como dimensão máxima, o comprimento do *Augusta-Westland EH-101 Merlin*, 22.77 m, a categoria do nível de proteção a proporcionar para o heliporto de Bragança é a **H2**.

Tabela 3.5: Quantidades mínimas utilizáveis, de agentes extintores para heliportos de superfície, adaptado (ICAO, 1995).

Categoria	Espuma atendendo performace nível B		Agentes Complementares		
	Água (l)	Taxa de descarga da solução de espuma (l / min)	Pó químico seco (kg)	ou Halons (kg)	ou CO2 (kg)
H1	500	250	23	23	45
H2	1000	500	45	45	90
H3	1600	800	90	90	180

Para cumprir os requisitos anteriormente especificados, relativamente à capacidade de extinção de incêndios foi necessário proceder à instalação de um reservatório para 1000l, e assegurar que haja um regime de descarga de 500 l/min. Também se previu a colocação de carros extintores.

No Manual de Heliportos da ICAO está definido o equipamento de salvamento, para heliportos da categoria **H2**. Deve ser constituído pelo seguinte: chave ajustável; Machado de salvamento apropriado para o uso em aeronaves; Cortador de parafusos de 60 cm; Alavanca de 105 cm; Gancho de retenção; Serra para metal com 6 discos; Manta resistente ao fogo; Corda de 5 cm, com 15 m de comprimento; Alicates de corte lateral; Jogo de chave de fendas; Faca para cabos; 2 Pares de luvas resistentes ao fogo.

Capítulo 4

Conclusão e Trabalhos Futuros

Dado o atual desenvolvimento económico-social da região norte de Portugal, a adoção de meios de transportes aéreos vêm de maneira a potencializar o exercício de atividades como: o turismo, proteção civil, indústrias, setor empresarial e táxi privado de passageiros.

Para atender a ampla gama desses serviços, os heliportos construídos em Portugal devem cumprir as recomendações mínimas que constam no Anexo 14 vol. 2 e o *Heliport Manual* da Organização Internacional de Aviação Civil. É importante que essas infraestruturas estejam preparadas para receber as diversas aeronaves que atualmente operam no território nacional português, que em muitos casos, faz-se necessário o investimento em novos heliportos, melhorar os existentes ou promover avaliações operacionais que, com reduzido investimento, permita a operação segura de aeronaves maiores e mais pesadas, [56].

O conceito do heliporto de Bragança apresentado nesse trabalho, teve como aeronave de projeto os modernos EH-101 *Merlin* da Força Aérea Portuguesa, substitutos dos velhos SA-330 *Puma*, o que elimina qualquer restrição de operar outro tipo de aeronave de asas rotativas com segurança. Além disso, o heliporto de Bragança poderá fazer parte da rede estratégica de heliportos para onde a Esquadra 751 poderá operar em apoio às populações, em caso de catástrofe ou para transporte de sinistrados.

Outra vertente aqui abordada, está na aplicação de um pavimento rígido na zona de

aterragem e descolagem do heliporto. Grande parte dos heliportos nacionais, especialmente os de superfície, fazem aplicação de pavimentos flexíveis nas tais placas de aterragem e em muitos casos, esta escolha ocorre basicamente por questões económicas, [56]. No estudo apresentado, optou-se por um dimensionamento mais prudente, o qual considerou para além do impacto da aterragem, a presença de carregamentos estáticos com tempos prolongados de atuação na estrutura. A solução construtiva resume-se em um sistema estruturalmente armado, com dupla rede electro-soldada, que entrega tanto resposta estrutural quanto de controle às fissurações. Neste dimensionamento, análogo à uma laje convencional de betão, mostra-se-á fundamental verificar a resistência ao punçoamento sob as rodas de contacto do helicóptero quando em uma aterragem de emergência.

As sugestões de trabalhos futuros ficam pautadas em um estudo mais aprofundado dos elementos aeronáuticos a serem adquiridos na instalação, e especificação das infraestruturas para funcionamento integral do heliporto, como: sistema de drenagem de águas pluviais e separação de hidrocarbonetos; instalações elétricas subterrâneas; definição do sistema de armazenamento e abastecimento de combustível *jet-fuel A1*; e elaboração de um plano de combate à incêndios.

As infraestruturas aeronáuticas, em geral, possuem características muito peculiares em seus projetos, dentre elas, o estudo dos fenómenos meteorológicos são fundamentais. Recomenda-se ainda, para trabalhos futuros, que os caminhos preferenciais de aproximação sejam definidos com uma base de dados atualizada, da intensidades dos ventos, provenientes de uma estação meteorológica próxima às instalações.

Bibliografia

- [1] I. C. A. Organization, “Heliport Manual - Doc 9261,” 1995.
- [2] F. Airport Engineering Division, “AC 150/5390-2C, Heliport Design, 24 April 2012,” tech. rep., 2012.
- [3] I. C. Aviation, “Annex 14, Aerodromes Volume II - Heliports,” Tech. Rep. July, 2013.
- [4] “Engenharia e Mecânica de Leonardo Da Vinci: Aerial Screw - Parafuso Aéreo.”
- [5] V. Devine, “Sikorsky Archives | S-46/VS-300/VS-300A,” 2013.
- [6] SAPO, “Helicóptero do INEM falha socorro em Ourique devido a avaria.,” 2019.
- [7] IPMA, “IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera.”
- [8] P. Master, “Piloto Master - Esquema simplificado da estrutura do espaço aéreo:.”
- [9] S. d. I. Aeronáuticas, “REGRAS E PROCEDIMENTOS DE VOO VFR,” tech. rep., Portugal.
- [10] HeliCity, “Heliponto e Heliporto: qual a diferença? - AEROJR. Consultoria & Capacitação.”
- [11] KTM, “Heliponto-Hospital-Jo_o-XXIII-Belo-Horizonte-MG-1 - KTM Engenharia.”
- [12] Ato-r, “AC 91-36D - Visual Flight Rules (VFR) Flight Near Noise-Sensitive Areas,” tech. rep., 2004.

- [13] Bayards, “Heliportos | Bayards Estruturas de Alumínio.”
- [14] R. Buildings, “Hangar de helicóptero do Serviço Aéreo da Polícia Nacional | Rubb UK.”
- [15] Go Air, “Escola de Aviação Civil de Helicópteros.”
- [16] AMA S.P.A., “Posto de abastecimento de combustível com bomba de abastecimento - AST.,” 2019.
- [17] Ecodepur, “SEPARADOR DE HIDROCARBONETOS ECODEPUR ® gama DE-PUROIL ®,” tech. rep., 2016.
- [18] A. Offshore, “Heliponto Combate a Incêndio - Alumínio Offshore.”
- [19] F. Magalh, “Concepção e dimensionamento de um Heliporto Elevado para operação do EH-101 “ Merlin ” Ciências Militares Aeronáuticas Especialidade de Engenharia de Aeródromos Ramo de Estruturas,” 2008.
- [20] R. Horonjeff, F. McKelvey, W. Sproule, and S. Young, *Planning and Design of Airports*. 2010.
- [21] Grupo SATA, “Imagem Manga Vento | SATA.”
- [22] J. T. Balbo, *Pavimentos de concreto*. Oficina de Textos, 2009.
- [23] A. C. 360, “ACI 360R-10 Guide to Design of Slabs-on-Ground,” 2010.
- [24] N. M. A. MONTEIRO, “DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS DE ACORDO COM OS EUROCÓDIGOS 2 E 7-APLICAÇÃO A CASOS DE ESTUDO REAIS ESTRUTURAS.,” tech. rep., FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2009.
- [25] M. M. Mohr, “Dimensionamento e Detalhamento de Radier.,” 2013.

- [26] O. Luis Cibulski Junior, “ESTUDO DA MODELAGEM DE RADIER RÍGIDO EM CONCRETO ARMADO NA ANÁLISE DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA,” tech. rep., Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR., 2016.
- [27] M. Cecilia and G. Lalyre, “BRAGANÇA REGIONAL AIRPORT MASTER PLAN EVALUATION Geometrical and Structural Characteristics,” tech. rep., Instituto Politécnico de Bragança, IPB, 2012.
- [28] J. G. Leishman, “A History of Helicopter Flight,” *Principles of Helicopter Aerodynamics*, 2000.
- [29] Tom D. Crouch, “Sir George Cayley | British inventor and scientist | Britannica.”
- [30] E. K. Liberatore, *Helicopters before helicopters*. Malabar, Florida.: Krieger Pub, 1998.
- [31] J. Everett-Heath, *Soviet helicopters : design, development and tactics*. Jane’s Information Group, 1988.
- [32] S. I. Aeroespacial Grupo, P. Fernando Lau, R. Manuel Carrasquinho Pires, G. da Veiga França da Rocha Castro, B. Miguel Fernandes Lima, M. Francisca Barradas da Fonseca Silva, P. de Herédia de Almeida, and E. Manuel Falcão da Cruz Rodrigues Lourenço, “Tipos de veículos aeroespaciais e sua utilidade,” tech. rep., 2014.
- [33] S. Bittencourt, V. Gomes, P. Vinicius, R. Fonseca, and V. De Sá Queiroz, “O setor aeronáutico de helicópteros civis no mundo e no Brasil-análise setorial,” tech. rep.
- [34] J. Ricardo, P. Botelho De Queiroz Diretor-Presidente, J. Alcântara, N. Diretor, R. Felton, J. Diretor, R. Sérgio, and M. Bezerra Diretor, “Relatório Anual de Segurança Operacional (RASO)-2018,” tech. rep.
- [35] S. Oliver, “Um mercado que só cresce · AERO Magazine.”
- [36] S. Ian, “Brasil se destaca no cenário internacional no uso de helicópteros · AERO Magazine.”

- [37] S. N. de Saúde, “Serviço de Helicópteros de Emergência do INEM apresenta taxa de operacionalidade superior a 98% - INEM.”
- [38] ICAO, “Annex 11: Air Traffic Services,” *Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation, Air Traffic Services*, no. July, 2001.
- [39] C. Jorge and P. Alves, “MÓDULO 12-HELIPORTOS,” tech. rep.
- [40] T. Miguel and R. Vieira, “HELIPORTOS: ANÁLISE DA SITUAÇÃO E DA LEGISLAÇÃO EXISTENTE. PROJECTO DE UM HELIPORTO EM LOURES,” tech. rep.
- [41] D. O. D. José, M. Durão, M. Dias, F. Leite, F. Amílcar, A. Contel, and M. Theias, “Decreto-Lei n.º 186/2007,” 2007.
- [42] Port. N.º 18GM5 – M.Aer, “HELIPONTO E HELIPORTO NT-31,” tech. rep.
- [43] T. Miguel and R. Vieira, “Heliportos: Análise Da Situação E Da Legislação Existente. Projecto De Um Heliporto Em Loures,”
- [44] P. NAV, “Regras e Procedimentos, Manual VFR.,” tech. rep., Portugal.
- [45] N. Ashford and P. H. Wright, *Airport Engineering*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., feb 1992.
- [46] A. Kazda and R. Caves E., *AIRPORT DESIGN AND OPERATION*, vol. Second Edi. 2007.
- [47] G. Anac, “Turbulência — Agência Nacional de Aviação Civil ANAC.”
- [48] A. P. Gama, “AVALIAÇÃO DO IMPACTO SONORO DO TRÁFEGO DE HELICÓPTEROS EM ÁREAS URBANAS.,” tech. rep., 2012.
- [49] R. Alumínio, “Pronto para decolar | Revista Alumínio,” 2016.

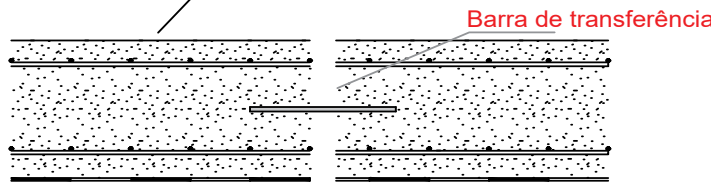
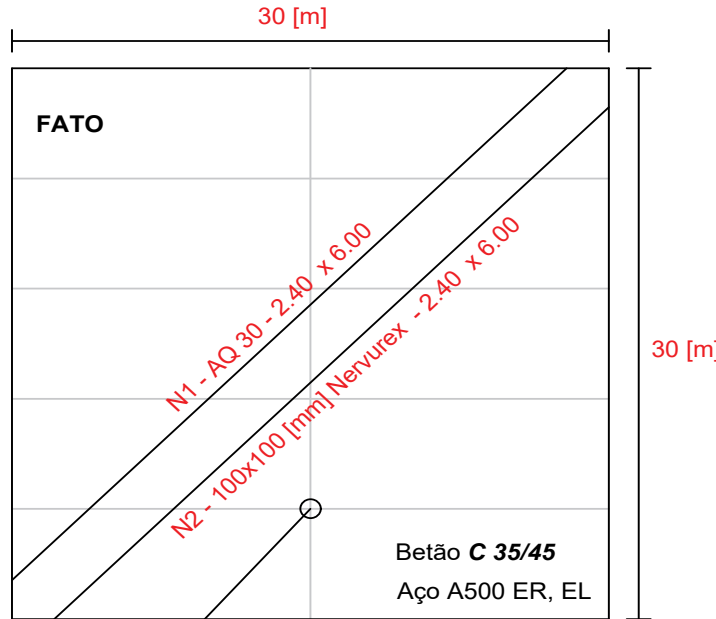
- [50] M. Martins Andrade Tolentino and F. Crispim Sousa, “Hangar da UFVJM no Aeroporto JK em Diamantina-MG-Brasil 1,”
- [51] L. Carlos, M. Oliveira, P. Doutora, E. De, and S. Caetano, “PROJECTO DE PAVILHÕES E ESTRUTURAS INDUSTRIAIS Desenvolvimento de uma Aplicação Informática Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL-ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS,” tech. rep.
- [52] A. Magazine, “Onde hangarar seu helicóptero.”
- [53] E. José and S. Júnior, “Estudo da Drenagem Subsuperficial e Subterrânea de Sítios Aeroportuários,” tech. rep., Instituto Tecnológico de Aeronáutica.
- [54] A. P. do Ambiente, “Guia de Classificação de Resíduos,” tech. rep.
- [55] tech. rep.
- [56] L. F. M. Pereira, *ANÁLISE DE HELIPORTOS CIVIS PARA OPERAÇÃO DO EH-101*. PhD thesis, 2018.
- [57] A. A. Nacional, “Lei n.º 28/2013 de 12 de Abril.”
- [58] M. A. Fritzen, L. Maria, G. Da, A. H. Nascimento, and M. Chacur, “ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DOS PAVIMENTOS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA ATRAVÉS DO MÉTODO ACN/PCN,” Tech. Rep. 21, Fortaleza/CE - Brasil, 2009.
- [59] J. Z. Igual, *Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – CATÁLOGO PARA PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS*. PhD thesis, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa., 2011.
- [60] P. F. da Cunha, *Dimensionamento e Análise Numérica de Pisos Industriais de Concreto*. PhD thesis, Universidade do Estado do Rio de Janeiro Centro de Tecnologia e Ciências Faculdade de Engenharia, 2012.

- [61] P. Lizi and D. E. Oliveira, “Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto.,” tech. rep., Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2000.
- [62] S. M. Botacini, W. E. Gasparetto, and P. P. F. Rodrigues, “Manual Gerdau de Pisos Industriais,” pp. 11–14, 2006.
- [63] C. D. A. S. JOÃO, “PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS - Aspectos Relevantes Ligados à Conceção, Dimensionamento e às Tecnologias de Execução.,” tech. rep., FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, FEUP., Porto, Portugal, 2014.
- [64] D. Berberian, *Engenharia de Fundações*. Brasília: Infrasolo, Editora Independente, 1ª edição ed., 2015.
- [65] I. y. S. SENER, “PLANO DIRECTOR DO AEROPORTO REGIONAL DE BRAGANÇA,” tech. rep., Câmara Municipal de Bragança a, Bragança, Portugal, 2007.

Apêndice A

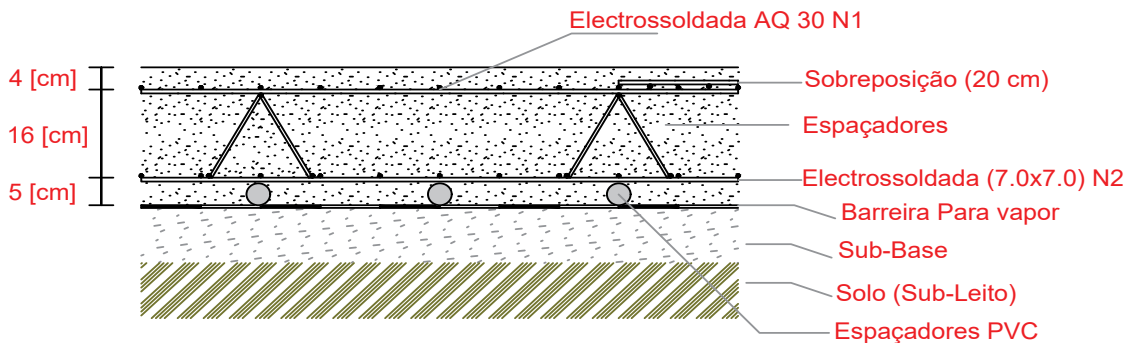
Elementos de Projeto

Pavimento Rígido - FATO



Deve-se prever juntas serradas (preenchidas com selante) e barras de transferência.

São previstas placas de betão com dimensões 15.0 [m] x 6.0 [m]



OBSERVAÇÃO:

A armadura superior deve ser posicionada adequadamente com o auxílio de espaçadores apropriados, como os espaçadores soldados ou os caranguejos;

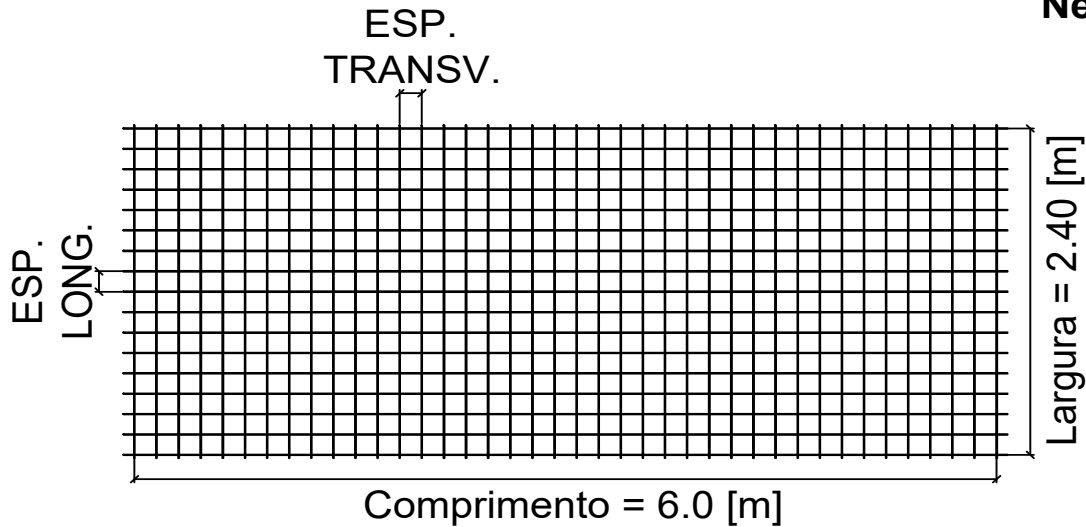
Estes consistem em um segmento de aço de construção, de bitola geralmente de 8,0 ou 10 mm, dobrado em cinco partes, de modo a que três formem um "u" cuja altura seja coincidente com a que se deseja da tela no piso e as outras duas sejam ortogonais ao seu plano, dando sustentação vertical,

CLIENTE: INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUIDA:	
DESENHO: PORMENOR CONSTRUTIVO – PAVIMENTO FATO	DATA: JUN/2020	FOLHA:
PROJETO: HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA:	01/09
RESPONSÁVEL TÉCNICO: THALES SBROGLIA ABRÃO	S/E	

Malhas Electrossoldadas

A500 ER.

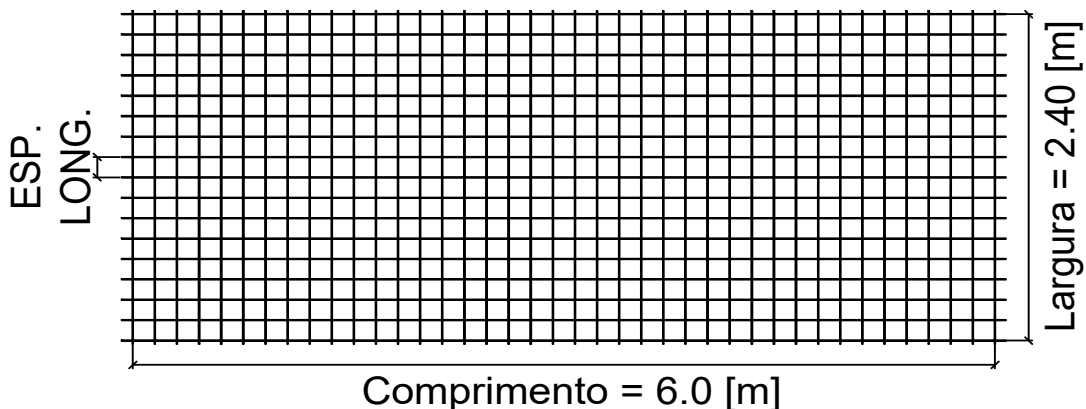
Nervurex



Malhas Quadradas (100x100)	Varões Long.		Varões Transv.		AL	AT	Massa
	dL (mm)	PL (mm)	dc (mm)	Pc (mm)	cm ² /m	cm ² /m	kg/m ²
Nervurex 7.0x7.0	7.0	100	7.0	100	3.85	3.85	6.04

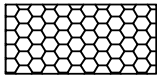
Malhas Electrossoldadas - A500 EL

AQ 30

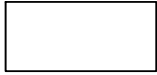


Malhas Quadradas (100x100)	Varões Long.		Varões Transv.		AL	AT	Massa
	dL (mm)	PL (mm)	dc (mm)	Pc (mm)	cm ² /m	cm ² /m	kg/m ²
AQ 30	3.0	100	3.0	100	0.71	0.71	1.11

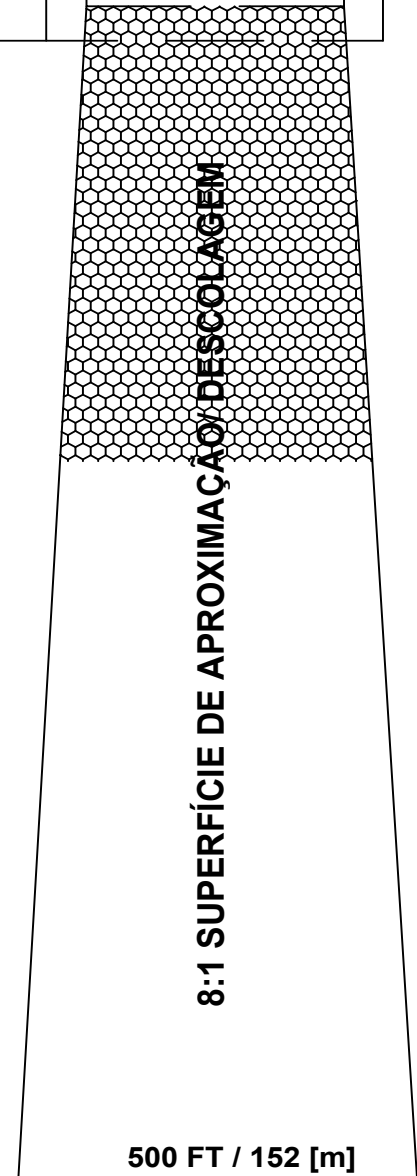
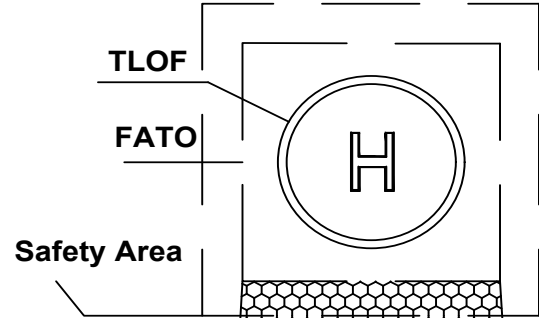
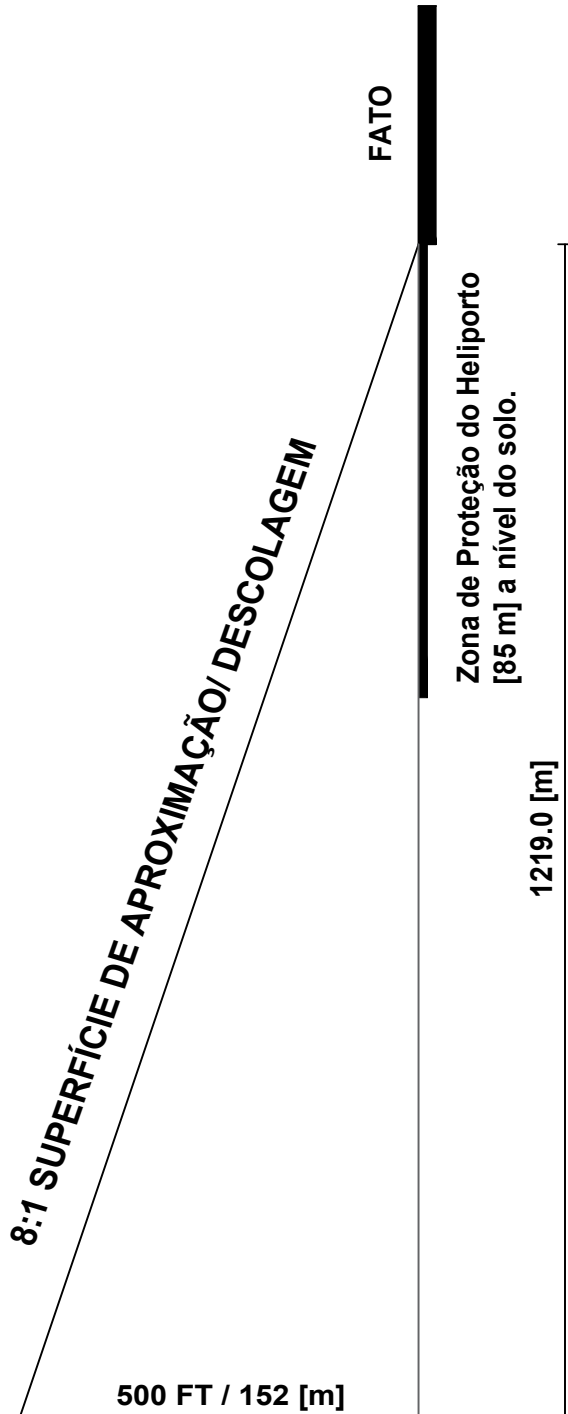
CLIENTE:	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUIDA:	
DESENHO:	ESPECIFICAÇÃO REDE ELECTROSSOLDADA	DATA:	JUN/2020
PROJETO:	HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA:	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	THALES SBROGLIA ABRÃO		
		S/E	FOLHA: 02/09



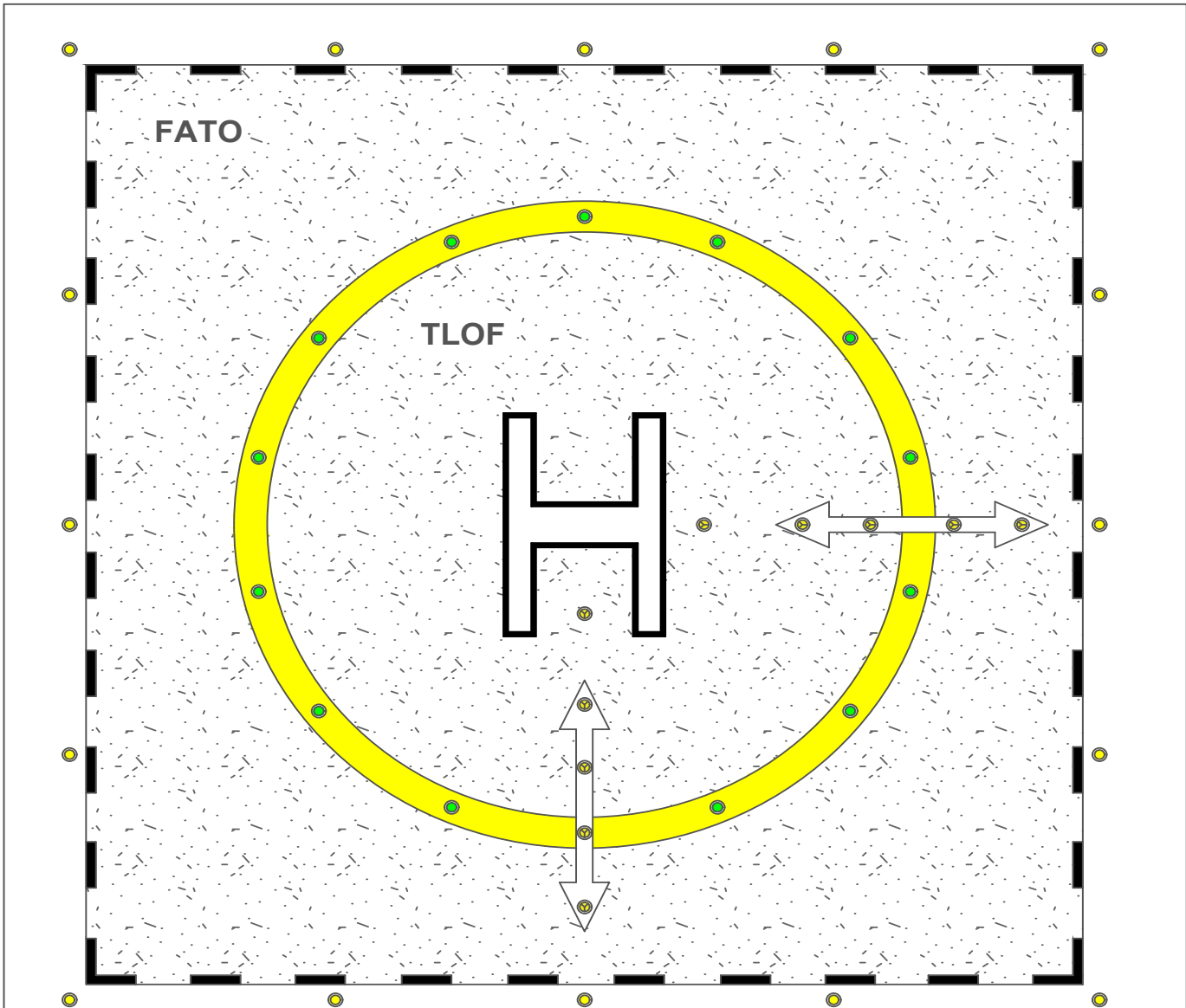
Zona de Proteção do Heliporto
[85 m] a nível do solo.



Superfície de Aproximação



CLIENTE:	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUÍDA:	
DESENHO:	DELIMITAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE APROXIMAÇÃO	DATA:	JUN/2020
PROJETO:	HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA:	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	THALES SBROGLIA ABRÃO		
		S/E	FOLHA: 03/09



OBSERVAÇÕES TLOF:

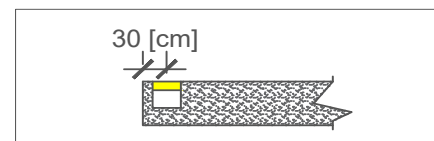
- a) Para uma TLOF circular, deve haver um mínimo de 14 (quatorze) luzes.
- b) As luzes de perímetro da TLOF devem estar uniformemente espaçadas a intervalos máximos de 5.0 m.
- c) As luzes de perímetro da TLOF devem ser embutidas, fixas, onidirecionais na cor verde.

OBSERVAÇÕES FATO:

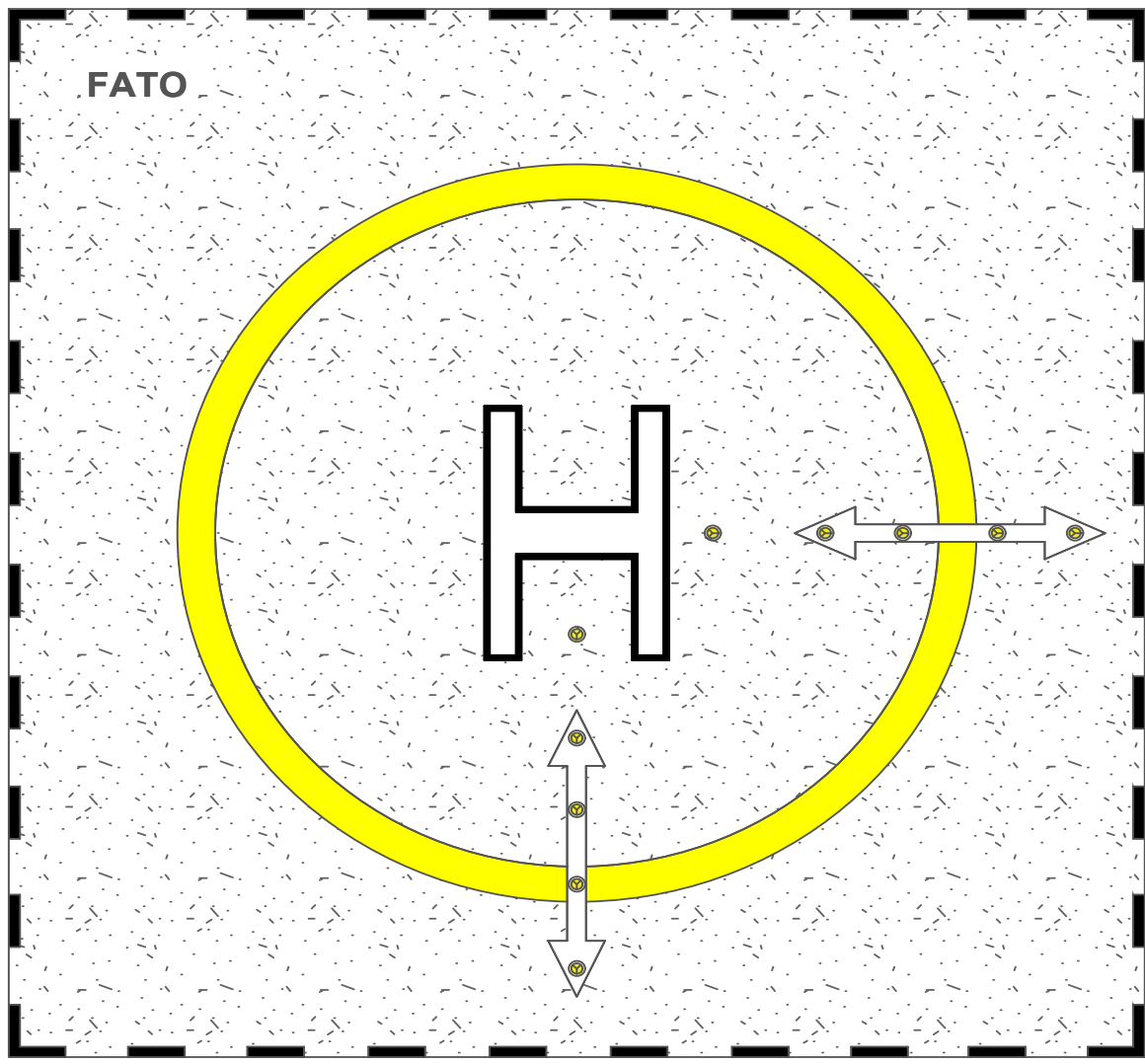
- a) Em áreas quadradas ou retangulares, as laterais devem possuir número ímpar não inferior a 5 (cinco) luzes, incluindo uma luz em cada canto;
- b) Instalar as luzes de perímetro niveladas à FATO, dentro ou fora, a pelo menos 30 cm.

LEGENDA:

- Luzes indicadoras da área de toque;
- Luzes de limite da área de pouso;
- Luzes indicadoras da direção de aproximação.

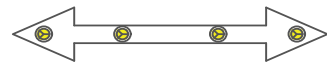


CLIENTE:	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUIDA:	
DESENHO:	BALIZAMENTO LUMINOSO – FATO	DATA:	JUN/2020
PROJETO:	HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA:	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	THALES SBROGLIA ABRÃO		
			FOLHA:
			04/09



INFORMAÇÕES:

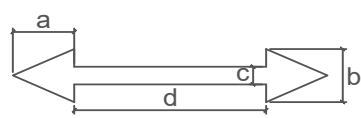
(1) **Luzes de Indicação:** Colocar 3 ou mais, espaçadas de 1.5 [m] a 3.0 [m].
 Tipo de iluminação: omnidirecional, cor amarelo.



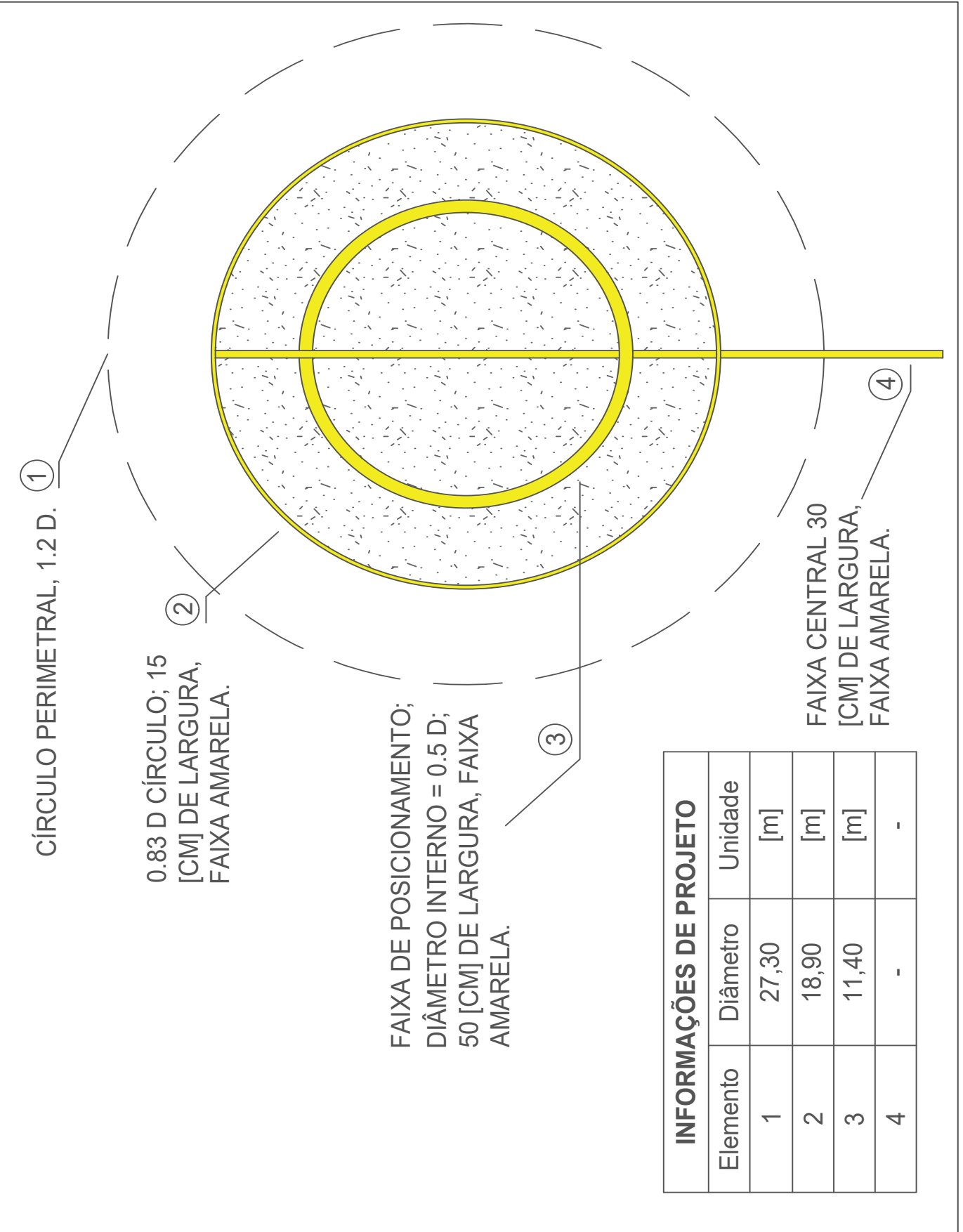
(1.1) As luzes podem ser alinhadas de fora da seta.

(2) **Detalhes da seta:**

- a - 1.60 [m]; c - 0.50 [m];
- b - 1.50 [m]; d - Mín 3.0 [m];

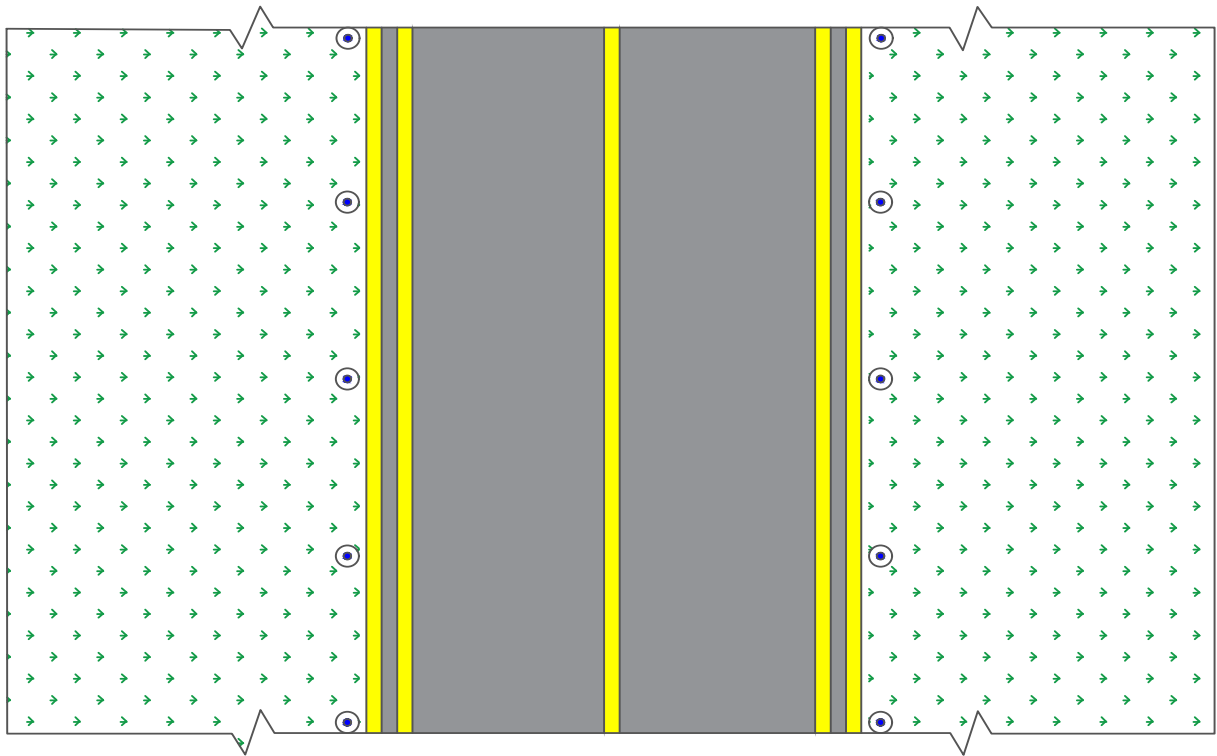


CLIENTE:	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUIDA:	
DESENHO:	SISTEMA LUMINOSO DE DIREÇÃO P/ POUSO.	DATA:	JUN/2020
PROJETO:	HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA:	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	THALES SBROGLIA ABRÃO		
		1:200	FOLHA: 05/09



INFORMAÇÕES DE PROJETO		
Elemento	Diâmetro	Unidade
1	27,30	[m]
2	18,90	[m]
3	11,40	[m]
4	-	-

CLIENTE: INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUIDA:	
DESENHO: DIMENSÕES E MARCAÇÕES – ESTACIONAMENTO	DATA: JUN/2020	FOLHA:
PROJETO: HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA: S/E	60/90
RESPONSÁVEL TÉCNICO: THALES SBROGLIA ABRÃO		



(a) O eixo de uma pista de táxi terrestre deve possuir sinalização horizontal com as seguintes características:

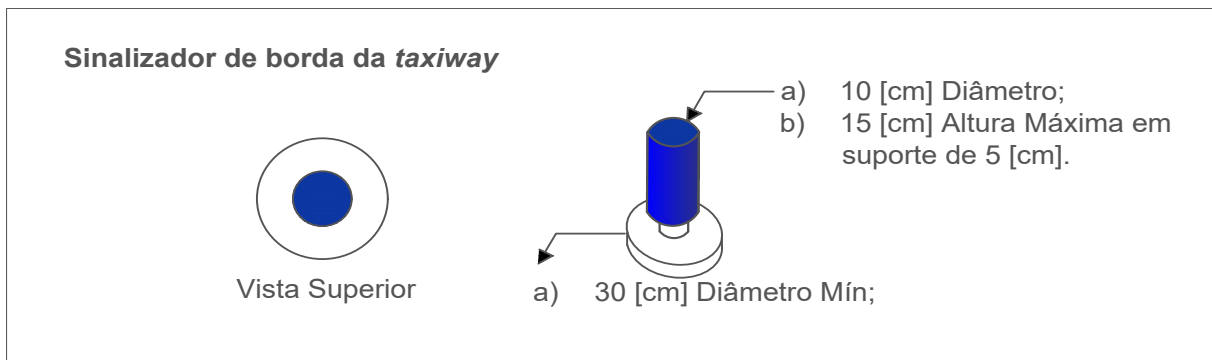
- (1) linha contínua ao longo de todo o eixo da pista de táxi terrestre;
- (2) na cor amarela;
- (3) 15 cm de largura; e

(b) A sinalização horizontal de borda de pista de táxi terrestre deve possuir as seguintes características:

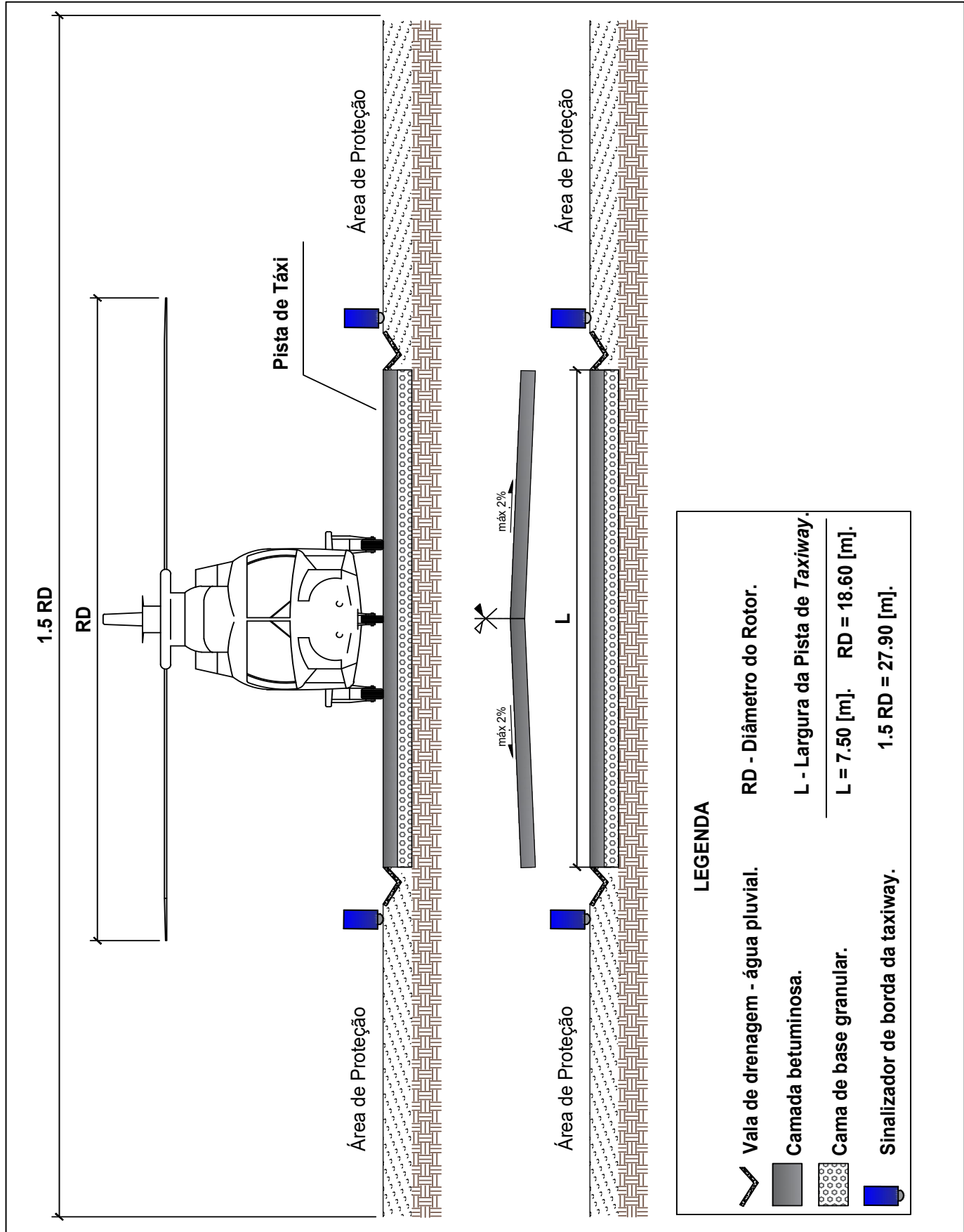
- (1) linha dupla contínua ao longo de toda a borda da pista de táxi terrestre;
- (2) na cor amarela;
- (3) 15 cm de largura, espaçadas entre si em 15 cm;

(c) Os sinalizadores de borda de pista de táxi terrestre devem possuir as seguintes características:

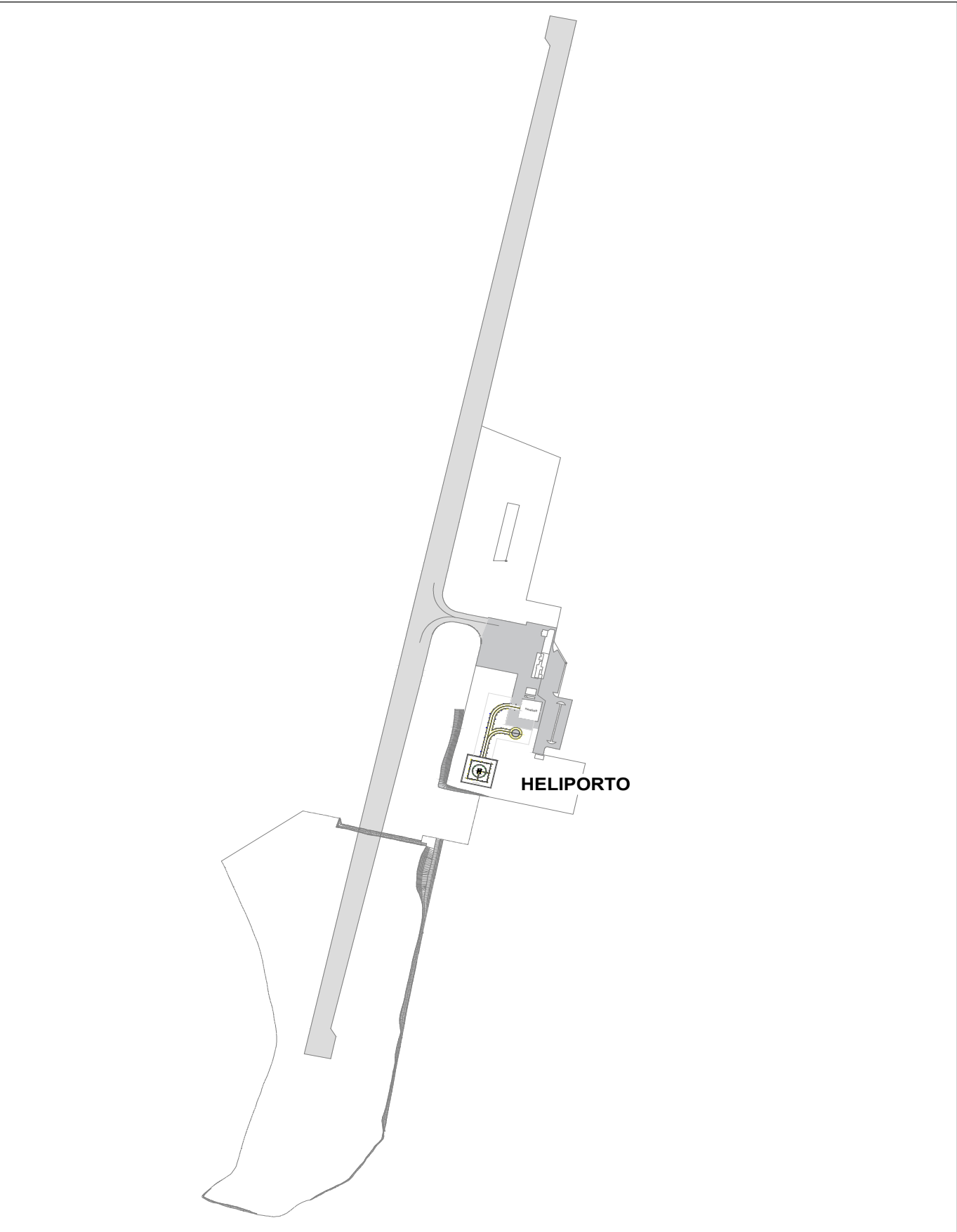
- (1) posicionados numa distância compreendida entre 0.5 e 3.0 m além da borda da pista de táxi terrestre
- (2) uniformemente distribuídos em intervalos não superiores a 15 m nos trechos retos e 7.5 m nos curvos, sendo que, em cada trecho devem ser instalados, no mínimo, 4 (quatro) sinalizadores igualmente espaçados;



CLIENTE:	INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUIDA:	
DESENHO:	SINALIZAÇÃO DA PISTA DE TAXIWAY	DATA:	JUN/2020
PROJETO:	HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA:	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	THALES SBROGLIA ABRÃO		
		S/E	FOLHA: 07/09



CLIENTE: INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUÍDA:	
DESENHO: PORMENORIZAÇÃO PISTA DE TAXIWAY	DATA: JUN/2020	FOLHA:
PROJETO: HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA: S/E	08/09
RESPONSÁVEL TÉCNICO: THALES SBROGLIA ABRÃO		



CLIENTE: INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	ÁREA CONSTRUIDA:
DESENHO: LOCALIZAÇÃO DO HELIPORTO NO AERÓDROMO	DATA: MAIO/2020 FOLHA:
PROJETO: HELIPORTO DE BRAGANÇA	ESCALA: 1/5
RESPONSÁVEL TÉCNICO: THALES SBROGLIA ABRÃO	09/09