



Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários
Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

FRANCISCO MANUEL DA FONSECA FONTES
(Licenciado em Tecnologias e Gestão Municipal)

Dissertação para Obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Especialização de Vias de Comunicação e Transportes

Orientador:

Licenciada, Especialista Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes

Júri:

Presidente: Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Vogais:

Doutor Henrique Manuel Borges Miranda

Licenciada, Especialista Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes

Setembro de 2024

Crêterios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circula o Aeroportuários

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

FRANCISCO MANUEL DA FONSECA FONTES
(Licenciado em Tecnologias e Gestão Municipal)

Disserta o para Obten o do grau de Mestre em Engenharia Civil, na área de Especializa o de Vias de Comunica o e Transportes

Orientador:

Licenciada, Especialista Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes (ISEL/DEC)

Júri:

Presidente: Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva (ISEL/DEC)

Vogais:

Doutor Henrique Manuel Borges Miranda (ISEL/DEC)

Licenciada, Especialista Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes (ISEL/DEC)

Setembro de 2024

Agradecimentos

Começo por agradecer à minha família que sempre apoiou e contribuiu para os meus estudos, inclusive durante a elaboração deste trabalho. Agradeço sobretudo à minha mãe Ana Paula e à minha avó Alice, que também se dedicaram arduamente para que esta etapa fosse concluída.

Agradeço à minha orientadora Eng.^a Luísa Teles Fortes, pelo constante acompanhamento deste trabalho e pela orientação que se revelou crucial em todo o processo.

Ao Eng.^o Armando Martins, ao Eng.^o Miguel Mendes e ao meu irmão Bernardo deixo também os meus agradecimentos, pela partilha do conhecimento e experiência na área da aviação.

Por fim, agradeço aos amigos, colegas e restantes professores de curso pelo contributo prestado no meu percurso académico.

Declaração de integridade

Declaro que esta dissertação é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor

Francisco Fontes

Lisboa, 30 de setembro de 2024

Resumo

Ao longo do tempo temos vindo a observar um grande desenvolvimento tecnológico na aviação, tornando mais próximos todos os pontos do mundo. A eficiência e segurança deste modo de transporte pressupõem um elevado grau de exigência que engloba várias engenharias, incluindo a engenharia civil. Deste modo, surgem vários desafios que carecem do estudo de soluções para manter o bom funcionamento dos diferentes serviços de um aeroporto, nomeadamente no que diz respeito à sua capacidade, um problema que assola várias infraestruturas atualmente.

Em Portugal, o problema da falta de capacidade nos aeroportos surge desde os primeiros tempos da aviação comercial, tendo sido realizadas várias intervenções nas infraestruturas, ao longo do tempo como forma de responder ao aumento da procura. No entanto, tudo o que foi implementado não se mostrou suficiente, uma vez que este problema persistiu até hoje.

Entre os vários fatores que influenciam a capacidade de um aeroporto, a configuração das placas de estacionamento e dos caminhos de circulação desempenha um papel muito importante na gestão do tráfego. O seu dimensionamento baseia-se em vários critérios e normas, permitindo a elaboração de projetos que visam otimizar esta gestão e consequentemente aumentar o número de movimentos de aeronaves.

Assim, este trabalho final de mestrado pretende, para além de apresentar os principais critérios de dimensionamento das placas de estacionamento e dos caminhos de circulação, estudar a relação entre os referidos critérios e o aumento de capacidade das infraestruturas aeroportuárias, concluindo sobre a forma como a configuração destes elementos pode influenciar o aumento dos movimentos de aeronaves, e a eficiência dos aeroportos.

O Aeroporto de Beja foi associado à Base Aérea n.º 11, em 2011, inicialmente para apoiar os aeroportos de Lisboa e Faro devido à falta de capacidade dos mesmos. Sendo uma infraestrutura já construída e com muitos potenciais no que diz respeito ao setor da aviação, é importante ser valorizada, situação que motivou a seleção do Aeroporto de Beja como caso de estudo, com o objetivo de serem apresentadas duas propostas que combinem novos caminhos de circulação e o alargamento da placa de estacionamento existente, atendendo a que as características atuais constituem uma limitação à exploração da referida infraestrutura.

Palavras-Chave: Aeroporto, critérios de dimensionamento aeroportuário, caminhos de circulação, placas de estacionamento, capacidade, Aeroporto de Beja.

Abstract

Over time we have observed great technological development in aviation, making all points in the world closer. The efficiency and safety of this mode of transport implies a high level of requirements that encompasses various engineering areas, including civil engineering. In this way, several challenges arise that require the study of solutions to maintain the proper functioning of the different services at an airport, particularly regarding its capacity, a problem that currently affects several infrastructures.

In Portugal, the problem of lack of capacity at airports has been present since the early days of commercial aviation, with several infrastructure interventions having been carried out over time as a way of responding to increased demand. However, everything that was implemented did not prove to be enough, as this problem has persisted to this day.

Among the various factors that influence an airport's capacity, the configuration of aprons and taxiways plays a very important role in traffic management. Its design is based on various criteria and standards, allowing the development of projects that aim to optimize and consequently increase the number of aircraft movements.

Therefore, this final master's thesis aims, in addition to presenting the main criteria for designing aprons and taxiways, to study the relationship between the design criteria and the increase in capacity of airport infrastructures, concluding on how the configuration of these elements can influence the increase in aircraft movements and the efficiency of airports.

Beja Airport was associated with Air Base No. 11 in 2011, initially to support Lisbon and Faro airports due to their lack of capacity. As an infrastructure that has already been built and has many potentials with regard to the aviation sector, it is important to be valued, a situation that motivated the selection of Beja Airport as a case study, with the aim of presenting two proposals that combine new taxiways and the widening of the existing apron, considering that the current characteristics constitute a limitation to the operation of said infrastructure.

Keywords: Airport, airport design criteria, taxiway, apron, capacity, Beja Airport.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivação e Objetivos	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura do Trabalho	4
2. O Transporte Aéreo em Portugal	7
2.1. Enquadramento Histórico	7
2.2. Evolução das Infraestruturas Aeroportuárias	13
2.2.1. Aeroporto Humberto Delgado	14
2.2.2. Aeroporto Francisco Sá Carneiro	20
2.2.3. Aeroporto Gago Coutinho	24
3. Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários	29
3.1. Componentes de um Aeroporto	29
3.2. Classificação de um Aeroporto	31
3.3. Placas de Estacionamento	34
3.3.1. Tipos de Placas de Estacionamento e os seus Constituintes	35
3.3.2. Principais Critérios Dimensionamento	39
3.4. Caminhos de Circulação	48
4. Capacidade Aeroportuária: Principais Fatores	63
4.1. Pista	64
4.2. Caminhos de Circulação	66
4.3. Placas de Estacionamento	72
4.4. Considerações Gerais	75
5. Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja	77
5.1. Enquadramento	77
5.2. Caracterização da Infraestrutura	80
5.3. Condicionantes	88
5.4. Propostas no Âmbito do Aumento de Capacidade	89
5.4.1. Pressupostos de Dimensionamento	89
5.4.2. Proposta 1 – Ampliação da Placa de Estacionamento e Novos Caminhos de Circulação	90
5.4.3. Proposta 2 – Ampliação da Placa de Estacionamento e Novas Saídas Rápidas	94
5.4.4. Considerações Gerais das Propostas Apresentadas	98
6. Conclusões Gerais e Recomendações para Desenvolvimentos Futuros	101
Referências Bibliográficas	105
ANEXOS	113

Índice de Figuras

Figura 1.1. Envolvente do Aeroporto Humberto Delgado.....	1
Figura 2.1. Gravura do aeróstato de Lourenço de Gusmão.....	7
Figura 2.2. Aeronave após a realização do primeiro voo motorizado em Portugal em 1909.	8
Figura 2.3. Escola da Aviação Militar em Vila Nova da Rainha	9
Figura 2.4. Aeroporto de Cabo Ruivo em 1939	10
Figura 2.5. Aeroporto de Lisboa nos anos 40.....	10
Figura 2.6. Aeroporto do Porto em 1947	10
Figura 2.7. Aeroporto de Faro em construção	10
Figura 2.8. Aeronaves que aterraram em Portugal nos principais aeroportos.....	11
Figura 2.9. Tráfego de passageiros nos principais aeroportos em Portugal.....	11
Figura 2.10. Tráfego de passageiros no Aeroporto Humberto Delgado	12
Figura 2.11. Tráfego de passageiros no Aeroporto Francisco Sá Carneiro.....	12
Figura 2.12. Tráfego de passageiros no Aeroporto Gago Coutinho	12
Figura 2.13. Distribuição do número total de passageiros em 2023 pelos principais aeroportos portugueses.....	13
Figura 2.14. Localização do Aeroporto Humberto Delgado	14
Figura 2.15. Evolução do Aeroporto Humberto Delgado de 1942 até 1992	15
Figura 2.16. Terminais do Aeroporto Humberto Delgado.....	16
Figura 2.17. Localização da base aérea de Figo Maduro	18
Figura 2.18. Proposta para o Terminal 3 do Aeroporto Humberto Delgado.....	18
Figura 2.19. Configuração atual do Aeroporto Humberto Delgado	19
Figura 2.20. Projeção da procura anual no Aeroporto Humberto Delgado até 2086.....	19
Figura 2.21. Localização do Aeroporto Francisco Sá Carneiro.....	20
Figura 2.22. Evolução do Aeroporto Francisco Sá Carneiro entre 2003 e 2022	22
Figura 2.23. Localização do Aeroporto Gago Coutinho.....	24
Figura 2.24. Terminal do Aeroporto Gago Coutinho antes e após as intervenções realizadas entre 1989 e 2001.....	25
Figura 2.25. Evolução do Aeroporto Gago Coutinho entre 2006 e 2022	26
Figura 3.1. Componentes de um aeroporto	29
Figura 3.2. Configuração das pistas.	30
Figura 3.3. Exemplo de orientação das pistas.....	31
Figura 3.4. Dimensões de uma Aeronave.	32
Figura 3.5. Dimensões do Airbus A380	33
Figura 3.6. Constituintes de uma placa de estacionamento.....	34
Figura 3.7. Placa de estacionamento próxima do terminal	35
Figura 3.8. Placa de estacionamento remota	35

Figura 3.9. Ponte estacionária	36
Figura 3.10. Ponte móvel	36
Figura 3.11. Passagens para peões na placa de estacionamento.....	36
Figura 3.12. Equipamento e veículos de serviço numa placa de estacionamento	37
Figura 3.13. Via de serviço localizada entre a parte frontal das aeronaves e o terminal	38
Figura 3.14. Vias de serviço entre aeronaves e entre a parte traseira das aeronaves e o caminho de circulação da placa de estacionamento.....	38
Figura 3.15. Placa de estacionamento do terminal de carga	39
Figura 3.16. Placa de estacionamento de manutenção	39
Figura 3.17. Espaço a considerar num lugar de estacionamento	43
Figura 3.18. Espaço necessário para as auto-manobras em estacionamento oblíquo	44
Figura 3.19. Espaço necessário para as auto-manobras em estacionamento paralelo	44
Figura 3.20. Espaço necessário para as manobras assistidas por reboque em estacionamento perpendicular.....	45
Figura 3.21. Configuração dos lugares de estacionamento de quatro aeroportos internacionais	47
Figura 3.22. Caminhos de circulação no sistema aeroportuário	48
Figura 3.23. Constituintes de um caminho de circulação.....	49
Figura 3.24. Separação entre uma pista e um caminho de circulação paralelo	50
Figura 3.25. Separação entre dois caminhos de circulação paralelos.....	51
Figura 3.26. Separação entre os caminhos de circulação e os objetos na envolvente	53
Figura 3.27. Separação entre os caminhos de circulação e os lugares de estacionamento.....	54
Figura 3.28. Dimensões consideradas para o cálculo da sobrelargura	57
Figura 3.29. Método dos três segmentos	60
Figura 3.30. Dimensionamento de um RET para pistas de código 1 e 2.....	61
Figura 3.31. Dimensionamento de um RET para pistas de código 3 e 4.....	62
Figura 4.1. Definição de capacidade prática e capacidade teórica	63
Figura 4.2. Caminho de circulação paralelo alternativo no aeroporto de Frankfurt	68
Figura 4.3. Capacidade de um TWY: Chegadas	69
Figura 4.4. Modelos de simulação no aeroporto de Samsun Sarçamba na Turquia	70
Figura 4.5. O impacto da implementação de um RET no Aeroporto Humberto Delgado	72
Figura 4.6. Fator de dimensão dos lugares de estacionamento	74
Figura 4.7. Aumento da capacidade aeroportuária: principais formas.....	76
Figura 5.1. Planta de localização do Aeroporto de Beja	77
Figura 5.2. Atividades aeronáuticas potenciais do Alentejo identificadas em 2005.....	78
Figura 5.3. Isócronas de Beja	79
Figura 5.4. Aeroporto de Beja: Placa de estacionamento e terminal civil	80
Figura 5.5. Aeroporto de Beja	81
Figura 5.6. Lado terra do Aeroporto de Beja	81

Figura 5.7. Acessibilidades rodoviárias do Aeroporto de Beja	82
Figura 5.8. Rede ferroviária nacional: eletrificação prevista até 2030	83
Figura 5.9. Planta da implantação da primeira fase do Aeroporto de Beja.....	84
Figura 5.10. Dimensões dos lugares de estacionamento existentes no Aeroporto de Beja.....	85
Figura 5.11. Carta de aeródromo do Aeroporto de Beja	87
Figura 5.12. Área de expansão da placa de estacionamento	88
Figura 5.13. Zona exclusiva para operações de manutenção e carga	89
Figura 5.14. Dimensões consideradas na placa de estacionamento da Proposta 1.	92
Figura 5.15. TWY P1 e TWY E (Proposta 1).	93
Figura 5.16. Capacidade do TWY E: chegadas	93
Figura 5.17. TWY P3 (Proposta 2).....	95
Figura 5.18. RET A e B e TWY P1 com nova extensão (Proposta 2).....	96
Figura 5.19. Diretriz das RET.....	97
Figura A.1. Desvio máximo (h máx) do trem principal.....	A.1
Figura A.2. Ângulo de viragem.....	A.2
Figura A.3. Aumento do ângulo de viragem numa curva circular.....	A.3
Figura A.4. Diminuição do ângulo de viragem ao longo da curva circular	A.4
Figura B.1. Operações por hora por lugar (G)	B.1

Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Evolução da capacidade no Aeroporto Humberto Delgado: número de movimentos	17
Tabela 2.2. Evolução da capacidade do Aeroporto Francisco Sá Carneiro: número de movimentos	23
Tabela 2.3 Evolução da capacidade no Aeroporto Francisco Sá Carneiro: número de passageiros	23
Tabela 2.4 Evolução da capacidade do Aeroporto Gago Coutinho: número de movimentos	27
Tabela 2.5 Evolução da capacidade no Aeroporto Gago Coutinho: número de passageiros	27
Tabela 3.1. Código de referência da ICAO para a classificação dos aeroportos	32
Tabela 3.2. Configurações de placas de estacionamento e terminais de passageiros	41
Tabela 3.3. Separação mínima entre as aeronaves e os objetos na envolvente.	43
Tabela 3.4. Distância mínima admissível em lugares de estacionamento.....	46
Tabela 3.5. Distância mínima de segurança entre o trem de aterragem e a berma de um TWY	50
Tabela 3.6. Separação mínima em metros entre uma pista e um caminho de circulação paralelo	51
Tabela 3.7. Desvio lateral máximo e incremento.....	52
Tabela 3.8. Separação mínima entre dois caminhos de circulação paralelos	52
Tabela 3.9. Separação mínima entre um TWY e os objetos na envolvente	53
Tabela 3.10. Largura mínima dos caminhos de circulação num troço retilíneo.	54
Tabela 3.11. Largura de cada berma dos caminhos de circulação.....	55
Tabela 3.12. Largura das zonas de faixa dos caminhos de circulação.....	58
Tabela 3.13. Relação entre a velocidade e o raio das curvas circulares	58
Tabela 3.14. Velocidade limite para os diferentes tipos de aeronaves	59
Tabela 4.1. Capacidade horária do sistema de pistas com base na sua configuração	65
Tabela 4.2. Separação entre aeronaves em pistas paralelas para aproximação IFR	66
Tabela 4.3. Desenvolvimento de um sistema de caminhos de circulação.....	67
Tabela 4.4. Classificação das aeronaves	68
Tabela 4.5. Resultados das simulações realizadas por Dönmez et al. (2023) para as diferentes configurações de um sistema de caminhos de circulação.	71
Tabela 4.6. Resultados das simulações realizadas por Dönmez et al. (2023) para as diferentes configurações de um sistema de caminhos de circulação.	71
Tabela 5.1. Dimensões das pistas do Aeroporto de Beja.....	85
Tabela 5.2. Características das aeronaves de referência	90
Tabela 5.3. Cálculo do número de lugares de estacionamento para a Proposta 1.	91
Tabela 5.4. Dimensões dos lugares de estacionamento da placa da Proposta 1.	91
Tabela 5.5. Resultados do cálculo do número de lugares de estacionamento para a Proposta 2.	94
Tabela 5.6. Dimensões dos lugares de estacionamento da Proposta 2.	95

Tabela 5.7. Resultados do cálculo da localização das RET.....	96
Tabela 5.8. Velocidade de cálculo dos raios das curvas circulares das RET e ligações.	97
Tabela 5.9. Comparação das propostas para o Aeroporto de Beja.	99

Siglas e Abreviaturas

- ACRP** – *Airport Cooperative Research Program*
- AMS** – Aeroporto de Amesterdão Schiphol
- ANA** – Aeroportos e Navegação Aérea
- ANAC** – Autoridade Nacional da Aviação Civil
- AP** – Aero Portuguesa, Lda.
- CCDR** – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
- CTI** – Comissão Técnica Independente
- DER** – *Departure End of Runway*
- EASA** – *European Aviation Safety Agency*
- EDAB** – Empresa de Desenvolvimento do Aeroporto de Beja
- FAA** – Administração Federal da Aviação (*Federal Aviation Administration*)
- FRA** – Aeroporto Internacional de Frankfurt
- GNAL** – Gabinete do Novo Aeroporto de Lisboa
- ICAO** – Organização Internacional da Aviação Civil
- IFR** – Regras de Voo Por Instrumentos (*Instrument Flight Rules*)
- INE** – Instituto Nacional de Estatística
- JFK** – Aeroporto Internacional John F. Kennedy
- LHR** – Aeroporto de Londres – Heathrow
- NAV** – Navegação Aérea de Portugal
- MESA** – Manutenção, Engenharia e Serviços de Aeronaves Lda.
- RET** – Caminho de circulação de saída rápida (*rapid exit taxiway*)
- RTP** – Rádio e Televisão de Portugal
- SAP** – Serviços Aéreos Portugueses, Lda.
- TAP** – Transportes Aéreos Portugueses, S.A.
- TWY** – Caminho de Circulação (*taxiway*)
- VFR** – Regras de Voo Visual (*Visual Flight Rules*)

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A área da aviação é multidisciplinar, englobando diferentes especialidades que se articulam de forma eficaz para tornar o transporte aéreo no modo de transporte mais seguro dos dias de hoje. Neste âmbito, a engenharia civil desempenha um papel muito importante e fulcral nas infraestruturas que servem tanto os passageiros como as aeronaves que circulam diariamente e em grande número.

Em Portugal os principais aeroportos foram construídos e inaugurados há quase um século, operando com condições completamente diferentes das atuais. Apesar de todas as soluções implementadas ao longo de várias décadas, alguns problemas persistem e a margem de alternativas diminui cada vez mais, ao ponto de se pensar em construir novas infraestruturas em complemento das existentes ou de simplesmente as substituírem. Esta problemática prevalecerá, uma vez que o setor da aviação mostra sinais de crescimento.

Adicionalmente, tem-se testemunhado um grande crescimento urbanístico nas áreas adjacentes às infraestruturas existentes, como se verifica no exemplo ilustrado na Figura 1.1 do Aeroporto Humberto Delgado situado na cidade de Lisboa, onde este crescimento é evidente, representando um forte constrangimento à respetiva ampliação. Para além disso, o avanço tecnológico que se tem vindo a observar conduz à utilização de aeronaves de maior dimensão e com novos requisitos referentes às infraestruturas onde operam.



Figura 1.1. Envoltente do Aeroporto Humberto Delgado (adaptado de Google Earth, 2024).

Neste contexto, é, portanto, comum pensar-se em projetos de ampliação que visam colmatar a falta de capacidade e melhorar a eficiência das infraestruturas aeroportuárias. Em Portugal, nomeadamente, este tema já está presente desde os primeiros tempos da aviação civil, continuando a ser um assunto de debate, com fortes implicações políticas e económicas. Sendo um país com grande componente turística, torna-se vantajoso ter as condições necessárias para reter toda a procura existente e até criar mais oferta, utilizando a aviação como fator de desenvolvimento.

Os critérios de dimensionamento assumem um papel fundamental na conceção e no projeto das infraestruturas aeroportuárias, em particular no que se refere ao aumento da capacidade. Apesar de existirem vários fatores que influenciam a gestão do tráfego num aeroporto, a configuração das placas de estacionamento e dos caminhos de circulação, assim como o seu número, constituem uma das principais condicionantes associadas à capacidade aeroportuária, sendo, portanto, necessário abordar as respetivas normas de dimensionamento.

O Aeroporto de Beja já se encontra construído desde 2011, e atualmente desempenha atividades ligadas à aviação civil e à aviação militar, uma vez que está localizado em zona adjacente à Base Aérea n.º 11. No que diz respeito à aviação comercial, o aeroporto serve de base para uma companhia aérea privada portuguesa e recebe voos privados e aeronaves para manutenção. Apesar do reduzido volume de tráfego, esta infraestrutura apresenta um grande potencial a longo prazo, mesmo que o seu foco não seja totalmente o transporte de passageiros. No entanto, a sua capacidade está limitada devido à reduzida dimensão da placa de estacionamento existente.

A seleção do Aeroporto de Beja para o desenvolvimento do caso de estudo foi motivada pelo facto desta infraestrutura já estar construída, mas a sua exploração estar subaproveitada. Para além disso, apresenta poucas condicionantes ao desenvolvimento de soluções de ampliação que visam otimizar a sua capacidade, revelando-se, desta forma, uma opção que se destaca face às restantes infraestruturas aeroportuárias em Portugal.

1.2. Motivação e Objetivos

O tema do Trabalho Final de Mestrado é motivado não só pela cativante área da aviação e pelo desafio que os projetos de natureza aeroportuária acarretam, mas também pelo facto de esta matéria não ser lecionada no programa curricular do Curso de Mestrado. Para além disso, os documentos normativos existentes são maioritariamente de carácter internacional, sendo

a legislação portuguesa escassa sobre esta temática, não existindo documentos normativos. Por outro lado, face ao debate atual neste setor, surge também uma vontade em tentar perceber como valorizar este tipo de infraestruturas e identificar quais as implicações que estes projetos trazem para as mesmas.

A produção do presente Trabalho Final de Mestrado tem subjacentes os seguintes objetivos:

- Identificar os diferentes componentes aeroportuários e a sua relação;
- Apresentar de forma clara os critérios geométricos estipulados nas normas aplicáveis para o projeto de placas de estacionamento e dos caminhos de circulação;
- Encontrar a relação entre alguns dos critérios de dimensionamento e o aumento de capacidade de um aeroporto;
- Aplicar os conhecimentos adquiridos na realização de um estudo de natureza aeroportuária, através de um caso prático, no Aeroporto de Beja, propondo uma solução que possa ter utilidade no futuro desta infraestrutura, envolvendo diferentes configurações para as placas de estacionamento e para os caminhos de circulação;
- Contribuir para a valorização do Aeroporto de Beja, aumentando a sua utilização e eficiência.

1.3. Metodologia

De forma a concretizar os objetivos propostos anteriormente, é necessário adotar uma metodologia de trabalho que estabeleça os procedimentos que serão seguidos durante o desenvolvimento do Trabalho Final de Mestrado, e que pode ser sintetizada da seguinte forma:

- Revisão bibliográfica dos critérios geométricos utilizados no dimensionamento aeroportuário, com destaque para os documentos normativos e técnicos das entidades competentes;
- Análise dos critérios de dimensionamento das placas de estacionamento e dos caminhos de circulação;
- Análise e relacionamento dos principais fatores associados ao aumento da capacidade dos aeroportos, através da verificação e comparação de diferentes estudos e documentos técnicos realizados neste âmbito;
- Estudo detalhado das características do Aeroporto de Beja, de forma a serem apresentadas soluções que consistam na ampliação da placa de estacionamento e criação de novos caminhos de circulação.

1.4. Estrutura do Trabalho

A estrutura do trabalho está dividida em seis capítulos, cujo conteúdo se descreve resumidamente:

- Capítulo 1: Introdução;
- Capítulo 2: O Transporte Aéreo em Portugal;
- Capítulo 3: Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários;
- Capítulo 4: Capacidade Aeroportuária: Principais Fatores;
- Capítulo 5: Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja;
- Capítulo 6: Conclusões Gerais e Recomendações para Desenvolvimentos Futuros.

O primeiro capítulo apresenta o enquadramento do tema do trabalho, de forma a justificar a importância do mesmo, em particular no panorama atual português, apresentando também os objetivos que se pretendem atingir com o seu desenvolvimento, a metodologia utilizada e a forma como está estruturado.

No segundo capítulo é feito um enquadramento histórico relativamente ao transporte aéreo em Portugal, onde se relata alguns acontecimentos marcantes que afirmaram a aviação no país, mostrando também a evolução deste setor desde os primeiros voos realizados e as primeiras infraestruturas, assim como os desafios que o mesmo atualmente enfrenta. Para além disso, é feito também um enquadramento da situação atual dos principais aeroportos portugueses, de forma a ser perceptível em que condições operam e qual a sua evolução ao longo do tempo.

O terceiro capítulo apresenta as bases para o dimensionamento das placas de estacionamento e dos caminhos de circulação, assim como são também mencionados alguns conceitos fundamentais sobre as características geométricas dos aeroportos.

No quarto capítulo é retratada a capacidade aeroportuária dos seguintes componentes: pistas, caminhos de circulação e placas de estacionamento, verificando-se a relação entre o seu aumento e o dimensionamento definido no capítulo anterior. O conteúdo do terceiro e quarto capítulos servirá como base para o desenvolvimento do caso de estudo que será objeto do capítulo seguinte.

No quinto capítulo é apresentado o caso de estudo relacionado com o aumento da capacidade do Aeroporto de Beja. Nesse sentido, serão apresentadas duas propostas, sendo a segunda

uma evolução da primeira. Estas propostas têm como base cenários previamente definidos, com estimativas de tráfego, que permitirão avaliar que elementos são necessários para existir capacidade suficiente para receber um determinado número de aeronaves.

Por fim, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões no que se refere às características do dimensionamento das placas de estacionamento e dos caminhos de circulação, assim como os desafios enfrentados e os trabalhos que são necessários desenvolver no futuro.

2. O Transporte Aéreo em Portugal

2.1. Enquadramento Histórico

A aviação é proveniente não só da grande ambição por parte do ser humano em voar, como também dos grandes avanços tecnológicos realizados maioritariamente em tempos de guerra, onde a necessidade de inovação das estratégias, táticas e equipamentos, desempenha um papel importante no contexto militar.

A primeira menção de um voo realizado em território português tem a data de 1518, consistindo em experiências realizadas com um aeróstato (aeronave mais leve do que o ar) sem grande êxito. Quase dois séculos mais tarde, em 1709, o padre Lourenço de Gusmão realiza a primeira subida e livre sustentação na atmosfera de um aeróstato, acontecimento que ganha grande relevância na história da aviação. O dispositivo utilizado, cuja gravura está representada na Figura 2.1, atingiu quatro metros de altura, tratando-se de um globo de papel que ascendia através de uma vela acesa colocada no seu interior, podendo-se afirmar que foi o primeiro voo realizado publicamente com um balão de ar quente (Henriques-Mateus, 2009).

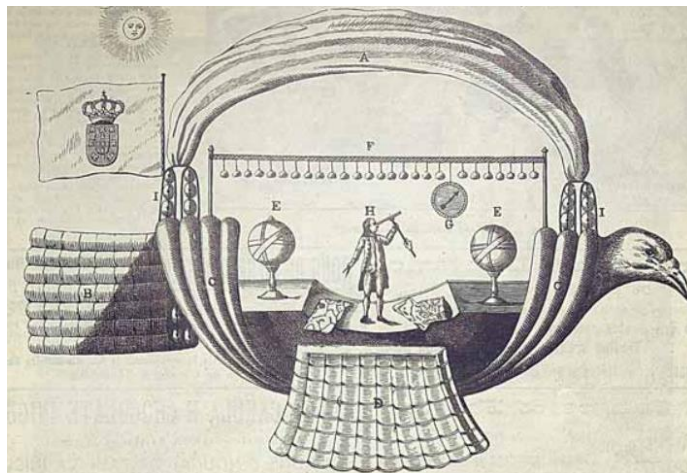


Figura 2.1. Gravura do aeróstato de Lourenço de Gusmão (O Ocidente, 1909).

No final do século XVIII ocorre o primeiro voo tripulado num balão de ar quente em França. Em Portugal, em 1784, o padre João Faustino realiza uma experiência idêntica à de Lourenço de Gusmão, também com um dispositivo não tripulado que consistia num balão de ar quente, mas desta vez, o mesmo consegue atingir cerca de 700 metros de altura com uma duração de 20 minutos de voo. Só em 1794 é que se realiza o primeiro voo tripulado em território nacional, por parte do capitão italiano *Vincenzo Lunardi*, que apesar de não ter sido bem

sucedido devido a vários incidentes, conseguiu percorrer uma distância de 70 quilómetros entre a Praça do Comércio em Lisboa e a Vila de Lavre, perto de Vendas Novas (Cruz, 2019).

Portugal era um país com pouco poder económico para que a aviação pudesse ter um desenvolvimento semelhante a países europeus como Inglaterra, França ou Alemanha e para além disso, não detinha ainda os conhecimentos científicos necessários para acompanhar os avanços tecnológicos, que com a Revolução Industrial no século XIX, introduziram o motor a vapor e o motor de combustão interna a gasolina, invenções de grande importância para a aviação (Cruz, 2019).

O primeiro voo de uma aeronave motorizada em Portugal (mais pesada do que o ar) é realizado em 1909 no hipódromo de Belém pelo piloto francês *Armand Zipfel*, depois de já ter feito várias demonstrações por vários países europeus. Nesta altura, a aviação era considerada também como um desporto de alto risco que podia resultar em acidentes, como se registou na Festa da Aviação realizada em outubro de 1909, através da queda da aeronave pilotada por *Armand Zipfel* (Figura 2.2) após ter planado apenas 180 metros (Araújo, 2009).

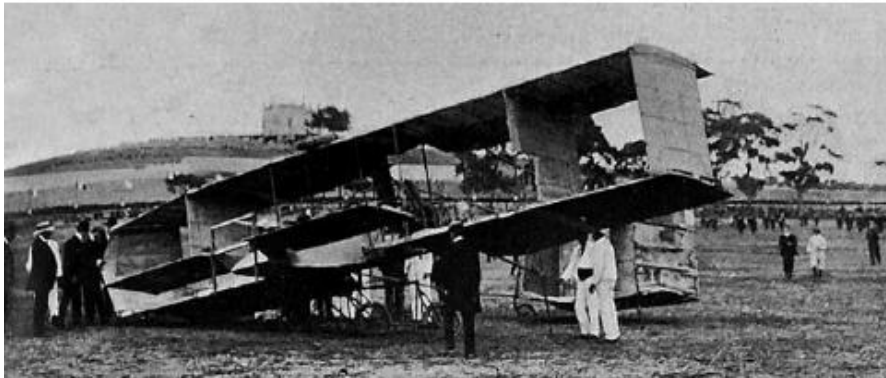


Figura 2.2. Aeronave após a realização do primeiro voo motorizado em Portugal em 1909 (Araújo, 2009).

Os aeroclubes na Europa surgem no início do século XX, pondo em prática a necessidade de certificação por parte dos pilotos, exigindo melhor experiência por parte dos mesmos, que até à data, podiam pilotar as aeronaves com poucos conhecimentos. O Aeroclube de Portugal é formado em 1910, operando na Associação dos Engenheiros Cívicos e só em 1913 é que se regista o primeiro voo realizado em território nacional pilotado por um português, Alberto Sanches de Castro.

Um ano mais tarde é inaugurada a Escola de Aviação Militar em Vila Nova da Rainha (Figura 2.3), mas só em 1916 é que se realiza o primeiro curso de pilotagem, consequência da entrada de Portugal na Primeira Guerra Mundial (Cruz, 2019 & Pinto, 2015).

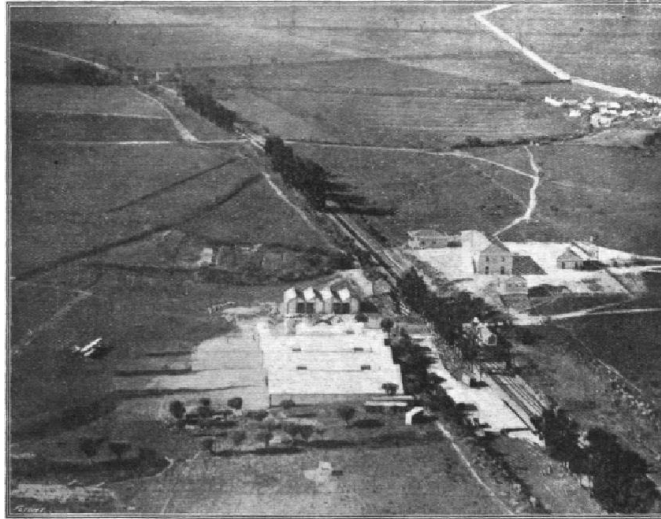


Figura 2.3. Escola da Aviação Militar em Vila Nova da Rainha (Barata & Neves, 2017).

Com o decorrer da Primeira Guerra Mundial, Portugal percebe a importância dos meios aéreos, nomeadamente com os ataques realizados nas suas colónias, uma vez que até aqui, a aviação fora considerada como sendo de pouca utilidade. No fim do conflito, com um elevado número de aeronaves sem uso e pilotos experientes, começaram a ser atribuídos prémios a quem conseguisse ultrapassar os valores máximos de velocidade e distância, originando também o desenvolvimento tecnológico das aeronaves. Assim, em 1922 o piloto Sacadura Cabral e o navegador Gago Coutinho realizaram a primeira travessia do Atlântico Sul, partindo de Lisboa no dia 30 de março e chegando à cidade do Rio de Janeiro a 17 de junho, com recurso a três aeronaves distintas devido a dois acidentes ocorridos e realizando 10 paragens no decurso da viagem (Pinto, 2015 & Papinha et al., 2019).

Em 1928 é registado em Lisboa o primeiro avião comercial português, adquirido pela SAP – Serviços Aéreos Portugueses, Lda., que já tentava criar rotas comerciais em Portugal. No entanto, a aviação comercial começou a ter um maior desenvolvimento nos anos 30, nomeadamente com a companhia aérea AP - Aero Portuguesa, Lda., fundada em 1934, estabelecendo as conexões entre Lisboa e Tanger e entre Lisboa e Casablanca. Ao longo do tempo, devido à eficácia deste modo de transporte e desenvolvimento tecnológico, as conexões entre vários destinos internacionais aumentaram, principalmente nos anos 40, a década em que o país aposta numa especialização na área da aviação, enviando uma equipa para Inglaterra em 1944 com o objetivo de obter mais conhecimentos para o planeamento e operação dos serviços que agora exigiam um maior rigor. Nesse mesmo ano é fundada a TAP – Transportes Aéreos Portugueses, S.A., começando a sua atividade em 1946 com a inauguração da ligação aérea entre Lisboa e Madrid e mais tarde, no final da década, entre

Lisboa e Paris, Londres e a antiga Lourenço Marques (atual cidade de Maputo), assim como as restantes colónias portuguesas (André et al., 1991 & Dias, 2007).

O primeiro aeroporto internacional português situava-se em Alverca, sendo mais tarde encerrado com a inauguração do aeroporto marítimo de Cabo Ruivo em 1939 (exclusivo para hidroaviões) (Figura 2.4) e o Aeroporto de Lisboa em 1942 (Figura 2.5), em plena Segunda Guerra Mundial. Estes dois novos aeroportos funcionavam paralelamente, com uma grande avenida que os unia, atualmente conhecida como Avenida de Berlim (Constantino, 2019).



Figura 2.4. Aeroporto de Cabo Ruivo em 1939 (Jornal de Notícias, 1939).



Figura 2.5. Aeroporto de Lisboa nos anos 40 (Leite, 2009).

No Norte do país, o Aeroporto do Porto é inaugurado em 1945 (Figura 2.6), proveniente do já existente Aeródromo de Pedras Rubras. Nesse mesmo ano começa a funcionar a ligação Lisboa-Porto diariamente, mas só em 1956 é que o aeroporto ganha estatuto internacional estabelecendo a ligação com Londres. Mais tarde, surgem os aeroportos de Porto Santo (1960), Funchal (1964), Faro (1965), apresentado na Figura 2.7 em fase de construção, São Miguel (1969) e Horta (1971) (Público, 2005 & Cabrita, 2015).



Figura 2.6. Aeroporto do Porto em 1947 (Rodrigues, 2017).



Figura 2.7. Aeroporto de Faro em construção (Leite, 2012).

A aviação comercial continuou a crescer durante e depois destas décadas, sendo que em 1950, Portugal registava 11 mil voos com um total de quase 90 mil passageiros transportados,

já em 1970, registavam-se 3 milhões e meio de passageiros transportados e em 1990, descolavam e aterravam 100 mil voos, transportando 10 milhões de passageiros (André et al., 1991). Estes números aumentariam nas décadas seguintes, até aos dias de hoje, como mostra a Figura 2.8 referente às aeronaves que aterraram nos principais aeroportos (Humberto Delgado, Francisco Sá Carneiro e Gago Coutinho) e a Figura 2.9 relativo ao número total de passageiros.

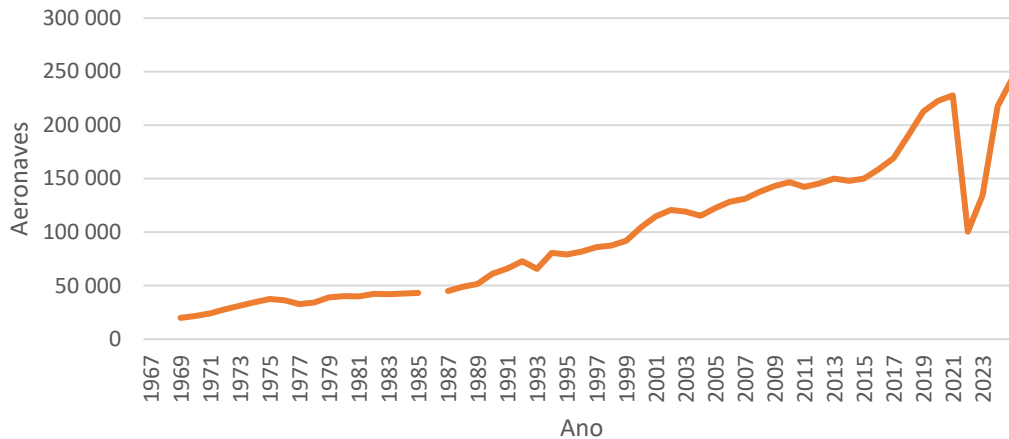


Figura 2.8. Aeronaves que aterraram em Portugal nos principais aeroportos (adaptado de Pordata, 2024a).

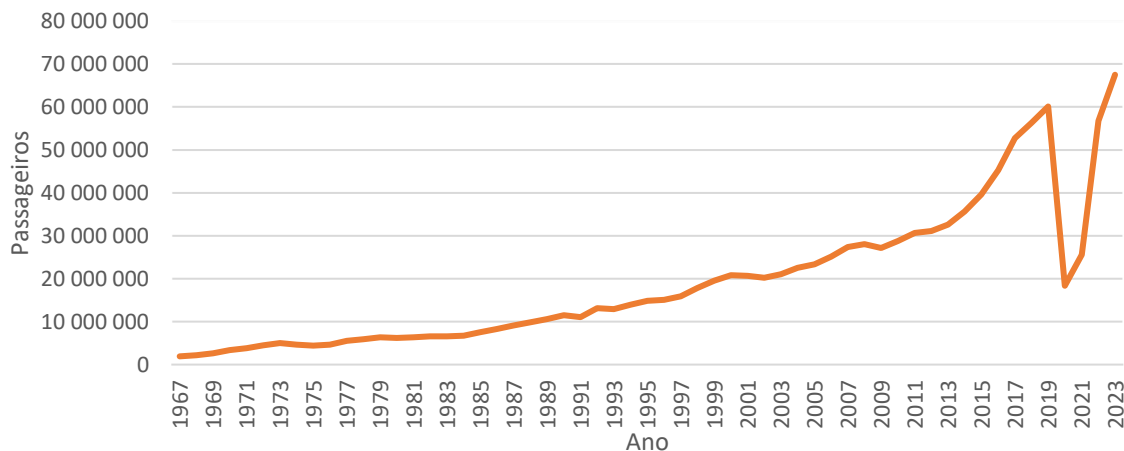


Figura 2.9. Tráfego de passageiros nos principais aeroportos em Portugal (adaptado de Pordata, 2024).

Observando os números de cada aeroporto em Portugal Continental, tomando como referência os principais aeroportos, é possível identificar também um crescimento significativo. A Figura 2.10 apresenta o tráfego de passageiros no Aeroporto Humberto Delgado em Lisboa, a Figura 2.11 no Aeroporto Francisco Sá Carneiro no Porto e a Figura 2.12 no Aeroporto Gago Coutinho em Faro.

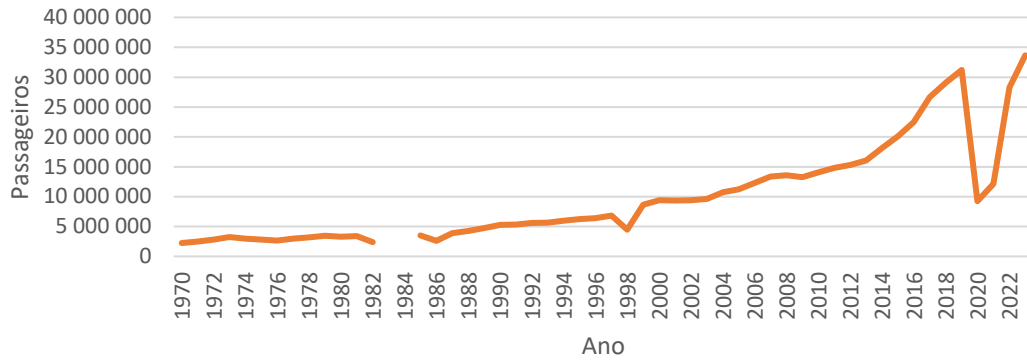


Figura 2.10. Tráfego de passageiros no Aeroporto Humberto Delgado (adaptado de Pordata, 2024a).



Figura 2.11. Tráfego de passageiros no Aeroporto Francisco Sá Carneiro (adaptado de Pordata, 2024a).

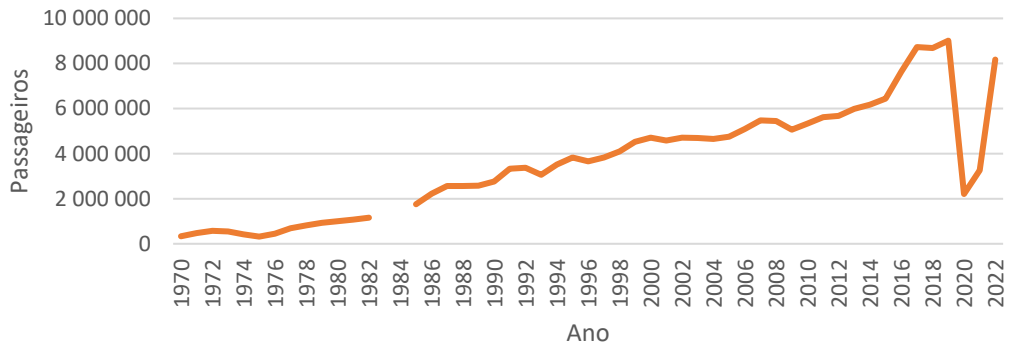


Figura 2.12. Tráfego de passageiros no Aeroporto Gago Coutinho (adaptado de Pordata, 2024a).

Relativamente ao ano de 2023, como mostra a Figura 2.13, o Aeroporto Humberto Delgado recebeu mais de 33 milhões de passageiros, que representa mais de metade do número total de passageiros que circularam nos três aeroportos principais, sendo a infraestrutura com maior volume de tráfego. O Aeroporto Francisco Sá Carneiro recebeu 26% do número total de passageiros que circularam em Portugal, com um total de mais de 15 milhões e o Aeroporto Gago Coutinho apenas 16%, com um total de mais de 9 milhões.

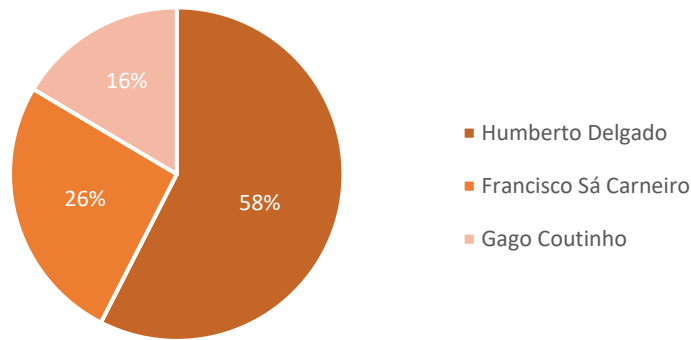


Figura 2.13. Distribuição do número total de passageiros em 2023 pelos principais aeroportos portugueses (adaptado de Pordata, 2024b).

Através destes gráficos observa-se uma subida acentuada no tráfego de passageiros que é transversal aos três aeroportos, principalmente entre 2012 e 2019, uma vez que no ano seguinte ocorre a pandemia do vírus COVID-19, restringindo as viagens aéreas em todo o mundo. No entanto, observa-se também uma rápida recuperação dos números após o fim da mesma. Segundo um estudo do INE – Instituto Nacional de Estatística realizado em abril de 2023, os aeroportos portugueses apresentavam valores históricos, mais elevados do que no período antes da pandemia, com um crescimento de 18,4% face a 2022 e 10,8% face a 2019 (INE, 2023). Assim, percebe-se a grande aptidão do setor da aviação para o crescimento, mesmo que existam fatores externos adversos que a ponham em causa.

2.2. Evolução das Infraestruturas Aeroportuárias

Antes de existir o conceito de aeroporto, as aeronaves operavam em prados ou em campos de terra batida, que possuíam distâncias livres adequadas para os seus movimentos. Assim que a aviação comercial começa a crescer, estas infraestruturas passam a ser planeadas com a inclusão dos passageiros, para além dos edifícios que serviam de apoio, como os de manutenção. Mais tarde, quando o transporte aéreo se torna mais acessível, surge o paradigma de aumentar a capacidade dos aeroportos, uma vez que existem mais passageiros a optar por este modo de transporte. Desta forma, o modelo de aeroporto que se conhece hoje é fruto de uma evolução contínua tanto do transporte aéreo como dos hábitos do ser humano.

Com o progresso da aviação em Portugal, as infraestruturas aeroportuárias foram sofrendo alterações, tentando acompanhar o aumento do número de passageiros e aeronaves, que se registava não só no país como em todo o mundo. Ao longo do tempo, foi possível observar-

se a expansão e o aumento da complexidade dos aeroportos, que foram também ocupando gradualmente a área disponível na sua envolvente.

Tendo em consideração os dados relativos a cada um dos principais aeroportos portugueses apresentados anteriormente, com as diferentes intervenções realizadas ao longo dos anos, é possível avaliar a forma de funcionamento destas infraestruturas, comparando a capacidade teórica com a capacidade prática das mesmas.

2.2.1. Aeroporto Humberto Delgado

O Aeroporto Humberto Delgado é a maior infraestrutura aeroportuária em Portugal, situado em Lisboa (Figura 2.14), na freguesia dos Olivais, desempenhando um papel importante a nível nacional e internacional. A sua gestão está a cargo da ANA – Aeroportos de Portugal, S.A., do grupo Vinci.

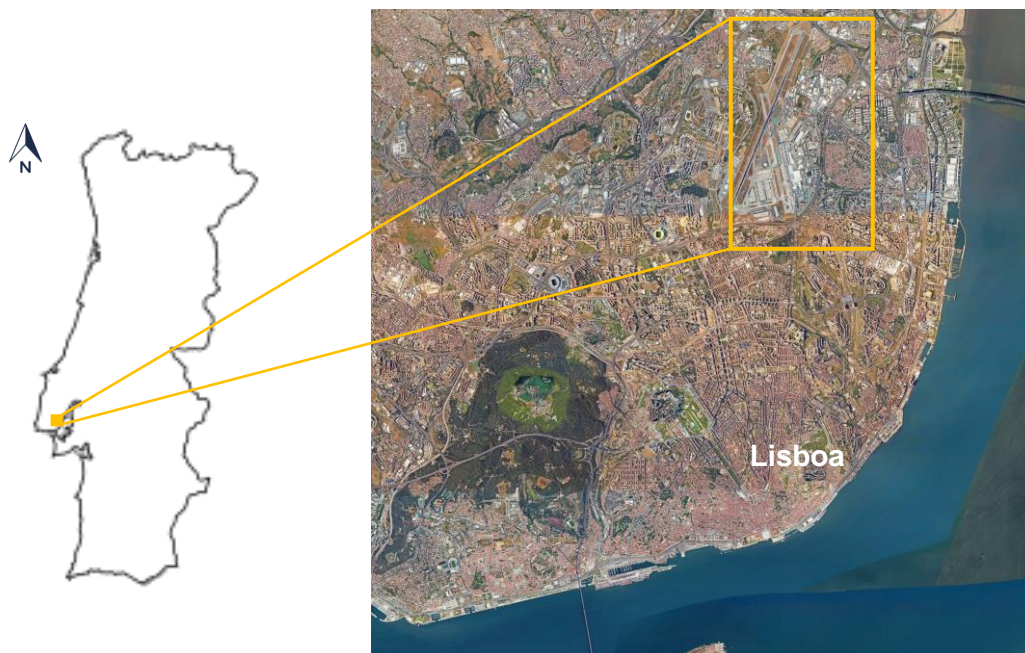


Figura 2.14. Localização do Aeroporto Humberto Delgado (adaptado de Google Earth, 2024).

As consequências do aumento dos números de aeronaves e passageiros podem ser vistas desde muito cedo em Lisboa, uma vez que dezoito anos após a sua inauguração já existia a intenção de construir um novo aeroporto e começavam também a ser estudadas alternativas nesse âmbito, tendo o governo português criado em 1969 um grupo de trabalho designado por GNAL – Gabinete do Novo Aeroporto de Lisboa, com o objetivo de escolher o local mais adequado para esta nova infraestrutura. O Decreto-Lei n.º 48902/1969 de 8 de março, relacionado com a definição e competência deste novo gabinete, apontava que “as várias

adaptações realizadas no aeroporto (...) nunca chegaram a satisfazer as necessidades” pois registava-se um aumento significativo e também imprevisível do tráfego de aeronaves e passageiros. Ao longo do tempo, é possível serem observadas as primeiras adaptações, que continuaram a decorrer até aos anos 90, consistindo no alargamento e transformação de algumas pistas, em caminhos de circulação e no alargamento e implementação de novas placas de estacionamento, como mostra a Figura 2.15.

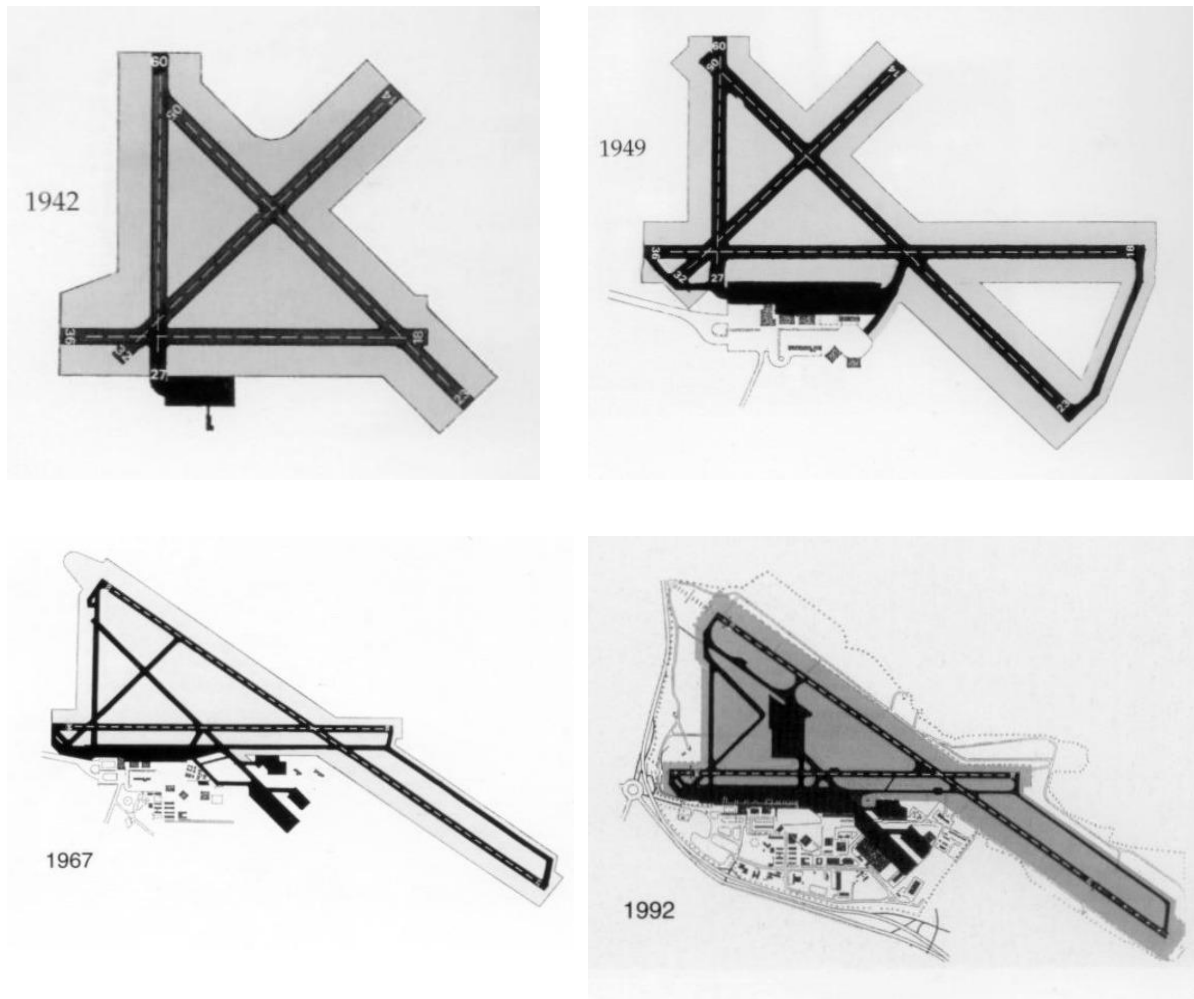


Figura 2.15. Evolução do Aeroporto Humberto Delgado de 1942 até 1992 (Restos de Coleção, 2013).

Nas décadas seguintes, foram vários os fatores que atrasaram a concretização do projeto do novo aeroporto de Lisboa. Em 1973 culmina uma crise petrolífera e no ano seguinte dá-se a Revolução do 25 de abril. Apesar de não terem existido progressos na década de 80, já surgia uma possível localização para esta infraestrutura: Ota, na região de Alenquer, localizada a 50 km de Lisboa, sendo mais tarde oficialmente indicada como a solução ideal através de estudos realizados. Em 2002, apesar do plano diretor do aeroporto estar já concluído, a construção do mesmo foi atrasada devido aos custos elevados. Seis anos mais tarde, em 2008, após um

novo período sem desenvolvimentos, Alcochete, situado na região a Sul do Rio Tejo, a cerca de 35 km de Lisboa, passa a ser a localização apropriada após ter sido realizado um estudo que comparava Ota com Alcochete. No entanto, o novo aeroporto de Lisboa nunca chega a ser construído, devido a problemas financeiros (Correia et al., 2015).

Enquanto não existiam progressos sobre a decisão final deste projeto, o aeroporto Humberto Delgado era alvo de várias intervenções que visavam otimizar de forma temporária a sua capacidade. Em 2007, no âmbito do plano de expansão, era inaugurado um novo terminal, o Terminal 2 (Figura 2.16), e eram construídas mais portas de embarque na infraestrutura já existente. A função deste novo terminal era de servir as partidas dos voos domésticos, numa primeira fase, e mais tarde acolher qualquer tipo de voo, incluindo os *low cost* e *charter*, tendo capacidade para realizar 66 partidas por dia, um equivalente de 5 mil passageiros (aproximadamente 150 mil por mês). Posteriormente, seria também construído um piso subterrâneo para processar as chegadas (Agência Lusa, 2007). Contudo, atualmente, apenas operam as partidas de algumas companhias aéreas *low cost* neste terminal.

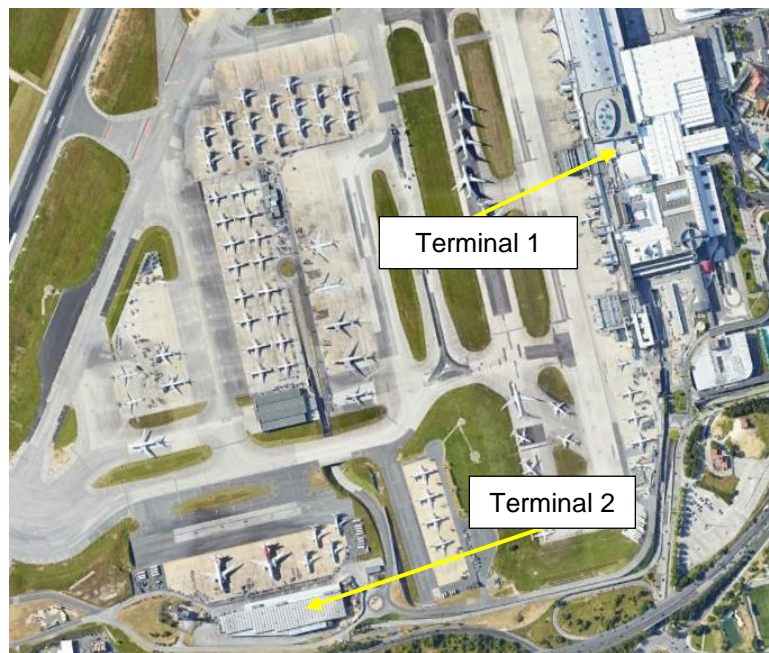


Figura 2.16. Terminais do Aeroporto Humberto Delgado (adaptado de Google Earth, 2024).

Em 2017, segundo o Ministério do Planeamento e das Infraestruturas, o aeroporto Humberto Delgado estava a caminhar para um esgotamento da sua capacidade a curto prazo, devido ao crescimento do tráfego. A necessidade de procurar alternativas revelava-se necessária de forma a criar mais oferta, que se revelaria benéfica para a economia portuguesa (Ministério do Planeamento e das Infraestruturas, 2017). Em 2022 é criada uma Comissão Técnica Independente (CTI) com o objetivo de “*avaliar as opções estratégicas para aumentar a*

capacidade aeroportuária da região de Lisboa e coordenar e realizar a avaliação ambiental estratégica”. No relatório divulgado em 2023, são identificados vários constrangimentos no aeroporto Humberto Delgado (CTI, 2023a).

- O acesso viário cria dificuldades e impede o aumento do número de passageiros;
- Os parques de estacionamento nas áreas adjacentes ocupam espaços úteis para ampliações;
- As zonas com terminais não podem ser desenvolvidas paralelamente à pista, situação que seria benéfica para o aumento da capacidade;
- As placas de estacionamento encontram-se apenas numa das extremidades de uma das pistas.

A análise realizada pela CTI revela ainda que a capacidade utilizada ultrapassa o limite definido pela ICAO – Organização Internacional da Aviação Civil. De acordo com a Tabela 2.1, observa-se que o valor da mesma por vezes é superior ao valor máximo de 85% da capacidade teórica, definida para este caso como sendo de 38 movimentos por hora. Nestes dados foi considerada uma janela de funcionamento de 18 horas diariamente, admitindo um período noturno (compreendido entre as 24 horas e as 6 horas) de 91 movimentos semanais, podendo este valor ser, por vezes, bastante mais baixo (CTI, 2023a).

Tabela 2.1. Evolução da capacidade no Aeroporto Humberto Delgado: número de movimentos (CTI, 2023a).

	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023*
Capacidade Teórica	254 405	254 405	254 405	254 405	254 405	254 405	106 022
Capacidade Utilizada	166 457	182 927	203 598	217 630	221 129	202 569	90 039
	65,4%	71,9%	80%	85,5%	86,9%	79,6%	84,9%

*De janeiro até maio

No mesmo relatório são propostas algumas soluções para aumentar a capacidade a curto prazo, entre elas, a construção de um novo terminal (Terminal 3), ocupando a área da atual base aérea de Figo Maduro (Figura 2.17), ficando esta desativada (Resolução do Conselho de Ministros n.º 89/2022, 2022 & CTI, 2023a).



Figura 2.17. Localização da base aérea de Figo Maduro (adaptado de Google Earth, 2024).

A implementação do Terminal 3 implicaria a reestruturação da infraestrutura de vigilância de navegação aérea, pois esta zona está fora do alcance da torre de controlo. Para além disso, seria necessário utilizar parcialmente a placa de estacionamento destinada à manutenção da TAP. Esta zona encontra-se perto de um caminho de circulação de saída rápida com uma largura adequada para acomodar as aeronaves utilizadas pelas companhias *low cost*, podendo ser o propósito deste novo terminal (CTI, 2023a). A CTI propõe duas soluções, ilustradas na Figura 2.18, a primeira (A) recorre a uma “pequena expropriação”, sendo a mais adequada porque permite a desocupação da pista de forma mais rápida e a segunda (B) não recorre a expropriação.

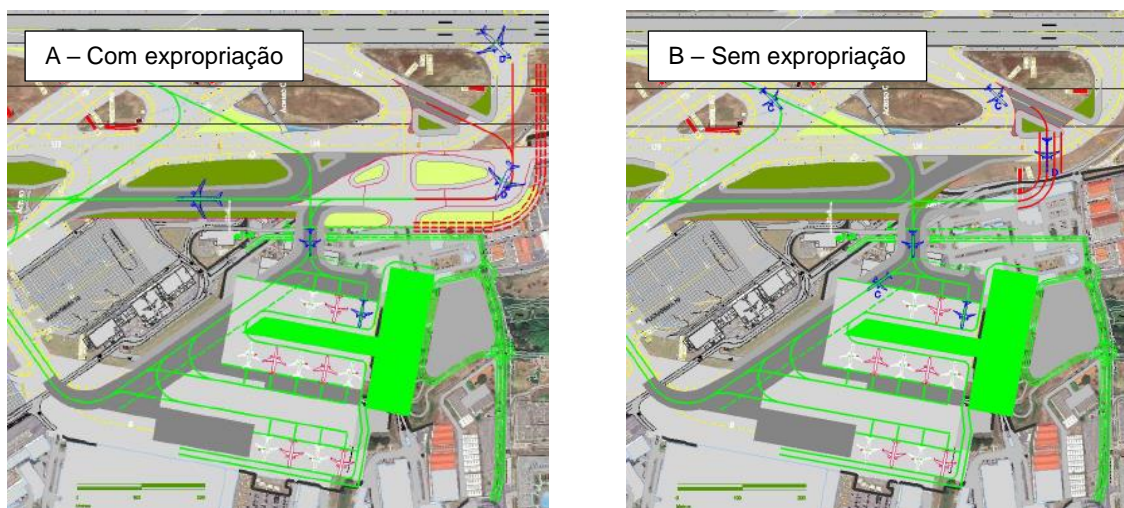


Figura 2.18. Proposta para o Terminal 3 do Aeroporto Humberto Delgado (CTI, 2023a).

Atualmente, o Aeroporto Humberto Delgado apresenta a configuração ilustrada na Figura 2.19, com uma única pista de 3707 metros de comprimento e 45 metros de largura. Possui ainda 84 posições de estacionamento, com a possibilidade de estacionar aeronaves com

grandes dimensões como é o exemplo do modelo Boeing 747. O sistema de caminhos de circulação possui larguras que se encontram entre 23 e 40 metros. (NAV, 2024c).

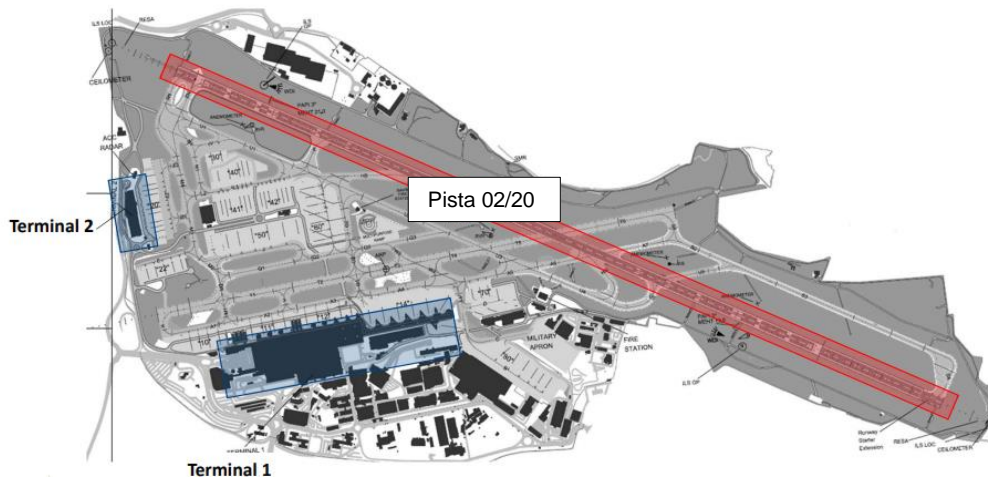


Figura 2.19. Configuração atual do Aeroporto Humberto Delgado (ANA, 2020).

Para o futuro, prevê-se o crescimento da procura, sendo que em 2050, no cenário “alto” estima-se um valor de 108 milhões de passageiros por ano e no cenário “baixo” um valor de 65 milhões, já em 2086 estão previstos 142 milhões no cenário “alto” e 111 milhões no cenário “baixo” (CTI, 2023b). Estes valores são baseados em diferentes projeções, como se verifica na Figura 2.20.

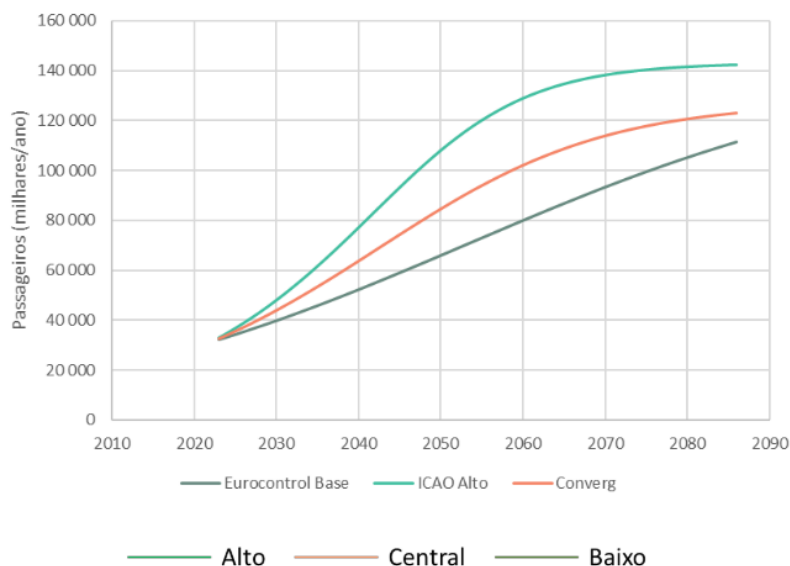


Figura 2.20. Projeção da procura anual no Aeroporto Humberto Delgado até 2086 (CTI, 2023b).

Constata-se assim, que a evolução do Aeroporto Humberto Delgado, foi-se adaptando ao aumento do tráfego, ocupando as reduzidas áreas adjacentes da melhor forma possível. Atualmente, o novo aeroporto de Lisboa não se encontra ainda construído e desta forma o

problema da capacidade em Lisboa tem-se vindo a agravar, originando a procura por soluções que possam atenuar o problema a curto prazo. No entanto, estas soluções são apenas propostas, uma vez que nada indica que alguma vez serão implementadas. No futuro, a região de Lisboa pode tornar-se incapaz de receber toda a procura, fazendo com que seja urgente a aplicação de novas medidas para o aumento da capacidade, seja através de ampliações ou a construção de uma nova infraestrutura, que parece revelar-se inevitável.

2.2.2. Aeroporto Francisco Sá Carneiro

Situado a 12 quilómetros da cidade do Porto (Figura 2.21), no município da Maia, pertence à região do Norte de Portugal e sub-região da área metropolitana do Porto, o Aeroporto Francisco Sá Carneiro é a segunda maior infraestrutura aeroportuária do país, administrada pela ANA, com grande influência no Noroeste da Península Ibérica.

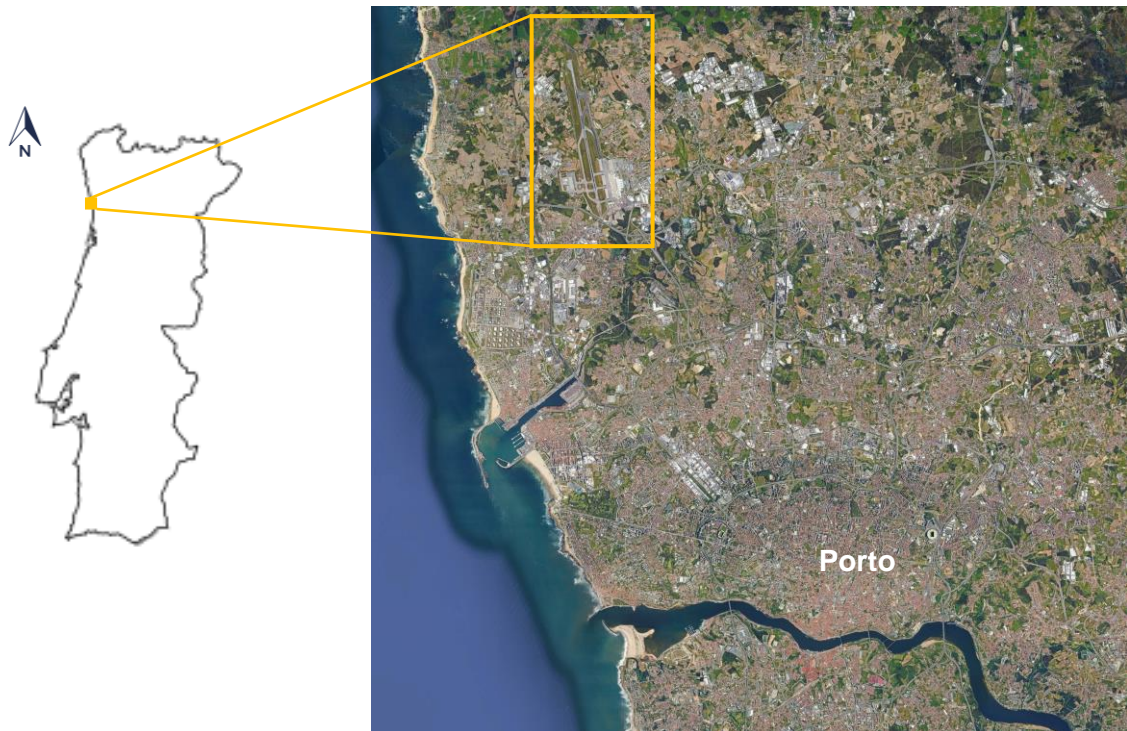


Figura 2.21. Localização do Aeroporto Francisco Sá Carneiro (adaptado de Google Earth, 2024).

Com o aparecimento dos aviões a jato, em 1962 é inaugurada uma nova pista com 2 mil metros de extensão no Aeroporto Francisco Sá Carneiro. Adicionalmente realiza-se uma ampliação do terminal de passageiros, assim como a implementação de uma placa de estacionamento adicional. Em 1975 a pista existente é ampliada para 3480 metros, sendo também construído um terminal de carga em 1980 (Lucas, 2018 & Público, 2005). Em 2005, é inaugurado um terminal de passageiros, mas apenas de forma parcial, uma vez que só ficou

totalmente funcional no ano seguinte. Esta nova infraestrutura permitia receber seis milhões de passageiros, previstos para o ano de 2010, número que seria atingido em 2011, apenas cinco anos após a sua inauguração. Para além disso, permitia também eliminar o embarque dos passageiros com auxílio de autocarro, passando este a ser realizado através de mangas (Diário de Notícias, 2005 & Porto Editora, 2024b).

O novo terminal era organizado por dois pisos dividindo as partidas e as chegadas, permitindo assim uma maior eficiência de embarque e desembarque dos passageiros e respetiva bagagem. Desta forma, seria necessário reestruturar os acessos ao aeroporto, assim como aumentar a capacidade do estacionamento para automóveis. Para além disso, seriam também implementadas placas de estacionamento adicionais, permitindo o estacionamento de 35 aeronaves, mais 17 do que anteriormente. Para isso, era inevitável realocar as instalações técnicas que causavam constrangimentos por estarem localizadas no centro da infraestrutura. Com esta intervenção, pretendia-se ainda dotar o aeroporto com capacidade para receber 67 mil movimentos por ano, valor que em 2001 era de 43 mil. (RTP, 2008 & Tecno 3000, 2001).

Mais tarde, em 2018, é projetada a ampliação de um dos caminhos de circulação (TWY - *Taxiway 'F'*) com o objetivo de aumentar o número de movimentos para 35 por hora, que até aqui era de 20 por hora. Este projeto incluía também um caminho de circulação de saída rápida (RET – *Rapid Exit Taxiway*) e um *bypass*. Um dos objetivos era ainda alterar a classificação do aeroporto de forma que os projetos desenvolvidos no futuro pudessem ter menores dimensões e conseqüentemente reduzir o consumo dos recursos necessários para os implementar (Lucas, 2018).

A evolução do Aeroporto Francisco Sá Carneiro entre 2003 e 2022 é visível nas imagens de satélite apresentadas na Figura 2.22, onde se pode observar algumas das intervenções referidas anteriormente: a realocação das instalações técnicas, o novo terminal de passageiros e placa de estacionamento e os novos caminhos de circulação. Para além disso, é possível identificar a construção de um terminal de carga, no período compreendido entre 2003 e 2012, não tendo sido encontrada informação sobre o mesmo.

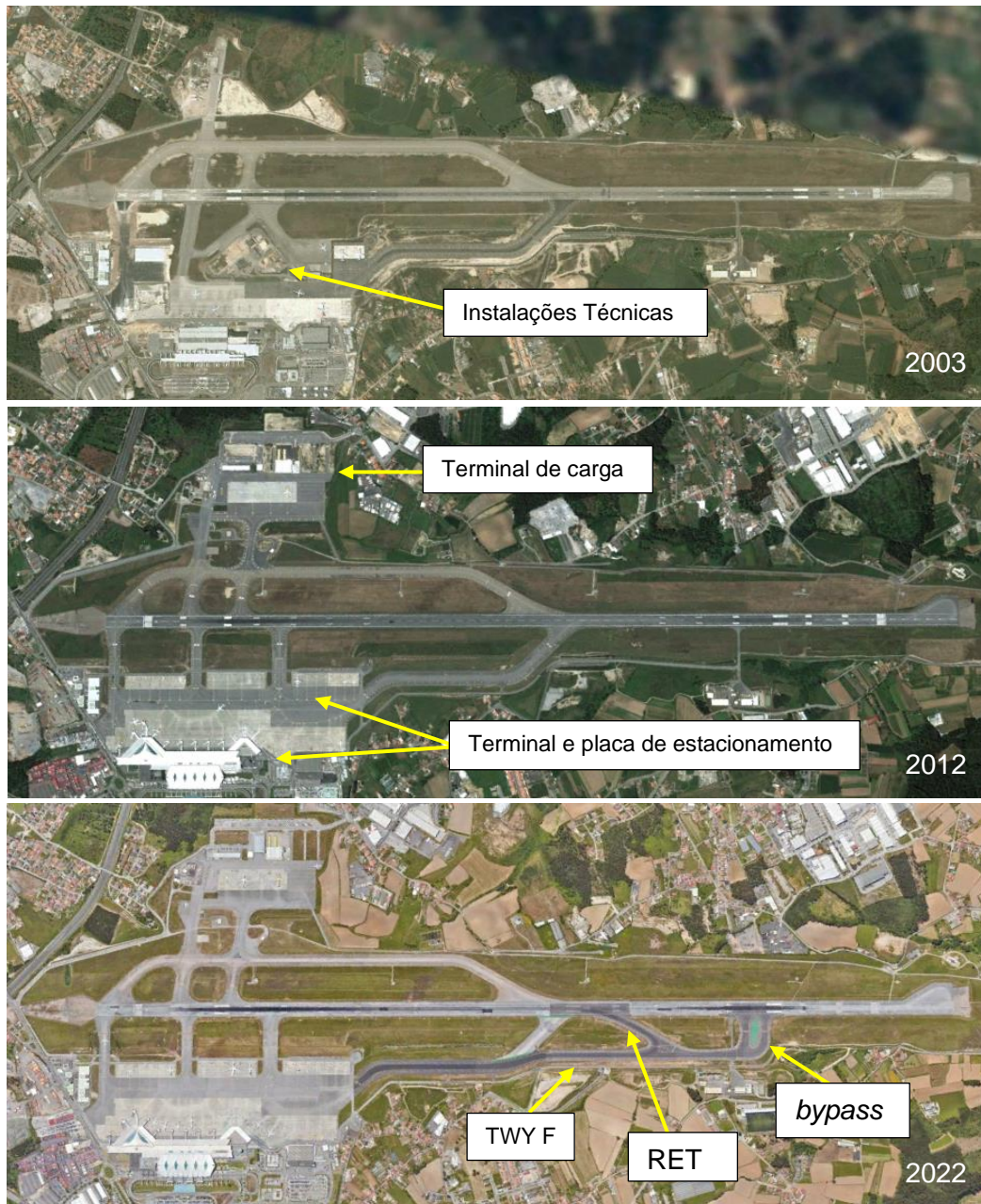


Figura 2.22. Evolução do Aeroporto Francisco Sá Carneiro entre 2003 e 2022 (adaptado de Google Earth, 2024).

A configuração atual da infraestrutura compreende uma pista com a designação 17/35, com 3480 metros de comprimento e com 45 metros de largura, mantendo-se com as mesmas dimensões desde 1975. Existem 47 posições para estacionamento, com a possibilidade de estacionar aeronaves com grandes dimensões até ao modelo Airbus 380. Todos os caminhos de circulação apresentam uma largura de 23 metros (NAV, 2024d).

Com os dados disponibilizados pela ANAC – Autoridade Nacional da Aviação Civil, é possível estimar o funcionamento do Aeroporto Francisco Sá Carneiro nos últimos anos. Considerando que até 2019 o número de movimentos era de 20 por hora e que em 2022 este já era de 35, assim como uma janela de 18 horas diárias, obtém-se a capacidade utilizada em

percentagem, como mostra a Tabela 2.2. Através da mesma, é possível observar-se a importância das intervenções realizadas entre 2019 e 2022, uma vez que a capacidade utilizada já se encontrava bastante elevada anteriormente às mesmas, tendo nesse período variado de 73,76% para 39,15%.

Tabela 2.2. Evolução da capacidade do Aeroporto Francisco Sá Carneiro: número de movimentos (adaptado de ANAC, 2024).

	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023*
Capacidade Teórica	131 400	131 400	131 400	131 400	131 400	229 950	113 400
Capacidade Utilizada	67 565	75 743	85 408	95 842	96 927	90 029	45 170
	51,42%	57,64%	65,00%	72,94%	73,76%	39,15%	39,83%

*De janeiro até junho

Da mesma forma, é possível estimar a capacidade utilizada, com os dados relativos ao tráfego de passageiros, como mostra a Tabela 2.3. De 2015 a 2019 pode-se observar que esta atinge os 100%, valor que diminuiu em 2022 por dois possíveis fatores: as restrições impostas pela pandemia de COVID-19 e as intervenções realizadas na ampliação do caminho de circulação. No entanto, um ano mais tarde, o aeroporto do Porto apresenta o maior número de passageiros alguma vez registado, correspondente a 15 milhões, segundo um comunicado da ANA feito no fim desse ano (ANA, 2023). Apesar de só estarem disponíveis os dados relativos ao primeiro semestre de 2023, é possível verificar que a capacidade utilizada neste período é de 94,32%.

Tabela 2.3 Evolução da capacidade no Aeroporto Francisco Sá Carneiro: número de passageiros (adaptado de ANAC, 2024).

	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023*
Capacidade Teórica	12 000 000	12 000 000	12 000 000	12 000 000	12 000 000	15 000 000	7 500 000
Capacidade Utilizada	7 984 607	9 221 598	10 782 461	11 940 129	12 971 456	12 620 386	7 073 898
	66,54%	76,85%	89,85%	99,50%	108,10%	84,14%	94,32%

*De janeiro até junho

Assim, pode-se determinar que as intervenções realizadas relativas ao caminho de circulação (TWY 'F') foram benéficas para o incremento do número de movimentos, aumentando consequentemente a capacidade da infraestrutura. No entanto, é de salientar que o aumento de passageiros faz com que sejam atingidos valores históricos anualmente, superando a capacidade teórica, o que pode pôr em causa todas as ampliações realizadas no passado e fazer com que seja necessário existir uma evolução contínua da infraestrutura paralela à evolução do tráfego, nomeadamente ao nível do terminal de passageiros.

2.2.3. Aeroporto Gago Coutinho

Situado a seis quilómetros da cidade de Faro (Figura 2.23) e servindo o sul de Portugal, o Aeroporto Gago Coutinho é a terceira maior infraestrutura aeroportuária do país. Os voos que recebe são maioritariamente domésticos e europeus, estando a sua administração a cargo da ANA.



Figura 2.23. Localização do Aeroporto Gago Coutinho (adaptado de Google Earth, 2024).

O Aeroporto Gago Coutinho em 1989 tinha apenas capacidade para receber 900 passageiros em hora de ponta, número que já atingia os 1400. Desta forma, preparava-se para inaugurar um novo terminal que acomodaria 2800 passageiros por hora (RTP, 1989). Apenas dez anos mais tarde, em 1999 começa uma nova intervenção nesta infraestrutura, com o objetivo de ampliar e remodelar o terminal existente, de forma a receber seis milhões de passageiros por

ano, dois milhões adicionais (Porto Editora, 2024 & Zagope, 2022). A Figura 2.24 mostra a evolução do terminal.

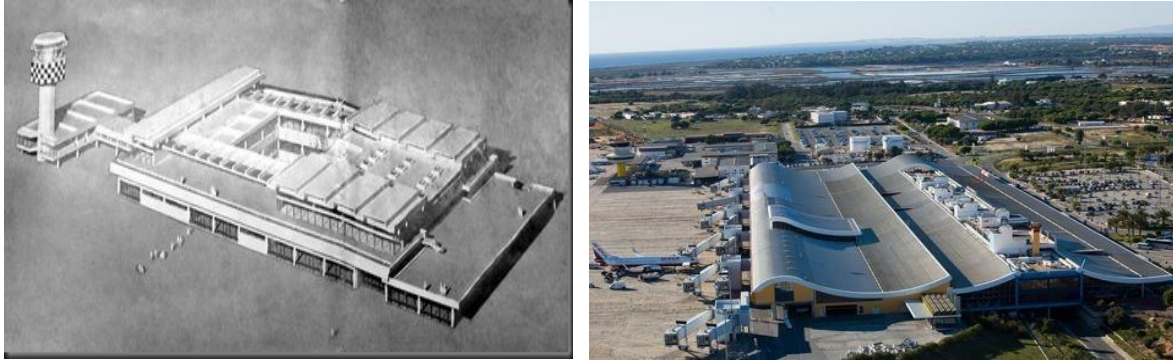


Figura 2.24. Terminal do Aeroporto Gago Coutinho antes e após as intervenções realizadas entre 1989 e 2001 (Leite, 2012).

Em 2012 e 2013 é realizada uma intervenção com o objetivo de aumentar a capacidade de 6 milhões para 8 milhões de passageiros por ano, permitindo também a existência de 30 movimentos por hora, oito movimentos adicionais. Numa primeira fase, este aumento de capacidade seria conseguido através da implementação de 11 novos lugares de estacionamento de aeronaves e numa segunda fase, através da ampliação e remodelação do terminal de passageiros assim como dos acessos ao aeroporto. Esta intervenção também previa a implementação de dois caminhos de circulação de saída rápida assim como caminhos de circulação adicionais servindo os alargamentos realizados na placa de estacionamento (TPF Consultores, 2011). No entanto, em 2023, o total de oito milhões de passageiros que o aeroporto tinha capacidade para receber seria superado no mês de outubro, registando-se um total de 8,14 milhões (Rodrigues, 2023).

Atualmente, a infraestrutura possui uma pista com a designação 10/28, com um comprimento de 2490 metros e uma largura de 45 metros. As suas 44 posições de estacionamento estão distribuídas por 7 placas de estacionamento, não havendo indicação do tipo de aeronaves que podem acomodar. Os caminhos de circulação possuem larguras entre 23 e 26 metros (NAV, 2024b).

A evolução do Aeroporto Gago Coutinho entre 2006 e 2022 pode ser observada através das imagens de satélite da Figura 2.25, onde é possível identificar todas as intervenções referidas anteriormente.

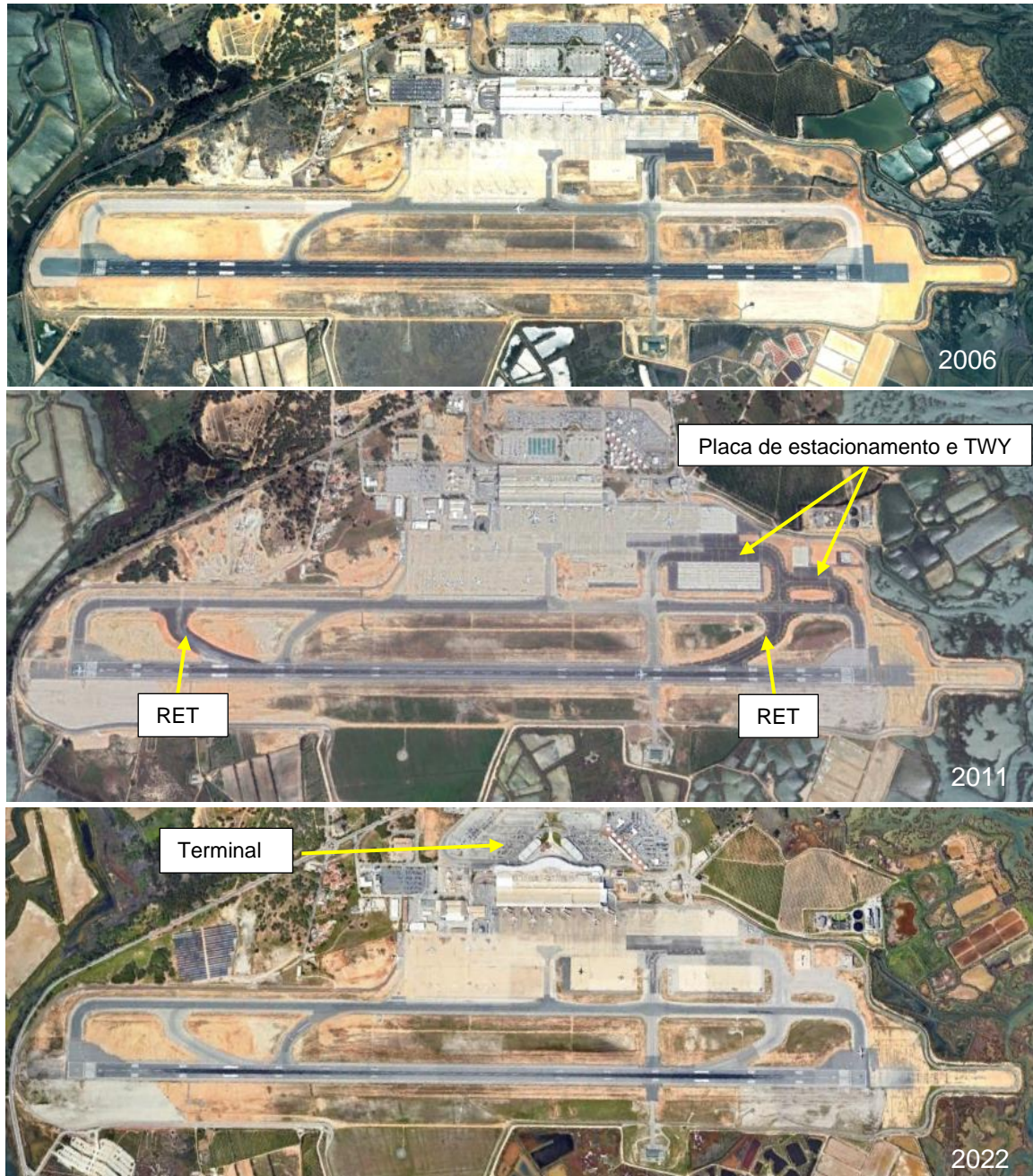


Figura 2.25. Evolução do Aeroporto Gago Coutinho entre 2006 e 2022 (adaptado de Google Earth, 2024).

Avaliando a evolução da capacidade, é possível concluir que no que diz respeito ao tráfego de aeronaves, não existem constrangimentos nos últimos anos. De acordo com a estimacção feita na Tabela 2.4, a capacidade utilizada é menos de metade da capacidade teórica, utilizando como valor de referência uma janela de 18 horas diárias, com 30 movimentos por hora.

Tabela 2.4 Evolução da capacidade do Aeroporto Gago Coutinho: número de movimentos (adaptado de ANAC, 2024).

	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023*
Capacidade Teórica	197 100	197 100	197 100	197 100	197 100	197 100	64 800
Capacidade Utilizada	43 169	50 429	57 626	57 713	59 740	55 481	47 438
	27,38%	31,98%	29,24%	29,28%	30,31%	28,15%	73,21%

*De janeiro até junho

No entanto, o mesmo não se reflete no que diz respeito ao tráfego de passageiros. De acordo com a Tabela 2.5, a capacidade utilizada estimada ultrapassa os 100% em 2017, continuando a aumentar até pelo menos 2023.

Tabela 2.5 Evolução da capacidade no Aeroporto Gago Coutinho: número de passageiros (adaptado de ANAC, 2024).

	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023*
Capacidade Teórica	8 000 000	8 000 000	8 000 000	8 000 000	8 000 000	8 000 000	4 000 000
Capacidade Utilizada	6 439 480	7 632 857	8 728 876	8 687 064	9 010 860	8 170 715	4 180 910
	80,49%	95,41%	109,11%	108,59%	112,64%	102,13%	104,52%

*De janeiro até junho

Assim como o Aeroporto Francisco Sá Carneiro, o aeroporto Gago Coutinho apresenta maiores constrangimentos no que diz respeito ao tráfego de passageiros. Mesmo com as restrições causadas pela pandemia do COVID-19, o número de passageiros mostrou uma recuperação significativa. As intervenções realizadas nos últimos tempos relativas ao aumento da placa de estacionamento e à implementação das saídas rápidas fizeram com que a infraestrutura pudesse manter a percentagem da capacidade utilizada num valor baixo.

3. Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

Neste capítulo serão estipulados os principais critérios que permitem dimensionar as placas de estacionamento e os caminhos de circulação aeroportuários, começando por definir os diferentes componentes de um aeroporto, assim com a sua classificação, dois aspetos relevantes para a interpretação dos critérios. Serão também identificados os principais constituintes e configurações.

3.1. Componentes de um Aeroporto

Num aeroporto existem vários componentes que devem funcionar em harmonia, apesar da sua complexidade. Caracterizando este tipo de infraestrutura como um sistema dividido em dois lados: o lado ar e o lado terra, como se apresenta na Figura 3.1, percebe-se que todas as partes estão interligadas e que qualquer alteração a ser feita vai influenciar o seu todo.

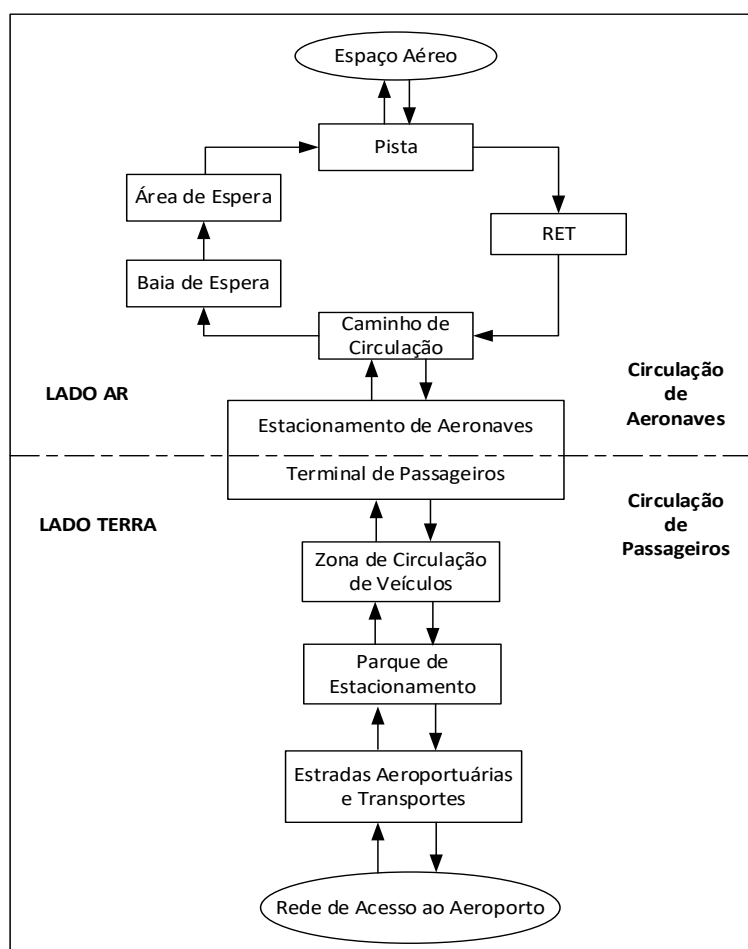


Figura 3.1. Componentes de um aeroporto (adaptado de Horonjeff et al., 2010).

O lado ar é definido pela ANAC – Autoridade Nacional da Aviação Civil como “a zona de movimento dos aeródromos e seus terrenos e edifícios adjacentes, ou parte destes, cujo acesso é restrito, reservado e controlado”, corresponde, portanto, à pista, ao sistema de caminhos de circulação e às placas de estacionamento onde circulam as aeronaves, assim como todos os componentes relativos ao espaço aéreo. Os terminais são os edifícios que definem a separação entre o lado ar e o lado terra, este último definido pela ANAC como “todas as áreas dentro do perímetro do aeródromo que não sejam qualificadas como lado ar” (ANAC, 2015 & Horonjeff et al., 2010).

Uma pista é definida pela ANAC como “a área retangular definida num aeródromo terrestre preparada para a aterragem e descolagem de aeronaves”. A sua classificação pode-se dividir em dois grupos: pista não instrumentos, designada para aeronaves que realizam a aproximação de forma visual e pista por instrumentos, designada para aeronaves que realizam a aproximação com o apoio de instrumentos. Um aeroporto pode possuir uma pista única ou múltiplas pistas e por isso a sua configuração, ilustrada na Figura 3.2, pode ser dividida em: única, paralela, intersetada, em V aberto ou combinação de dois ou mais tipos (ANAC, 2015 & Horonjeff et al., 2010).

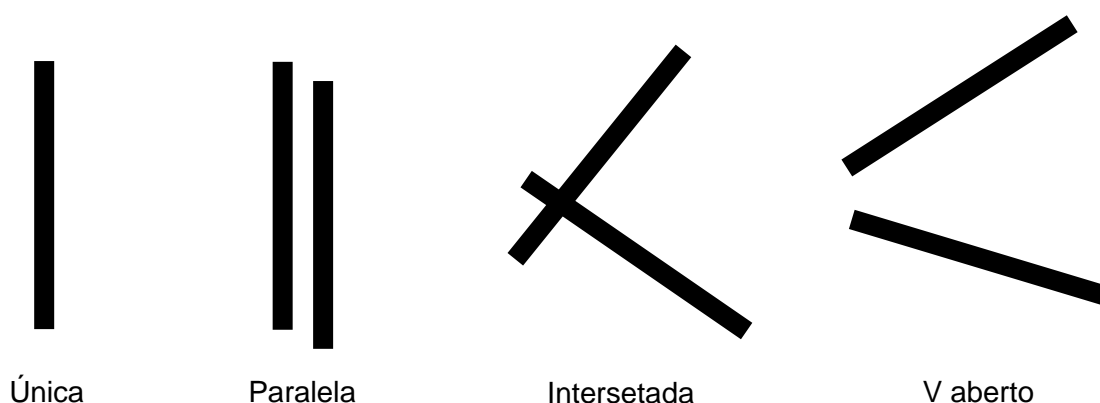


Figura 3.2. Configuração das pistas.

A orientação das pistas está dependente dos obstáculos existentes na envolvente, assim como a direção dos ventos, sendo necessária uma avaliação dos mesmos. Idealmente, a orientação está de acordo com direção dos ventos predominantes, sendo representada e identificada de acordo com os números da bússola, através de dois algarismos, retirando-se o último algarismo de cada número (Horonjeff et al., 2010 & Lucas, 2018), como exemplifica a Figura 3.3.

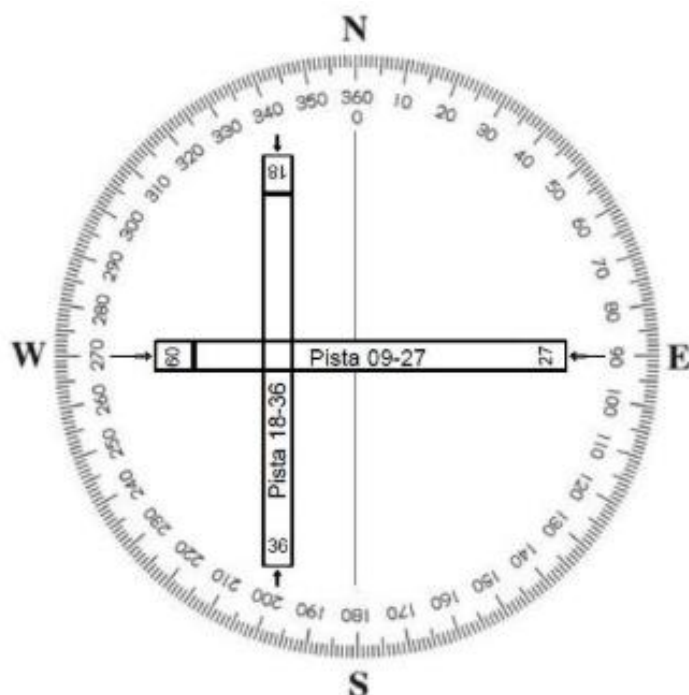


Figura 3.3. Exemplo de orientação das pistas (Lucas, 2018).

Segundo a ICAO, os fatores que influenciam a localização, orientação e número de pistas são os seguintes (ICAO, 2006):

- A distribuição dos ventos e a existência de nevoeiro localizado;
- Topografia e características da envolvente;
- Tipo de tráfego e respetivo volume esperado operar na infraestrutura;
- Considerações relativas ao comportamento das aeronaves;
- Fatores ambientais, nomeadamente o ruído.

3.2. Classificação de um Aeroporto

Um dos desafios no dimensionamento de infraestruturas aeroportuárias é encontrar uma solução que englobe um maior número possível de tipos de aeronaves, uma vez que as características variam consoante o modelo. As dimensões quer sejam da envergadura das asas ou da fuselagem influenciam as dimensões da pista, dos caminhos de circulação e das placas de estacionamento (Horonjeff et al., 2010).

A classificação dos aeroportos tem como objetivo a definição dos padrões de dimensionamento, sendo feita através da relação entre as características da infraestrutura e do tipo de aeronaves que esta pode acomodar. A ICAO estabelece esta classificação com

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

base num código de referência composto por uma letra e um número, as letras são distribuídas de A a F e estão relacionadas com a envergadura e a largura do trem principal das aeronaves, os números são distribuídos de 1 a 4 e estão relacionados com o comprimento da pista (Horonjeff et al., 2010), como se verifica através da Tabela 3.1, retirada do Decreto-Lei n.º 186/2007 de 31 de maio, referente ao código de referência dos aeroportos.

Tabela 3.1. Código de referência da ICAO para a classificação dos aeroportos (Decreto-Lei n.º 186/2007, 2007).

Elemento 1 do código		Elemento 2 do código		
Número	Comprimento da pista	Letra	Envergadura das asas	Largura do trem principal
1	Inferior a 800 m (exclusive)	A	Inferior a 15 m (exclusive)	Inferior a 4,5 m (exclusive)
2	De 800 até 1200 m (exclusive)	B	De 15 m até 24 m (exclusive)	De 4,5 m até 6 m (exclusive)
3	De 1200 m até 1800 m (exclusive)	C	De 24 m até 36 m (exclusive)	De 6 m até 9 m (exclusive)
4	1800 m ou superior	D	De 36 m até 52 m (exclusive)	De 9 m até 14 m (exclusive)
		E	De 52 m até 65 m (exclusive)	De 9 m até 14 m (exclusive)
		F	De 65 m até 80 m (exclusive)	De 14 m até 16 m (exclusive)

O comprimento de uma aeronave é equivalente à distância entre a ponta frontal da sua fuselagem e a ponta da sua secção traseira, por sua vez, a envergadura equivale à distância entre as pontas das asas. A distância entre eixos corresponde ao afastamento entre o trem de aterragem principal e o trem de aterragem frontal, já a largura do trem principal é medida entre as rodas exteriores do trem de aterragem principal (Horonjeff et al., 2010). A Figura 3.4 ilustra todas estas dimensões, que são especificadas de acordo com o tipo de aeronave.

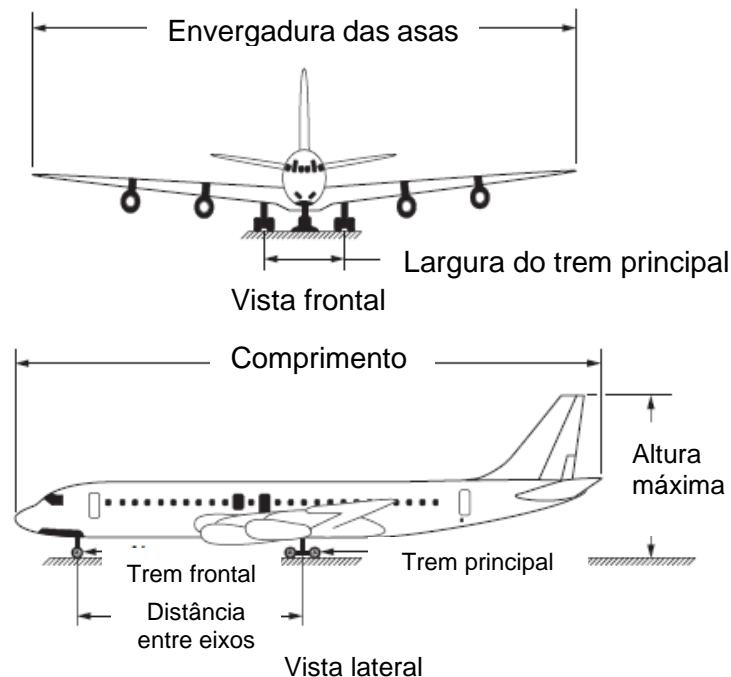


Figura 3.4. Dimensões de uma Aeronave (adaptado de Horonjeff et al., 2010).

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

As aeronaves podem ter a designação de aeronaves de fuselagem larga ou não larga. As de fuselagem larga possuem geralmente dois ou mais corredores de circulação na cabine, como o caso do modelo 747 da *Boeing* e do modelo A380 da *Airbus*, ilustrado na Figura 3.5. As de fuselagem não larga possuem apenas um corredor, sendo por sua vez de menor dimensão, como o caso do modelo 737 da *Boeing* e do modelo A320 da *Airbus*.

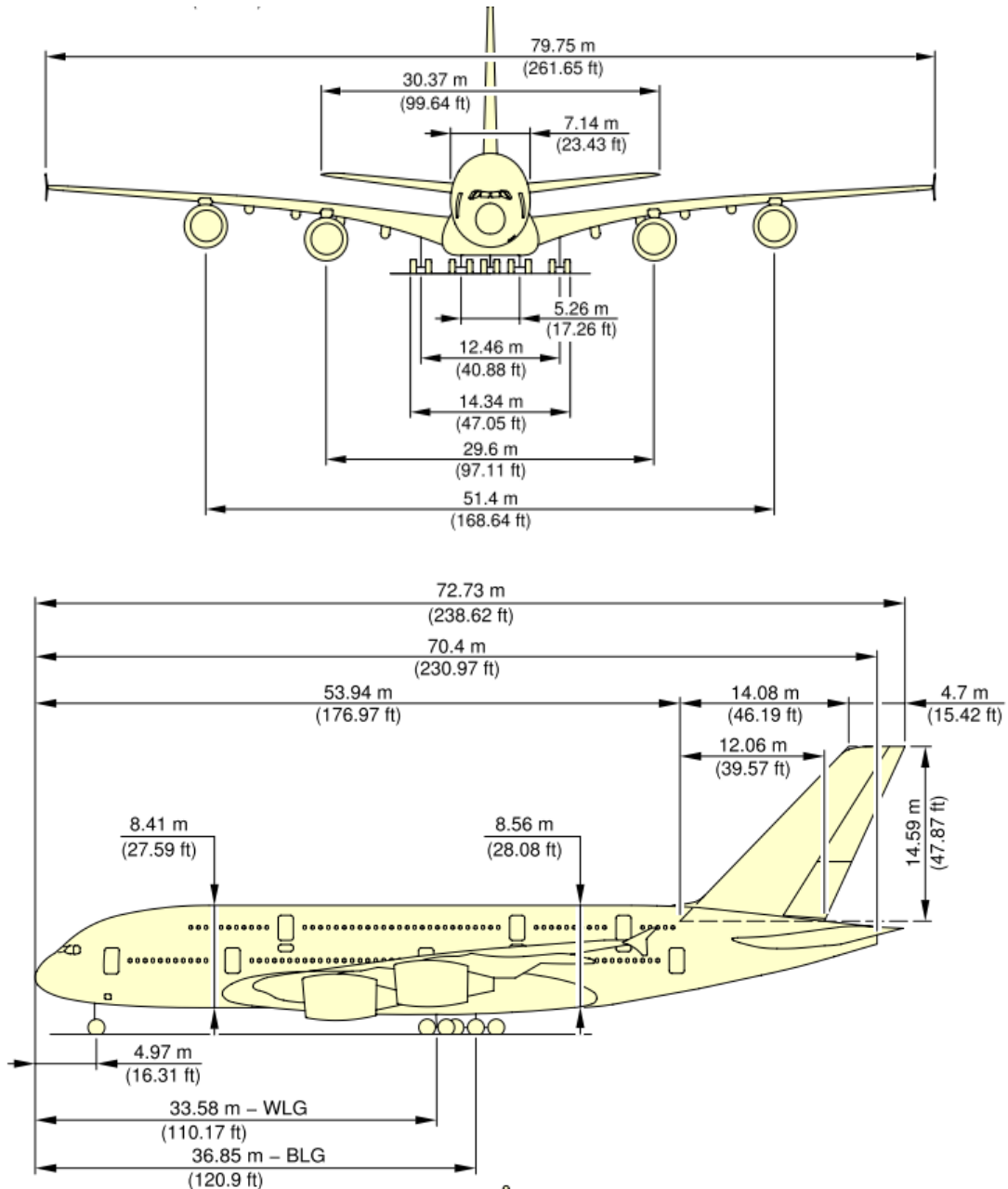


Figura 3.5. Dimensões do Airbus A380 (Airbus S.A.S., 2017).

A classificação dos aeroportos também pode ser feita de acordo com os níveis de tráfego. Os movimentos são expressos por hora mais congestionada em média anual, que é igual à média aritmética do número de movimentos registados na hora mais congestionada

diariamente durante um ano. Um movimento pode ser considerado tanto como uma aterragem ou uma descolagem. A ICAO define três grupos (ICAO, 2004):

- Baixo – menos de 15 movimentos/h/pista e menos de 20 movimentos/h totais;
- Médio – entre 16 e 25 movimentos/h/pista e entre 20 e 35 movimentos/h totais;
- Elevado – 26 ou mais movimentos/h/pista e mais do que 35 movimentos/h totais.

3.3. Placas de Estacionamento

Uma placa de estacionamento num aeroporto é definida pela ICAO como a “*área estipulada para acomodar as aeronaves com o propósito de embarcar e desembarcar passageiros, correio ou carga*”, assim como a área de “*abastecimento de combustível, estacionamento e manutenção*” das mesmas (ICAO, 2005). Estas zonas estão interligadas aos caminhos de circulação, que por sua vez as conectam à pista e que podem ter várias configurações dependendo do seu propósito.

A placa de estacionamento tem como constituintes o lugar de estacionamento, o caminho de circulação e a via de serviço, como ilustra a Figura 3.6.

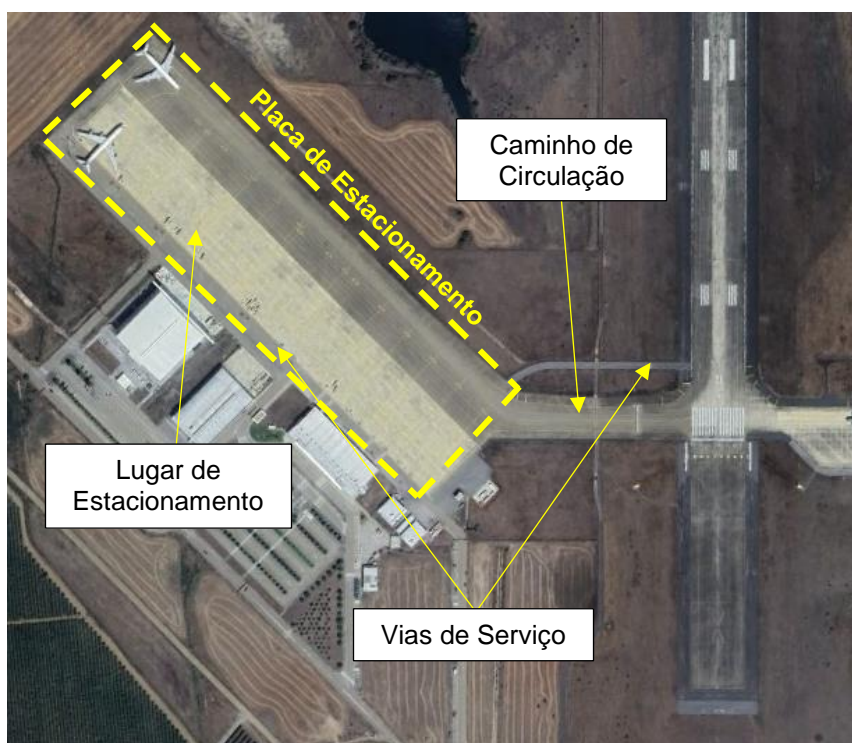


Figura 3.6. Constituintes de uma placa de estacionamento (adaptado do Google Earth, 2024).

3.3.1. Tipos de Placas de Estacionamento e os seus Constituintes

Previamente ao dimensionamento de uma placa de estacionamento, é importante perceber as atividades que ocorrem na mesma, assim como os diferentes tipos de utilização, os equipamentos e instalações, uma vez que cada aeroporto apresenta um ambiente único no que diz respeito a estas zonas.

As placas de estacionamento do terminal de passageiros são das zonas com mais congestionamento de um aeroporto e têm como função o estacionamento e abastecimento das aeronaves, assim como o embarque e desembarque de passageiros e respetiva bagagem. Estas podem dividir-se em dois grupos: próximas do terminal e remotas. Nas placas próximas do terminal (Figura 3.7) o embarque e desembarque de passageiros pode ser realizado através de uma ponte ou manga que liga o terminal diretamente à respetiva aeronave, ou através de escadas móveis. As placas remotas (Figura 3.8) são localizadas longe do terminal e servem para estacionar aeronaves durante longos períodos de tempo, inclusive durante a noite (ACRP, 2013 & ICAO, 2005).

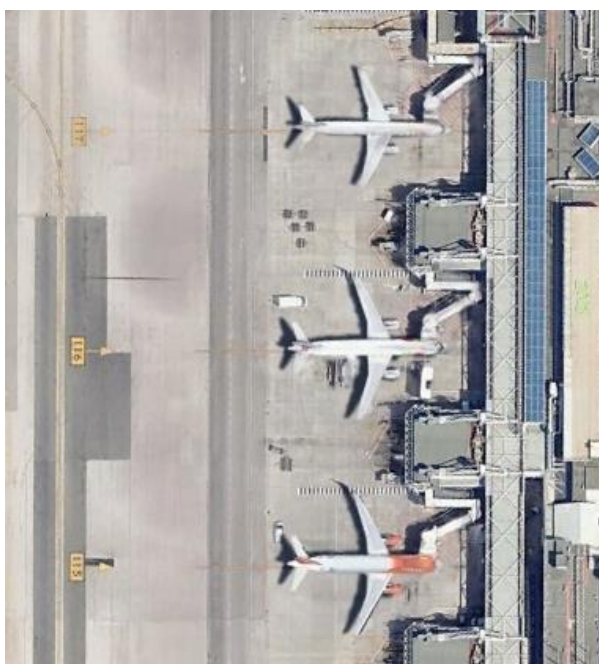


Figura 3.7. Placa de estacionamento próxima do terminal (Google Earth, 2024).



Figura 3.8. Placa de estacionamento remota (Google Earth, 2024).

A ponte ou manga garante a ligação do terminal à aeronave e pode ser estacionária (Figura 3.9) ou móvel (Figura 3.10). No primeiro caso, a mesma dispõe-se perpendicularmente e apresenta uma secção em túnel que se estende ou retrai na chegada ou partida das

aeronaves. O segundo caso é o mais flexível tendo em conta o movimento significativo que a ponte pode realizar através de um sistema com rodas (ACRP, 2013 & ICAO, 2005).

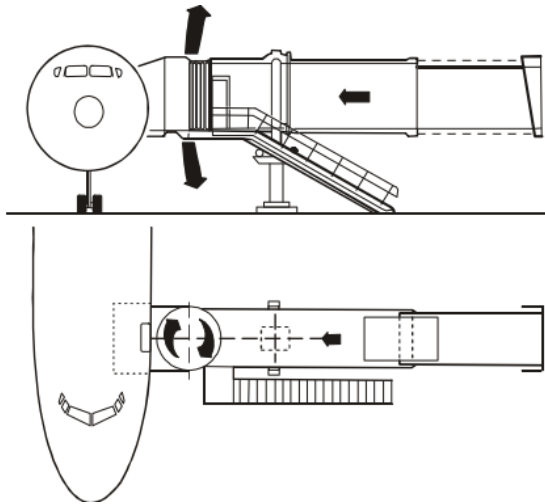


Figura 3.9. Ponte estacionária (ICAO, 2005).

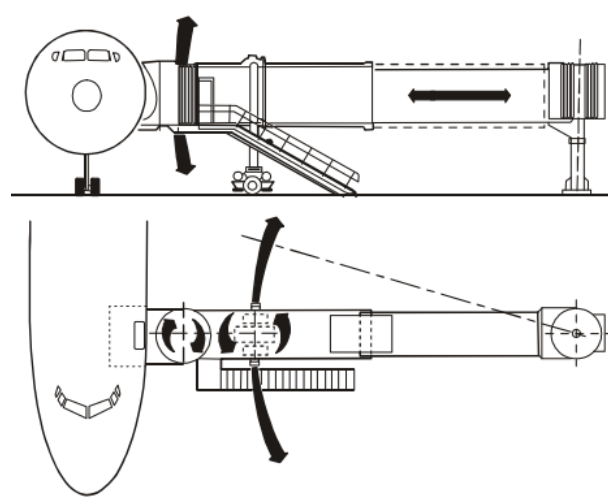


Figura 3.10. Ponte móvel (ICAO, 2005).

Quando não existem pontes para o embarque e desembarque de passageiros, estes podem ter de se deslocar entre as aeronaves e o terminal através de passagens para peões (ACRP, 2013), como mostra a Figura 3.11.



Figura 3.11. Passagens para peões na placa de estacionamento (Google Earth, 2024).

Para além das aeronaves, existem múltiplos equipamentos e veículos de serviço que ocupam estas placas em simultâneo, como se verifica na Figura 3.12.

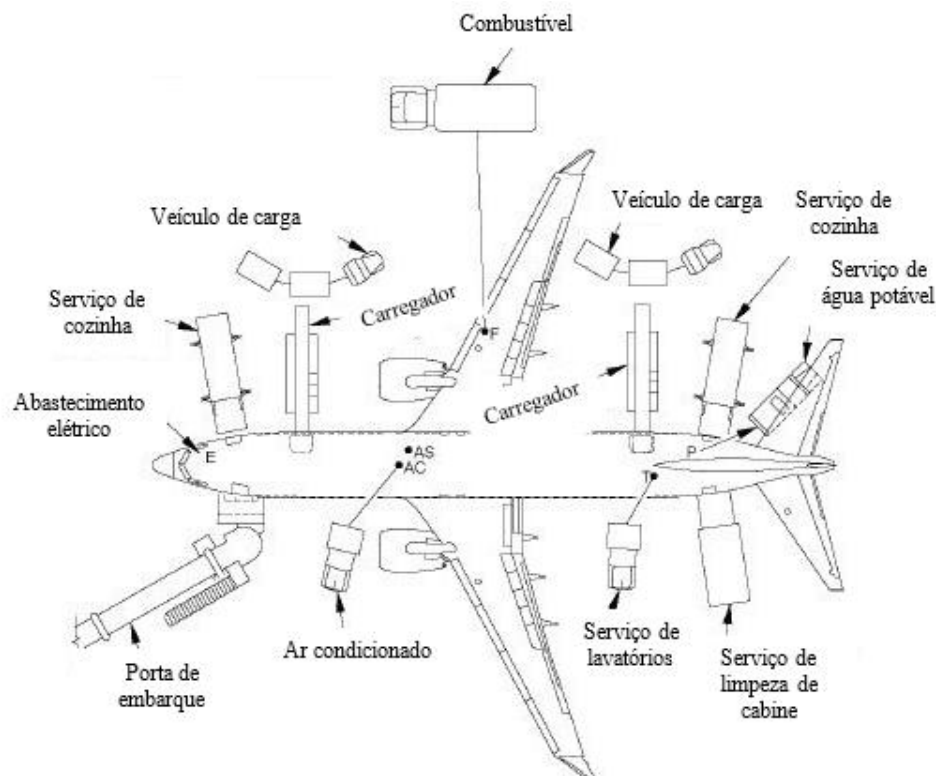


Figura 3.12. Equipamento e veículos de serviço numa placa de estacionamento (adaptado de Torre, 2023).

Estes veículos e equipamentos são provenientes dos seguintes serviços, realizados durante o embarque e desembarque dos passageiros (ACRP, 2013):

- **Abastecimento de combustível:** Atividade que permite abastecer os depósitos da aeronave, geralmente com recurso a um veículo de combustível, ou por vezes a um hidrante;
- **Tratamento de bagagem:** Atividade que transfere a bagagem entre a aeronave e o terminal, com auxílio de um veículo de carga e um carregador de bagagem que consiste numa rampa automática. Em aeronaves de maiores dimensões, são utilizados contentores;
- **Tratamento de carga:** Nos voos comerciais também pode existir o transporte de carga, neste caso a transferência dá-se entre o terminal de carga e a aeronave;
- **Abastecimento de energia:** Atividade que permite fornecer energia à aeronave quando a unidade auxiliar de energia está desligada;
- **Ar pré-condicionado:** Utilizado para aquecer ou arrefecer o interior da aeronave quando esta está estacionada;
- **Serviço de lavatórios:** Destinado à limpeza dos lavatórios, incluindo o encaminhamento das águas residuais para o interior de um tanque e recolha de resíduos;

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

- **Água potável:** Transferida para a aeronave através de uma mangueira a partir de um veículo ou de um sistema fixo em cada lugar de estacionamento;
- **Ar para arranque dos motores:** Em algumas aeronaves, é possível ligar os motores através de um sistema pneumático, em situações onde os sistemas da mesma estão desligados. Neste caso é utilizada uma mangueira com ar proveniente de um veículo;
- **Catering:** Serviço que permite abastecer a aeronave com refeições, assim como a recolha de resíduos;
- **Manutenção:** Quando a aeronave está estacionada por vezes são realizadas algumas reparações simples.

Os veículos de serviço circulam em torno do terminal e dos lugares de estacionamento das aeronaves. Para que esta circulação se processe de forma segura e sem causar conflitos, é necessário existirem vias de serviço exclusivas para estes veículos. Podem existir três tipos de vias de serviço de acordo com a sua localização: entre a parte frontal das aeronaves e o terminal (Figura 3.13), entre a parte traseira das aeronaves e o caminho de circulação da placa de estacionamento e entre as aeronaves (Figura 3.14) (ACRP, 2013).



Figura 3.13. Via de serviço localizada entre a parte frontal das aeronaves e o terminal (Google Earth, 2024).



Figura 3.14. Vias de serviço entre aeronaves e entre a parte traseira das aeronaves e o caminho de circulação da placa de estacionamento (Google Earth, 2024).

As vias de serviço localizadas entre a parte frontal das aeronaves e o terminal apresentam benefícios na redução de interações com as aeronaves, permitindo a circulação dos veículos sem interrupção quando as mesmas estão a executar manobras, uma vez que não interseccionam o caminho de circulação ou o lugar de estacionamento. O mesmo não se reflete nas vias de

serviço que se localizam na traseira das aeronaves, onde os potenciais conflitos são maiores (ACRP, 2013).

Alguns aeroportos possuem ainda placas de estacionamento exclusivas para carga (Figura 3.15), uma vez que existem aeronaves que transportam apenas mercadoria. Estas placas estão na proximidade de um terminal de carga e a sua atividade dependerá do posicionamento do aeroporto relativamente à rede de transporte de mercadoria. Alguns equipamentos e veículos são semelhantes aos que se pode encontrar numa placa de estacionamento do terminal de passageiros. Para além deste tipo de placas, existem também as que servem os hangares de manutenção (Figura 3.16), onde são realizadas as inspeções de rotina às aeronaves. Neste caso, o estacionamento pode não seguir os mesmos princípios, uma vez que as aeronaves são estacionadas com separações reduzidas (ACRP, 2013).

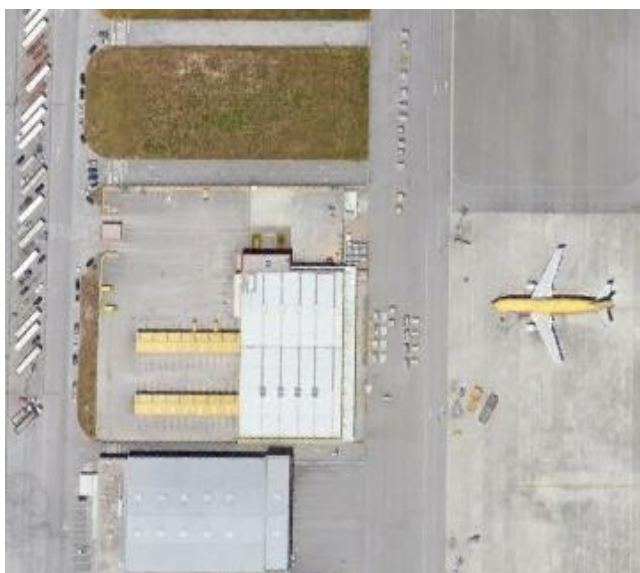


Figura 3.15. Placa de estacionamento do terminal de carga (Google Earth, 2024).



Figura 3.16. Placa de estacionamento de manutenção (Google Earth, 2024).

3.3.2. Principais Critérios Dimensionamento

Apesar dos diferentes tipos de placas de estacionamento, a ICAO refere alguns critérios de base que são transversais no dimensionamento de qualquer tipo de placas (ICAO, 2005):

- **Segurança:** Relacionada com as manobras efetuadas pelas aeronaves, pressupondo a existência de distâncias adequadas de modo a não comprometer a sua integridade, assim como a dos componentes na sua envolvente. A segurança é também um fator que influencia a escolha do local onde é implementada a placa de estacionamento,

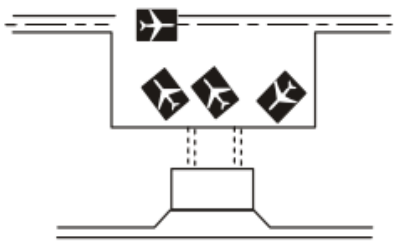
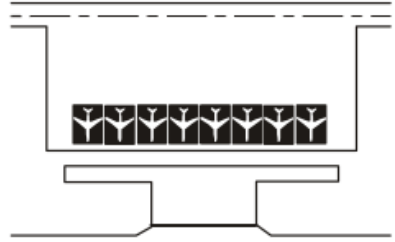
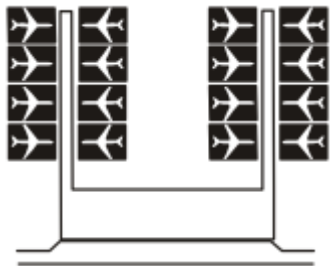

pois é necessário proteger estas áreas, de forma que não sejam facilmente acessíveis por pessoal não autorizado;

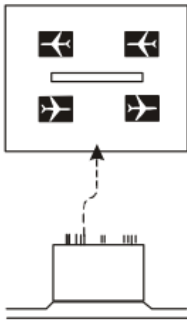
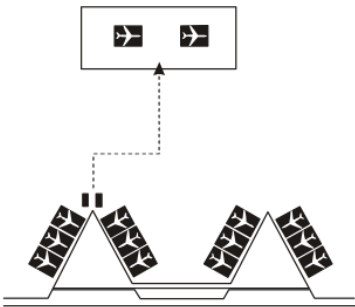
- **Eficiência:** Deve existir espaço para que os movimentos das aeronaves e dos veículos de serviço sejam eficientes. Durante a fase inicial devem ser planeadas as instalações de combustível, hidráulicas e elétricas, que se encontram normalmente por baixo do pavimento;
- **Geometria:** Depende de vários fatores como as condicionantes da envolvente e a área disponível, que podem ditar o tipo de solução a ser implementada. A área necessária é função não só das dimensões das aeronaves, disposição e área de segurança em torno das mesmas, mas também da disposição geométrica do estacionamento, dos caminhos de circulação que comunicam com estas zonas e outros componentes de circulação e estacionamento dos veículos de serviço. Desta forma, estas condicionantes são mais evidentes na implementação de novas placas de estacionamento em aeroportos já existentes, tendo em conta o espaço existente mais reduzido;
- **Flexibilidade:** O número e dimensão dos lugares de estacionamento são função da quantidade de aeronaves que é espetável e das suas dimensões. O dimensionamento não deve ser feito tendo em conta apenas o tipo de aeronave com maiores dimensões, pois é uma forma ineficiente de aproveitar a área disponível. O número de lugares não deve ser igual à quantidade dos diferentes tipos de aeronave, uma vez que diminui a flexibilidade. A solução adequada enquadra-se entre estas duas situações. Pensando na possibilidade de expansões futuras, devem ser projetadas soluções em forma de módulo.

A configuração das placas de estacionamento é influenciada por diversos fatores, nomeadamente a própria configuração do terminal, o volume de tráfego e a quantidade de passageiros a efetuar conexões. A ICAO define seis conceitos diferentes de placas de estacionamento: simples, linear, cais ou pontão, satélite, transportador e híbrido, como se verifica na Tabela 3.2 (ICAO, 2005).

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

Tabela 3.2. Configurações de placas de estacionamento e terminais de passageiros (ICAO, 2005).

<p>Simples</p> <p>Para casos onde o tráfego de aeronaves é baixo. O estacionamento é normalmente realizado de forma oblíqua, com a parte frontal da aeronave virada para o interior ou exterior.</p>	
<p>Linear</p> <p>Caracterizado como uma evolução do tipo simples, onde as aeronaves podem estar estacionadas de forma oblíqua ou perpendicular. A forma mais eficaz é o estacionamento perpendicular com a parte frontal da aeronave virada para o interior, uma vez que simplifica as manobras necessárias.</p>	
<p>Cais ou Pontão</p> <p>Consiste num cais que comporta portas de embarque de cada lado, permitindo o estacionamento das aeronaves de diversas formas. Pode existir mais do que um cais.</p>	
<p>Satélite</p> <p>Composto por uma unidade rodeada por portas de embarque que se localiza separada do terminal, onde as aeronaves estão estacionadas de forma radial, paralela, entre outras. A circulação dos passageiros é efetuada de forma subterrânea ou através de um corredor elevado. Possui diversas desvantagens relacionadas com espaço disponível, manobras, congestionamento nos equipamentos de serviços e capacidade de alargamento.</p>	

<p>Transportador</p> <p>Conceito em que a placa de estacionamento está localizada remotamente. Pode ser benéfico caso esteja perto da pista, uma vez que diminui a distância percorrida e as manobras necessárias de realizar entre os dois componentes, no entanto, é importante que não esteja demasiado longe do terminal. Uma das vantagens é o forte potencial de alargamento.</p>	
<p>Híbrido</p> <p>Conceito resultante da combinação de dois tipos já mencionados. O mais comum é a combinação do tipo transportador com outro dos restantes.</p>	

O espaço a considerar nas placas de estacionamento está relacionado com os seguintes fatores (ICAO, 2005):

- Características das aeronaves que operam na placa;
- Tipos de manobras que as aeronaves realizam (quer sejam através de reboque ou não);
- Tipo de estacionamento adotado;
- Distâncias mínimas especificadas;
- Volume de tráfego;
- Tipo de *layout* do terminal adjacente à placa;
- Caminhos de circulação e vias de serviço (destinadas aos veículos de serviço).

De um modo geral, quando se pretende estimar o espaço total, pode-se considerar o comprimento da aeronave e a sua envergadura. As características de manobra são expressas pelo raio de rotação, que varia de acordo com o tipo de aeronave, sendo na maioria dos casos medido desde o centro de rotação até à ponta da asa (ICAO, 2005). A Figura 3.17 ilustra estes parâmetros.

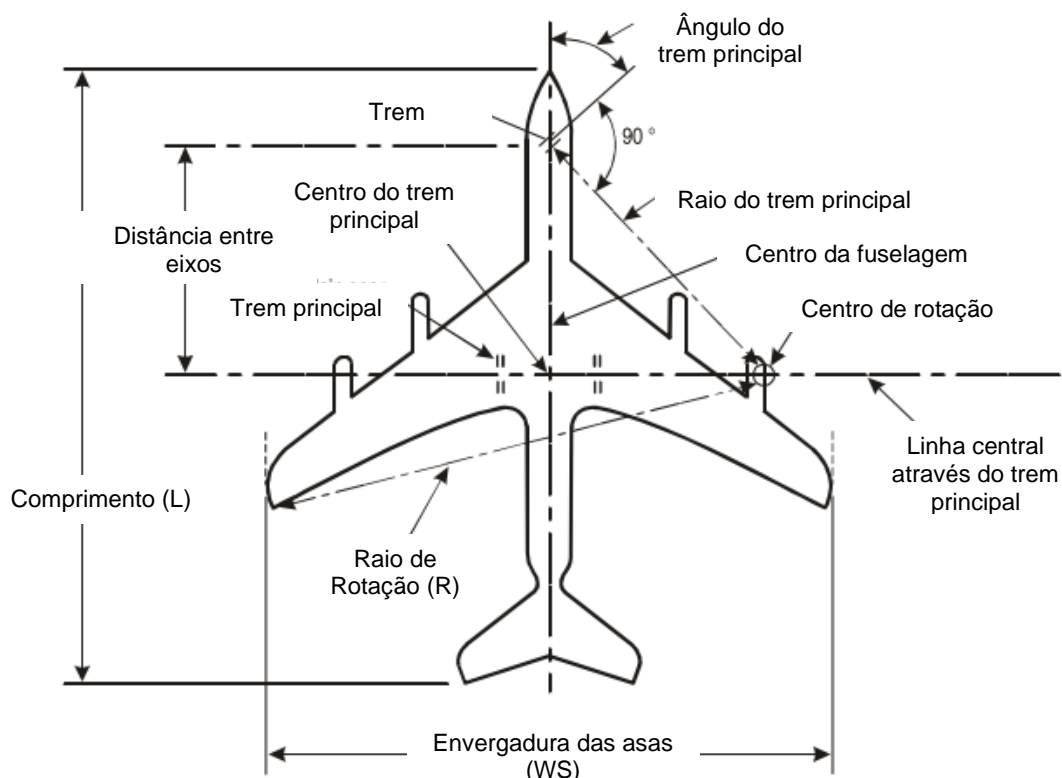


Figura 3.17. Espaço a considerar num lugar de estacionamento (adaptado de ICAO, 2005).

A ICAO define o espaço mínimo que deve ser considerado em torno da aeronave, face aos objetos na sua envolvente, de acordo com a Tabela 3.3.

Tabela 3.3. Separação mínima entre as aeronaves e os objetos na envolvente (ICAO, 2005).

Letra do Código	Separação Mínima (m)
A	3,0
B	3,0
C	4,5
D	7,5
E	7,5
F	7,5

As manobras das aeronaves nos lugares de estacionamento também devem ser consideradas no dimensionamento e podem ser divididas em dois grupos: Auto-manobra e manobra assistida por reboque. Nas auto-manobras, as aeronaves realizam a chegada e partida dos lugares de estacionamento por si mesmas, sem a assistência de outros veículos. A Figura 3.18 exemplifica dois casos de estacionamento oblíquo, onde existem auto-manobras, no entanto, este método ocupa mais espaço e é mais utilizado em aeroportos com volumes de tráfego baixos (ICAO, 2005).

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

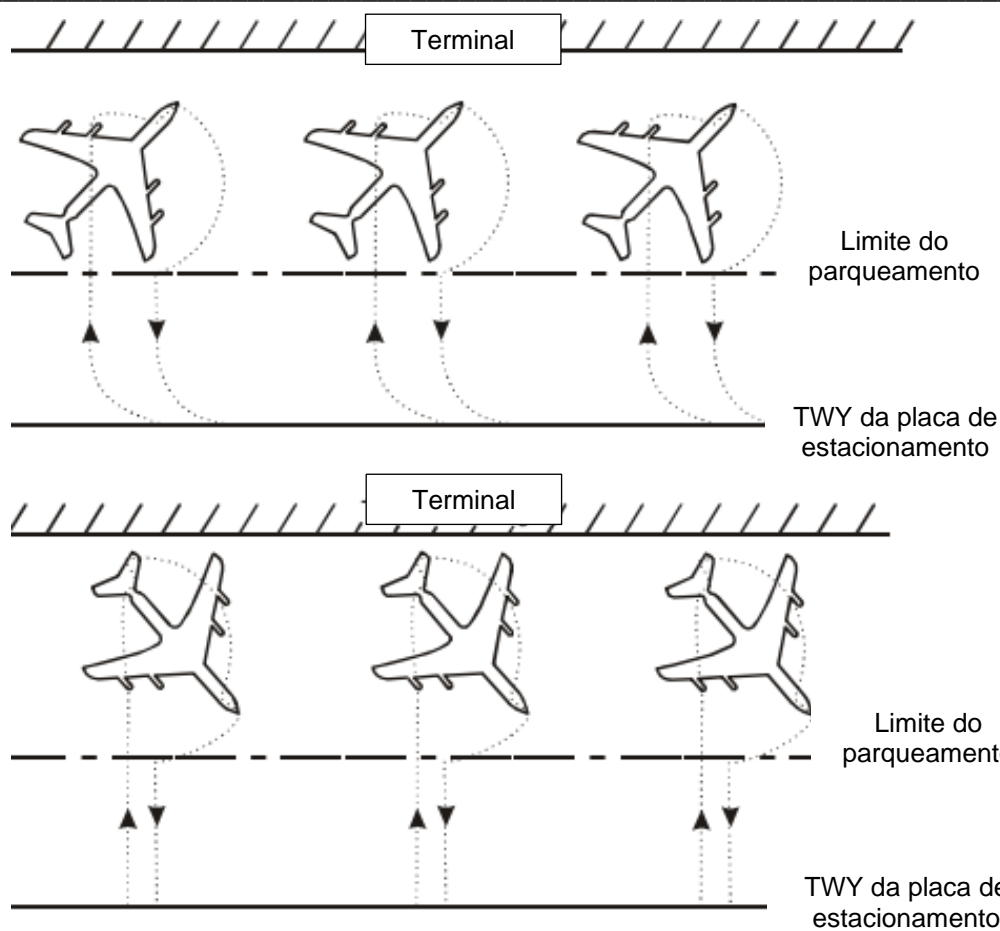


Figura 3.18. Espaço necessário para as auto-manobras em estacionamento oblíquo (adaptado de ICAO, 2005).

A Figura 3.19 ilustra um exemplo de estacionamento paralelo, onde são realizadas auto-manobras, sendo este caso onde é necessário mais espaço disponível (ICAO, 2005).

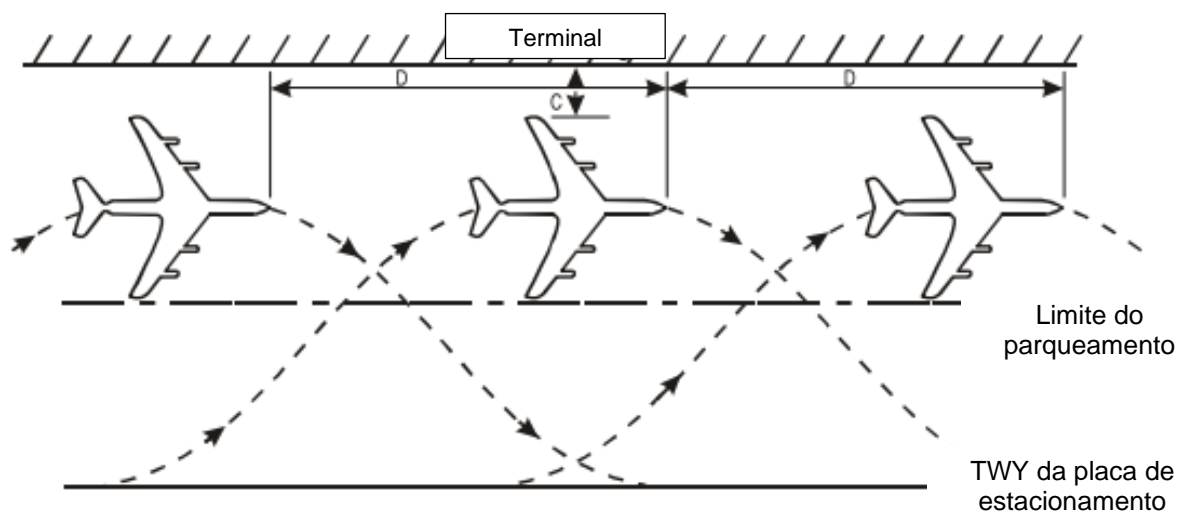


Figura 3.19. Espaço necessário para as auto-manobras em estacionamento paralelo (adaptado de ICAO, 2005).

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

A forma mais comum de estacionamento, de manobra assistida, consiste na chegada das aeronaves sem qualquer tipo de reboque e partida com assistência de reboque. A utilização deste método permite diminuir a distância entre lugares consecutivos e acomodar maiores volumes de tráfego, diminuindo também o comprimento tanto da placa de estacionamento como do terminal. A Figura 3.20 ilustra este caso.

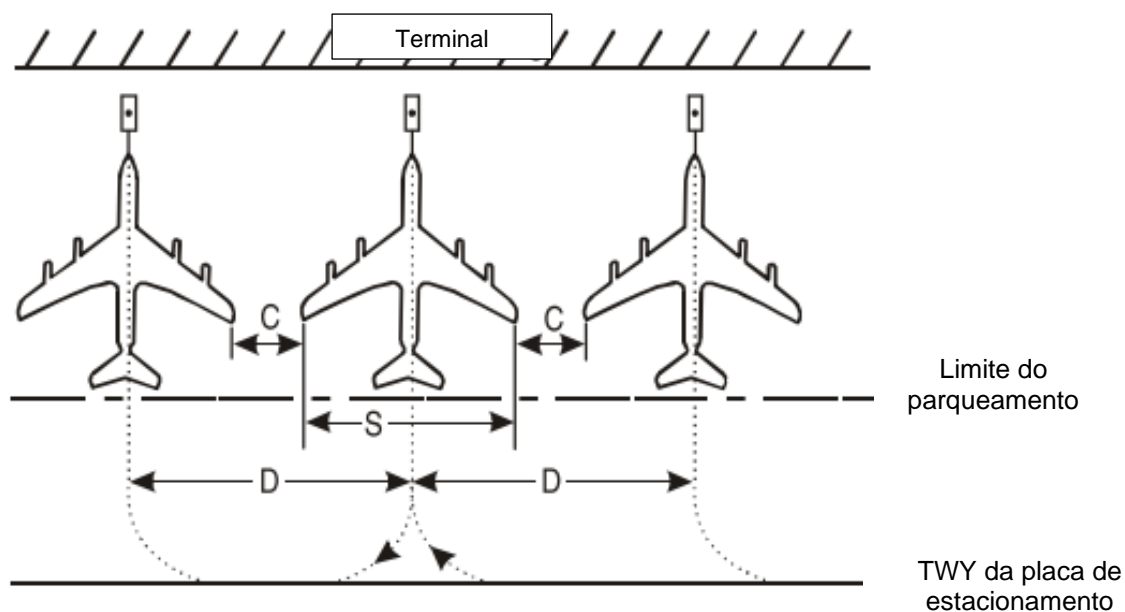


Figura 3.20. Espaço necessário para as manobras assistidas por reboque em estacionamento perpendicular (adaptado de ICAO, 2005).

A ICAO apenas define o cálculo do estacionamento perpendicular, como se verifica através da Equação 3.1, onde se calcula a distância entre o eixo central de dois lugares de estacionamento consecutivos.

$$D = C + WS \quad (3.1)$$

Onde:

- D – Distância entre eixos,
- C – Separação mínima;
- WS – Envergadura das asas.

Os valores mínimos admissíveis para a separação são os apresentados na Tabela 3.3. A distância mínima admissível entre o eixo central de um lugar de estacionamento e um objeto na sua envolvente é dada pela Tabela 3.4.

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

Tabela 3.4. Distância mínima admissível em lugares de estacionamento (ICAO, 2005).

Letra do Código	Distância mínima (m)
A	12,0
B	16,5
C	24,5
D	36,0
E	42,5
F	50,5

A inclinação das placas de estacionamento tem como objetivo a drenagem rápida das águas que se acumulam à superfície, assim como o combustível que possa ser derramado sobre a mesma e provocar um risco de incêndio. A EASA - *European Union Aviation Safety Agency* (2023) recomenda uma inclinação máxima de 1% em todas as direções.

A existência de veículos de serviço na placa de estacionamento origina potenciais conflitos com as aeronaves, desta forma, é possível minimizar os mesmos através da segregação, que deve ser planeada logo desde a fase inicial de projeto. Apesar de tudo, existe um elevado número de veículos e equipamentos com a necessidade de operar na zona de movimento das aeronaves, com diversos propósitos. A primeira premissa da segregação, é a exclusão de todos os veículos que não sejam necessários na zona de movimento das aeronaves, de um ponto de vista operacional e de segurança. É de notar que alguns dos serviços móveis podem ser substituídos por instalações fixas, eliminando assim as deslocações na placa. A segunda premissa está relacionada com o planeamento das estradas de serviço exclusivas para veículos, que podem realizar atividades de serviço ou de manutenção e inspeção. Este planeamento deve ter em consideração os seguintes aspetos (ICAO, 2005):

- Evitar o atravessamento de pistas e caminhos de circulação;
- Ter em consideração as zonas onde os veículos de emergência necessitam operar;
- Evitar a interferência com a sinalização de navegação visual e interferência nas zonas de aproximação das aeronaves;
- Implementar sinalização.

As operações realizadas por veículos e restantes equipamentos de serviço nas placas estão diretamente relacionadas com o dimensionamento dos lugares de estacionamento. Como referido anteriormente, um dos critérios base é a eficiência dos movimentos desses mesmos

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

veículos e equipamentos. Essa eficiência pode ser posta em causa quando o intervalo em que a aeronave está estacionada é demasiado curto, uma vez que resulta num maior número de atividades que são executadas ao mesmo tempo e conseqüentemente numa noção de falta de espaço. Esta noção pode não ser real, mas estar relacionada com a falta de eficiência (Oorsprong, 2016). Contudo, a ICAO não estabelece nenhum guia sobre como incorporar estas questões no dimensionamento.

Através da comparação das configurações de lugares de estacionamento de quatro aeroportos internacionais: Aeroporto Internacional de Frankfurt (FRA), Aeroporto Internacional John F. Kennedy (JFK), Aeroporto de Londres – Heathrow (LHR) e Aeroporto de Amesterdão Schiphol (AMS), como ilustra a Figura 3.21, é possível concluir se existe realmente falta de espaço nos lugares do aeroporto AMS, ou se se trata apenas de uma noção de falta de espaço (Oorsprong, 2016).

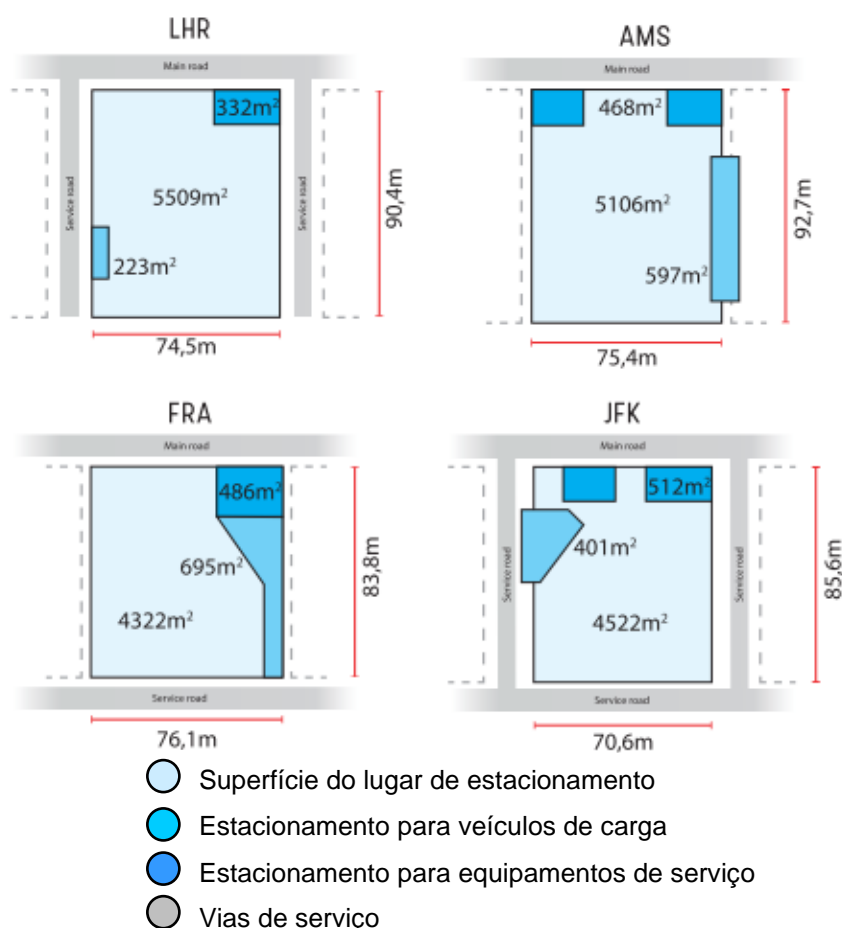


Figura 3.21. Configuração dos lugares de estacionamento de quatro aeroportos internacionais (adaptado de Oorsprong, 2016).

Através destas quatro configurações podem ser observadas várias diferenças que afetam a forma de funcionamento das operações em torno das aeronaves. O aeroporto LHR é o que

apresenta uma maior área para estacionamento, no entanto, é o que possui menos espaço reservado para o estacionamento dos veículos de carga e equipamentos de serviço. Apesar de tudo, as suas vias de serviço laterais permitem maior alcance por parte destes veículos, como é também o caso do aeroporto JFK. O aeroporto AMS, pelo contrário, apresenta em comparação muito menos alcance devido à falta de vias de serviço, apesar de ter uma área idêntica ou igual aos restantes aeroportos para os veículos e equipamentos. A eficiência está relacionada com o dimensionamento de uma solução idêntica ao aeroporto JFK, onde existe uma combinação de vias de serviço com elevado alcance e estacionamento para veículos de carga e equipamentos de serviço (Oorsprong, 2016).

3.4. Caminhos de Circulação

Um caminho de circulação ou TWY é definido pela ANAC como sendo uma “*via definida num aeródromo terrestre destinada à circulação de aeronaves e que visa estabelecer a ligação entre uma parte do aeródromo e outra*”. Esta ligação pode ser efetuada para que as aeronaves acedam à placa de estacionamento, ou para circulação dentro da própria placa. Existem ainda os caminhos de circulação de saída rápida, que permitem a saída das aeronaves da pista sem abrandamento de velocidade, desocupando-a de forma mais rápida (ANAC, 2015). A Figura 3.22 apresenta a integração dos caminhos de circulação no sistema aeroportuário.

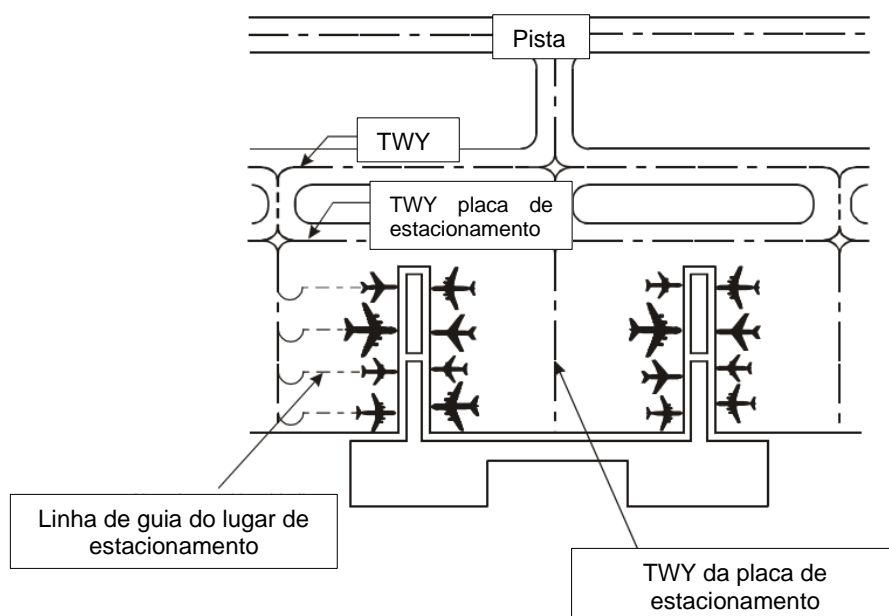


Figura 3.22. Caminhos de circulação no sistema aeroportuário (adaptado de ICAO, 2005).

Os caminhos de circulação são os elementos menos flexíveis do sistema de um aeroporto e devem ser os primeiros a ser planeados. Os critérios de dimensionamento são, no entanto,

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

menos rigorosos em comparação, por exemplo, às pistas, uma vez que a velocidade praticada nestes elementos por parte das aeronaves é muito reduzida (ICAO, 2005).

A ICAO define alguns critérios gerais que devem ser considerados no dimensionamento dos caminhos de circulação (ICAO, 2005):

- Os caminhos de circulação devem ser planeados de forma a diminuir o tempo de percurso das aeronaves, permitindo a otimização das perdas de tempo e custos associados;
- Os percursos devem ser simples, de modo a evitar a confusão por parte dos pilotos;
- Os cruzamentos da pista ou dos caminhos de circulação devem ser evitados para evitar atrasos;
- Os sentidos devem ser preferencialmente únicos, evitando os conflitos entre aeronaves e atrasos;
- O planeamento deve ser feito de forma a facilitar a coordenação com futuros desenvolvimentos.

A constituição de um caminho de circulação está representada na Figura 3.23 e compreende, para além da área destinada à circulação, as bermas e as zonas de faixa.

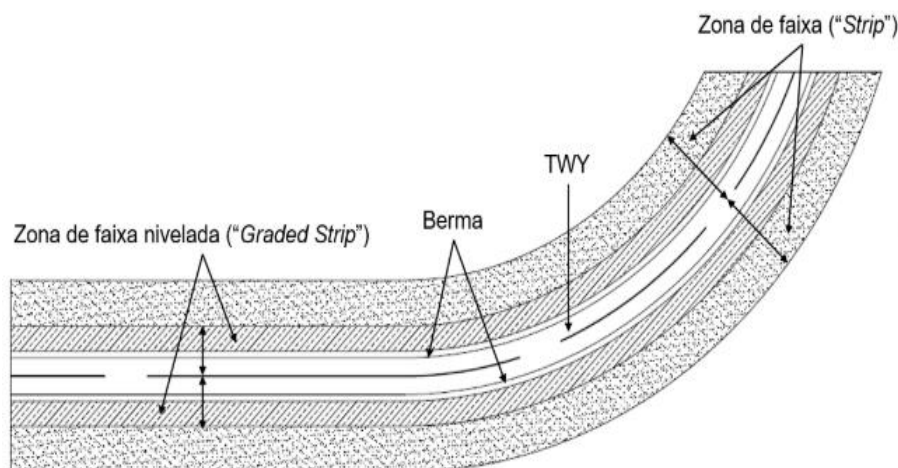


Figura 3.23. Constituintes de um caminho de circulação (Lucas, 2018).

Distância de Segurança Mínima

No dimensionamento dos TWY é necessário considerar uma distância de segurança entre a roda exterior do trem de aterragem e a berma, quando o mesmo se encontra no eixo do caminho de circulação (Lucas, 2018). O seu valor depende da letra do código da classificação do aeroporto, como se verifica através da Tabela 3.5.

Tabela 3.5. Distância mínima de segurança entre o trem de aterragem e a berma de um TWY (ICAO, 2005).

Letra do código	Distância de segurança mínima entre o trem de aterragem e a berma (m)
A	1,50
B	2,25
C	3,0 para aeronaves com base de rodas inferior a 18,0
	4,5 para aeronaves com base de rodas superior a 18,0
D	4,5
E	5,5
F	6,5

Distância de Separação entre um TWY e a pista

Relativamente à separação entre um caminho de circulação e a pista, a ICAO refere que a ponta da asa das aeronaves que circulam nos caminhos de circulação não se deve sobrepor à berma da pista, de modo a evitar colisões. Desta forma, a distância é calculada de acordo com a Equação 3.2 e ilustrada na Figura 3.24.

$$STP = \frac{1}{2} (SW + WS) \quad (3.2)$$

Onde:

- STP – Distância de separação entre o TWY e a pista;
- SW – Largura da faixa da pista;
- WS – Envergadura das asas.

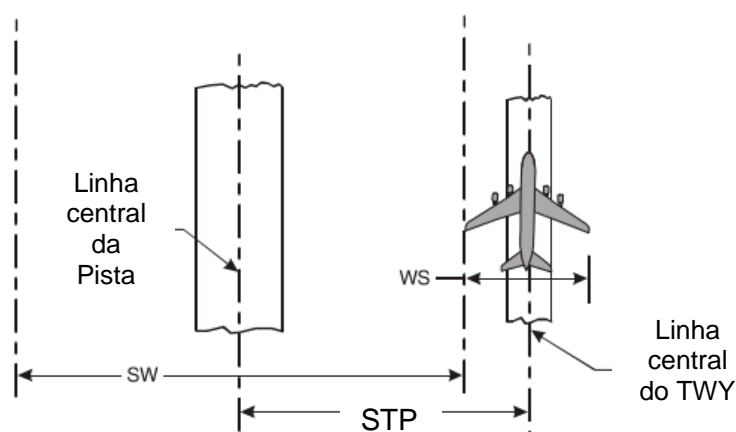


Figura 3.24. Separação entre uma pista e um caminho de circulação paralelo (adaptado de ICAO, 2005).

Os valores mínimos para distância de separação estão expressos na Tabela 3.6, dependendo também do tipo de aproximação à pista.

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

Tabela 3.6. Separação mínima em metros entre uma pista e um caminho de circulação paralelo (ICAO, 2005).

Regras de Voo	1		2		3			4				
	A	B	A	B	A	B	C	D	C	D	E	F
Por aproximação visual (VFR)	37,5	42	47,5	52	82,5	87	93	101	93	101	107,5	115
Aproximação por instrumentos (IFR)	82,5	87	82,5	87	157,5	162	168	176	168	176	182,5	190

Distância de Separação entre dois TWY paralelos

O mesmo se aplica no que diz respeito à separação entre dois caminhos de circulação paralelos, é importante ter em conta a trajetória da ponta da asa. Para além da envergadura da aeronave e da distância entre a ponta das asas, é também contabilizado o desvio lateral máximo admissível que representa a distância máxima entre a roda exterior do trem principal e a berma, como se verifica através da Equação 3.3, ilustrado na Figura 3.25 (ICAO, 2005).

$$STT = WS + LD + Z \quad (3.3)$$

Onde:

- STT – Distância de separação entre dois TWY paralelos;
- WS – Envergadura das asas;
- LD – Desvio lateral máximo admissível;
- Z – Distância entre as pontas das asas (incremento).

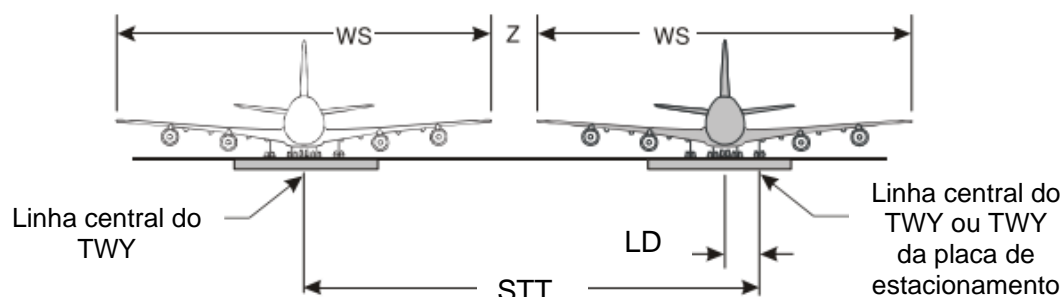


Figura 3.25. Separação entre dois caminhos de circulação paralelos (adaptado de ICAO, 2005).

O desvio lateral máximo e o incremento a adotar neste caso são dados pela Tabela 3.7.

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

Tabela 3.7. Desvio lateral máximo e incremento (ICAO, 2005).

Letra do Código	Desvio Lateral Máximo (m)	Incremento (m)
A	1,50	7,25
B	2,25	7,25
C	3,00	5,00
D	4,50	10,00
E	4,50	10,50
F	4,50	13,00

A distância de separação mínima é dada pela Tabela 3.8.

Tabela 3.8. Separação mínima entre dois caminhos de circulação paralelos (ICAO, 2005).

Letra do Código	Distância de Separação Mínima (m)
A	23,75
B	33,50
C	44,00
D	66,50
E	80,00
F	97,50

Distância de Separação entre um TWY e um Objeto

A distância transversal de separação considerada entre os caminhos de circulação e os objetos na envolvente é dada pela seguinte Equação 3.4 e ilustrada pela Figura 3.26. Os valores a adotar para o desvio lateral máximo e o incremento são os mesmos dados pela Tabela 3.7.

$$STO = \frac{WS}{2} + LD + Z \quad (3.4)$$

Onde:

- STO – Distância de separação entre um TWY e um objeto;
- WS – Envergadura das asas;
- LD – Desvio lateral máximo admissível;

- Z – Distância entre a ponta da asa e o objeto (incremento).

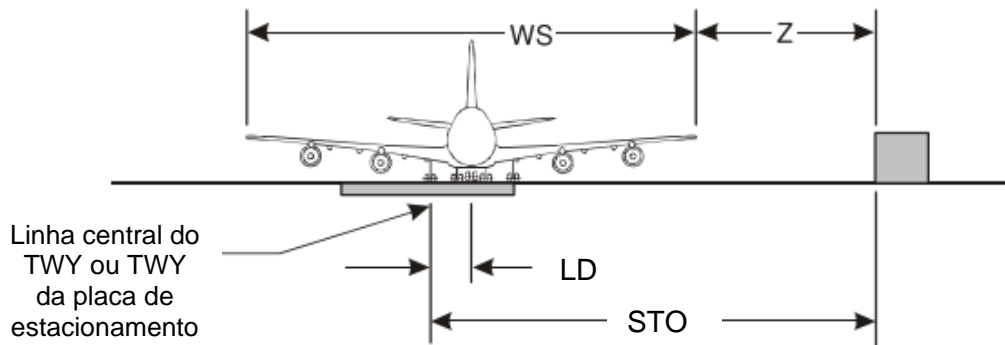


Figura 3.26. Separação entre os caminhos de circulação e os objetos na envoltura (adaptado de ICAO, 2005).

A distância de separação mínima é dada pela Tabela 3.9.

Tabela 3.9. Separação mínima entre um TWY e os objetos na envoltura (ICAO, 2005).

Letra do Código	STO (m)
A	16,25
B	21,50
C	26,00
D	40,50
E	47,50
F	57,50

Distância de Separação num TWY de uma Placa de Estacionamento

A distância considerada entre os caminhos de circulação das placas de estacionamento e os lugares de estacionamento está representada na Equação 3.5 e ilustrada na Figura 3.27. Os valores a adotar para o desvio lateral e o incremento são os mesmos dados pela Tabela 3.7 e os valores mínimos da distância de separação correspondem aos da Tabela 3.9.

$$SPE = \frac{WS}{2} + D + Z \quad (3.5)$$

Onde:

- SPE – Distância de separação num TWY de uma placa de estacionamento;
- WS – Envergadura das asas;

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

- D – Desvio lateral;
- Z – Distância entre a ponta da asa e o objeto (incremento).

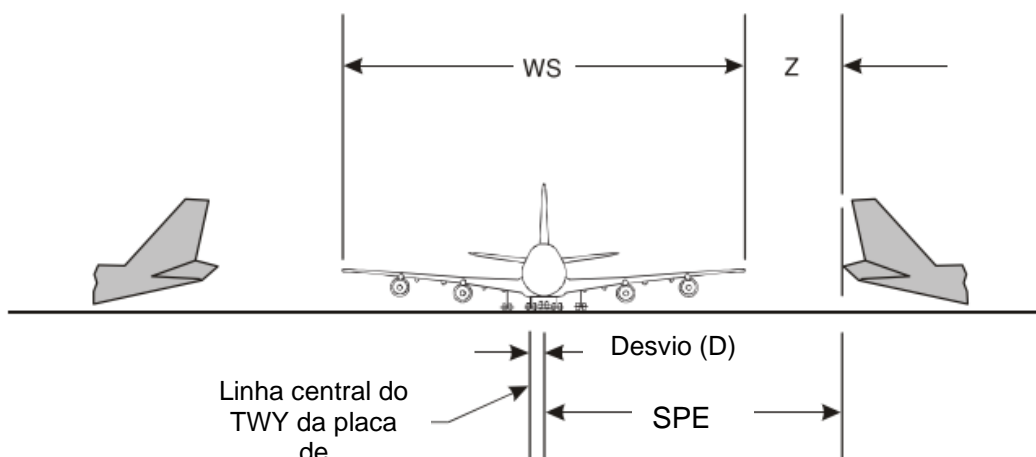


Figura 3.27. Separação entre os caminhos de circulação e os lugares de estacionamento (adaptado de ICAO, 2005).

Largura Mínima

A largura mínima dos caminhos de circulação, nos trechos retilíneos, está expressa na Tabela 3.10.

Tabela 3.10. Largura mínima dos caminhos de circulação num trecho retilíneo (ICAO, 2005).

Letra do código	Largura do caminho de circulação (m)
A	7,5
B	10,5
C	15,0
D	18,0 se for projetado para aviões com extensão entre rodas exteriores do trem de aterragem inferior a 9,0 23,0 se for projetado para aviões com extensão entre rodas exterior do trem de aterragem superior a 9,0
E	23,0
F	25,0

Largura das Bermas

A existência de bermas nos TWY é apenas necessária entre o código C e F. A Tabela 3.11 apresenta a largura a adotar.

Tabela 3.11. Largura de cada berma dos caminhos de circulação (ICAO, 2005).

Letra do Código	Largura para cada berma dos caminhos de circulação (m)
A	-
B	-
C	5,0
D	10,0 se for projetado para aviões com extensão entre rodas exteriores do trem de aterragem inferior a 9,0 7,5 se for projetado para aviões com extensão entre rodas exterior do trem de aterragem superior a 9,0
E	10,5
F	17,5

Sobrelargura

A sobrelargura está relacionada com a trajetória que é realizada pela aeronave nas curvas circulares. Esta trajetória pode ser calculada através de métodos computacionais, ou através de diferentes métodos analíticos desenvolvidos pela ICAO. O método do arco e tangente (Figura 3.28) consiste no cálculo do raio da curva interior e na distância onde é iniciada a sobrelargura.

O primeiro passo consiste no cálculo do rácio apresentado na Equação 3.6.

$$\frac{R}{d} \quad (3.6)$$

Onde:

- R – Raio da curva circular (m);
- d – Comprimento do datum da aeronave de referência (m).

De seguida, através da Figura A.1 apresentada no Anexo A, retira-se o valor do desvio máximo, para depois ser possível calcular o raio interior, através da Equação 3.7.

$$RI = R - h_{max} - \frac{T}{2} - M \quad (3.7)$$

Onde:

- RI – Raio Interior (m);
- R – Raio da curva circular (m);
- h max – Desvio máximo (m);
- T – Largura do trem principal (m);
- M – Margem de segurança (m).

Posteriormente, é calculado o desvio máximo sem sobrelargura, através da Equação 3.8.

$$D_{max} = \frac{X}{2} - (M + \frac{T}{2}) \quad (3.8)$$

Onde:

- D_{max} – Desvio máximo sem sobrelargura;
- X – Largura do TWY (m);
- M – Margem de segurança (m);
- T – Largura do trem principal (m).

Através da Figura A.2 apresentada no Anexo A, é possível ser determinado o ângulo de viragem, o mesmo é realizado na Figura A.3 apresentada no Anexo A. Estes dois ângulos são então convertidos em distâncias através da Figura A.4 apresentada no Anexo A.

Por fim, a distância L3 é calculada através da Equação 3.9.

$$L3 = L1 - L2 - d \quad (3.9)$$

Onde:

- L3 – Comprimento que define o início da sobrelargura (m);
- L1 – Comprimento obtido através da Figura A.4 (m);
- L2 – Comprimento obtido através da Figura A.4 (m);
- d – Comprimento do datum da aeronave de referência (m).

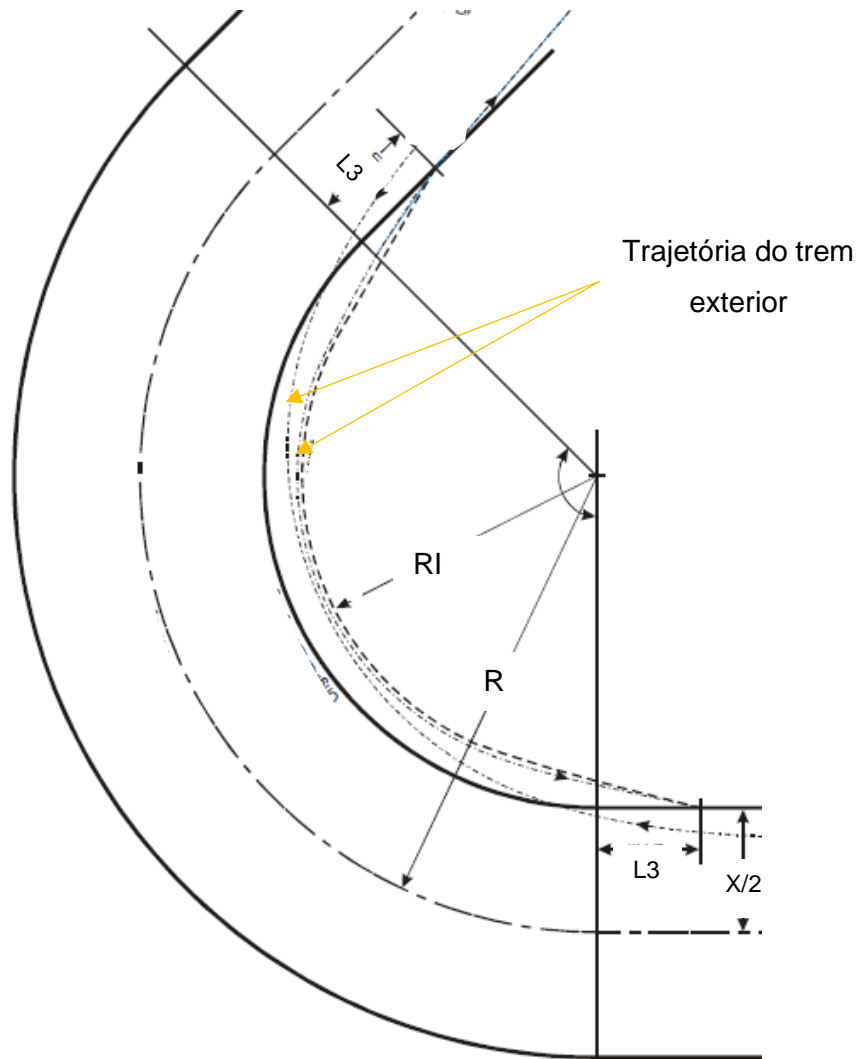


Figura 3.28. Dimensões consideradas para o cálculo da sobrelargura (adaptado de ICAO, 2005).

Zona de Faixa

As zonas de faixa são implementadas por questões de segurança e apresentam múltiplos propósitos (ICAO, 2005):

- Impedir a entrada de detritos ou outros objetos para o interior dos motores que se encontram fora do TWY;
- Prevenir a erosão lateral da área adjacente ao TWY;
- Assegurar uma área para a passagem eventual do trem de aterragem.

As larguras das zonas de faixa estão expressas na Tabela 3.12.

Critérios de Dimensionamento de Placas de Estacionamento e Caminhos de Circulação Aeroportuários

Tabela 3.12. Largura das zonas de faixa dos caminhos de circulação (ICAO, 2005)

Letra do código	Largura da zona de faixa em curvas circulares (m)	Largura da zona de faixa em elementos retos (m)
A	32,5	11,0
B	43,0	12,5
C	52,0	12,5
D	81,0	19,0
E	95,0	22,0
F	115,0	30,0

A inclinação transversal adotada para estas zonas nas curvas circulares não deve ser superior a 5%. Nos elementos retos não deve ser superior a 2,5 % para letras de código C a F inclusive e de 3 % para letras do código A e B inclusive (ICAO, 2005).

Curvas Circulares

As curvas circulares são as zonas dos caminhos de circulação que requerem especial atenção. O seu dimensionamento deve ter em conta as distâncias apresentadas na Tabela 3.5, de modo a que o trem de aterragem das aeronaves que realizam as manobras esteja a uma margem de segurança adequada em relação à berma (Lucas, 2018).

Os raios mínimos das curvas circulares estão relacionados com a velocidade crítica praticada pelas aeronaves, como se verifica através da Tabela 3.13.

Tabela 3.13. Relação entre a velocidade e o raio das curvas circulares (ICAO, 2005).

Velocidade (km/h)	Raio (m)
16	15
32	60
48	135
64	240
80	375
96	540

O cálculo do raio é dado pela Equação 3.10.

$$R = \frac{V^2}{f} = \frac{V^2}{0,133 \times g} \quad (3.10)$$

Onde:

- R – Raio (m);
- V – Velocidade (m/s);
- f – Fator de carga lateral recomendado pela ICAO de 0,133 (m/s²);
- g – Aceleração gravítica (m/s²);

Caminhos de Circulação de Saída Rápida (RET)

Os caminhos de circulação de saída rápida (RET) têm como objetivo desimpedir a pista de forma mais eficaz, na medida em que permitem que as aeronaves realizem as manobras de viragem com maiores velocidades. Existem diversos critérios que influenciam a localização de um RET, sendo uma tarefa complexa, a ICAO recomenda a utilização do método dos três segmentos.

O método dos três segmentos é baseado na diminuição da velocidade por parte das aeronaves desde a aproximação à pista até ao ponto de viragem para o RET. Para efeitos de projeto, assume-se que uma aeronave interseta a extremidade da pista com uma velocidade equivalente em média a 1,3 vezes a velocidade de perda de sustentação ou velocidade mínima ao nível do mar (ICAO, 2005). Devido à existência de diferentes tipos de aeronaves, existem velocidades distintas, desta forma, a ICAO estabelece os seguintes grupos representados na Tabela 3.14.

Tabela 3.14. Velocidade limite para os diferentes tipos de aeronaves (ICAO, 2005).

Grupo	Velocidade limite (km/h)	Exemplos de aeronaves
A	< 169	DC3, DHC6, DHC7
B	169 ≤ X ≤ 222	DC6, DC7, Fokker F27 e F28
C	224 ≤ X ≤ 259	A300, A310, A320, A330, B747-SP, B757, B767
D	261 ≤ X ≤ 306	A340, B747, B777

Os três segmentos estão localizados entre o ponto onde a aeronave interseta a extremidade da pista e o ponto onde a mesma inicia a manobra de viragem para o RET. O primeiro segmento é designado como o segmento de aproximação (S1), terminando quando a aeronave toca no solo. O segundo, designado como segmento de transição (S2) está

compreendido entre o momento em que a aeronave embate no solo até ao momento em que se inicia a travagem. Por fim, o terceiro diz respeito ao segmento de travagem (S3), desde o momento onde   iniciada a travagem até ao momento onde   iniciada a manobra de viragem (ICAO, 2005), ilustrado na Figura 3.29.

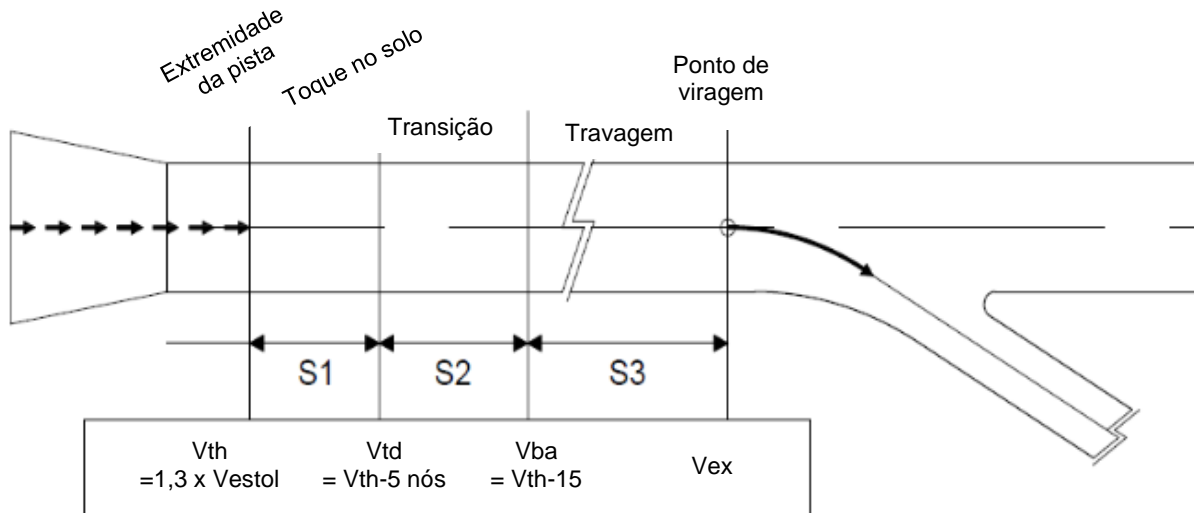


Figura 3.29. Método dos três segmentos (ICAO, 2005 & Lucas, 2018).

Para além da velocidade de perda de sustenta o ou velocidade mínima (V_{th}), ao longo dos três segmentos existem as seguintes velocidades (ICAO, 2005):

- V_{td} – Decréscimo de velocidade comum a grande parte das aeronaves;
- V_{ba} – Velocidade de travagem;
- V_{ex} – Velocidade de manobra de viragem (30 nós para o código 3 ou 4 e 15 nós para o código 1 ou 2).

A distância S_1   correspondente aos seguintes valores, admitindo um fator de corre o longitudinal e um fator de corre o relativo ao vento na cauda da aeronave (ICAO, 2005):

- Aeronaves do grupo A ou B: $S_1 = 250 \text{ m} (+ 30 \text{ m} / -0,25\% \text{ e } + 30 \text{ m} / + 5 \text{ nós})$;
- Aeronaves do grupo C ou D: $S_1 = 450 \text{ m} (+ 50 \text{ m} / -0,25\% \text{ e } + 50 \text{ m} / + 5 \text{ nós})$.

A distância S_2   calculada de acordo com a Equa o 3.11.

$$S_2 = 5 \times (V_{th} - 10) \tag{3.11}$$

Onde:

- S2 – Segmento de transição (m);
- Vth – Velocidade mínima (nós).

A distância S3 é calculada de acordo com a Equação 3.12.

$$S3 = \frac{(Vth - 15)^2 - Vex^2}{8a} [m] \quad (3.12)$$

Onde:

- S3 – Segmento de transição (m);
- Vth – Velocidade mínima (nós);
- Vex – Velocidade de manobra de viragem (nós);
- a – Rácio de desaceleração correspondente a 1,5 (m/s²).

A Figura 3.30 apresenta um exemplo de uma saída rápida para pistas de código 1 e 2, e a Figura 3.31 apresenta um exemplo para pistas de código 3 e 4. Ambas as figuras indicam os valores mínimos que devem ser considerados no dimensionamento das saídas rápidas (ICAO, 2005).

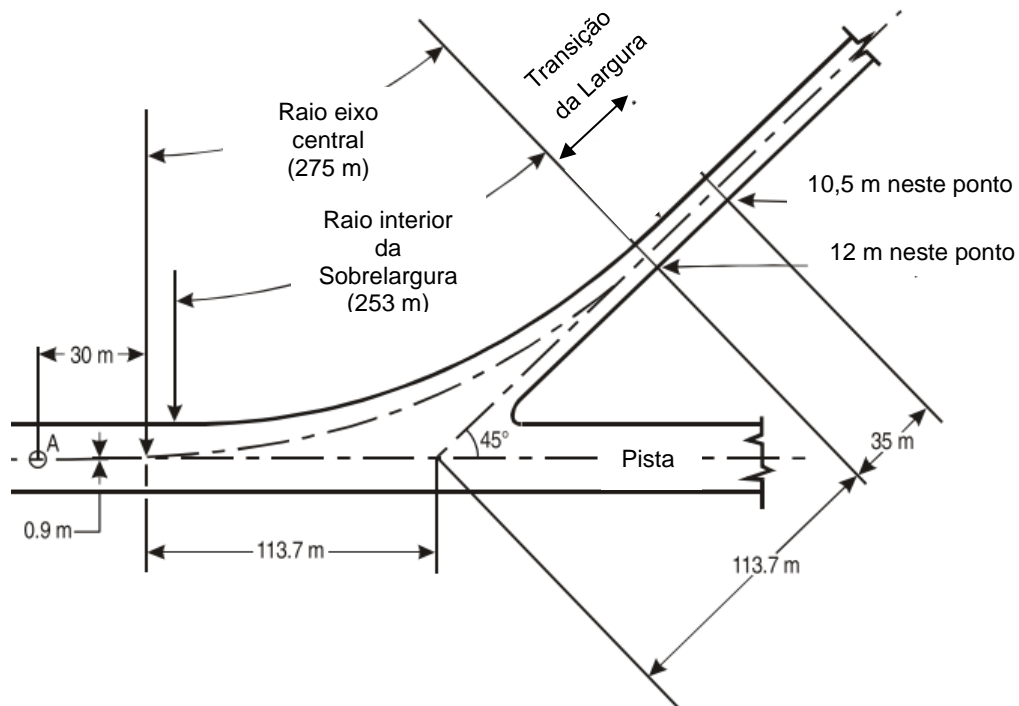


Figura 3.30. Dimensionamento de um RET para pistas de código 1 e 2 (adaptado de ICAO, 2005).

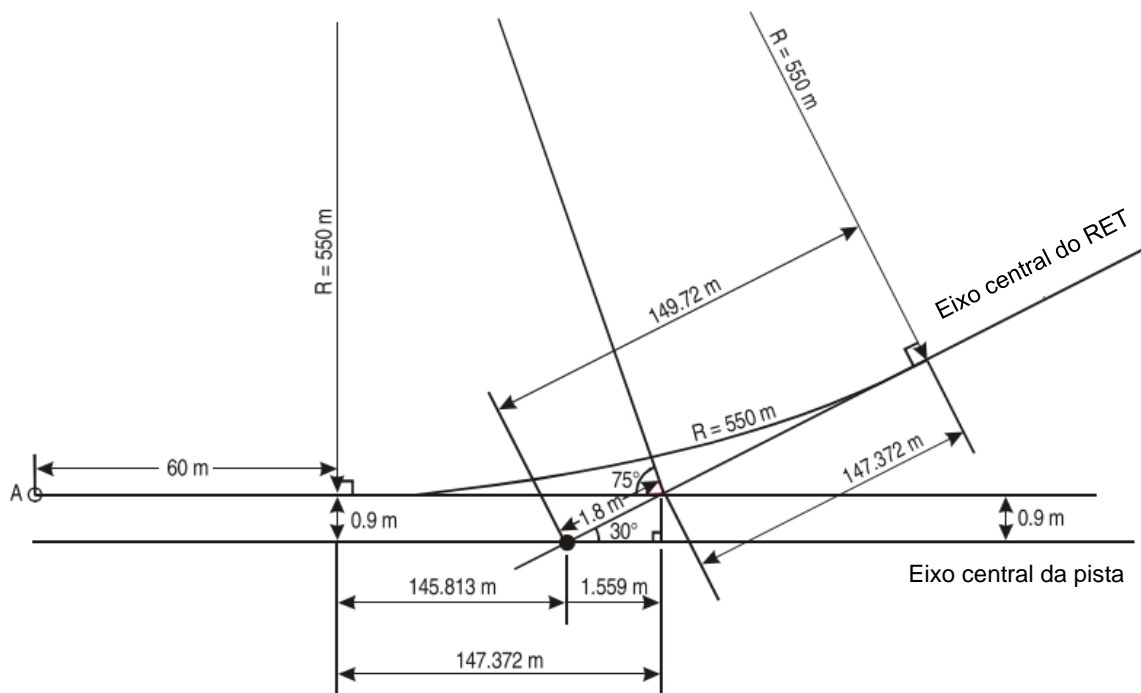


Figura 3.31. Dimensionamento de um RET para pistas de código 3 e 4 (adaptado de ICAO, 2005).

Para que as aeronaves parem completamente após entrarem no RET, é recomendada a existência de um alinhamento reto de 35m para o código 1 e 2, e de 75m para o código 3 e 4 (ICAO, 2005).

Inclinação Longitudinal e Transversal

A inclinação longitudinal de um caminho de circulação não deve ser superior a 1,5% para as letras de código C a F (inclusive) e 3% para as letras de código A e B (ICAO, 2005).

A inclinação transversal de um caminho de circulação não deve ser superior a 1,5% para as letras de código C a F (inclusive) e 2% para as letras de código A e B (ICAO, 2005).

4. Capacidade Aeroportuária: Principais Fatores

A capacidade de uma infraestrutura aeroportuária está relacionada com a sua aptidão em processar aeronaves e passageiros. Quando a procura é demasiado elevada, e até mesmo superior à capacidade, esta aptidão é posta em causa, originando atrasos devido ao congestionamento. Como consequência, existe uma diminuição da qualidade do serviço prestado, manifestando-se pelo aparecimento de filas de espera e redução da velocidade das operações. No que diz respeito ao lado ar, a capacidade pode ser definida como o número de movimentos (aterragens e descolagens) num determinado intervalo de tempo, admitindo um tempo de atraso médio aceitável, esta definição pode ser retratada como capacidade prática, que corresponde a cerca de 80% a 90% da capacidade teórica, definida como o número máximo de movimentos que uma infraestrutura consegue realizar num determinado intervalo de tempo. Estes conceitos estão ilustrados na Figura 4.1 (Comissão Técnica Independente, 2023c & Horonjeff et al., 2010).

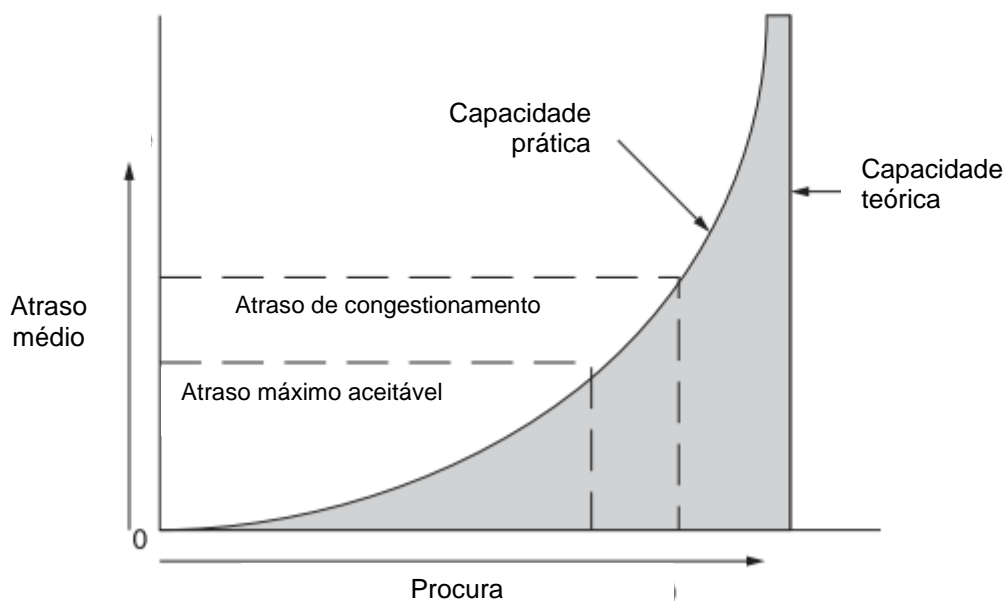


Figura 4.1. Definição de capacidade prática e capacidade teórica (Horonjeff et al., 2010).

Para além das definições anteriores, também podem ser referidas a capacidade sustentada e a capacidade declarada. A capacidade sustentada está relacionada com o “número de movimentos por hora que pode ser mantido durante um período de várias horas”, que é influenciado pela quantidade de trabalho do controlo aéreo, já a capacidade declarada define-se como um “limite do número de movimentos que podem ser programados num aeroporto, tendo em consideração as condições específicas e momentâneas” do mesmo (Comissão Técnica Independente, 2023c).

A capacidade de um aeroporto depende de vários fatores que vão desde o lado terra ao lado ar, seja a configuração da infraestrutura, os instrumentos de navegação aérea ou o tipo de aeronaves e o ambiente onde as mesmas operam. Desta forma, os fatores que mais influenciam a capacidade são os seguintes (Horonjeff et al., 2010):

- A configuração e orientação da pista, assim como o número de pistas e espaçamento entre as mesmas;
- A configuração, localização e número de caminhos de circulação, assim como saídas da pista;
- A disposição, número e tamanho dos lugares de estacionamento;
- O tempo de ocupação da pista;
- O tipo de aeronaves;
- O clima, uma vez que em condições de mau tempo, os procedimentos de controlo aéreo são diferentes;
- O vento, que em condições adversas pode limitar a utilização da pista;
- As restrições relacionadas com o ruído, que diminuem a janela de operações;
- O número de chegadas em comparação com o número de partidas;
- A separação necessária entre aeronaves devido à esteira de turbulência (perturbação causada na atmosfera pelo movimento de uma aeronave);
- As características da infraestrutura de controlo aéreo.

Entre todos os fatores, aqueles que se revelam mais importantes no dimensionamento aeroportuário são os que dizem respeito à configuração da pista, dos caminhos de circulação e das placas de estacionamento, assim como o tipo de aeronaves. Estes fatores são retratados nos capítulos seguintes.

4.1. Pista

A capacidade de uma pista é referida como sendo uma variável aleatória, uma vez que pode variar consoante as condições verificadas num certo intervalo de tempo. Utilizando o exemplo da condicionante do tipo de aeronaves, é de se esperar que a capacidade diminua quando existe um número elevado de aeronaves de fuselagem larga a operar na infraestrutura, uma vez que estas necessitam de um maior afastamento por razões de segurança. Para além disso, como foi visto anteriormente, o clima pode também ser um fator que influencia o número de operações, seja por condições de pouca visibilidade ou ventos adversos. Desta forma, a capacidade verificada numa certa hora pode ser diferente da capacidade utilizada para caracterizar a pista (Neufville & Odoni, 2013).


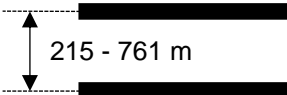
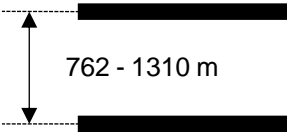
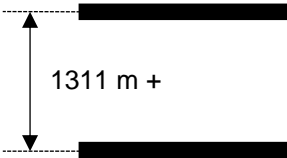
Capacidade Aeroportuária: Principais Fatores

Segundo Neufville & Odoni (2013) os dois fatores mais importantes que afetam a capacidade de uma pista são o número de pistas e a sua configuração geométrica. Muitos aeroportos possuem apenas uma única pista, como é o caso dos três principais aeroportos de Portugal Continental, não existindo espaço para construção adicional. Outros aeroportos possuem um sistema de duas pistas paralelas. Esta é a melhor opção quando se pretende um aumento de capacidade, uma vez que as pistas intersectadas ou em V aberto, em comparação, não permitem realizar tantos movimentos. A decisão da implementação de uma pista adicional justifica-se quando o número de movimentos é superior a 150 mil anualmente e se verifica um aumento do tráfego (ICAO, 1987). Segundo Neufville & Odoni, (2013) as pistas paralelas podem ter a seguinte designação, influenciada pela distância entre os eixos centrais:

- Próximas – Distância entre eixos é menor do que 762 metros;
- Espaçamento Médio – Distância entre eixos está entre 762 metros e menor do que 1310 metros;
- Independentes – Distância entre eixos maior do que 1310 metros ou 1525 metros, dependendo dos instrumentos de aproximação e normas de controlo aéreo.

Esta informação é comprovada pela ICAO, apesar de existirem algumas diferenças devido à conversão de unidades, de acordo com a seguinte Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Capacidade horária do sistema de pistas com base na sua configuração (ICAO, 1987).

Designação	Configuração do sistema de pistas	Capacidade horária (mov/hora)	
		VFR	IFR
Única		51 - 98	50 - 59
Próximas		94 - 197	56 - 60
Espaçamento Médio		103 - 197	62 - 75
Independentes		103 - 197	99 - 119

É possível determinar que a capacidade horária depende também do tipo de aproximação que pode ser por regras de voo visual (VFR) ou por regras de voo por instrumentos (IFR). Adicionalmente, observa-se que um sistema de espaçamento médio ou de pistas próximas pode atingir uma capacidade idêntica quando a aproximação é feita em VFR.

Outro fator está relacionado com a separação necessária entre aeronaves, como referido anteriormente, que por sua vez possui uma relação com a distância entre as pistas. A Tabela 4.2 mostra o tipo de movimentos possíveis com base na distância entre eixos de duas pistas paralelas, onde é possível observar-se que quanto maior esta for, maior é a eficiência, pois as operações são independentes entre as pistas.



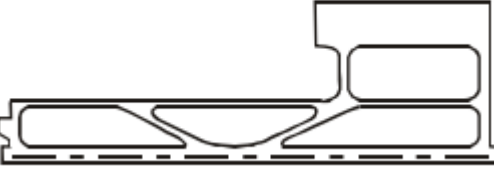

Tabela 4.2. Separação entre aeronaves em pistas paralelas para aproximação IFR (Neufville & Odoni, 2013).

Separação entre eixos (m)	Chegada/ Chegada	Partida/ Partida	Chegada/ Partida	Partida/ Chegada
≤ 762	Aterragem apenas numa pista	Descolagem apenas numa pista	Descolagem pode iniciar assim que a aterragem for concluída	Descolagem ou aterragem apenas numa pista
762 – 1310	2,414 km de separação	Independentes	Independentes	Independentes
≥ 1310	Independentes	Independentes	Independentes	Independentes

4.2. Caminhos de Circulação

O sistema de caminhos de circulação é desenvolvido à medida que a procura aumenta, sendo importante que a sua capacidade esteja de acordo com a capacidade geral do aeroporto, de forma a não ser um fator limitante da mesma. Desta forma, a sua complexidade pode ser reduzida inicialmente e desenvolver-se à medida que o tráfego aumenta (ICAO, 2005). A Tabela 4.3 apresenta as várias fases de desenvolvimento.

Tabela 4.3. Desenvolvimento de um sistema de caminhos de circulação (ICAO, 2005).

<p>Em condições de tráfego é reduzido, pode apenas existir uma curva de retorno nas extremidades da pista e um caminho de circulação que a conecte à placa de estacionamento.</p>	
<p>Quando existe um aumento do tráfego, pode dar-se início ao planeamento de um caminho de circulação parcial paralelo à pista, trazendo implicações positivas na eficiência e segurança.</p>	
<p>Com a continuação do aumento do tráfego, é desenvolvido um caminho de circulação paralelo que acompanha toda a extensão da pista. Adicionalmente são construídas saídas rápidas.</p>	
<p>Para volumes elevados de tráfego, pode existir a necessidade da implementação de vários caminhos de circulação paralelos, baías de espera e <i>by-passes</i> que melhoram a eficiência das operações.</p>	

Nestes sistemas existem pontos de conflito, que apesar de serem considerados mais relevantes em aeroportos antigos e com espaço reduzido, podem causar constrangimentos, nomeadamente em segmentos que conectam duas interseções, em segmentos de atravessamento da pista e em zonas de interseção com caminhos de circulação de saída rápida (Neufville & Odoni, 2013).

Em desenvolvimentos mais recentes, não referenciados nos critérios de dimensionamento da ICAO, é introduzido o conceito de caminho de circulação paralelo alternativo, que permite eliminar os conflitos causados nas placas de estacionamento, quando uma aeronave está a ser rebocada do seu lugar até ao caminho de circulação, interrompendo a circulação no mesmo. O princípio está baseado na implementação de dois eixos adicionais ao eixo central do TWY (Eurocontrol, 2016), como mostra a Figura 4.2, referente ao Aeroporto de Frankfurt.

É esperado que nem todas as aeronaves possam circular nestes caminhos de circulação, uma vez que o espaço será mais reduzido, como se pode comprovar na sinalização horizontal em Frankfurt, que indica uma envergadura máxima de 36 metros.



Figura 4.2. Caminho de circulação paralelo alternativo no aeroporto de Frankfurt (adaptado de Google Earth, 2024).

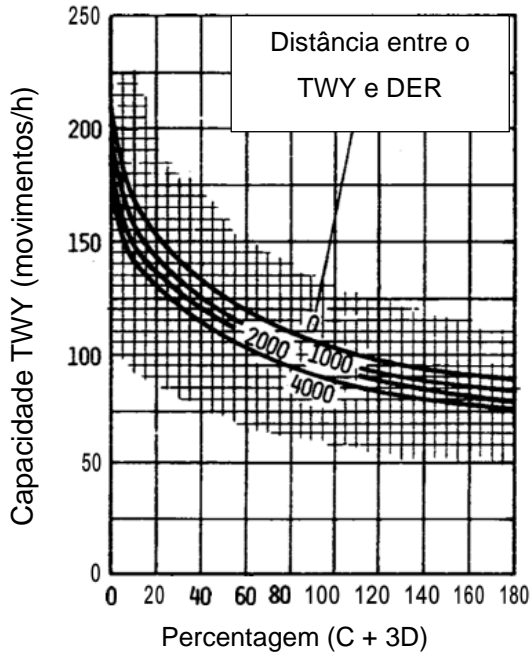
A capacidade do sistema de caminhos de circulação está associada ao potencial de transporte de aeronaves entre a pista e a placa de estacionamento e vice-versa, dependendo da sua configuração geométrica. Comparativamente à pista, esta capacidade será teoricamente maior, uma vez que as condições de circulação são diferentes. Supondo uma velocidade de 36 km/h, com um espaçamento de 400 metros num caminho de circulação, obtém-se 90 movimentos por hora, um valor demasiado elevado em comparação a uma pista (Neufville & Odoni, 2013). A FAA – Administração Federal da Aviação (*Federal Aviation Administration*) define a capacidade dos caminhos de circulação perpendiculares que intersejam uma pista em funcionamento, começando por definir os grupos de aeronaves presentes na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Classificação das aeronaves (FAA, 1983).

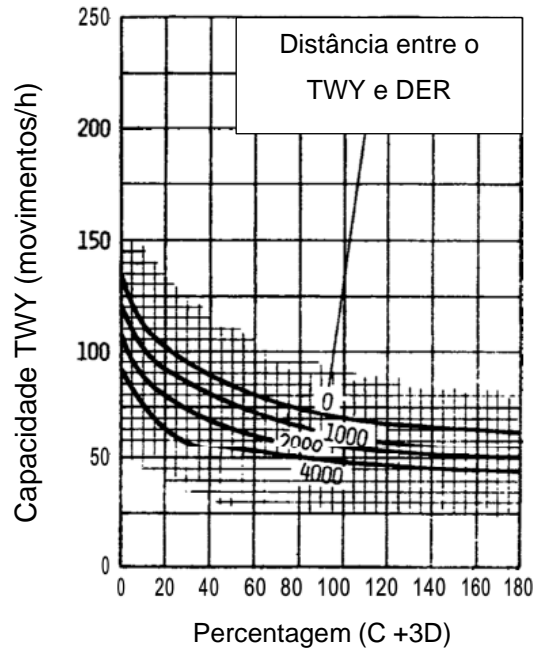
Grupo	Peso de descolagem máximo certificado (kg)	Número de motores	Esteira de turbulência
A	$\leq 5\,669,9$	Único	Pequena
B			
C	5 669,9 – 136 077,71	Múltiplo	Média
D	$\geq 136\,077,71$	Múltiplo	Grande

Capacidade Aeroportuária: Principais Fatores

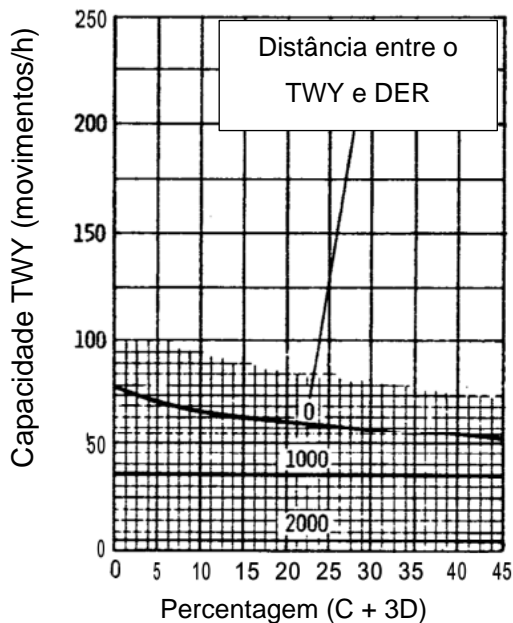
A capacidade é então calculada através dos gráficos da Figura 4.3, utilizando a percentagem de aeronaves do grupo C e somando três vezes a percentagem de aeronaves do grupo D, juntamente com a distância em pés entre o TWY e o DER – *Departure End of Runway*, que representa o fim da zona adequada para decolagem.



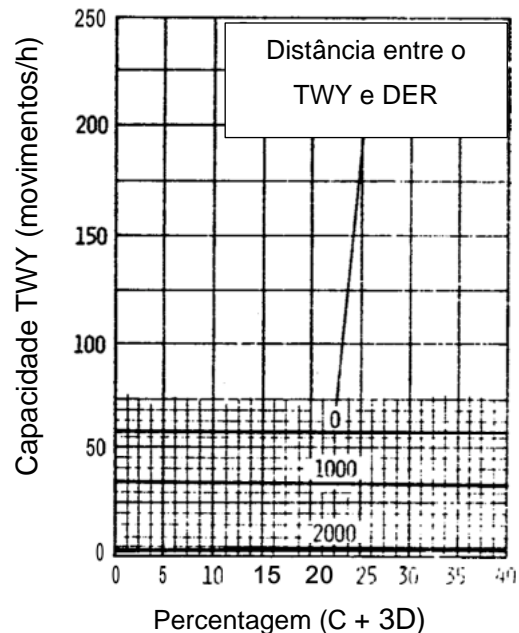
0 a 35 movimentos por hora na pista



36 a 55 movimentos por hora na pista



56 a 75 movimentos por hora na pista



76 a 95 movimentos por hora na pista

Figura 4.3. Capacidade de um TWY: Chegadas (FAA, 1983).

No desenvolvimento do sistema de caminhos de circulação observado na Tabela 4.3, A ICAO não faz uma análise quantitativa relativa ao aumento da capacidade das diferentes fases. Dönmez et al. (2023) estudaram três configurações diferentes, presentes na Figura 4.4, através de simulações executadas no programa SIMMOD, que possibilita modelar infraestruturas aeroportuárias. O estudo foi realizado tendo como base o aeroporto Samsun Sarçamba na Turquia, cuja configuração apresenta apenas uma curva em U (a). As operações processam-se maioritariamente na pista 13, o que significa que as aeronaves após a aterragem, necessitam de circular na pista para chegarem à placa de estacionamento. As fases seguintes consistem na implementação de um caminho de circulação “D” paralelo à pista (b) e na implementação das saídas rápidas “E” e “F” (c).

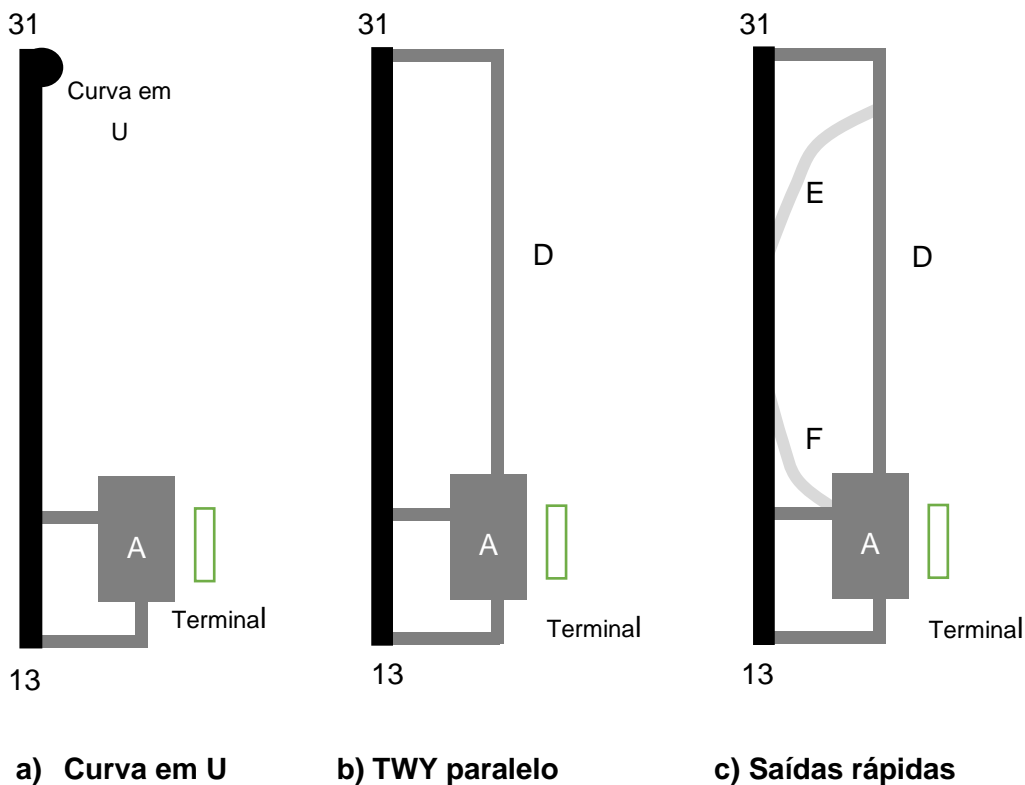


Figura 4.4. Modelos de simulação no aeroporto de Samsun Sarçamba na Turquia (Dönmez et al., 2022).

Os resultados apresentados na Tabela 4.5 comprovam a utilidade das saídas rápidas e dos caminhos de circulação paralelos, uma vez que diminuiriam o tempo de ocupação da pista para menos de um minuto. Para além disso, é expectável que os tempos de circulação entre a pista e a placa de estacionamento após a aterragem aumentem, dada a configuração mais complexa do sistema de caminhos de circulação, no entanto, a pista é desocupada de forma mais rápida, permitindo a aterragem de outras aeronaves.

Capacidade Aeroportuária: Principais Fatores

Tabela 4.5. Resultados das simulações realizadas por Dönmez et al. (2023) para as diferentes configurações de um sistema de caminhos de circulação.

Tempo de ocupação da pista (min)			Tempo de circulação após aterragem (min)		
Curva em U	TWY paralelo	Saídas rápidas	Curva em U	TWY paralelo	Saídas rápidas
3,78	0,92	0,63	4,70	6,55	5,44

A Tabela 4.6 mostra o tempo de espera para as diferentes configurações considerando vários cenários de aumento da procura. É possível observar-se que a fila de espera nas partidas diminuí significativamente quando existe um TWY paralelo ou saídas rápidas, no entanto, o mesmo não se verifica no tempo de espera para atribuição de lugares de estacionamento, pois as alterações são apenas realizadas no sistema de caminhos de circulação e não na placa de estacionamento, provando a necessidade do aumento da mesma, assim como o funcionamento destes elementos como um sistema, como visto anteriormente.

Tabela 4.6. Resultados das simulações realizadas por Dönmez et al. (2023) para as diferentes configurações de um sistema de caminhos de circulação.

Aumento da procura	Atribuição de lugar nas chegadas (min)			Fila de espera nas partidas (min)		
	Curva em U	TWY paralelo	Saídas rápidas	Curva em U	TWY paralelo	Saídas rápidas
20%	0	0	0	0,6	0	0
80%	0	0	0	3,7	0,7	0,2
150%	0,5	0,9	1,8	21	1	1,2
300%	0,8	4,7	6,2	77,9	1,5	1,6
600%	3,1	41,7	45,3	170,6	2,8	2,4

Em casos onde ocorre um número elevado de movimentos na pista, é importante que após as aterragens, as aeronaves a desimpeçam de forma rápida e eficiente. Os TWY de ângulo reto implicam uma diminuição maior de velocidade para executar a manobra de viragem, resultando num intervalo de tempo maior. Assim, são implementados os caminhos de circulação de saída rápida, cujo seu dimensionamento foi retratado no Subcapítulo 3.4, permitindo manter o número de movimentos na pista, mesmo em condições de saturação e

diminuindo esse intervalo de tempo. Segundo a ICAO, para pistas com um número de movimentos inferior a 25, um caminho de circulação em ângulo reto é suficiente, sendo a decisão da implementação de um RET feita com base numa análise de tráfego (ICAO, 2005).

O impacto positivo das saídas rápidas pode ser comprovado através de um estudo realizado no Aeroporto Humberto Delgado, que compara resultados obtidos antes e após a implementação do RET em 2021 com a designação “H1” na pista 20. Através da Figura 4.5 é possível observar-se uma melhor distribuição da densidade no cenário pós-RET. Observa-se também que em situações onde existe um número elevado de aterragens, o aeroporto consegue processar um maior número de descolagens face ao cenário anterior (Waltert & Figuet, 2023).

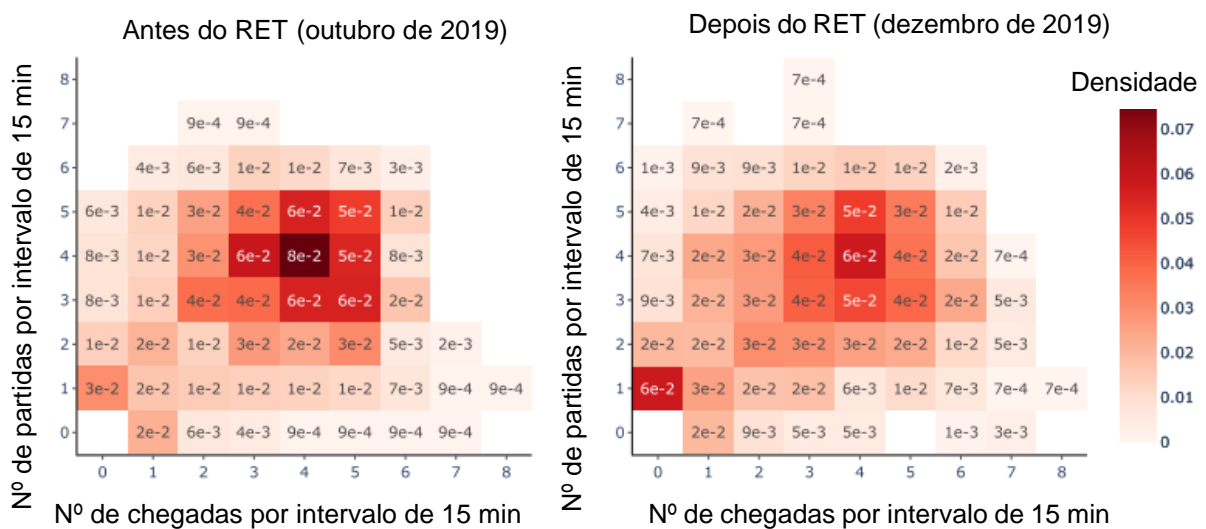


Figura 4.5. O impacto da implementação de um RET no Aeroporto Humberto Delgado (Waltert & Figuet, 2023).

4.3. Placas de Estacionamento

A capacidade das placas de estacionamento pode ser um fator condicionante na capacidade geral de um aeroporto, principalmente naqueles que possuem constrangimentos no que diz respeito ao espaço disponível. Não existindo uma definição geral e apesar desta variar consoante as características das infraestruturas, a capacidade de uma placa de estacionamento pode ser referida como estática, ou seja, está dependente do número máximo de aeronaves que podem estar a ocupar todos os lugares de estacionamento existentes simultaneamente. Para se estimar a capacidade dinâmica de um lugar de estacionamento é necessário obter-se o tempo de ocupação da aeronave, assim como o tempo necessário para posicionar a aeronave dentro e fora do respetivo lugar. Desta forma, nestes elementos não se usa como unidade o movimento por hora, ao contrário das pistas e dos caminhos de circulação, mas sim o número de aeronaves por hora (Neufville & Odoni, 2013).

Segundo Horonjeff et al. (2010), os fatores que influenciam a capacidade dos lugares de estacionamento são os seguintes:

- O número e tipologia dos lugares de estacionamento;
- O tipo de aeronaves e o seu tempo de ocupação;
- A percentagem de tempo de ocupação dos lugares;
- Restrições de utilização.

A tipologia dos lugares de estacionamento depende do seu dimensionamento, uma vez que podem ser dimensionados para aeronaves de fuselagem larga ou não larga. O tipo de aeronaves irá, desta forma, afetar o espaço necessário, assim como o tempo de ocupação que compreende a duração das manobras de chegada e partida do respetivo lugar, o embarque e desembarque de passageiros, o abastecimento de combustível, as inspeções, os serviços de rotina, entre outras tarefas necessárias de realizar aquando o estacionamento de uma aeronave (Horonjeff et al., 2010).

O número de lugares de estacionamento é um fator importante no planeamento, uma vez que o mesmo dita o tamanho da placa. Para estimar o número de lugares necessário, a ICAO (1987) apresenta a seguinte Equação 4.1.

$$N = \sum \left(\frac{T_i}{60} \times N_i \right) + A \quad (4.1)$$

Onde:

- T_i – Tempo de ocupação em minutos das aeronaves do grupo i ;
- N_i – Número de aeronaves que chegam em hora de ponta do grupo i ;
- A – Número de lugares extra.

O tempo de ocupação por tipo de aeronave é dado pela ICAO (1987) como sendo de 45 minutos para o modelo Boeing 737 (fuselagem não larga) e de 120 a 180 minutos para o modelo Boeing 747 (fuselagem larga). Na ausência de mais informação, estes valores podem servir como referência para a estimativa do número de lugares. No entanto, estes dados podem não corresponder à realidade, uma vez que também diferem entre companhias aéreas. É espectável que os tempos de ocupação sejam menores em companhias *low cost*, uma vez que lhes é economicamente benéfico. Segundo Horonjeff et al. (2010), uma das formas de se obter os tempos de ocupação reais é através dos gráficos dos lugares de estacionamento ou “*ramp charts*”, que fornecem informação detalhada sobre a ocupação de cada aeronave durante um determinado dia.

Para estimar a capacidade horária de um grupo de lugares de estacionamento, a FAA apresenta a Equação 4.2 (FAA, 1983).

$$CH = G \times S \times N \quad (4.2)$$

Onde:

- CH – Capacidade horária (operações/hora/placa);
- G – Capacidade horária (operações/hora/lugar);
- S – Fator de dimensão;
- N – Número de lugares.

A capacidade horária (G) pode ser obtida através da Figura B.1 apresentada no Anexo B, estando dependente da percentagem de aeronaves de fuselagem não larga, do tempo de ocupação em minutos das mesmas e de um fator R, calculado de acordo com a Equação 4.3. Nos casos onde as operações são apenas realizadas com aeronaves de fuselagem não larga, este fator é igual a 1 (FAA, 1983).

$$R = \frac{\text{Tempo médio de ocupação de aeronaves com fuselagem larga}}{\text{Tempo médio de ocupação de aeronaves com fuselagem não larga}} \quad (4.3)$$

O fator de dimensão (S) é obtido através da percentagem de lugares de estacionamento que permitem receber aeronaves de fuselagem larga e da percentagem de aeronaves de fuselagem não larga, utilizando o gráfico ilustrado na Figura 4.6.

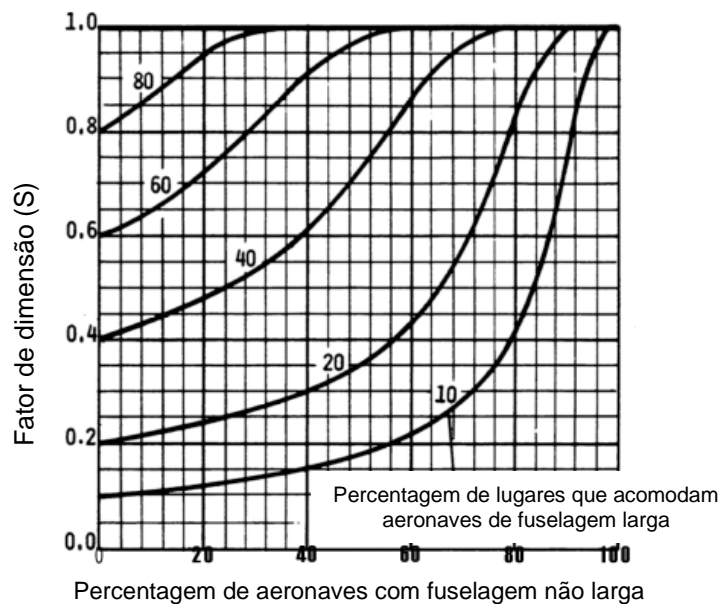


Figura 4.6. Fator de dimensão dos lugares de estacionamento (FAA, 1983).

Através da Figura 4.6, é possível verificar a importância do conhecimento sobre o tipo de aeronaves que operam na infraestrutura, pois é possível constatar o seguinte fenómeno: a capacidade diminui se a percentagem de aeronaves com fuselagem larga for demasiado elevada comparada com o número de lugares disponíveis para as acomodar. A relação entre todos estes fatores que influenciam simultaneamente o dimensionamento e a capacidade de uma placa de estacionamento recai sempre sobre um único fator: o tipo de aeronaves que estarão estacionadas na placa. Esta tipologia dita as distâncias necessárias de separação, as dimensões dos lugares e o tempo de ocupação, revelando-se como o ponto de partida para o processo de dimensionamento de uma placa com o objetivo de aumentar a sua capacidade.

4.4. Considerações Gerais

A capacidade de um aeroporto está relacionada com um grande conjunto de fatores que vão também para além do dimensionamento das pistas, caminhos de circulação e placas de estacionamento. De um ponto de vista operacional, a mesma pista pode estar apta para receber um maior número de movimentos se as características da infraestrutura de controlo aéreo o permitirem, assim como as restrições e normas associadas. O aumento da extensão e largura das pistas origina a possibilidade de acomodar aeronaves de maiores dimensões, situação que pode ser benéfica em alguns aeroportos, dependendo das características do tráfego.

Para além das pistas, pode considerar-se o aumento da capacidade nos caminhos de circulação. A disposição do sistema influencia os deslocamentos das aeronaves entre a pista e a placa de estacionamento. Com o aumento do tráfego num aeroporto, é expectável que este sistema se torne mais complexo e se implementem principalmente caminhos de circulação paralelos, assim como saídas rápidas que permitam a desocupação de forma mais rápida da pista de modo a ser processada uma nova aterragem ou descolagem. Apesar destes novos elementos aumentarem o tempo de circulação e os pontos de conflito, revelam-se importantes no que diz respeito à gestão do tráfego e permitem melhorar as condições das operações na pista.

O número de lugares de estacionamento influencia o número de aeronaves que podem operar num aeroporto. O estacionamento deve ser compatível com a quantidade de chegadas que ocorrem em hora de ponta e com o tempo de ocupação médio de cada aeronave, para que exista um lugar disponível assim que ocorre uma aterragem, evitando o tempo de espera para atribuição de um lugar. Para além disso, a dimensão dos lugares deve estar relacionada com

o tipo de aeronaves que opera na infraestrutura, para isso é necessário trabalhar-se com modelos de referência e consultar as suas dimensões.

Assim, no âmbito do dimensionamento das infraestruturas aeroportuárias, o aumento da capacidade pode ser estudado de três formas: através da implementação de novas pistas ou da alteração das características geométricas das pistas existentes, através de novos caminhos de circulação ou do alargamento da placa de estacionamento, como se apresenta na Figura 4.7.

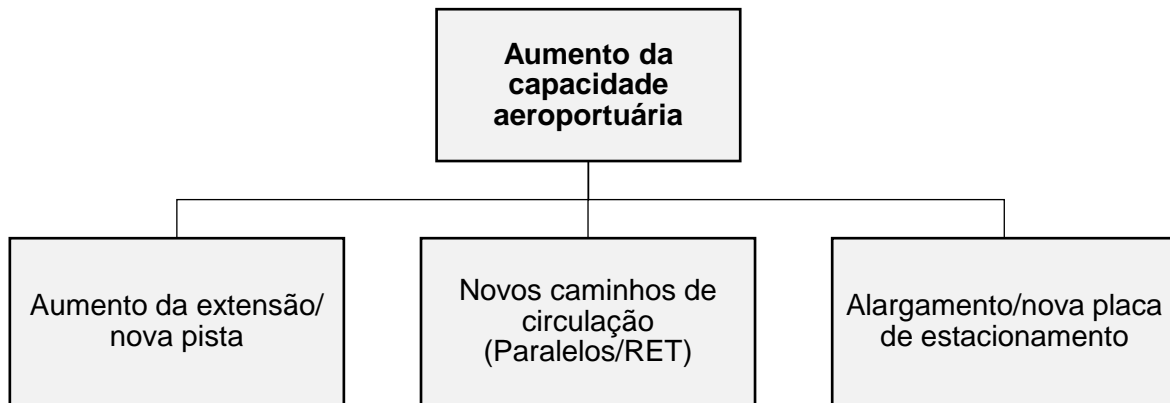


Figura 4.7. Aumento da capacidade aeroportuária: principais formas.

5. Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

5.1. Enquadramento

Inaugurado em abril de 2011 e adjacente à Base Aérea n.º 11, o Aeroporto de Beja (Figura 5.1) localiza-se na região do Alentejo, mais concretamente na sub-região do Baixo Alentejo, a 12km da cidade de Beja e a 150km de Lisboa.

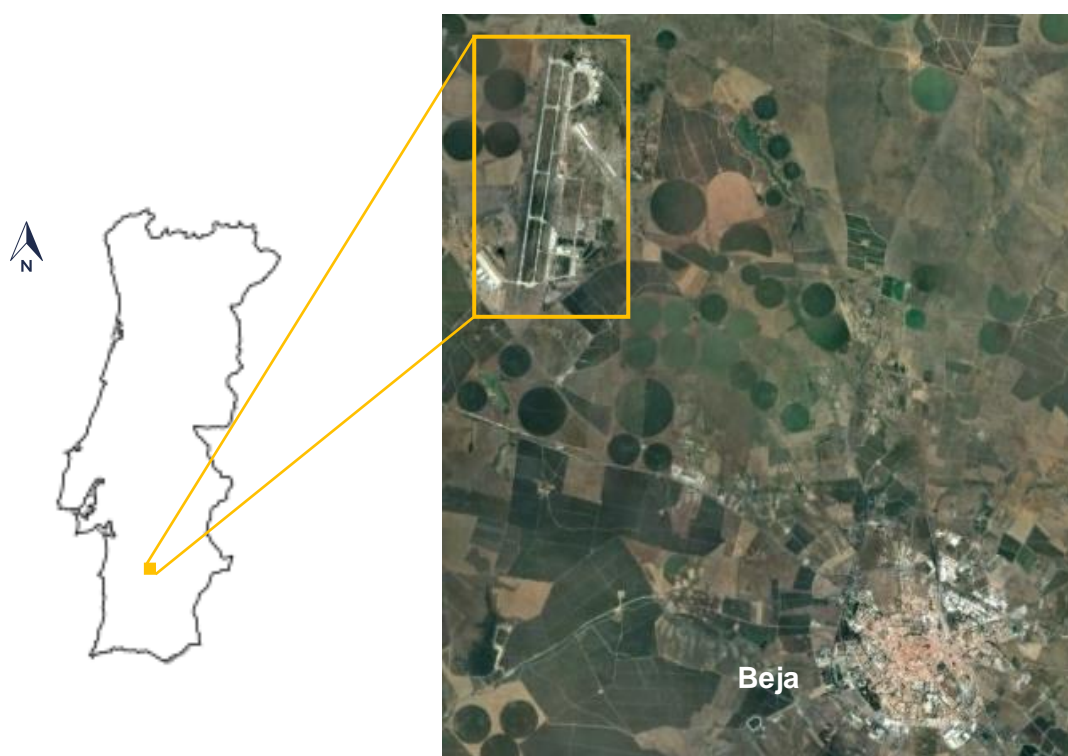


Figura 5.1. Planta de localização do Aeroporto de Beja (adaptado de Google Earth, 2024).

A Base Aérea n.º 11 foi construída nos anos 60 pela República Federal da Alemanha, através de um acordo com o Estado Português para fins de treino militar. Só nos anos 80 é que surge a possibilidade de ser criado um aeroporto comercial em Beja, até que em 1998, após o fim das operações alemãs em 1992, é institucionalizado o projeto através da criação da EDAB – Empresa de Desenvolvimento do Aeroporto de Beja em 2001. A prática de conversão das bases aéreas em aeroportos comerciais ou de uso misto, ou seja, comercial e militar, seria comum na Europa depois da Guerra Fria (Freitas & Figueira De Sousa, 2010).

A localização desta infraestrutura em Beja, em termos de navegação aérea, reunia várias condições favoráveis como o grande espaço disponível, área com pouco relevo, espaço aéreo com pouco tráfego, número reduzido de povoações nas imediações e condições

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

meteorológicas também genericamente favoráveis. Para além disso, salientava-se o forte potencial turístico e agrícola que o aeroporto podia apresentar, impulsionando o desenvolvimento da sub-região do Baixo Alentejo. Este potencial era comprovado tendo em conta o aumento dos empreendimentos turísticos entre o ano de 2000 e o ano de 2010 e a forte aptidão agrícola da região do Alqueva (Freitas & Figueira De Sousa, 2010).

Em 2004, o investimento justificava-se pelos problemas de capacidade que o Aeroporto Humberto Delgado já manifestava, salientando-se a vantagem da região de Beja estar localizada entre Lisboa e Faro e por isso, o seu aeroporto estar estrategicamente posicionado em relação à rede aérea nacional. O facto de existir já uma base aérea nesse local, segundo o estudo de impacte ambiental realizado com o objetivo de identificar os impactes ambientais associados à construção e exploração do Aeroporto de Beja, apresentava inúmeras vantagens pois alguns componentes da infraestrutura como a pista e os caminhos de circulação seriam partilhados pela parte civil e pela força aérea, diminuindo assim os impactes deste projeto (COBA, 2004).

Segundo o Ministério das Obras Públicas, para além do transporte de passageiros, o aeroporto teria também o papel de servir como infraestrutura para manutenção e construção aeronáutica, assim como formação de natureza técnica. Contudo, quando a ANA assume a gestão do aeroporto em 2009, que até aqui estava a cargo da EDAB, os objetivos do mesmo são revistos, assentando no transporte de passageiros, no estacionamento de aeronaves por longos períodos e no transporte de carga. Apesar disso, ambas as entidades encontravam potenciais agrícolas na região (Freitas & Figueira De Sousa, 2010 & Ministério das Obras Públicas, 2007). A Figura 5.2 resume os potenciais aeronáuticos da região do Alentejo, considerando três polos: Évora, Ponte de Sôr e Beja.

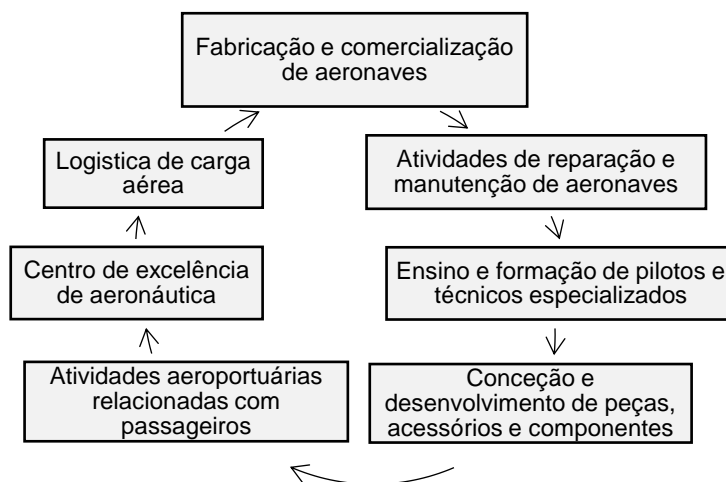


Figura 5.2. Atividades aeronáuticas potenciais do Alentejo identificadas em 2005 (Freitas & Figueira De Sousa, 2010).

rodoferroviária e logística na respetiva envolvente” do aeroporto. Em 2024, após a localização do novo Aeroporto de Lisboa no Campo de Tiro de Alcochete ter sido aprovada pelo governo português, a Câmara Municipal de Évora destacava a importância da ampliação do terminal de passageiros e da placa de estacionamento no Aeroporto de Beja, de forma a apoiar o Aeroporto Humberto Delgado, mesmo após a construção da nova infraestrutura aeroportuária em Lisboa, reforçando a “vocação iminentemente industrial e comercial” de Beja, assim como o seu potencial de “servir alguns voos civis” (CCDR Alentejo, 2020 & NewsAvia, 2024).

Apesar de tudo, todo o potencial desta infraestrutura não foi ainda devidamente aproveitado ao longo do tempo. Atualmente, para além das atividades militares, serve como destino para aeronaves que necessitam de manutenção, realizada pela empresa MESA – Manutenção, Engenharia e Serviços de Aeronaves, Lda., alguns voos privados e é a sede de operações da companhia aérea *Hi-Fly*, que em 2018 trazia pela primeira vez a Portugal, ao Aeroporto de Beja, o Airbus A380, o maior aparelho aeronáutico de transporte de passageiros do mundo (CCDR Alentejo, 2020 & RTP, 2018).

5.2. Caracterização da Infraestrutura

O Aeroporto de Beja (Figura 5.4) apresenta uma área de cerca de 150 hectares, sendo desta forma, uma infraestrutura de pequena dimensão, possuindo, no entanto, um forte potencial de ampliação. A divisão entre o lado ar e o lado terra apresenta-se como simples e eficaz, revelando-se assim como atrativa para companhias aéreas *low-cost*, uma vez que permite acelerar o movimento dos passageiros e das aeronaves. De um ponto de vista operacional, a infraestrutura beneficia de mais de 300 dias anuais de sol e da possibilidade de funcionar durante 24 horas por dia (Freitas, 2012). Estes dois fatores são provenientes da sua localização, na região do Alentejo e longe de grande aglomerados populacionais, o que permite também diminuir as restrições relativas ao ruído.



Figura 5.4. Aeroporto de Beja: Placa de estacionamento e terminal civil (Agência Lusa, 2022).

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

A Figura 5.5 apresenta o Aeroporto de Beja, evidenciando o terminal civil onde operam as aeronaves de aviação civil e a Base Aérea n.º 11 onde ocorrem as atividades de natureza militar.



Figura 5.5. Aeroporto de Beja (Adaptado de Google Earth, 2024).

O lado terra do Aeroporto de Beja, representado na Figura 5.6, é constituído por um terminal de carga, um hangar de manutenção e um terminal de passageiros. O terminal de carga teria inicialmente capacidade para gerir 30 mil toneladas, existindo a possibilidade para a criação de mais seis células com a possibilidade de gerir a mercadoria, assim como espaço reservado para os serviços administrativos de apoio à gestão da mesma (Freitas & Figueira De Sousa, 2010).

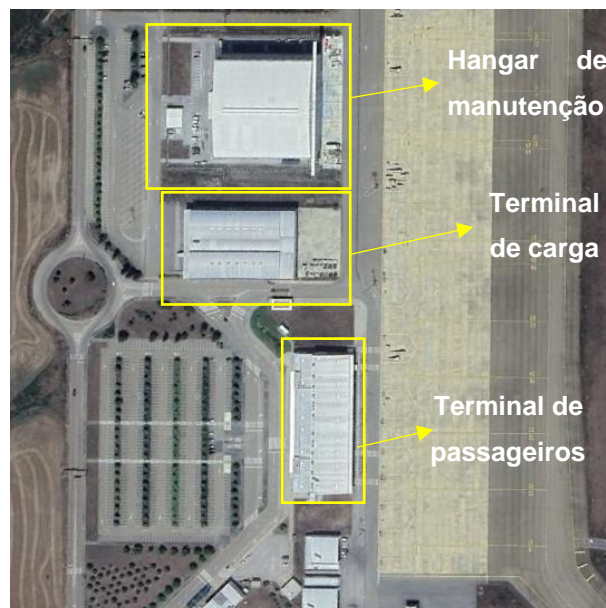


Figura 5.6. Lado terra do Aeroporto de Beja (adaptado de Google Earth, 2024).

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

No lado terra estão ainda presentes parques de estacionamento, arruamentos e acessos que interligam a infraestrutura à rede viária nacional. A acessibilidade rodoviária mais próxima do aeroporto é o itinerário principal IP8 que conecta Sines com Vila Verde de Ficalho e oferece conexão com a autoestrada A2 ou Autoestrada do Sul que liga Lisboa com Paderne, como mostra a Figura 5.7 (COBA, 2004).



Figura 5.7. Acessibilidades rodoviárias do Aeroporto de Beja (Plano Rodoviário Nacional, 2023).

Apesar de ainda não existir ligação ferroviária, em 2020, o governo português pretendia realizar estudos para ligar o aeroporto à linha do Alentejo, diminuindo assim o tempo de percurso até Lisboa (Jornal de Negócios, 2020). Esta ligação é importante, uma vez que o Aeroporto de Beja pode funcionar como uma infraestrutura de apoio ao Aeroporto Humberto Delgado. O projeto teria implicações no traçado entre Cuba e Beja e contornaria o aeroporto pelo ocidente. Teria também implicações na eletrificação da linha férrea, uma vez que a mesma não se encontra eletrificada, utilizando-se comboios com tração a diesel que se apresentam como não eficientes devido aos custos associados. Através da Figura 5.8, é possível observar-se que de acordo com o plano ferroviário nacional, a eletrificação do troço Casa Branca-Beja está prevista ocorrer até 2030 (Freitas, 2012).

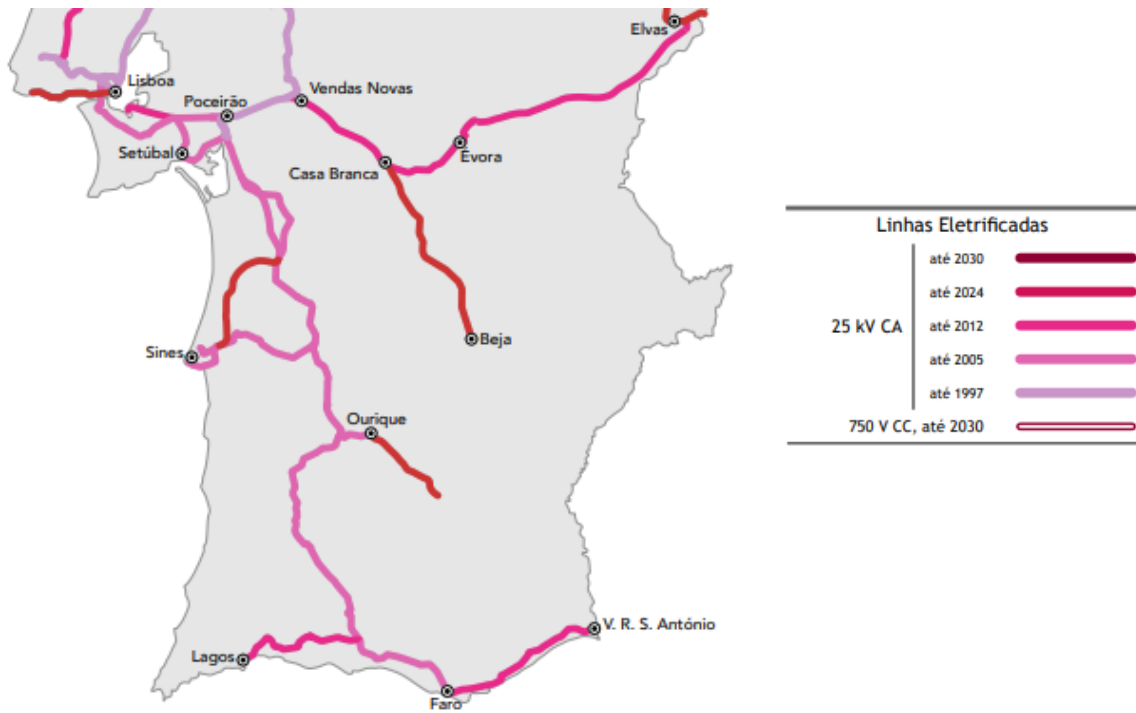


Figura 5.8. Rede ferroviária nacional: eletrificação prevista até 2030 (Plano Ferroviário Nacional, 2022).

A Figura 5.9 apresenta a planta de implantação da primeira fase do Aeroporto de Beja, uma vez que no projeto era evidenciada também uma área de expansão que não foi concluída até à data de hoje. No entanto, esta planta não corresponde à realidade do que está construído atualmente.

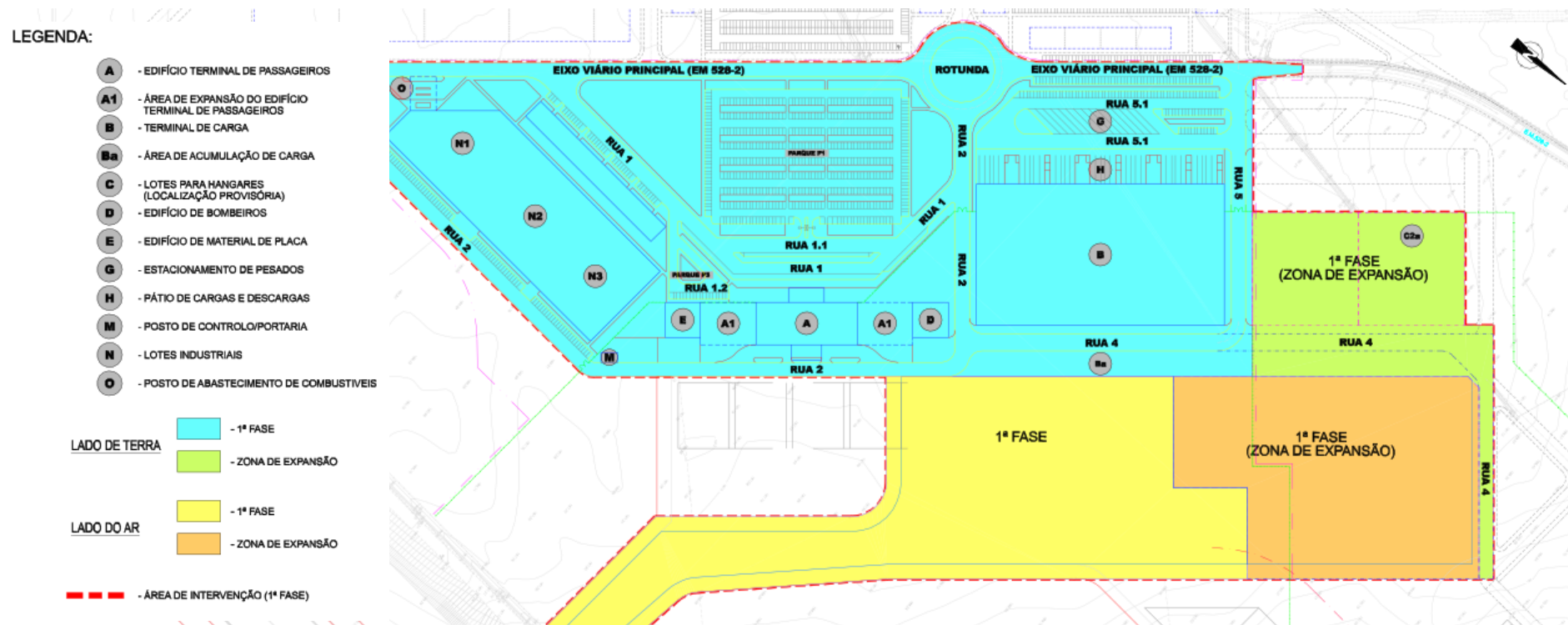


Figura 5.9. Planta da implantação da primeira fase do Aeroporto de Beja (COBA, 2004).

Relativamente ao lado ar, o Aeroporto de Beja possui os seguintes componentes (COBA, 2004):

- **Pista:** Partilhada com a Base Aérea n. 11;
- **Caminho de circulação:** Projetado para receber aeronaves do tipo *Boeing 747/400*, na altura o modelo com as maiores dimensões;
- **Placa de estacionamento:** Atualmente está apenas construída uma placa de estacionamento;
- **Ajudas visuais à navegação aérea:** Sinalização diurna e luminosa nos caminhos de circulação e placa de estacionamento.

A Tabela 5.1 apresenta as dimensões das pistas do aeroporto. A pista 01R/19L para efeitos civis, é atualmente considerada como um caminho de circulação. Através destas dimensões e da informação retratada na Tabela 3.1, classifica-se a pista 01L/19R com o código 4.

Tabela 5.1. Dimensões das pistas do Aeroporto de Beja (NAV, 2024a).

Componente	Designação	Dimensões (m)
Pista	01L/19R	3450x60
	01R/19L	3449x30

Na placa de estacionamento existe um total de 18 lugares, sendo que nem todos podem ser utilizados simultaneamente e dependem de que tipo de aeronaves estão estacionadas. Adjacente ao terminal civil encontram-se seis lugares. As dimensões aproximadas dos mesmos estão representadas na Figura 5.10. Através da medição realizada, é possível concluir-se que estes estão dimensionados para aeronaves de código C, segundo a Tabela 3.4.

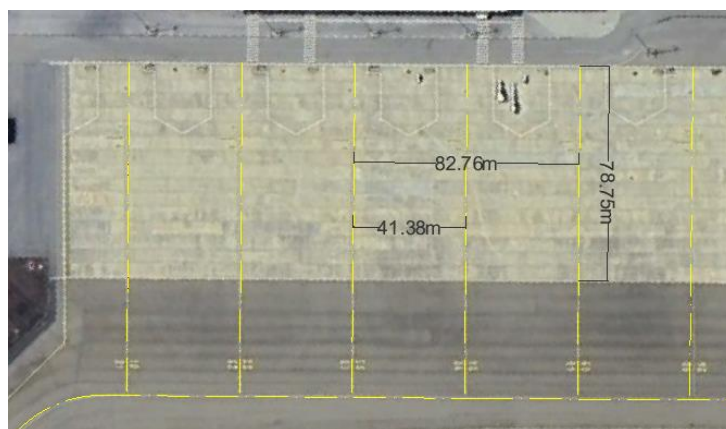


Figura 5.10. Dimensões dos lugares de estacionamento existentes no Aeroporto de Beja.

A carta de aeródromo pode ser consultada através da Figura 5.11, onde estão especificadas as larguras dos caminhos de circulação, assim como informações importantes relativas ao pavimento e operações na infraestrutura. O único caminho de circulação pertencente ao lado civil do aeroporto tem a designação de TWY J e apresenta uma largura de 23 metros, estando desta forma, dimensionado para aeronaves de código E, de acordo com a Tabela 3.10. O TWY J é o único que interliga a pista à placa de estacionamento civil, o que faz com que as aeronaves que aterrem na pista 01L, tenham de percorrer de novo a mesma para chegar ao seu estacionamento, ou tenham de utilizar o TWY paralelo pertencente à base militar.

As vias de serviço da placa de estacionamento apresentam uma faixa de rodagem com uma largura de 10 metros.

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

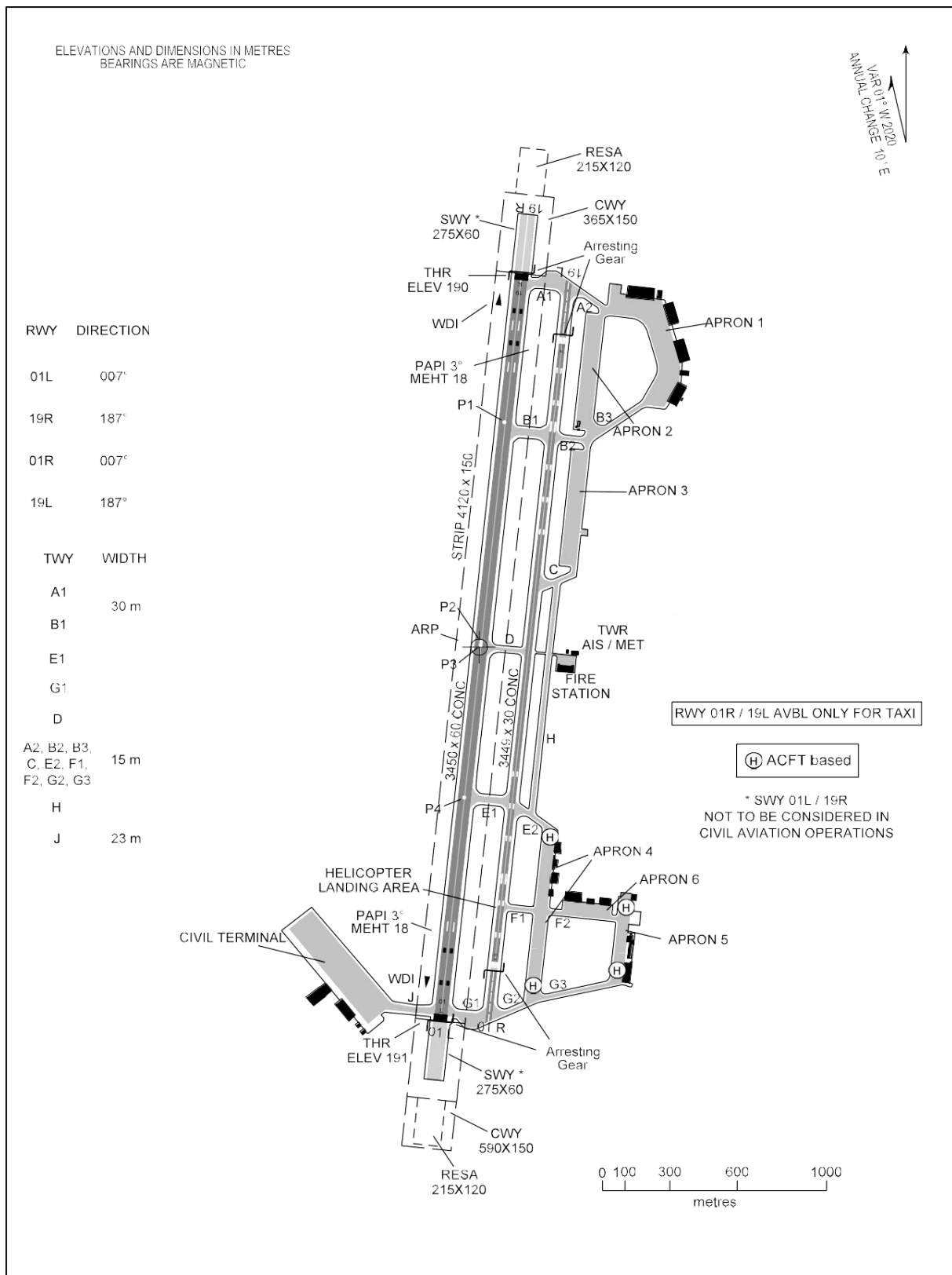


Figura 5.11. Carta de aeródromo do Aeroporto de Beja (NAV, 2024a).

5.3. Condicionantes

Para o desenvolvimento das diferentes alternativas de aumento de capacidade do aeroporto, é utilizada a fotografia aérea da zona do Aeroporto de Beja como base de trabalho, uma vez que não foi possível obter uma cartografia para esse efeito, devido à forte confidencialidade dos projetos aeroportuários e informações sobre este tipo de infraestruturas. Através da fotografia aérea, é possível identificar-se algumas das condicionantes existentes ao desenvolvimento das propostas apresentadas, sendo as mesmas limitadas ao que a fotografia de satélite permite observar, podendo existir um conjunto adicional de condicionantes que não é possível retratar.

Após uma primeira análise realizada em torno dos elementos construídos, nomeadamente da placa de estacionamento, observa-se a existência de uma lagoa. Não havendo informações sobre a referida lagoa, nomeadamente em termos ambientais, considerou-se que a sua existência constituía uma limitação à expansão da placa de forma paralela. Assim, a conceção e desenvolvimento das soluções foi condicionada a este pressuposto, pelo que a futura área de ocupação da ampliação da placa de estacionamento será restringida à zona assinalada na Figura 5.12.



Figura 5.12. Área de expansão da placa de estacionamento (adaptado de Google Earth, 2024).

Na ausência de informação sobre a modelação e tipologia do terreno, as propostas geométricas apresentadas não compreendem o estudo dos perfis longitudinais e transversais.

5.4. Propostas no Âmbito do Aumento de Capacidade

Apesar do Aeroporto de Beja apresentar um forte potencial para expansão, é necessário criar um cenário que se revele realista a médio e a longo prazo, evitando o sobredimensionamento e consequentemente o gasto de recursos de forma não sustentada. As duas propostas apresentadas seguidamente, baseiam-se na evolução da procura da infraestrutura, tendo em conta alguns pressupostos de dimensionamento.

5.4.1. Pressupostos de Dimensionamento

Como referido anteriormente, a placa de estacionamento existente está adjacente ao terminal de carga e ao hangar de manutenção. Deste modo, a placa tem uma utilização mista, servindo operações de natureza distinta, seja de manutenção, carga ou embarque e desembarque de passageiros. De forma a evitar a alteração da localização destes edifícios, diminuindo as atividades necessárias para a concretização das soluções propostas, os lugares de estacionamento em frente aos mesmos são reservados especificamente para aeronaves que realizem operações de manutenção ou transporte de carga. A sua localização está representada na Figura 5.13.



Figura 5.13. Zona exclusiva para operações de manutenção e carga (adaptado de Google Earth, 2024).

Atendendo ao tipo de aeronaves que Beja recebe atualmente, e ao tipo de aeronaves que poderiam operar futuramente nesta infraestrutura, foram considerados os modelos *Airbus 380*, *Boeing 777* e *Boeing 737-8*, este último modelo com uma utilização significativa pelas companhias aéreas *low-cost*.

A Tabela 5.2 apresenta as características destes modelos.

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

Tabela 5.2. Características das aeronaves de referência (Airbus S.A.S., 2017 & ICAO, 2005)

Característica	A380	B777-2	B737-8
Código de referência	4F	4E	4C
Velocidade mínima (1,3 x Vestol)(nós)	179,4	149	-
Envergadura (m)	79,75	60,90	35,9
Largura do trem principal (m)	12,46	12,90	7
Distância entre eixos (m)	31,88	31,20	-
Comprimento (m)	72,73	73,9	39,52
Comprimento de pista (m)	-	2390	2090

A aeronave de referência utilizada para o dimensionamento dos caminhos de circulação é o A380, por ser o modelo que apresenta maiores dimensões e também devido ao facto de que no passado, esta aeronave já utilizou o Aeroporto de Beja.

Admitindo as características do Aeroporto de Beja e os diferentes fatores retratados nos Subcapítulos 5.1 e 5.2, determina-se que esta infraestrutura poderá, em termos de capacidade, assemelhar-se ao Aeroporto Gago Coutinho. Assim, serão apresentadas duas propostas, a primeira considerando-se uma capacidade de 20 movimentos por hora e a segunda de 30 movimentos por hora.

Em ambas as propostas admitiu-se que a percentagem de chegadas e partidas é de 50%, e que do número de chegadas considerado, sensivelmente 30% corresponde a aeronaves de fuselagem larga (código D, E ou F) e 70% corresponde a aeronaves de fuselagem não larga (código C).

5.4.2. Proposta 1 – Ampliação da Placa de Estacionamento e Novos Caminhos de Circulação

A primeira solução é dimensionada com base em 20 movimentos por hora, ou seja, 10 chegadas em hora de ponta. Para este número de chegadas são estimados 11 lugares de estacionamento, dos quais seis pertencentes ao código D, E ou F e cinco correspondentes ao código C. Como já existem seis lugares de código C na placa atual, a ampliação compreende apenas os lugares de código D, E ou F.

A Tabela 5.3 apresenta os dados iniciais e os resultados dos cálculos efetuados.

Tabela 5.3. Cálculo do número de lugares de estacionamento para a Proposta 1.

Aeronave	Chegadas		Tempo Estacionamento (min)	Nº Lugares
	%	Movimentos		
Fuselagem larga (D e E)	30	3	120	6
Fuselagem não larga (C)	70	7	45	5
Total	100	10	-	11*

*Excluindo o lugar de código F.

Como a probabilidade do Aeroporto de Beja receber aeronaves de código F é baixa, considera-se que os lugares de estacionamento destinados a aeronaves de fuselagem não larga são dimensionados considerando apenas o modelo de referência B777-2 (código E). No entanto, é dimensionado um lugar adicional de código F, sendo o total dos lugares igual a 12.

Placa de Estacionamento

O dimensionamento dos lugares de estacionamento da nova placa baseia-se na análise das dimensões das aeronaves de referência especificadas na Tabela 5.2 e dos lugares já existentes na placa construída. Considerando que o comprimento medido é de 78,48 m, é possível mantê-lo, pois o modelo com maior comprimento (B777-2) tem 73,9 m. As larguras são dimensionadas de acordo com a envergadura das asas das aeronaves. As dimensões consideradas, assim como os critérios, estão presentes na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Dimensões dos lugares de estacionamento da placa da Proposta 1.

Código	Largura (m)	Comprimento (m)	Distância entre eixos (m)	Distância mínima entre eixos (m) (Tabela 3.4)
E	60,90	78,48	70,90	42,50
F	79,75		80,33	50,50

Considerando a informação retratada no Subcapítulo 4.3, estima-se que a capacidade horária da nova placa de estacionamento em conjunto com a placa existente é de aproximadamente 19 aeronaves e que cada lugar pode processar 2 operações por hora. Comparando este resultado com a previsão de 10 chegadas em hora de ponta, é possível concluir-se que a placa servirá de forma eficiente as operações necessárias. O cálculo é apresentado no Anexo C.

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

As vias de serviço são dimensionadas tendo apenas em consideração a largura das vias existentes no aeroporto de Beja, que é equivalente a 10 m. As mesmas contornam o lado esquerdo e direito de todos os lugares de estacionamento, aumentando assim o alcance por parte dos veículos de serviço e a segurança na circulação na placa. Esta largura permite manter a distância mínima de 7,5 m entre aeronaves estipulada na Tabela 3.3.

As dimensões consideradas estão ilustradas na Figura 5.14.

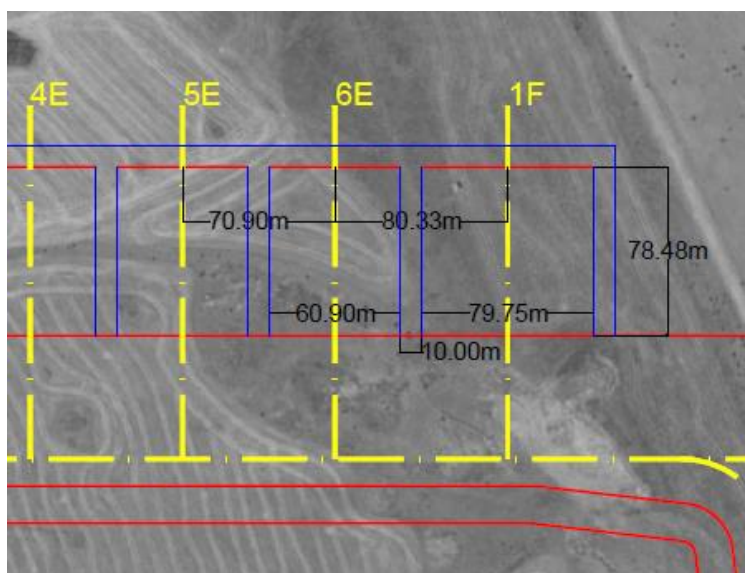


Figura 5.14. Dimensões consideradas na placa de estacionamento da Proposta 1.

Caminhos de Circulação

Com a ampliação da placa de estacionamento, revela-se necessário o dimensionamento de dois caminhos de circulação adicionais que a conectem à pista: um perpendicular (TWY E) e um parcialmente paralelo (TWY P1) (Figura 5.15). O TWY E localiza-se a 2326 m da zona de aterragem da pista 19R, permitindo a desocupação de forma mais rápida pelas aeronaves de código C que necessitam apenas de 2090 m. Este TWY encontra-se alinhado com o TWY pertencente à base militar, facilitando possíveis manobras de atravessamento. As aeronaves que precisem de um maior comprimento de pista na sua aterragem, podem desocupar a mesma através do TWY J existente e seguidamente através do TWY P1, implementado para otimizar a circulação do tráfego. Para a circulação na placa de estacionamento, é dimensionado o TWY P2.

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

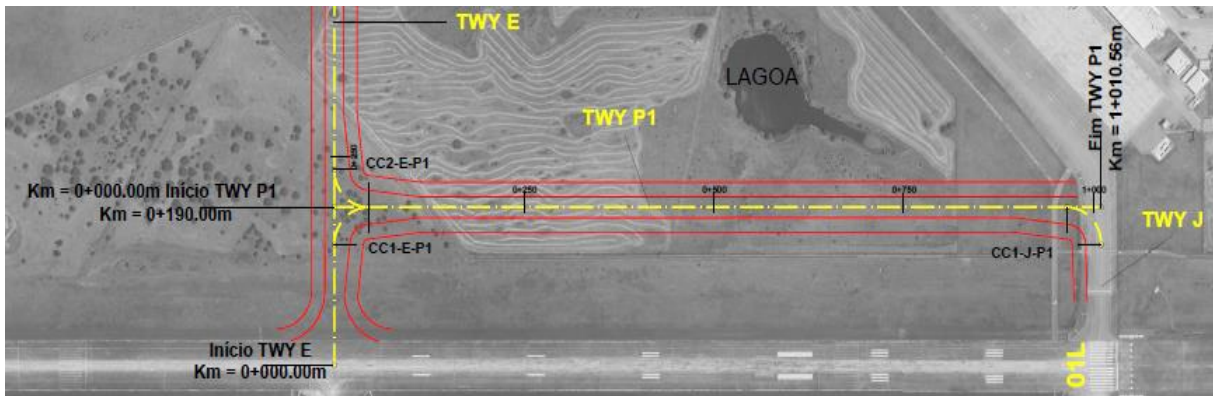


Figura 5.15. TWY P1 e TWY E (Proposta 1).

As extensões do TWY P1 e TWY E são de 1010,58 m e 618,90 m respetivamente. Todas as curvas circulares existentes nestes caminhos de circulação apresentam um raio de 45 m que permite uma velocidade de 7,7 km/h e um desenvolvimento de 70,69 m. O TWY P2 tem uma extensão de 735,25 m compreendendo uma curva circular com raio de 45 m e desenvolvimento igual a 34,95 m.

Através das considerações do Capítulo 4.2, determina-se que o TWY E tem uma capacidade de aproximadamente 58 chegadas por hora, admitindo-se uma percentagem de 70% de aeronaves do grupo C e uma percentagem de 30% de aeronaves do grupo D, tendo por base a Tabela 4.4, assim como uma distância entre o TWY e DER de 2326 m (7631,2 pés). A Figura 5.16 mostra como é estimada a capacidade.

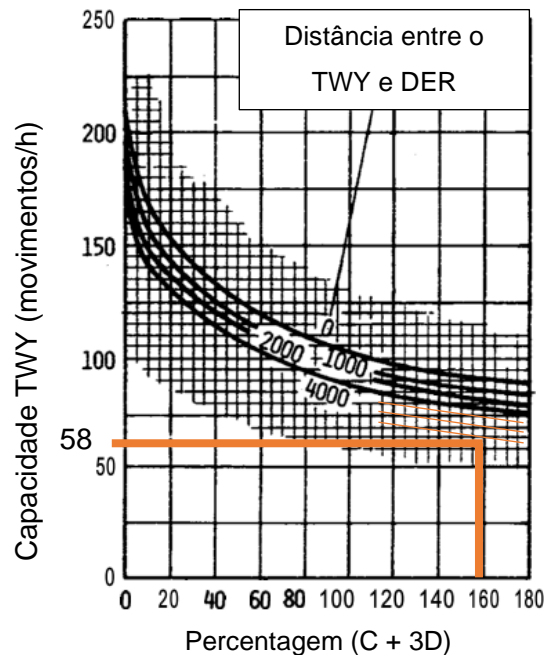


Figura 5.16. Capacidade do TWY E: chegadas (adaptado de Federal Aviation Administration, 1983).

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

As larguras dos caminhos de circulação consideradas são relativas ao código F, de forma que a infraestrutura esteja devidamente preparada na eventualidade de receber um modelo do tipo A380. As dimensões são as seguintes:

- Largura dos caminhos de circulação: 25 m (Tabela 3.10);
- Largura da berma: 17,5 m (Tabela 3.11).

O cálculo da sobrelargura nas curvas circulares é apresentado no Anexo D.

5.4.3. Proposta 2 – Ampliação da Placa de Estacionamento e Novas Saídas Rápidas

Admitindo um crescimento de 50% do tráfego em relação à Proposta 1, o número de movimentos em hora de ponta será de 30, ou seja, de 15 chegadas. De modo que exista capacidade para receber este número de operações são necessários 18 lugares de estacionamento, dos quais 10 destinados a aeronaves de fuselagem larga e 8 destinados a aeronaves de fuselagem não larga, como mostra a Tabela 5.5. Considerando o lugar extra dimensionado para o código F, o número total de lugares é de 19.

Tabela 5.5. Resultados do cálculo do número de lugares de estacionamento para a Proposta 2.

Aeronave	Chegadas		Tempo Estacionamento (min)	Nº Lugares
	%	Movimentos		
Fuselagem larga (D e E)	30	5	120	10
Fuselagem não larga (C)	70	10	45	8
Total	100	15	-	18

*Excluindo o lugar de código F.

Placa de Estacionamento

As dimensões dos lugares de estacionamento estão especificadas na Tabela 5.6. Relativamente à Proposta 1, existe apenas uma nova tipologia de lugares de código C, dimensionados de acordo com as dimensões do modelo B737-8.

Tabela 5.6. Dimensões dos lugares de estacionamento da Proposta 2.

Código	Largura (m)	Comprimento (m)	Distância entre eixos (m)	Distância mínima entre eixos (m) (Tabela 3.4)
C	35,90		45,90	24,50
E	60,90	78,48	70,90	42,50
F	79,75		80,33	50,50

Considerando a informação retratada no Subcapítulo 4.3, estima-se que a capacidade horária da nova placa de estacionamento em conjunto com a placa existente é de aproximadamente 30 aeronaves e que cada lugar tem capacidade para processar aproximadamente 2 operações por hora. Comparando este resultado com a previsão de 15 chegadas em hora de ponta, é possível concluir-se que a placa servirá de forma eficiente as operações necessárias. O cálculo é apresentado no Anexo C,

Caminhos de Circulação

Devido ao aumento do número de operações na placa de estacionamento, considera-se um TWY paralelo na própria placa (TWY P3) (Figura 5.17), que permite evitar o conflito entre as aeronaves que estão em circulação e as que realizam manobras de entrada e saída no respetivo lugar, evitando assim o congestionamento. A distância de separação entre os eixos centrais dos TWY P2 e P3 da nova placa é de 97,5m, atendendo aos critérios da Tabela 3.8.

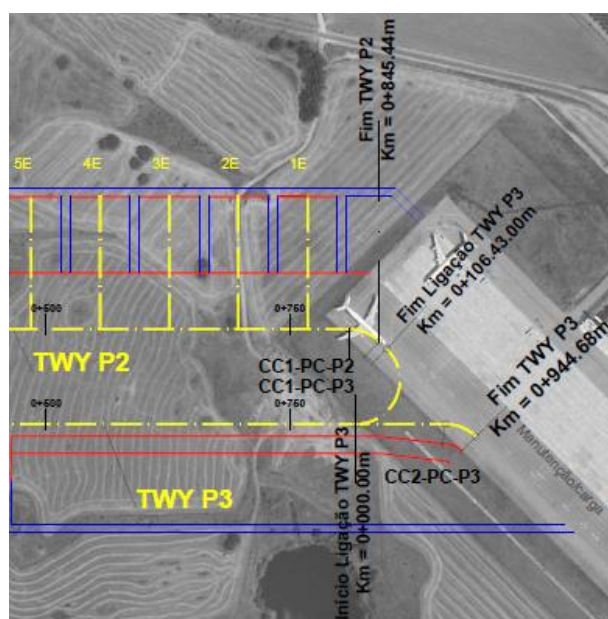


Figura 5.17. TWY P3 (Proposta 2).

O TWY P3 é constituído pelos seguintes elementos:

- Alinhamento reto 1 (AR1): $L = 909,73$ m;
- Curva Circular 1 – Ligação com o TWY P2 (CC1-PC-P3): $R = 45$ m, $D = 106,43$ m;
- Curva Circular 2 (CC2-PC-P3): $R = 45$ m, $D = 34,95$ m;

Com o aumento do número de movimentos de 20 para 30 por hora, são dimensionadas duas saídas rápidas (RET A e RET B) e é aumentada a extensão do TWY P1 (Figura 5.18), que pode ser implementado previamente. Este TWY encontra-se a uma distância de 190 m da pista, atendendo aos valores estipulados na Tabela 3.6.

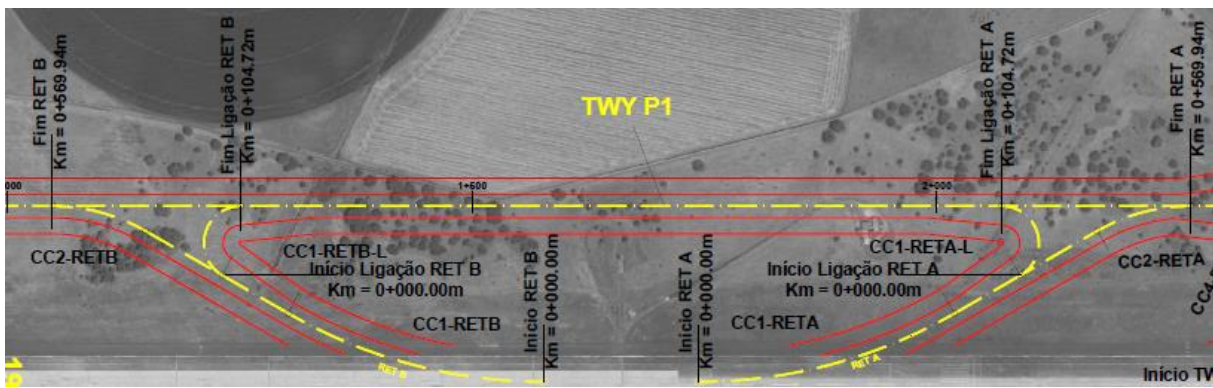


Figura 5.18. RET A e B e TWY P1 com nova extensão (Proposta 2).

Os valores resultantes do cálculo da localização ótima para as RET, utilizando o método dos três segmentos, estão representados na Tabela 5.7. No Anexo E, é apresentada mais informação relativa ao cálculo efetuado. O modelo de aeronave de referência utilizado é o A380, que apresenta uma velocidade de perda de sustentação (Vestol) de 138 nós e pertence ao grupo C de acordo com a Tabela 3.14.

Tabela 5.7. Resultados do cálculo da localização das RET.

S1 (m)	S2 (m)	S3 (m)	Total (m)
450	847	477,98	1774

No dimensionamento das RET são utilizadas as dimensões ilustradas na Figura 3.31. Cada RET é composta pelos seguintes elementos:

- Alinhamento reto 1 (AR1): $L = 60$ m;
- Curva Circular 1 (CC1): $R = 550$ m, $D = 287,98$ m;

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

- Alinhamento reto 2 (AR2): $L = 81,546$ m;
- Curva Circular 2 (CC2): $R = 40$ m, $D = 104,72$ m.

A ligação adicional ao TWY é composta pelos seguintes elementos:

- Alinhamento reto 1 (AR1): $L = 95,692$ m;
- Curva Circular 1 (CC1): $R = 200$ m, $D = 104,72$ m.

O raio considerado na curva circular 1 da RET é igual ao raio estipulado na Figura 3.31, pois esta é referente ao código 3 e 4. A curva circular 2 pode ter no máximo um raio de 40 m, uma vez que é necessário existir uma distância entre curvas de 75 m, que neste caso, é igual a 81,546 m. A Figura 5.19 mostra a representação gráfica da diretriz das RET.

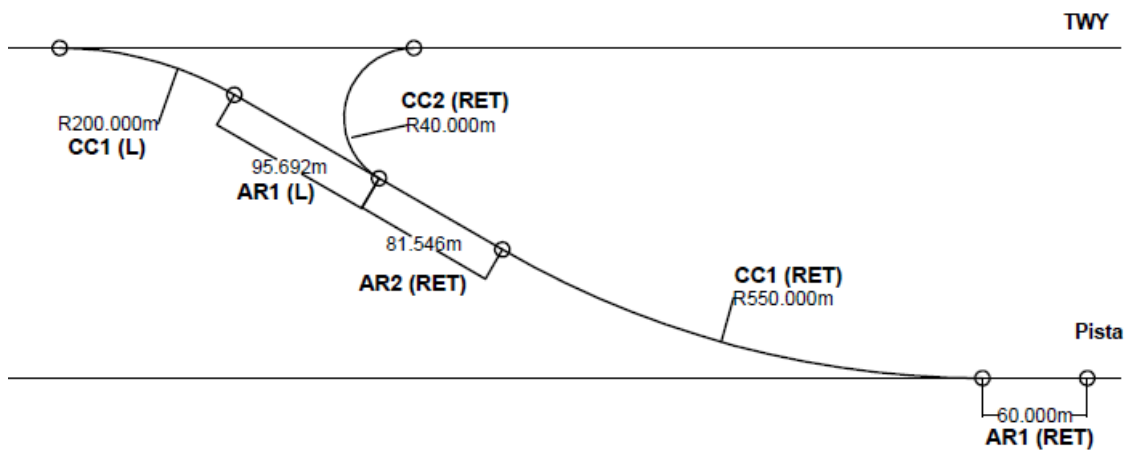


Figura 5.19. Diretriz das RET.

A Tabela 5.8 mostra a velocidade de cálculo dos raios das curvas circulares das RET e ligações.

Tabela 5.8. Velocidade de cálculo dos raios das curvas circulares das RET e ligações.

Raio (m)	Vel. (km/h)	Vel. (m/s)
40	7,22	25,99
200	16,15	58,12
550	26,77	96,39

Para além de todos os elementos tratados neste Subcapítulo, pode ser benéfica a implementação de *bypasses* nas extremidades da pista, principalmente junto ao TWY J, uma vez que existem vários caminhos de circulação que podem criar conflitos entre as aeronaves

que aguardam permissão para entrar na pista e as aeronaves que acabam de aterrar ou circulam nos TWY.

5.4.4. Considerações Gerais das Propostas Apresentadas

O Aeroporto de Beja é um caso particular no que diz respeito às infraestruturas aeroportuárias. O investimento envolvido neste projeto provém de uma previsão de um futuro com prosperidade, algo que não se revelou após a sua construção. Mesmo que nos dias que correm continue a não ser benéfico este investimento, é importante pensar-se na rápida evolução do transporte aéreo, independentemente do tipo de utilização que esta infraestrutura possa vir a ter, seja o transporte de passageiros, o transporte de carga ou manutenção. Através de um cenário otimista onde existe um aumento do tráfego em Beja, rapidamente se conclui que não existe capacidade suficiente para acomodar todas as aeronaves, o que faz com que seja necessário o alargamento da placa de estacionamento e a criação de novos caminhos de circulação.

A envolvente do aeroporto de Beja apresenta poucas condicionantes, revelando-se ideal para o desenvolvimento de novas soluções que visam a sua expansão, ao contrário dos principais aeroportos portugueses. Apesar disso, um dos maiores problemas está relacionado com as acessibilidades, não existindo ainda infraestruturas de transporte eficientes que permitam conectar o aeroporto aos grandes polos urbanos mais próximos, nomeadamente a cidade de Lisboa. Esta distância poderia ser “reduzida” caso existisse, por exemplo, uma linha de comboio que estabelecesse essa conexão e permitisse diminuir o tempo de viagem, algo que se observa em outras cidades europeias. Assim, o aeroporto de Beja poderia ser considerado como sendo uma alternativa ao aeroporto Humberto Delgado.

No estudo da ampliação da placa de estacionamento determina-se que esta deve ser feita de forma paralela à pista. Devido à sua nova dimensão, é necessário existirem novos caminhos de circulação que otimizem a circulação na placa. Os mesmos são implementados de acordo com a metodologia de aumento de capacidade da ICAO, começando por um caminho de circulação parcialmente paralelo que num cenário com maior tráfego se desenvolve ao longo do comprimento da pista, sendo também complementado com saídas rápidas. Nesse mesmo cenário previu-se a necessidade de se implementar um TWY paralelo na própria placa de estacionamento, de forma a diminuir os conflitos causados pelas aeronaves que realizam as manobras de entrada e saída do respetivo lugar.

Caso de Estudo: Aumento da Capacidade do Aeroporto de Beja

Com o objetivo de se estabelecer uma comparação entre as duas propostas apresentadas, foi elaborada a Tabela 5.9, que identifica os principais parâmetros considerados nessa comparação.

Tabela 5.9. Comparação das propostas para o Aeroporto de Beja.

Característica	Proposta 1	Proposta 2
Área da nova placa de estacionamento	115 061,5 m ²	244 441,5 m ²
Número de novos lugares de estacionamento		
C	-	2
E	6	10
F	1	1
Extensão do TWY P1	1 010,56 m	3 377,07 m
Extensão do TWY P2	735,25 m	845,44 m

Comparando algumas características entre as duas propostas, é possível concluir, como já seria espectável, que a placa de estacionamento da Proposta 2 ocupa mais do dobro da área. O número de lugares também é superior e ao contrário da Proposta 1, que não necessita de implementar mais lugares de código C por existirem suficientes na placa já existente, a Proposta 2 compreende três lugares desse mesmo código, o que faz com que sejam necessárias mais vias de serviço e uma maior extensão dos caminhos de circulação, aumentando assim a área da placa.

A extensão do TWY P1 é superior na Proposta 2, uma vez que é totalmente paralelo à pista de forma a ser possível implementar as saídas rápidas. O mesmo acontece com o TWY P2, devido à ampliação da placa de estacionamento.

6. Conclusões Gerais e Recomendações para Desenvolvimentos Futuros

Ao longo deste trabalho, foi perceptível a complexidade de um projeto de natureza aeroportuária, seja pelos numerosos de critérios que devem ser considerados ou pelas diferentes áreas de onde se retém informação, tais como a gestão de tráfego ou a gestão aeroportuária. Foi também possível compreender o funcionamento de um aeroporto e a forma como o seu dimensionamento é realizado, sendo um ambiente único que compreende a interação de vários sistemas e atividades que devem estar sempre em harmonia.

O setor da aviação tem crescido ao longo do tempo, inclusive em Portugal, onde se pôde observar a gradual aposta neste modo de transporte desde o início do século XX. Apesar da sua popularidade e do seu desenvolvimento tecnológico terem sido impulsionados por motivos de defesa relacionados com a guerra, a aviação civil, rapidamente se tornou numa aposta segura e com grande futuro. Com esta evolução foi necessário dar início ao planeamento de soluções de forma a combater os problemas de gestão de tráfego que foram surgindo.

No contexto aeroportuário nacional, não existem dúvidas sobre a falta de capacidade, seja através do número de movimentos de aeronaves ou de passageiros. A elevada procura observada ao longo do tempo foi causando constrangimentos, revelando-se inevitável todas as intervenções de alargamento nas placas de estacionamento e nas pistas e a criação de novos caminhos de circulação. Contudo, estas intervenções nem sempre resolveram os problemas, e por vezes, apenas os atrasaram. Dos três principais aeroportos nacionais, o Aeroporto Humberto Delgado apresenta a maior falta de capacidade, sendo também o que possui menos margem para a criação de soluções que resolvam esse problema. No entanto, é de salientar que a realidade de existir um novo aeroporto em Lisboa está cada vez mais próxima, algo que se revela benéfico para a região centro do país.

Para o projeto de qualquer componente de uma infraestrutura aeroportuária é necessário recorrer às normas que explicitam os critérios de dimensionamento. Neste caso, utilizou-se maioritariamente o Documento Normativo da ICAO *Aerodrome Design Manual Part 2: Taxiways, Aprons and Holding Bays* referente às placas de estacionamento e aos caminhos de circulação. De acordo com o referido documento normativo, a classificação dos aeroportos é feita de acordo com o comprimento das pistas e envergadura das asas da maior aeronave que podem receber, formando um código com um número e uma letra, que é utilizada em todos os critérios. A dimensão dos elementos de um aeroporto será tanto maior quanto a dimensão das aeronaves que operam no mesmo e a letra do código da ICAO reflete isso mesmo.

Conclusões Gerais e Recomendações para Desenvolvimentos Futuros

No dimensionamento de uma placa de estacionamento é necessário ter em conta alguns fatores principais, tais como as características das aeronaves, nomeadamente o seu comprimento e envergadura vão ditar as dimensões de cada lugar, assim como as distâncias mínimas entre aeronaves e elementos na envolvente. A distância entre o terminal de passageiros e a placa de estacionamento influencia a localização da mesma, uma vez que deve ser a mínima possível para evitar longas deslocações. As vias de serviço onde os veículos circulam, devem ser consideradas de forma a evitar conflitos com as aeronaves, sendo benéfico que contornem cada lugar de estacionamento para uma maior eficiência.

No dimensionamento dos caminhos de circulação deve ser assegurado, em qualquer parte dos mesmos, um espaçamento mínimo em relação a qualquer objeto na envolvente, que depende da envergadura da aeronave de referência, conferindo assim a segurança na circulação e nas manobras. Este espaçamento será diferente dependendo da localização do caminho de circulação, uma vez que pode estar paralelo a uma pista, paralelo a outro caminho de circulação ou numa placa de estacionamento. A largura mínima adotada, assim como os restantes critérios, estão relacionados com o tipo de aeronave, sendo que nas curvas circulares deve ser feito o estudo detalhado da trajetória do trem de aterragem, de forma a ser calculada a sobrelargura. O raio das curvas circulares depende principalmente da velocidade, sendo esta numa RET superior à velocidade praticada numa manobra de 90° num TWY perpendicular e por isso, terá um raio de maior dimensão. A localização das RET depende da velocidade de perda de sustentação da aeronave de referência utilizada.

Quando se fala no aumento da capacidade é crucial o conhecimento das características do tráfego, uma vez que servirá de base para a tomada de decisões. É necessário haver conhecimento dos tipos de aeronaves que operam na infraestrutura, principalmente o modelo com maiores dimensões. Para além disso, deve-se ter em conta a distribuição das aeronaves, uma vez que podem ser de fuselagem larga ou não larga e o tempo de ocupação diferir. Caso exista uma percentagem elevada de aeronaves de fuselagem larga, o tempo de ocupação aumenta, sendo necessário implementar mais lugares de estacionamento, o que dá origem à necessidade de alargamento da placa de estacionamento e possivelmente à criação de novos caminhos de circulação.

O aumento da capacidade em qualquer aeroporto com uma única pista, no que diz respeito ao dimensionamento, é conseguido através da implementação de um caminho de circulação paralelo à pista, numa primeira fase. Quando se justifica, são implementadas saídas rápidas numa fase seguinte. Ao serem feitas estas alterações, assume-se que a placa de estacionamento sofra um alargamento, dependendo do tráfego. Os caminhos de circulação paralelos à pista permitem a circulação das aeronaves fora da mesma, de modo que esta

esteja desimpedida para novas operações. Para além disso, as saídas rápidas também apresentam esse mesmo propósito, desimpedir a pista, mas após uma aterragem e com velocidades superiores comparativamente a um caminho de circulação perpendicular.

Com o caso de estudo foi possível aplicar os critérios de dimensionamento estipulados e mostrar a possibilidade de aumento de capacidade de um aeroporto através da metodologia da ICAO, aumentando o número de movimentos através da ampliação da placa de estacionamento e implementação de novos caminhos de circulação.

Tendo presente os objetivos inicialmente definidos para o desenvolvimento do trabalho, é possível verificar que os mesmos foram cumpridos na totalidade, uma vez que se identificou os diferentes componentes aeroportuários e a sua relação; foram apresentados os critérios de dimensionamento estipulados nas normas aplicáveis para o projeto de placas de estacionamento e dos caminhos de circulação, identificou-se a relação entre alguns destes parâmetros e o aumento da capacidade e aplicou-se os conhecimentos adquiridos na elaboração do caso de estudo, que permitiu comprovar essa mesma relação.

Apesar da metodologia do aumento da capacidade definida pela ICAO revelar-se simples, sendo apenas uma análise qualitativa, verifica-se que a informação que evidencie uma análise quantitativa é escassa, de modo a estabelecer critérios sobre o desenvolvimento das placas de estacionamento e dos caminhos de circulação face ao aumento do tráfego. A FAA, por outro lado, disponibiliza algumas metodologias de cálculo, que permitem identificar a capacidade tanto nos caminhos de circulação como nas placas de estacionamento, no entanto, essa informação é bastante limitada.

Nesse sentido e como recomendação para desenvolvimentos futuros, seria importante a elaboração de um documento normativo português estabelecendo os critérios de dimensionamento, de modo a permitir clarificar alguma informação fornecida por parte da ICAO, e que incluísse uma análise de aumento da capacidade.

Adicionalmente refere-se também que no âmbito de trabalhos futuros, seria benéfico a realização de modelos de simulação de tráfego, onde se pudesse verificar a eficiência da localização, configuração e número dos caminhos de circulação e lugares de estacionamento.

Referências Bibliográficas

- ACRP. (2013). *Report 96 - Apron Planning and Design*. Washington, D.C.: Transportation Research Board of the National Academies.
- Agência Lusa. (2007). *Terminal 2 Vai Ter Piso Subterrâneo para Chegadas até Final de 2008*. Consultado a 05/04/2024. Disponível em: https://www.rtp.pt/noticias/economia/terminal-2-vai-ter-piso-subterraneo-para-chegadas-ate-final-de-2008_n86375
- Agência Lusa. (2022). *Partido Comunista Português diz que aeroporto de Beja tem “condições no imediato” para ser solução*. Consultado a 24/07/2024. Disponível em: <https://expresso.pt/politica/2022-07-04-PCP-diz-que-aeroporto-de-Beja-tem-condicoes-no-imediato-para-ser-solucao-20258d75>
- Airbus S.A.S. (2017). *A380: Aircraft Characteristics - Airport And Maintenance Planning*. Blagnac Cedex: Airbus S.A.S.
- ANA. (2020). *Eurocontrol NM User Forum 2020*. Consultado a 20/04/2024. Disponível em: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-01/eurocontrol-nm-user-forum-2020-airport-perspective-lisbon.pdf>
- ANA. (2023). *Aeroporto do Porto Atinge 15 Milhões de Passageiros*. Consultado a 22/04/2024. Disponível em: https://www.ana.pt/sites/default/files/2023-12/PR_OPO_15M.pdf
- ANAC. (2024). *Boletins Estatísticos Trimestrais*. Consultado a 22/04/2024. Disponível em: <https://www.anac.pt/vPT/Generico/PublicacoesINAC/BoletinsEstatisticosTrimestrais/Paginas/BoletinsEstatisticosTrimestrais.aspx>
- André, J. D., Soares, A. S., Pereira, A. S., Peixoto, J. L., & Abecasis, J. K. (1991). *A Aviação em Portugal*. RTP.
- Araújo, Y. (2009). *O Primeiro Voo Motorizado de um Mais-Pesado-do-que-o-Ar em Portugal. Mais Alto - Revista da Força Aérea Portuguesa*. Ano XLVII n.º 381.
- Autoridade Nacional de Aviação Civil. (2015). *Glossário da Aviação Civil*. Lisboa: ANAC - Autoridade Nacional da Aviação Civil.
- Barata, J., & Neves, F. (2017). *The History of Aviation Education and Training*. *Open Journal of Applied Sciences*.
- Boeing. (2024). *About the Boeing 737 MAX family*. Consultado a 15/08/2024. Disponível em:

<https://www.boeing.com/commercial/737max#technical-specs>

Cabrita, A. N. (2015). *O Aeroporto de Faro foi Inaugurado Há 50 Anos*. *Sul Informação*. Consultado a 23/01/2024. Disponível em:

<https://www.sulinformacao.pt/2015/07/aeroporto-de-faro-foi-inaugurado-ha-50-anos-evocar-o-dia-11-de-julho-de-1965/>

CCDR Alentejo. (2020). *Estratégia Regional - Alentejo 2030*.

COBA. (2004). *Projecto do Aeroporto de Beja - Estudo de Impacte Ambiental Volume II*. Empresa de Desenvolvimento do Aeroporto de Beja, S.A.

Comissão Técnica Independente. (2023a). *Análise da situação atual do AHD e proposta de ações de melhoria da sua eficiência e eficácia operacional - Relatório da Análise a Curto Prazo*.

Comissão Técnica Independente. (2023b). *Avaliação de opções estratégicas para o aumento da capacidade aeroportuária da Região de Lisboa - Avaliação Ambiental Estratégica*.

Comissão Técnica Independente. (2023c). *Plano da Ampliação da Capacidade Aeroportuária da Região de Lisboa. Anexo 2 - Capacidade e Dimensionamento*.

Constantino, T. (2019). *Fotografias Antigas do Principal Aeroporto de Portugal*. *Jornal de Notícias*. Consultado a 23/01/2024. Disponível em:

<https://www.voltaaomundo.pt/2019/10/07/fotografias-antigas-do-principal-aeroporto-de-portugal-1/noticias/380495/>

Correia, F., Daniel, M., & Silva, D. A. (2015). *Revisão de Conceitos Aeroportuários e a sua Aplicabilidade ao Processo do Novo Aeroporto de Lisboa*. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*. Angra do Heroísmo: Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional.

Cruz, A. dos S. P. da. (2019). *100 Anos do Poder Aéreo - A História da Aviação Militar*. Lisboa: Centro de Investigação e Desenvolvimento do Instituto Universitário Militar.

Decreto-Lei n.º 186/2007. (2007). *Diário da República*. II Série. 249.

Diário de Notícias. (2005). *Porto Sá Carneiro abre hoje novo terminal*. Consultado a 18/03/2024. Disponível em: <https://www.dn.pt/arquivo/2005/interior/porto-sa-carneiro-abre-hoje-novo-terminal-625663.html/>

- Dias, C. (2007). *A Formação da TAP e os Primórdios da Navegação Aérea em Portugal. Anais: Série História vol. XI/XII. n.º XI-XII. Lisboa: Universidade Autónoma de Lisboa.*
- Dönmez, K., Aydoğan, E., Çetek, C., & Maraş, E. E. (2022). *The Impact of Taxiway System Development Stages on Runway Capacity and Delay under Demand Volatility. Aerospace.*
- EASA. (2023). *Easy Access Rules for Aerodromes. Regulation (EU) No 139/2014. European Union: European Union Aviation Safety Agency.*
- Eurocontrol. (2016). *Airport Capacity Assessment Methodology. ACAM Manual.*
- Federal Aviation Administration. (1983). *Airport Capacity and Delay - Advisory Circular 150/5060-5.*
- Freitas, J. (2012). O Aeroporto de Beja e a Competitividade do Baixo Alentejo: O Caso das Potencialidades Turísticas. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais. In Revista Portuguesa de Estudos Regionais.*
- Freitas, J., & Figueira De Sousa, J. (2010). *As valências do Aeroporto de Beja: a Carga Aérea Acessibilidade, Migrações e Desenvolvimento. XII Colóquio Ibérico de Geografia. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto.*
- Henriques-Mateus, H. (2009). *Bartolomeu Gusmão: O III Centenário das Experiências Aerostáticas. Mais Alto - Revista da Força Aérea Portuguesa.*
- Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J., & Young, S. B. (2010). *Planning and Design of Airports, Fifth Edition. Mc Graw Hill*
- ICAO. (1987). *Airport Planning Manual Part 1: Master Planning. Second Edition. International Civil Aviation Organization.*
- ICAO. (2004). *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation - Aerodromes - Volume I - Aerodrome Design and Operations. Fourth Edition. International Civil Aviation Organization.*
- ICAO. (2005). *Aerodrome Design Manual Part 2: Taxiways, Aprons and Holding Bays. Fourth Edition. International Civil Aviation Organization.*
- ICAO. (2006). *Aerodrome Design Manual Part 1: Runways. Third Edition. International Civil Aviation Organization.*

- Instituto Nacional de Estatística. (2023). *Movimento De Passageiros Nos Aeroportos Nacionais Mantém Tendência De Máximos Históricos. Atividade dos Transportes - Estatísticas Rápidas do Transporte Aéreo.*
- Jornal de Negócios. (2020). *Ligação ferroviária ao aeroporto de Beja volta a ser estudada.* Consultado a 24/01/2024. Disponível em: <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/transportes/detalhe/ligacao-ferroviaria-ao-aeroporto-de-beja-volta-a-ser-estudada>
- Leite, J. (2009). *Aeroporto de Lisboa. Restos de Coleção.* Consultado a 22/01/2024. Disponível em: <https://restosdecoleccion.blogspot.com/2010/06/aeroporto-de-lisboa.html>
- Leite, J. (2012). *Aeroporto de Faro. Restos de Coleção.* Consultado a 23/01/2024. Disponível em: <https://restosdecoleccion.blogspot.com/2013/04/aeroporto-de-faro.html>
- Lucas, T. (2018). *Principais Critérios Geométricos no Dimensionamento Aeroportuário Caso de Estudo: Ampliação do Caminho de Circulação no Aeroporto Francisco Sá Carneiro. Lisboa. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa do Instituto Politécnico de Lisboa.*
- Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. (2007). *Aeroporto de Beja operacional em 2008.* Consultado a 15/01/2024. Disponível em: https://web.archive.org/web/20070612135112/http://www.portugal.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC17/Ministerios/MOPTC/Comunicacao/Notas_de_Imprensa/20070127_MOPTC_Com_Aeroporto_Beja.htm
- Ministério do Planeamento e das Infraestruturas. (2017). *Expansão da Capacidade Aeroportuária de Lisboa: Perguntas e Respostas. República Portuguesa.* Consultado a 23/01/2024. Disponível em: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/documento?i=20170215-mpi-novo-aeroporto-lx-pr>
- NAV. (2024a). *Aeronautical Information Publication: LPBJ — BEJA.* Consultado a 15/01/2024. Disponível em: https://ais.nav.pt/wp-content/uploads/AIS_Files/eAIP_Current/eAIP_Online/eAIP/html/index.html
- NAV. (2024b). *Aeronautical Information Publication: LPFR — FARO.* Consultado a 01/05/2024. Disponível em: https://ais.nav.pt/wp-content/uploads/AIS_Files/eAIP_Current/eAIP_Online/eAIP/html/index.html
- NAV. (2024c). *Aeronautical Information Publication. LPPT — LISBOA.* Consultado a

- 04/04/2024. Disponível em: https://ais.nav.pt/wp-content/uploads/AIS_Files/eAIP_Current/eAIP_Online/eAIP/html/eAIP/LP-AD-2.LPPT-en-PT.html#AD-2.LPPT
- NAV. (2024d). *LPPR — PORTO*. Consultado a 01/05/2024. Disponível em: https://ais.nav.pt/wp-content/uploads/AIS_Files/eAIP_Current/eAIP_Online/eAIP/html/index.html
- Neufville, R. De, & Odoni, A. R. (2013). *Airport Systems: Planning, Design and Management. Second Edition. Mc Graw Hill Education*.
- NewsAvia. (2024). *Autarca de Beja defende ampliação do terminal do aeroporto local para apoiar o de Lisboa*. Consultado a 24/06/2024. Disponível em: <https://newsavia.com/autarca-de-beja-defende-ampliacao-do-terminal-do-aeroporto-local-para-apoiar-o-de-lisboa/>
- O Ocidente. (1909). *Centenário da Primeira Ascensão em Aerostáto. Revista Ilustrada de Portugal e do Estrangeiro. 32.º Anno XXXII Volume n.º 1103*.
- Oorsprong, P. (2016). *The Design of a Future Apron for the New A-Pier for KLM Royal Dutch Airlines. Technical University Delf. The Netherlands (Issue February)*.
- Papinha, D., Gonçalves, F., Faria, F., Catulo, J., Abreu, J. L., & Chalupa, G. (2019). *Breve História da Aviação - Aviação Após a 1ª Guerra Mundial. Seminário Aeroespacial II. Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. Lisboa*.
- Pinto, M. S. (2015). *O despertar da aviação portuguesa e a Primeira Guerra Mundial. ResPublica: Revista Lusófona de Ciência Política, Segurança e Relações Internacionais. Lisboa: Universidade Lusófona*.
- Plano Ferroviário Nacional. (2022). *Mapas*. Consultado a 14/06/2024. Disponível em: <https://pfn.gov.pt/wp-content/uploads/2022/11/mapas-pfn-20221117.pdf>
- Plano Rodoviário Nacional. (2023). *Plano Rodoviário Nacional 2000*.
- Pordata. (2024a). *Aeronaves aterradas nos principais aeroportos: total, nacional e internacional*. Consultado a 22/08/2024. Disponível em: https://www.pordata.pt/sites/default/files/2024-07/Portugal_Aeronaves-aterradas-total-nacional-e-internacional.xlsx
- Pordata. (2024b). *Tráfego de passageiros nos aeroportos: Lisboa, Porto e Faro*. Consultado

- a 22/08/2024. Disponível em: https://www.pordata.pt/sites/default/files/2024-07/Portugal_Aeroportos-tráfego-de-passageiros-em-Lisboa-Porto-e-Faro.xlsx
- Pordata. (2024c). *Tráfego de passageiros nos principais aeroportos*. Consultado a 22/08/2024. Disponível em: https://www.pordata.pt/sites/default/files/2024-07/Portugal_Aeroportos-passageiros-embarcados-desembarcados-e-em-trânsito.xlsx
- Porto Editora. (2024a). *Aeroporto de Faro na Infopédia*. Consultado a 15/03/2024. Disponível em: [https://www.infopedia.pt/artigos/\\$aeroporto-de-faro](https://www.infopedia.pt/artigos/$aeroporto-de-faro)
- Porto Editora. (2024b). *Aeroporto Francisco Sá Carneiro na Infopédia*. Consultado a 20/04/2024. Disponível em: [https://www.infopedia.pt/artigos/\\$aeroporto-francisco-sa-carneiro](https://www.infopedia.pt/artigos/$aeroporto-francisco-sa-carneiro)
- Público. (2005). *Aeroporto Sá Carneiro, Um Gigante com 60 anos de Actividade*. Consultado a 23/01/2024. Disponível em: <https://www.publico.pt/2005/12/02/jornal/aeroporto-sa-carneiro-um-gigante-com-60-anos-de-actividade-51844>
- Resolução do Conselho de Ministros nº 89/2022. (2022). *Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República*.
- Restos de Coleção. (2013). *Aeroporto de Lisboa*. Consultado a 06/03/2024. Disponível em: <https://restosdecoleccion.blogspot.com/2013/04/aeroporto-de-lisboa-14.html>
- Rodrigues, H. (2023). *2023 vai ser ano de recorde de passageiros no Aeroporto de Faro. Sul Informação*. Consultado a 04/02/2024. Disponível em: <https://www.sulinformacao.pt/2023/12/2023-vai-ser-ano-de-recorde-de-passageiros-no-aeroporto-de-faro/>
- RTP. (1989). *Nova aerogare do aeroporto de Faro*. Consultado a 15/03/2024. Disponível em: <https://arquivos.rtp.pt/conteudos/nova-aerogare-do-aeroporto-de-faro/>
- RTP. (2008). *A Renovação do Aeroporto Francisco Sá Carneiro*. Consultado a 20/04/2024. Disponível em: <https://arquivos.rtp.pt/conteudos/a-renovacao-do-aeroporto-francisco-sa-carneiro/>
- RTP. (2018). *Maior avião de passageiros aterrou em Beja*. Consultado a 16/01/2024. Disponível em: https://www.rtp.pt/noticias/pais/maior-aviao-de-passageiros-aterrou-em-beja_v1089103
- Tecno 3000. (2001). *Estudo de Impacte Ambiental do Aeroporto Francisco Sá Carneiro*.

- Torre, M. (2023). *Airplane Servicing Arrangement - Typical Turnaround: Model 737-8*. Consultado a 22/03/2024. Disponível em: https://www.linkedin.com/posts/marcelo-torre_airplane-servicing-arrangement-typical-activity-7095588343198957568-yTDx?utm_source=share&utm_medium=member_desktop
- TPF Consultores. (2011). *Intervenção no Aeroporto de Faro*. Consultado a 04/02/2024. Disponível em: <https://tpf.pt/obra.php?n=&p=aeroporto-de-faro>
- Waltert, M., & Figuet, B. (2023). *Using ADS-B Trajectories to Measure How Rapid Exit Taxiways Affect Airport Capacity*. *Journal of Open Aviation Science Volume 1*.
- Zagope. (2022). *Ampliação e Remodelação da Aerogare do Aeroporto de Faro*. Consultado a 15/03/2024. Disponível em: <https://www.zagope.pt/portfolio/ampliacao-e-remodelacao-da-aerogare-do-aeroporto-de-faro/>

ANEXOS

Índice de Anexos

Anexo A.Cálculo da Sobrelargura A.1
Anexo B.Capacidade de Um Lugar de Estacionamento B.1
Anexo C.Caso de Estudo: Cálculo da Capacidade das Novas Placas de Estacionamento.C.1
Anexo D.Caso de Estudo: Cálculo da Sobrelargura D.1
Anexo E.Caso de Estudo: Cálculo da Localização das RET E.1
Anexo F.Caso de Estudo: Peças Desenhadas F.1

Anexo A. Cálculo da Sobrelargura

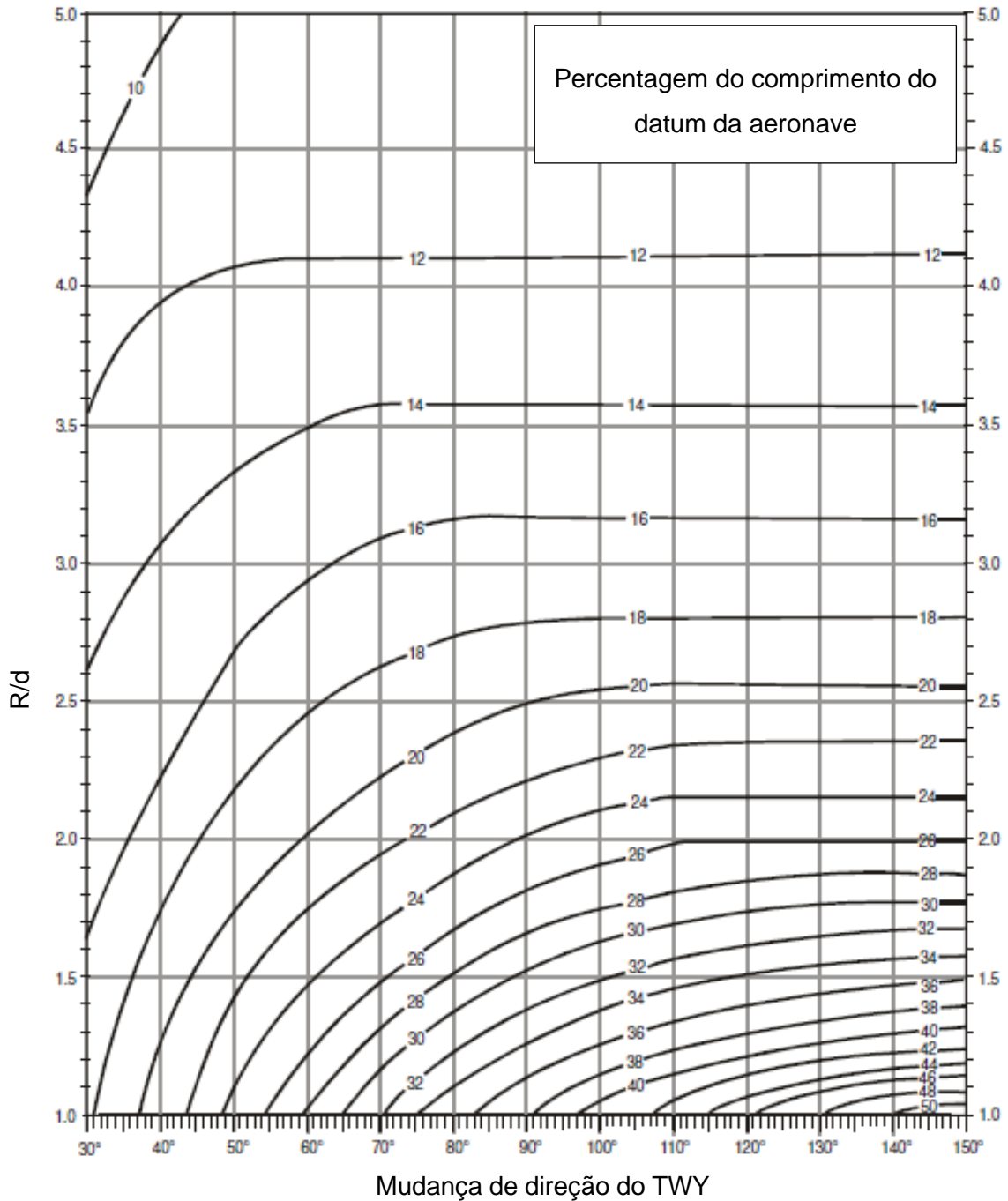


Figura A.1. Desvio máximo ($h_{máx}$) do trem principal (adaptado de ICAO, 2005).

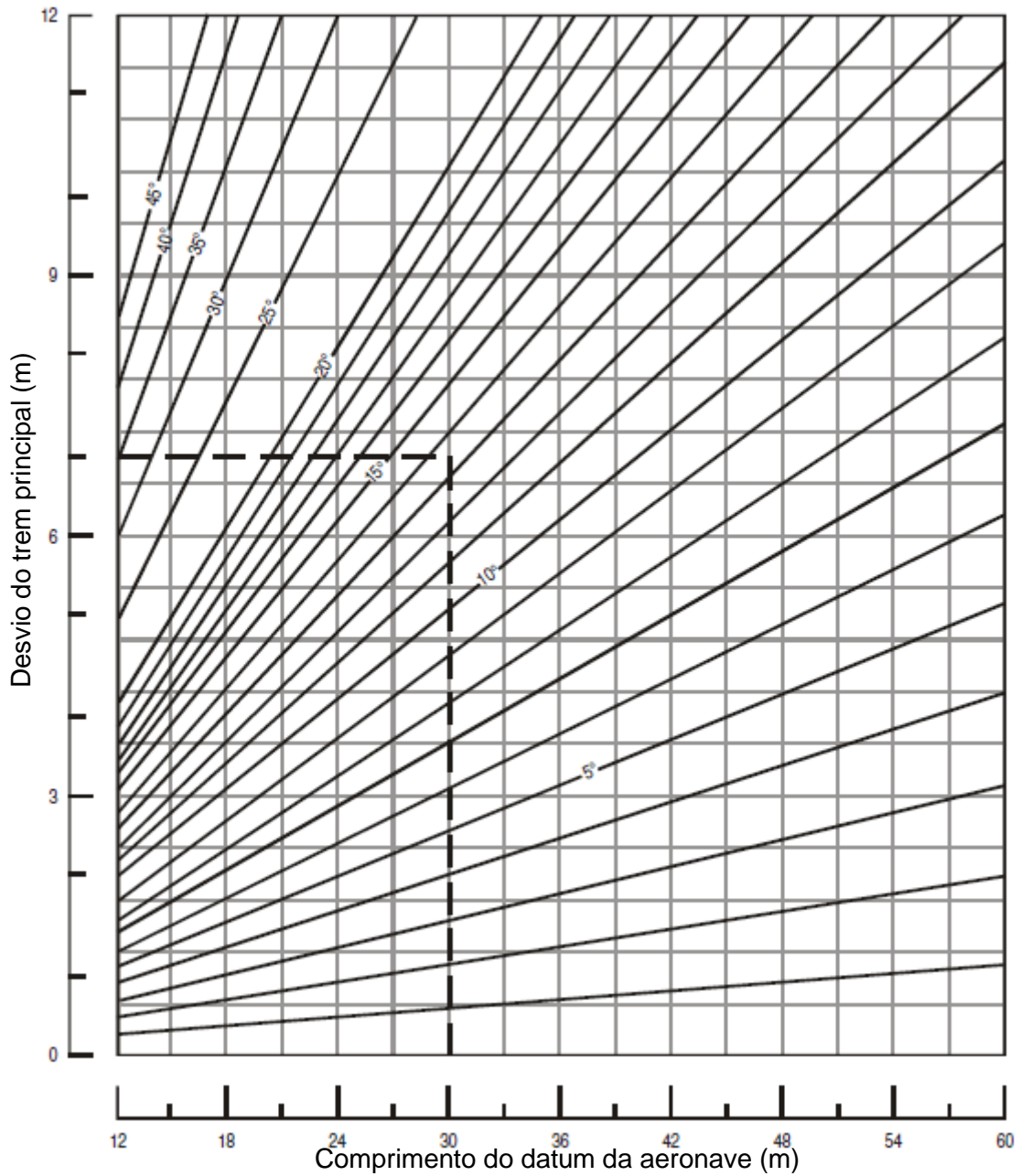


Figura A.2. Ângulo de viragem (adaptado de ICAO, 2005)

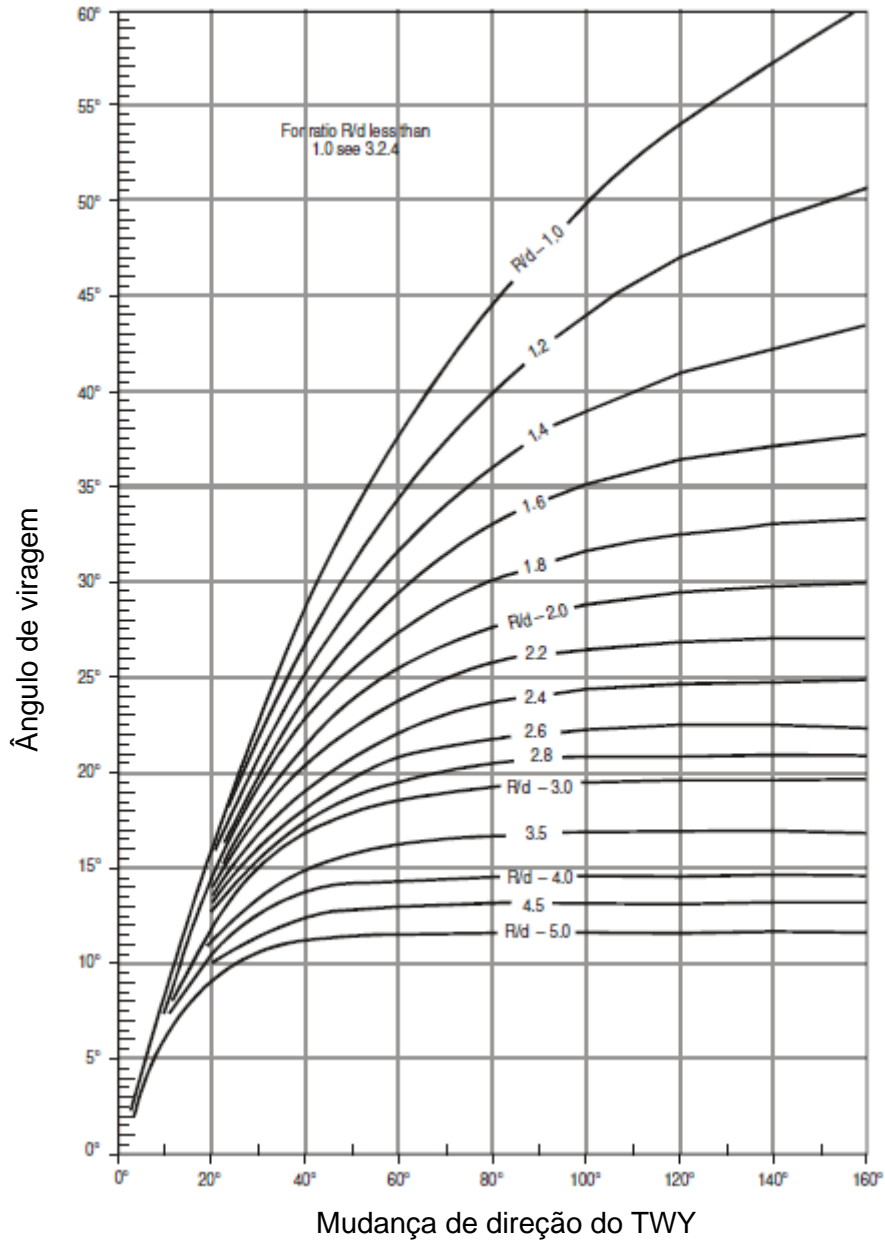


Figura A.3. Aumento do ângulo de viragem numa curva circular (adaptado de (ICAO, 2005)).

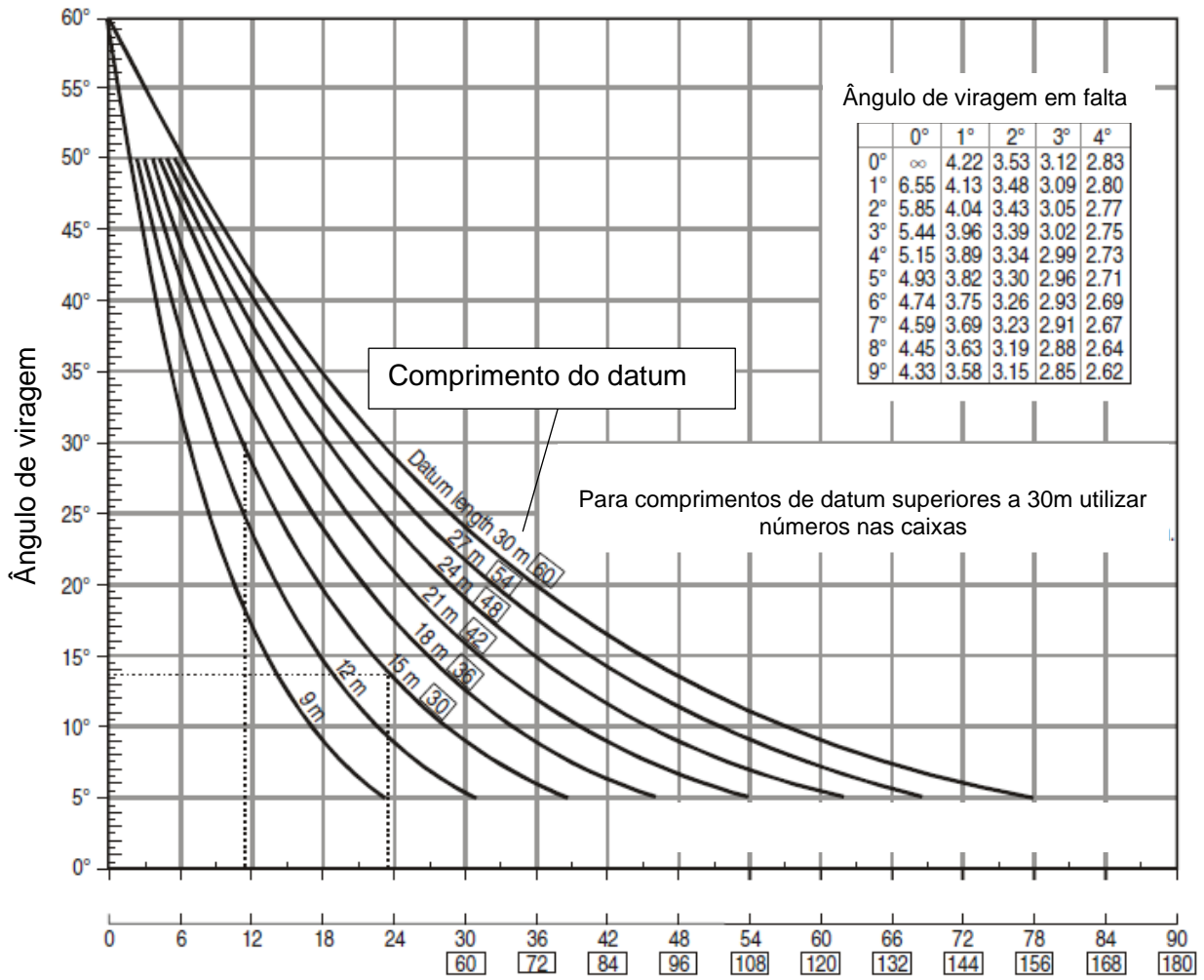


Figura A.4. Diminuição do ângulo de viragem ao longo da curva circular (adaptado de ICAO, 2005).

Anexo B. Capacidade de Um Lugar de Estacionamento

Capacidade de Um Lugar de Estacionamento

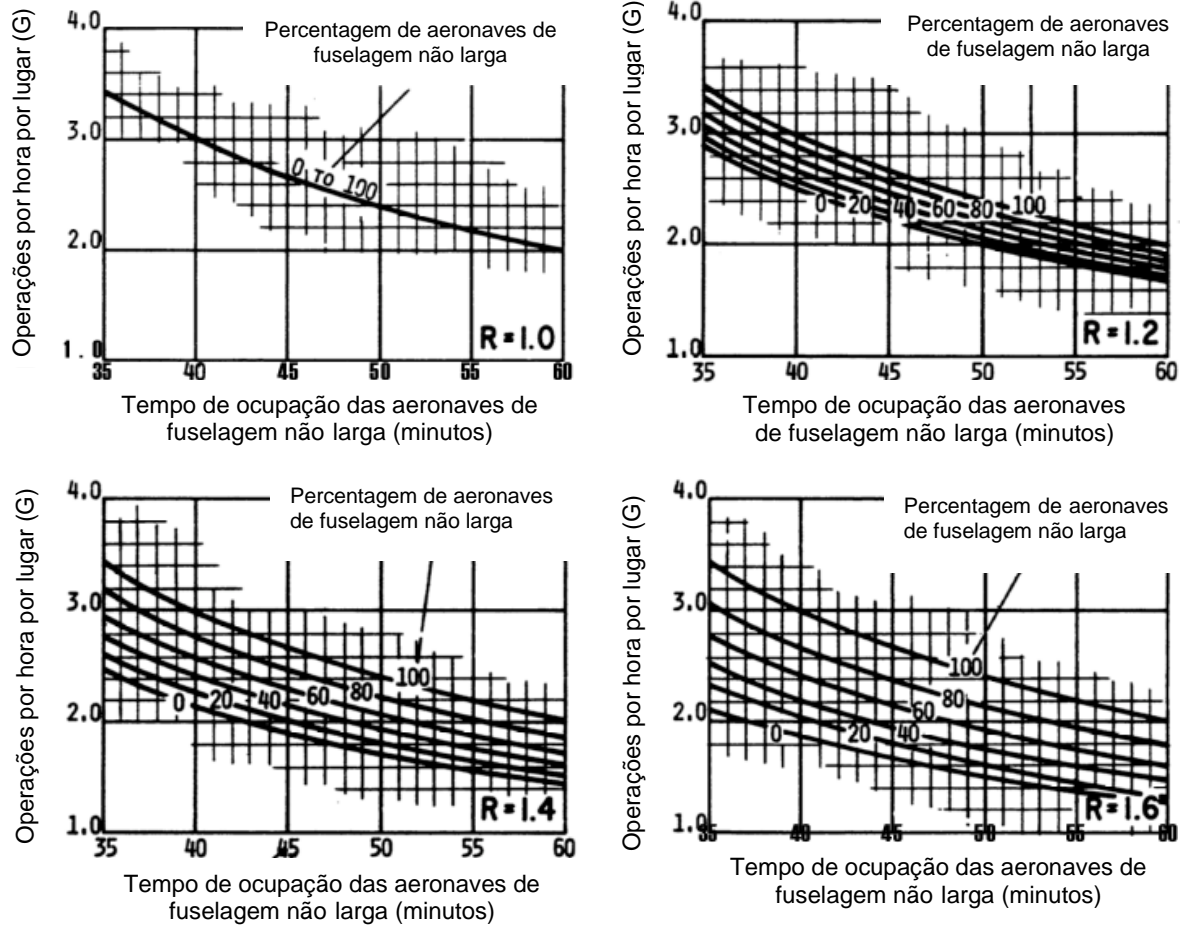


Figura B.1. Operações por hora por lugar (G) (Federal Aviation Administration, 1983)

Anexo C. Caso de Estudo: Cálculo da Capacidade das Novas Placas de Estacionamento

Caso de Estudo: Cálculo da Capacidade das Novas Placas de Estacionamento

Proposta 1

Aeronave	T Est. (min)	Nº Lugares	%	R	G	S	CH
Fuselagem larga (D,E,F)	120	7	58,33%	1,60	2,1	0,75	18,9
Fuselagem não larga (C)	45	5	41,67%				
		12					

Proposta 2

Aeronave	T Est. (min)	Nº Lugares	%	R	G	S	CH
Fuselagem larga	120	11	57,89%	1,60	2,1	0,75	29,925
Fuselagem não larga		8	42,11%				
	45	19					

Anexo D. Caso de Estudo: Cálculo da Sobrelargura

Caso de Estudo: Cálculo da Sobrelargura

Mudança direção 90°

R TWY(m)	X TWY (m)	d (m)	T (m)	M (m)
45	25	31,88	12,46	4,5

R/d	h max	R fillet (m)	desv s/ fillet (m)
1,41154329	9,8828	24,3872	1,77

Ângulo de Viragem

Figura	ângulo (graus)	L (Fig. A.4)	L3	L fillet (m)
A.2	3	119,68	99,68	67,8
A.3	37	20		

Mudança direção 150°

R TWY(m)	X TWY (m)	d (m)	T (m)	M (m)
40	25	31,88	12,46	4,5

R/d	h max	R fillet (m)	desv s/ fillet (m)
1,25470514	9,8828	19,3872	1,77

Ângulo de Viragem

Figura	ângulo (graus)	L (Fig. A.4)	L3	L fillet (m)
A.2	3	119,68	112,68	80,8
A.3	50	7		

Anexo E. Caso de Estudo: Cálculo da Localização das RET

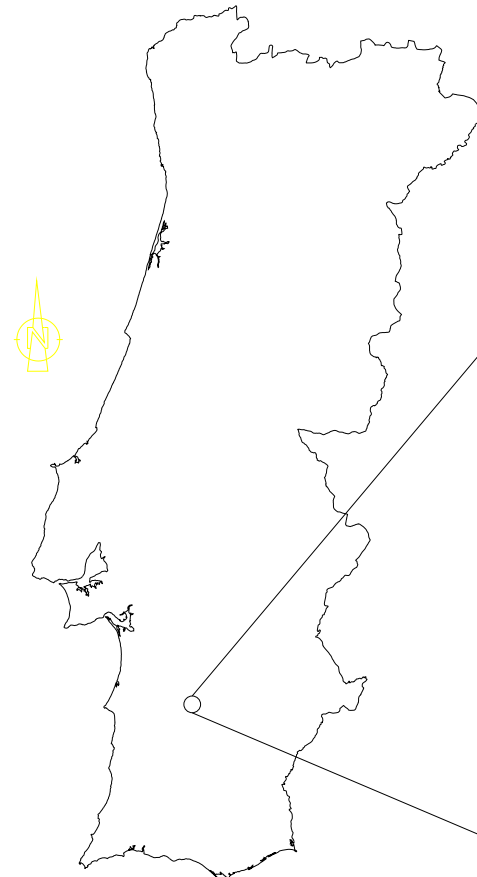
Localização do início das RET

Vestol		Vth (nós)		Vex		a
Nós	m/s	Nós	m/s	Nós	m/s	m/s
138	70,993272	179,4	92,29125	30	15,43332	1,5

S1 (m)	S2 (m)	S3 (m)	Stotal (m)
450	847	477,98	1774,979

Anexo F. Caso de Estudo: Peças Desenhadas

PLANTA DE LOCALIZAÇÃO



Legenda

- Diretriz
- Limite TWY
- Via serviço



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

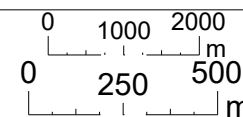
Título complementar

AUMENTO DA CAPACIDADE DO AEROPORTO DE BEJA

Escala numérica

1:100 000
1:20 000

Escala gráfica



Designação

PLANTA DE LOCALIZAÇÃO E SIMBOLOGIA

Desenho

TFM-AB-PLS-001

Data

out / 2024

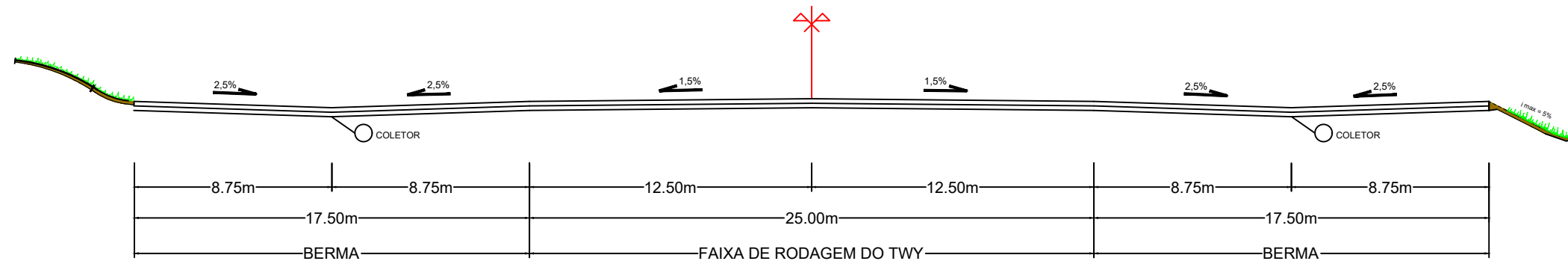
Folha

1/4

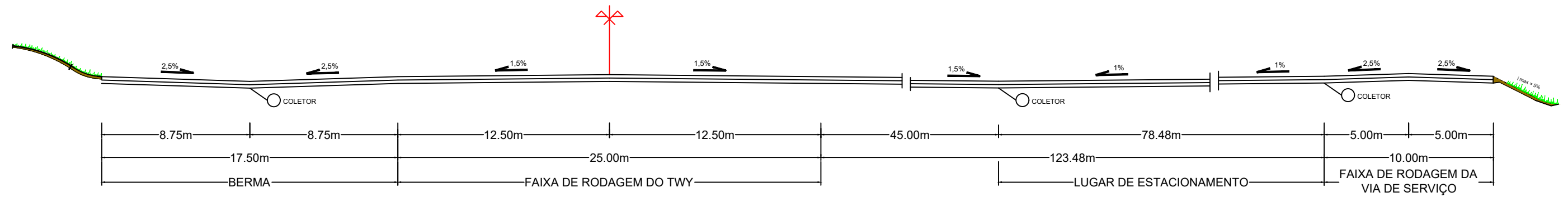
Nº. de Ordem

001

PERFIL TRANSVERSAL TIPO DO TWY



PERFIL TRANSVERSAL TIPO DO TWY DA PLACA DE ESTACIONAMENTO



Projetado, desenhado e verificado por Francisco Fontes

Desenho

TFM-AB-PTT-01

Data Folha Nº. de Ordem

out / 2024 2/4 002



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

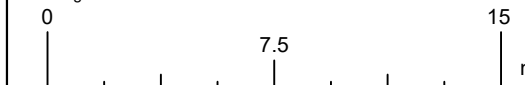
Título complementar

AUMENTO DA CAPACIDADE DO AEROPORTO DE BEJA

Escala numérica

1:250

Escala gráfica



Designação

PERFIS TRANSVERSAIS TIPO DOS CAMINHOS DE CIRCULAÇÃO E ESTACIONAMENTO



Lugar de Estacionamento	Comprimento (m)	Largura (m)
E	78.48	60.90
F	78.48	79.75

Lugar de Estacionamento	Quilómetro TWY P2 (m)
1F	0+219.12
6E	0+299.45
5E	0+370.75
4E	0+441.25
3E	0+512.15
2E	0+583.05
1E	0+653.95

Curva Circular	Raio (m)	Desenvolvimento (m)
CC1-E-P1	45.00	70.69
CC2-E-P1		
CC1-E-P2		
CC2-E-P2		
CC1-PC-P2		
CC1-J-P1		

Legenda

Diretriz	
Limite TWY	
Via serviço	

Projetado, desenhado e verificado por Francisco Fontes



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

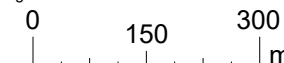
Título complementar

AUMENTO DA CAPACIDADE DO AEROPORTO DE BEJA

Escala numérica

1:10 000

Escala gráfica



Designação

PROPOSTA 1: Ampliação da Placa de Estacionamento e Novos Caminhos de Circulação Geometria de Traçado

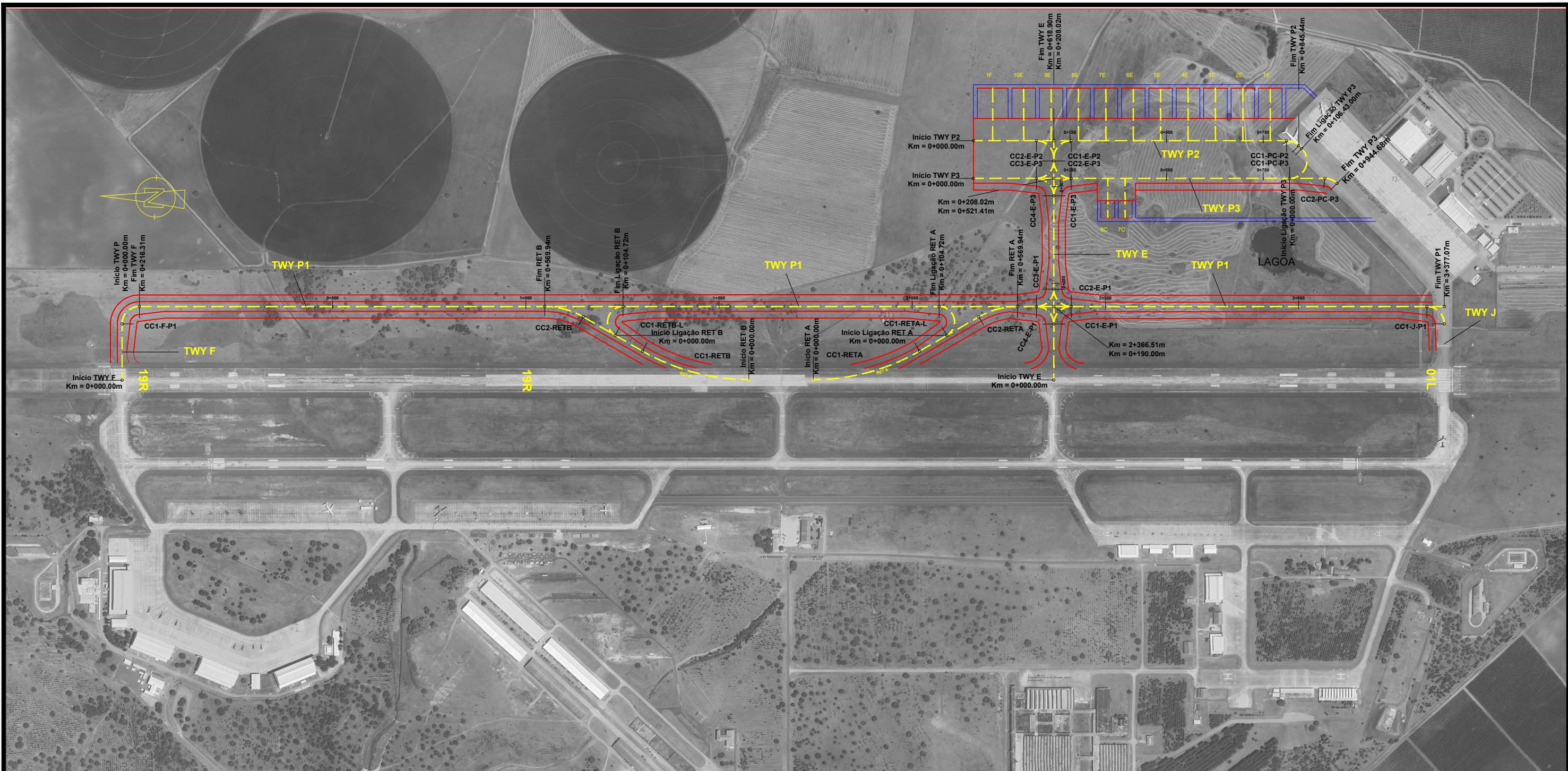
Desenho

TFM-AB-GTP-001

Data
out / 2024

Folha
3/4

Nº. de Ordem
003



Lugar de Estacionamento	Comprimento (m)	Largura (m)
C	45.00	35.90
E	78.48	60.90
F	78.48	79.75

Lugar de Estacionamento	Quilómetro TWY P2 (m)	Lugar de Estacionamento	Quilómetro TWY P3 (m)
1F	0+049.88	8C	0+392.67
10E	0+130.18	7C	0+437.57
9E	0+201.08		
8E	0+271.98		
7E	0+342.88		
6E	0+413.78		
5E	0+484.68		
4E	0+555.58		
3E	0+626.48		
2E	0+697.38		
1E	0+768.28		

Curva Circular	Raio (m)	Desenvolvimento (m)
CC1-E-P1		
CC2-E-P1		
CC3-E-P1		
CC4-E-P1		
CC1-E-P3		70.69
CC2-E-P3		
CC3-E-P3		
CC4-E-P3	45.00	
CC1-E-P2		
CC2-E-P2		
CC1-PC-P2		34.95
CC1-PC-P3		106.43
CC2-PC-P3		34.95
CC1-J-P1		70.69

Curva Circular	Raio (m)	Desenvolvimento (m)
CC1-F-P1	45.00	70.69
CC1-RETA	550.00	287.98
CC2-RETA	40.00	
CC1-RETA-L	200.00	104.72
CC1-RETB	550.00	287.98
CC2-RETB	40.00	
CC1-RETB-L	200.00	104.72

Legenda

Diretriz ▬▬▬▬▬▬

Limite TWY ▬▬▬▬▬▬

Via serviço ▬▬▬▬▬▬

Projetado, desenhado e verificado por Francisco Fontes



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

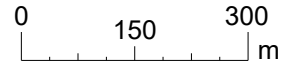
Título complementar

AUMENTO DA CAPACIDADE DO AEROPORTO DE BEJA

Escala numérica

1:10 000

Escala gráfica



Designação

PROPOSTA 2: Ampliação da Placa de Estacionamento e Novas Saídas Rápidas Geometria de Traçado

Desenho

TFM-AB-GTP-002

Data Folha Nº. de Ordem

out / 2024 4/4 004