

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA**



**Rodrigo Carvalho de Oliveira**

**ANÁLISE DOS REQUISITOS DE FAIXAS DE  
PISTA DE POUSO E DECOLAGEM E RESAS**

Trabalho de Graduação

2020

**Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica**

**Rodrigo Carvalho de Oliveira**

**ANÁLISE DOS REQUISITOS DE FAIXAS DE PISTA  
DE POUSO E DECOLAGEM E RESAS**

Orientadora

Prof. Dr<sup>a</sup> Cláudia Azevedo Pereira (ITA)

Co-orientador

Prof. Dr Evandro José da Silva (ITA)

**ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA**

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2020

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

### Divisão de Informação e Documentação

Oliveira, Rodrigo Carvalho de

Análise dos Requisitos de Faixas de Pista de Pouso e Decolagem e RESAs. / Rodrigo Carvalho de Oliveira.

São José dos Campos, 2020.

45f.

Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2020. Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Cláudia Azevedo Pereira. Co-orientador: Prof. Dr Evandro José da Silva.

1. Faixa de pista. 2. RESA. 3. Aeródromos. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Análise dos Requisitos de Faixas de Pista de Pouso e Decolagem e RESAs.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, Rodrigo Carvalho de; **Análise dos Requisitos de Faixas de Pista de Pouso e Decolagem e RESAs**. 2020. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

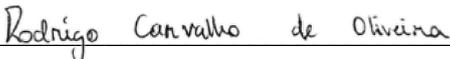
## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rodrigo Carvalho de Oliveira

TÍTULO DO TRABALHO: Análise dos Requisitos de Faixas de Pista de Pouso e decolagem e RESAs.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2020

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



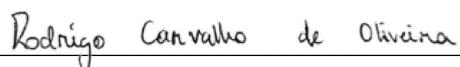
Rodrigo Carvalho de Oliveira

Rua H8B, 232

12228-461, São José dos Campos - SP

# ANÁLISE DOS REQUISITOS DE FAIXAS DE PISTA DE POUSO E DECOLAGEM E RESAS

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



---

Rodrigo Carvalho de Oliveira

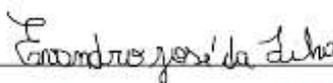
Autor



---

Prof. Dr<sup>a</sup> Cláudia Azevedo Pereira (ITA)

Orientador



---

Prof. Dr Evandro José da Silva (ITA)

Coorientador



---

Prof. Dr João Cláudio Bassan de Moraes

Coordenador do Curso

São José dos Campos, 23 de novembro de 2020

Dedico este trabalho à minha família,  
amigos e professores que fizeram parte  
desta incrível jornada.

## **Agradecimentos**

Agradeço à minha família pelo apoio incondicional durante os anos de curso, aos grandes amigos que tive o prazer de conhecer e foram importantíssimos nesta trajetória e aos professores, grandes atores em minha formação de engenheiro, dos quais guardarei ensinamentos e boas memórias.

## **Resumo**

Este trabalho tem por objetivo analisar criticamente os aspectos construtivos para as áreas de segurança faixas de pista de pouso e decolagem e RESAs presentes em aeródromos, analisando as normas brasileiras e internacionais, com o intuito de levantar os requisitos atuais de cada trecho do pavimento de acordo com sua função. A partir dos dados obtidos, avalia-se se os requisitos normativos atuais são condizentes com as diretrizes internacionais e as possíveis lacunas existentes.

## **Abstract**

This work aims to critically analyze the constructive aspects for the runway strips and RESAs safety areas present in aerodromes, analyzing Brazilian and international standards, in order to raise the current requirements of each section of the pavement according with its function. From the obtained data, it is assessed whether the current regulatory requirements are adequate, the possible existing gaps and the impacts of new solutions on the aerodromes, considering the deformations of the pavements and the objects near or inside the regions.

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Análise de critérios .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Considerações da IS N° 154.5-001 .....</b>	<b>19</b>
2.2.1	Faixa de pista .....	19
2.2.2	Faixa preparada.....	22
<b>2.3</b>	<b>Análise de Risco de Acidentes.....</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Geometria .....</b>	<b>29</b>
4.1.1	RESA .....	29
4.1.2	Faixa de Pista.....	35
<b>4.2</b>	<b>Presença de Objetos .....</b>	<b>40</b>
4.2.1	RESA .....	40
4.2.2	Faixa de Pista.....	40
<b>4.3</b>	<b>Capacidade de Suporte .....</b>	<b>41</b>
4.3.1	RESA .....	41
4.3.2	Faixa de Pista.....	42
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>

# 1 Introdução

O projeto de aeródromos é regido pelo Regulamento Brasileiro de Aviação Civil - RBAC 154 (ANAC, 2019) em território brasileiro. Seu conteúdo inclui especificações sobre as características físicas de aeródromos e suas áreas de segurança em solo.

Entre as áreas de segurança, encontram-se a faixa de pista e a área de segurança de fim de pista (RESA, tradução de *Runway End Safety Area*) da pista de pouso e decolagem. A faixa de pista, segundo o RBAC 154 (ANAC, 2019), "...é a área definida que inclui a pista de pouso e decolagem e as zonas de parada, se disponíveis, destinada a reduzir o risco de danos à aeronave, caso esta saia dos limites da pista, e proteger aeronaves sobrevoando a pista durante pousos e decolagens." Interior à esta região, é também definida uma porção de faixa preparada, que deve ser nivelada e construída com capacidade de suporte adequada de forma a minimizar os riscos no caso de uma aeronave sair acidentalmente da pista. Já a RESA, segundo o mesmo documento, é "...a área simétrica ao longo do prolongamento do eixo da pista de pouso e decolagem e adjacente ao fim da faixa de pista, utilizada primordialmente para reduzir o risco de danos a aeronaves que realizem o toque antes de alcançar a cabeceira (*undershoot*) ou que ultrapassem acidentalmente o fim da pista de pouso e decolagem (*overrun*).” As áreas de RESA e faixa de pista estão esboçadas na Figura 1:

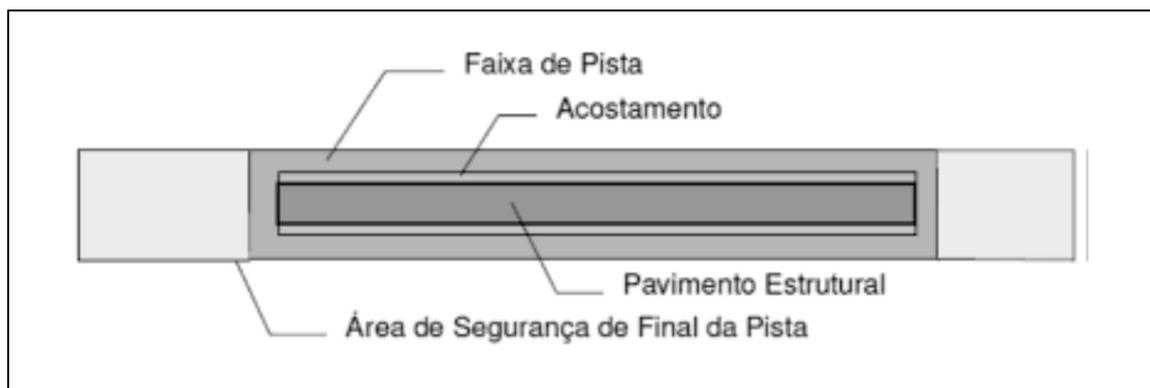


Figura 1: Esboço da RESA e da faixa de pista (Adaptado de Araújo, J., Dimensionamento do Comprimento de Pista)

Para um dado aeroporto, o RBAC 154 (ANAC, 2019) define os requisitos mínimos para as áreas de segurança de acordo com o código de referência do aeródromo. Entretanto, há algumas lacunas em relação a estes critérios, principalmente relacionados a faixas de pista. Os

preceitos de dimensões, presença de objetos e capacidade de suporte são homogêneos ao longo de toda a faixa de pista, ou seja, não são considerados critérios relacionados a função da faixa quanto à posição de uma possível saída acidental de aeronave da pista de pouso e decolagem.

O modelo de análise de risco ACRP 50 - *Airport Cooperave Research Program* (FAA, 2011) define, por exemplo, possíveis acidentes e incidentes durante pousos e decolagens: LDOR – Ultrapassagem no pouso (*Landing Overrun*), LDUS – Toque antecipado no pouso (*Landing Undershoot*), LDVO – Desvio lateral no pouso (*Landing Veer-off*), TOOR – Ultrapassagem na decolagem (*Take-off Overrun*) e TOVO – Desvio lateral na decolagem (*Take-off Veer-off*), além de apresentar parâmetros para o cálculo de probabilidade para cada evento, mas que fogem do objetivo do presente estudo. É fato, porém, que os condicionantes de dimensionamento do RBAC 154 (ANAC, 2019) desconsideram a variabilidade dos incidentes e adotam critérios similares em toda a extensão de faixa de pista e faixa preparada.

Dado o exposto, esta pesquisa tem por objetivo analisar aspectos construtivos para faixas de pista de pouso e decolagem e RESAs, analisando as normas brasileiras e internacionais, com o intuito de levantar os requisitos atuais de cada trecho do pavimento das áreas de segurança de acordo com sua função. Em seguida, avalia-se se os requisitos normativos atuais são adequados, as possíveis lacunas e os impactos de novas soluções nos aeródromos, considerando as deformações dos pavimentos e os objetos próximos ou internos às regiões.

Para atingir o propósito citado, serão analisados, além do RBAC 154 (ANAC, 2019), os documentos Doc 9157 *Aerodrome Design Manual – Part 1* (ICAO, 2006), *Advisory Circular (AC) 150/5300-13A* (FAA, 2014) e o Anexo 14 – Volume I (*Annex 14th – Vol. 1* – ICAO, 2014), analisando aspectos construtivos de faixa de pista e RESA para alguns modelos de aeronaves, de modo a tornar possível a comparação entre os requisitos para cada categoria de aeronave, de acordo com a codificação de referência do RBAC 154 (ANAC, 2019).

A primeira etapa do estudo consistirá em seccionar a faixa de pista em áreas de finalidade comum, levando em conta os critérios supracitados, para cada código de referência dos aeródromos. Em seguida, será analisada a coerência de critérios para cada área definida na faixa de pista e para a área de RESA. Por fim, será realizada a discussão dos itens analisados e a proposição de possíveis melhorias da normatização brasileira.

Além deste capítulo introdutório, o trabalho consistirá nos capítulos de Revisão Bibliográfica, Metodologia, Desenvolvimento e Conclusão. A Revisão Bibliográfica explora os itens mais relevantes encontrados em cada norma internacional avaliada e definirá as principais premissas utilizados na análise. O capítulo de Desenvolvimento irá explicitar as comparações realizadas e os resultados obtidos, contendo a discussão dos itens e as propostas de adequação ao RBAC 154 (ANAC, 2019). A Conclusão contém a síntese do Desenvolvimento e propostas para melhorias do estudo.

## 2 Revisão Bibliográfica

Os documentos internacionais a serem analisados para efeito comparativo com o RBAC 154 (ANAC, 2019) são: Doc 9157 *Aerodrome Design Manual – Part 1* (ICAO), *Advisory Circular* (AC) 150/5300-13A (FAA) e o Anexo 14 – Volume I (*Annex 14th – Vol. 1 – ICAO*).

Os capítulos a seguir exploram as abordagens dos documentos quanto aos critérios analisados para a definição dos requisitos em estudo: geometria da RESA e faixa de pista, presença de objetos e posicionamento e capacidade de suporte. Em seguida, aborda-se Instrução Suplementar N° 154.5 (IS 154.5-001) da ANAC, a qual trata de orientações para a elaboração de análise de risco relacionadas à demonstração de nível aceitável de segurança operacional e, posteriormente, analisa-se a questão de riscos de incidentes em pista.

### 2.1 Análise de critérios

A regulamentação brasileira define o código de referência do aeródromo (CRA) por meio da aeronave crítica de acordo com a tabela A-1 do RBAC 154 (ANAC, 2019), conforme mostra a Tabela 1:

Tabela 1: Código de referência do aeródromo (Tabela A-1, RBAC 154)

<b>Elemento 1 do Código</b>	
Número do Código	Comprimento básico de pista requerido pela aeronave
1	menor que 800 m
2	maior ou igual a 800 m e menor que 1200 m
3	maior ou igual a 1200 m e menor que 1800 m
4	maior ou igual a 1800 m
<b>Elemento 2 do Código</b>	
Letra do Código	Envergadura
A	menor que 15 m
B	maior ou igual a 15 m e menor que 24 m
C	maior ou igual a 24 m e menor que 36 m
D	maior ou igual a 36 m e menor que 52 m
E	maior ou igual a 52 m e menor que 65 m
F	maior ou igual a 65 m e menor que 80 m

Fonte: RBAC 154 (ANAC, 2019)

É possível inferir, pela Tabela 1, que os dados analisados para a definição do CRA são o comprimento básico de pista requerido pela aeronave crítica e a envergadura da aeronave, resultando em um código composto por 2 caracteres. Na análise dos requisitos referentes à faixa de pista e RESA, o RBAC 154 (ANAC, 2019) atém-se, além do CRA, ao tipo de operação da aeronave crítica (por instrumento ou visual) e, por vezes, ao formato de aproximação da aeronave (precisão ou não-precisão).

O Anexo 14 (ICAO, 2018) serviu como uma das referências para a elaboração do RBAC 154 (ANAC, 2019). O CRA é definido, no anexo, igualmente à norma brasileira, não havendo considerações a serem pontuadas a respeito deste tópico. Além disso, para a análise dos requisitos de faixa de pista e RESA, os mesmos parâmetros também são considerados nestes documentos.

O Doc 9157 *Part 1* (ICAO, 2006), por sua vez, define o CRA levando em consideração para a definição do segundo elemento do código, além da envergadura, a largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal, como mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 2: Código de Referência do Aeródromo

Primeiro Elemento de Código		Segundo Elemento de Código		
Número do Código	Comprimento Básico de Pista	Letra do Código	Envergadura	Largura externa do trem de pouso
1	Menor que 800 m	A	Menor que 15 m	Menor que 4,5 m
2	Maior ou igual a 800 m e menor que 1200 m	B	Maior ou igual a 15 m e menor que 24 m	Maior ou igual a 4,5 m e menor que 6 m
3	maior ou igual a 1200 m e menor que 1800 m	C	Maior ou igual a 24 m e menor que 36 m	Maior ou igual a 6 m e menor que 9 m
4	maior ou igual a 1800 m	D	Maior ou igual a 36 m e menor que 52 m	Maior ou igual a 9 m e menor que 14 m
		E	Maior ou igual a 52 m e menor que 65 m	Maior ou igual a 9 m e menor que 14 m
		F	Maior ou igual a 65 m e menor que 80 m	Maior ou igual a 14 m e menor que 16 m

Fonte: Doc 9157 *Part 1* (ICAO, 2006), Adaptado.

Como indicado no documento, o segundo elemento do código deve ser obtido através da maior envergadura ou da maior largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal, tomando o código mais exigente (o código “A” é o menos exigente, sendo crescente a exigência até o código “F”).

Por fim, o documento AC 150/5300-13A da FAA possui uma metodologia parcialmente diferente para definição do código de referência do aeródromo. Ele é obtido pela combinação entre as denominadas AAC (*Aircraft Approach Category*) e ADG (*Airplane Design Group*), sendo traduzidos livremente para Categoria de Aproximação da Aeronave e Categoria de Projeto da Aeronave, respectivamente. A AAC (Tabela 3) é obtida por meio da velocidade de aproximação da aeronave e a ADG (Tabela 4) é obtida pelo mais crítico dos critérios entre a altura de empenagem vertical e a envergadura da aeronave, conforme mostrado nas tabelas abaixo. Uma diferença notável é adoção de algarismo romano para a ADG.

Tabela 3: Classificação AAC

AAC	V <sub>REF</sub> /Velocidade de Aproximação
A	Menor que 91 nós
B	Maior ou igual a 91 nós e menor que 121 nós
C	Maior ou igual a 121 nós e menor que 141 nós
D	Maior ou igual a 141 nós e menor que 166 nós
E	Maior ou igual a 166 nós

Fonte: AC 150/5300-13A (FAA, 2014), Adaptado

Tabela 4: Classificação ADG

ADG	Altura de Empenagem Vertical	Envergadura
I	Menor que 6 m	Menor que 15 m
II	Maior ou igual a 6 m e menor que 9 m	Maior ou igual a 15 m e menor que 24 m
III	Maior ou igual a 9 m e menor que 13,5 m	Maior ou igual a 24 m e menor que 36 m
IV	Maior ou igual a 13,5 m e menor que 18,5 m	Maior ou igual a 36 m e menor que 52 m
V	Maior ou igual a 18,5 m e menor que 20 m	Maior ou igual a 52 m e menor que 65 m
VI	Maior ou igual a 20 m e menor que 24,5 m	Maior ou igual a 65 m e menor que 80 m

Fonte: AC 150/5300-13A (FAA, 2014), Adaptado

No âmbito das definições, o documento AC 150/5300-13A (FAA, 2014) possui áreas de segurança diferentes, definidas como *Runway Safety Area* – RSA (Área de Segurança da Pista) e *Runway Object Free Area* (ROFA), que se assemelham à faixa preparada e à faixa de pista, respectivamente, e não detalha, diferentemente dos outros documentos, a RESA. Assim como a ROFA, a faixa de pista é uma região que envolve a PPD, mas que possui uma região de faixa preparada, a qual deve ser nivelada e construída com capacidade de suporte adequada de forma a minimizar os riscos no caso de uma aeronave sair acidentalmente da pista.



Figura 2: Esboço da RSA contido no documento AC 150/5300-13A

Portanto, torna-se necessária uma compatibilização na análise de requisitos de faixa de pista e RESA com o conceito de RSA.

Em relação à presença de objetos, as normas analisadas determinam a possibilidade da presença de objetos nas áreas em estudo, notando-se a requerimento da característica de frangibilidade dos objetos em alguns casos. A frangibilidade é a característica do objeto ser frangível, ou seja, quebrar com facilidade e, no contexto dos aeródromos, ser frágil o suficiente para não gerar danos às aeronaves em caso de colisões. Por meio das publicações da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), pode ser acessado o Manual de Frangibilidade (ANAC, 2018), provido de orientações de projeto e de avaliação de estruturas frangíveis em aeródromos, uma vez que o RBAC 154 (ANAC, 2019) não especificidade forma quantitativa os requisitos de frangibilidade. Este manual, porém, não possui caráter normativo, eximindo os operadores de aeródromos do cumprimento de suas orientações

De modo geral, todas as regulamentações citadas abordam critérios relacionados à presença de objetos nas áreas de estudo, destacando uma área livre de objetos e outra permissiva a objetos que obedeçam aos critérios de frangibilidade.

No que tange à capacidade de suporte dos pavimentos de RESA e faixa de pista, o regulamento brasileiro possui critérios superficiais para a resistência destas áreas. Para a faixa de pista, restringe-se a citar: “(...) deve ser preparada ou construída de forma a minimizar os riscos às aeronaves para as quais a pista é destinada, oriundos de diferenças na capacidade de suporte do terreno, no caso de uma aeronave sair acidentalmente da pista.” Para a RESA, descreve: “(...) deve ser preparada ou construída de forma a reduzir o risco de danos a uma aeronave que realizar o toque antes de alcançar a cabeceira ou ultrapassar acidentalmente o fim da pista, aumentando a desaceleração da aeronave e facilitando a movimentação das equipes e veículos de salvamento e combate a incêndio.” Em ambos os casos, carece de informação a respeito da capacidade de suporte destas áreas, como os parâmetros de frequência de solicitação o pavimento.

Vale ressaltar que, dentre os documentos analisados, apenas o Doc 9157 *Part 1* explicita valores de CBR (*California Bearing Ratio*) para pavimentos analisados. O ensaio de CBR é um método utilizado para avaliação de resistência e dimensionamento de pavimentos. Além disso, a *Transport Canada* disponibiliza em seu domínio digital a *Advisory Circular* (AC) 302-015, que fornece valores explícitos de intervalos de CBR para a RESA de acordo com o código de referência do aeródromo, conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 5: Intervalo de valores para o CBR da RESA

<b>TP 312 Table 1-1 Coluna 2 (Envergadura)</b>	<b>Pressão dos Pneus em psi (MPa)</b>	<b>Resistência mínima da RESA (CBR)</b>
Código A e B (Pequeno)	60 - 145 (0,4 - 1,0)	06 - 14
Código C, D, E e F (Médio)	145 - 200 (1,0 - 1,4)	14 - 20
Código E e F (Grande)	200 - 254 (1,4 - 1,75)	20 - 24

Fonte: AC 302-015 (*Transport Canada*, 2013)

O RBAC 154 (ANAC, 2019), por sua vez, cita o método ACN-PCN, de forma generalizada, para caracterização da resistência dos pavimentos. Este método retorna o Número de Classificação de Aeronave (ACN), o qual expressa o efeito relativo de uma aeronave com uma determinada carga sobre o pavimento, e o PCN (Número de Classificação do Pavimento), um código que expressa o valor numérico de resistência, o tipo de pavimento, a resistência do subleito (elemento estrutural do pavimento), a pressão de pneus e o método de determinação desses parâmetros.



## 2.2 Considerações da IS N° 154.5-001

A Instrução Suplementar 154.5-001 tem, por objetivo, de acordo com o próprio documento, “(...) estabelecer orientações e procedimentos para a realização de análises de risco acerca da incompatibilidade da operação de aeronaves em infraestruturas aeroportuárias existentes, de acordo com os padrões de projeto definidos no RBAC 154 (...), com a finalidade de se demonstrar que as operações podem ser mantidas em um nível aceitável de segurança operacional”.

Apesar de não estar próximo ao foco do presente estudo, a IS 154-5 traz em seu conteúdo análises e considerações bastante pertinentes ao caso. Basicamente, o documento prevê testes de aceitação ou rejeição para aeródromos que possuam requisitos abaixo do necessário determinados pelo RBAC 154 (ANAC, 2019), sendo analisados os requisitos de faixa de pista, de separação entre pistas de pouso e decolagem e *taxiways*, de RESAs e de auxílios visuais de cabeceira deslocada. Neste caso, aproveita-se apenas o conteúdo relacionado à faixas de pista e suas faixas preparadas, uma vez que o conteúdo relacionado às RESAS não possui relação com as normas internacionais em estudo.

### 2.2.1 Faixa de pista

Para a faixa de pista, os testes de rejeição são baseados na comparação com outras referências normativas internacionais. O primeiro deles é referente à AC 150/5300-13A, da FAA. É interessante notar que, dada a diferente denominação da área de segurança deste documento, a IS 154.5 corrobora com a consideração de compatibilidade entre RSA e faixa preparada e entre faixa de pista e a *Runway Obstacle Free Area* (ROFA), traduzida livremente como área de pista livre de obstáculos. Ainda de acordo com a Instrução Suplementar, o requisito de faixa de pista da FAA é menos restritivo que o preconizado pela ICAO, além de detalhar a comparação entre aeronaves apenas de código 3 ou 4, código C ou superior em operações IFR, por não ser possível fazer a correlação direta entre os códigos da ICAO e da FAA. A Tabela 6 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os códigos de largura de pista compatibilizados entre FAA e RBAC 154 (ANAC, 2019).

Tabela 6: Larguras de faixa de pista compatibilizadas entre RBAC 154 e FAA.

Código ICAO	Código FAA	ICAO (Cód. 3 e 4, IFR)	FAA
C	III	140 m	122 m
D	IV	140 m	122 m
E	V	140 m	122 m
F	VI	140 m	122 m

Fonte: IS 154.5 (ANAC, 2018), Adaptado.

O segundo teste relacionado à faixa de pista é baseado no documento TP 312 – “*Aerodrome Standards and Recommended Practices - Land Aerodromes - 5th Edition*”) da *Transport Canada Civil Aviation* (TCCA). De acordo com a IS 154.5, as restrições impostas pelo TP 312 à largura de faixa de pista, assim como o documento da FAA, são menos restritivas que o requerido pelo RBAC 154 (ANAC, 2019). Além disso, a Instrução Suplementar da ANAC também aponta que a correlação entre os códigos do TP 312 e do RBAC 154 (ANAC, 2019) não é simples, apontando os requisitos presentes no documento do TCCA, e apresentando aeronaves típicas de cada código, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Requisitos de faixa de pista para o TP-312

Código	II	IIIA	IIIB	IV	V	VI
Aeronaves Típicas	EMB-110	ATR-42-200/300	A-318	A-300	A-330-200/300	A380-800
	EMB-120	ATR-72-200/210	A-319	A-300/600	A-340-200/300/500/600	747-8
			A-320	A-310	A-350-900	747-
			A-321	707-320B	100/200/300/400	0
			B717-200	757-200/300	777-200/300	
			B727-100/200	767-200/300/400	787-8	
			B737 (Todos)			
			EMB-170			
			EMB-175			
			EMB-190			
			EMB-195			
			ERJ135			
			ERJ140			
			ERJ145			
			ERJ145XR			
F-28						
VFR	40	40	75	75	75	75
IFR NPA	75	75	122	122	122	122
IFR PA	122	122	122	122	122	122

Fonte: IS 154.5 (ANAC, 2018), Adaptado.

O terceiro teste de rejeição aborda o documento da CASA (*Civil Aviation Safety Authority*), regulamento de aeródromos vigente na Austrália, que não é objeto de interesse do estudo atual.

O quarto teste de rejeição é baseado na avaliação da “(...) separação entre a ponta de asa de aeronaves localizadas no eixo da RWY e de um obstáculo localizado após o término da faixa de pista, e compará-la com a distância mínima prevista para atendimento ao requisito do RBAC 154 (ANAC, 2019). Para aeroportos que operam aeronaves dos códigos de referência 4C, 4D e 4E, compara-se a distância existente entre a ponta de asa e o término da faixa de pista, com a distância mínima prevista para o código 4E (...)”. conforme exemplificado na figura abaixo.

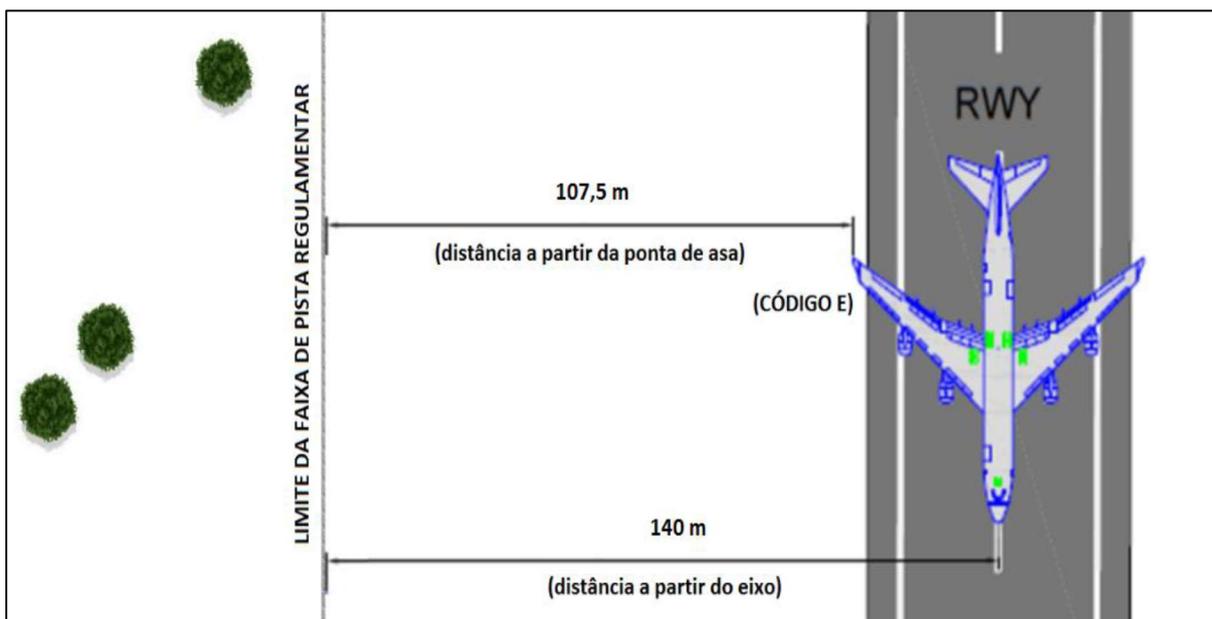


Figura 3: Distância entre ponta de asa e limite da faixa de pista (IS 154.5-001).

Como a distância regulamentar entre o eixo da pista de pouso e decolagem e o término da faixa de pista para o código 4E é de 140 metros (considerando pistas para operações IFR), tem-se que a separação mínima entre ponta de asa e o limite da faixa de pista é de 107,5 m. Por meio desse parâmetro, calculam-se as larguras mínimas necessárias para a faixa de pista para códigos 4C e 4D. Considerando o limite dos códigos das aeronaves, a análise pode ser feita pela tabela da IS 154.5 apresentada na Tabela 8.

Tabela 8: Largura de faixa de pista mínima medida a partir do eixo, para o critério da separação entre ponta de asa e objeto

Aeronave	Envergadura (m)	Largura mínima (m)
4C	36,0	125,5
4D	52,0	133,5
4E	65,0	140,0

Fonte: IS 154.5-001 (ANAC, 2018)

### 2.2.2 Faixa preparada

A IS 154-5 apresenta testes de rejeição específicos para a largura de faixa de pista. Assim como na faixa de pista, os testes de rejeição são baseados na comparação com outras referências normativas internacionais, e o primeiro deles também se refere ao AC 150/5300-

13A da FAA. Conforme citado no capítulo 2.2.1, os requisitos de faixa de pista da FAA são menos restritivos que requisitos adotados pelo RBAC 154 (ANAC, 2019). Vale lembrar que ao documento da FAA apresenta definições de áreas de segurança distintas àquelas do RBAC, e considera a RSA equivalente à faixa preparada.

Assim como na análise da faixa de pista, a Instrução Suplementar cita que a compatibilização é obtida apenas para aeronaves de código 3 ou 4, código C ou superior em operações IFR, uma vez que não é possível a correlação direta entre os códigos ICAO e os códigos da FAA.

A Tabela 9 detalha o comparativo de requisitos da ICAO e da FAA para a faixa preparada.

Tabela 9: Larguras de faixa preparada compatibilizadas entre RBAC 154 (ICAO) e FAA.

<b>Largura da faixa preparada</b>				
<b>Código ICAO</b>	<b>Código FAA</b>	<b>ICAO (código 3 e 4, IFR NPA)</b>	<b>ICAO (código 3 e 4, IFR PA)</b>	<b>FAA</b>
C	III	75 m	105 m	76,2 m
D	IV	75 m	105 m	76,2 m
E	V	75 m	105 m	76,2 m
F	VI	75 m	105 m	76,2 m

Fonte: IS 154.5-001 (ANAC, 2018)

O segundo teste de rejeição para faixa preparada é baseado na norma TP 312 do TCCA. Neste caso, a norma canadense é menos restritiva apenas para algumas combinações de códigos e tipos de operação. Assim como na análise de faixa de pista, como a compatibilização entre os códigos TP 312 e RBAC 154 (ANAC, 2019) não é obtida facilmente, isto é, não é válida para todas as aeronaves de cada código, a IS 154.5 apresenta uma tabela de requisitos de largura de faixa de pista apenas com os requisitos do documento TP 312, além de apresentar aeronaves típicas de cada código, conforme indicado na Tabela 10.

Tabela 10: Requisitos de faixa preparada para o TP-312

Código	II	III A	III B	IV	V	VI
Aeronaves Típicas	EMB-110	ATR-42-200/300	A-318	A-300	A-330-200/300	A380-800
	EMB-120	ATR-72-200/210	A-319	A-300/600	A-340-200/300/500/600	747-8
			A-320	A-310	A-350-900	
			A-321	707-320B	100/200/300/400	
			B717-200	757-200/300	777-200/300	
			B727-100/200	767-200/300/400	787-8	
			B737 (Todos)			
			EMB-170			
			EMB-175			
			EMB-190			
			EMB-195			
			ERJ135			
			ERJ140			
			ERJ145			
			ERJ145XR			
F-28						
VFR	40	40	75	75	75	75
IFR NPA	40	40	75	75	75	75
IFR PA	45	45	75	75	75	75

Fonte: IS 154.5 (ANAC, 2018), Adaptado.

O último teste consiste em “(...) avaliar a separação entre a borda externa do trem de pouso principal de aeronaves localizadas no eixo da PPD a um obstáculo localizado após o término da faixa preparada, e compará-la com a distância mínima prevista para atendimento ao requisito do RBAC 154 (ANAC, 2019). Para aeroportos que operam aeronaves dos códigos de referência 4C, 4D e 4E, compara-se a distância existente entre a borda externa do trem de pouso principal e o término da faixa preparada, com a distância mínima prevista para o código 4E (...)”, conforme a Figura 4.

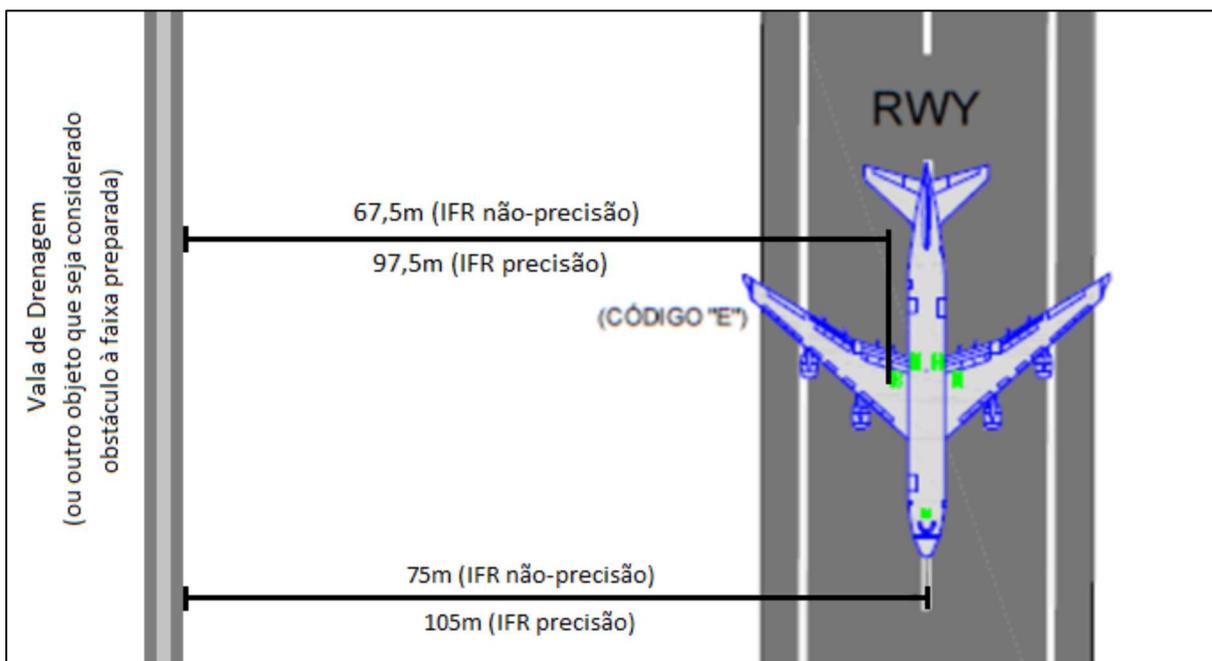


Figura 4: Distância entre borda externa do trem de pouso principal e o limite da faixa preparada (IS 154.5)

Ainda de acordo com a IS 154.5, “Como a distância regulamentar entre o eixo da pista de pouso e decolagem e o término da faixa preparada para o código 4E é de 75 metros (considerando pistas para operações IFR não precisão) e de 105 metros (considerando pistas para operações IFR precisão), tem-se que a separação mínima entre a borda externa do trem de pouso principal e o limite da faixa preparada é de 67,5m (IFR não precisão) ou 97,5m (IFR precisão), considerando a largura máxima do trem de pouso de 15m, conforme a tabela C-2 do RBAC 154 (ANAC, 2019). Por meio desse parâmetro, calculam-se as larguras mínimas necessárias para a faixa preparada para códigos 4C e 4D.”

Chega-se, portanto, aos valores de largura de faixa preparada para os códigos de aeronave 4C, 4D e 4E de acordo com o tipo de operação da aeronave, indicados na Tabela 11:

Tabela 11: Largura de faixa preparada (medida a partir do eixo), pelo critério de separação entre borda externa do trem de pouso e objeto.

Aeronave	Largura do Trem de Pouso Principal (entre bordas externas)	Largura Mínima (IFR NPA)	Largura Mínima (IFR PA)
4C	9 m	72 m	102 m
4D	15 m	75 m	105 m
4E	15 m	75 m	105 m

Fonte: IS 154.5 (ANAC, 2018), Adaptado.

### 2.3 Análise de Risco de Acidentes

Conforme indicado no Capítulo 1, a ACRP 50 (FAA, 2011) apresenta os conceitos de incidentes em pistas de pouso e decolagem de aeródromos. Este documento é um modelo de análise de risco que objetiva quantificar a ocorrência de incidentes nas PPDs de aeródromos por meio do cálculo probabilístico de incidência dos eventos de saída de pista, tanto na decolagem como no pouso: ultrapassagem no pouso (LDOR), toque antecipado no pouso (LDUS), desvio lateral no pouso (LDVO), ultrapassagem na decolagem (TOOR) e desvio lateral na decolagem (TOVO).

A análise quantitativa probabilística está fora do escopo deste trabalho, mas a definição de eventos em diferentes zonas da PPD ilustra a carência na definição da faixa de pista e sua porção preparada como áreas uniformemente caracterizadas no RBAC 154 (ANAC, 2019) e nas normas internacionais.

De acordo com Fernandes et al. (2018), por exemplo, em sua análise para o aeroporto de Joinville/SC utilizando o modelo ACRP 50, a ultrapassagem no pouso (LDOR) e a saída lateral no pouso (LDVO) são os eventos mais prováveis de acontecer, e a saída lateral na decolagem (TOVO) é o evento de menor probabilidade.

### **3 Metodologia**

Para cumprir o objetivo deste trabalho, serão adotadas metodologias simples para a análise dos requisitos construtivos de RESA e faixa de pista.

Inicialmente, para a segmentação da faixa de pista em áreas de interesses, serão considerados os documentos referentes a incidentes de saída de pista e de segurança operacional supracitados no Capítulo 2 do presente texto.

Em seguida, para a análise dos requisitos, serão realizadas comparações dos requisitos construtivos por código de aeronave, embasando a análise dos requisitos presentes na norma brasileira.

## 4 Desenvolvimento

Para a segmentação da faixa de pista em áreas de interesse, considerando-se eventos de pouso e decolagem em ambas as cabeceiras de um aeródromo, foi adotada a segmentação mostrada na Figura 5.

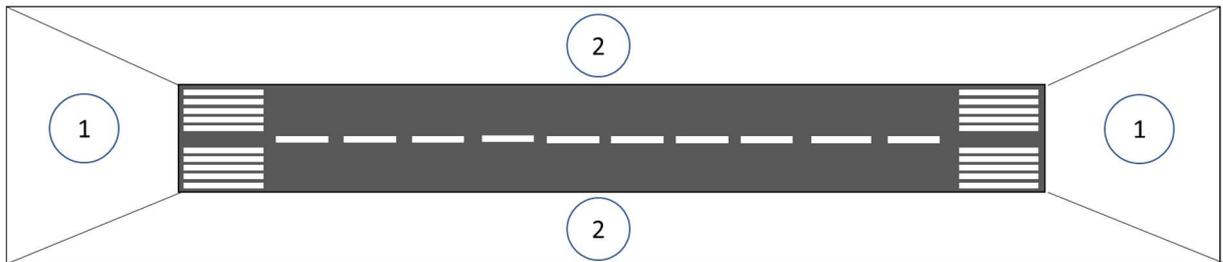


Figura 5: Esboço de segmentação da faixa de pista.

As áreas com numeração 1 são as responsáveis por receberem a aeronaves nos casos de incidentes de início ou fim de pista (LDOR, LDUS e TOOR), e as áreas com numeração 2 são as responsáveis por suportarem os eventos laterais de pista (LDVO e TOVO).

A análise dos requisitos será feita em três itens principais: em relação à geometria e suas dimensões, aos requisitos de presença de objetos e em relação à capacidade de suporte. As aeronaves utilizadas para o desenvolvimento da análise de geometria da faixa de pista estão detalhadas da Tabela 12 até a Tabela 15:

Tabela 12: Dimensões de Aeronave Código 1

<b>Antonov AN-28</b>	
Envergadura (m)	22,1
Comprimento mínimo de pista (m)	585,0
Código RBAC 154	1B

Tabela 13: Dimensões de Aeronave Código 2

<b>ATR 42-300</b>	
Envergadura (m)	24,57
Comprimento mínimo de pista (m)	1090,0
Código RBAC 154	2C

Tabela 14: Dimensões de Aeronave Código 3

<b>Boeing 737-700</b>	
Envergadura (m)	34,3
Comprimento mínimo de pista (m)	1600,0
Código RBAC 154	3C

Tabela 15: Dimensões de Aeronave Código 4

<b>Airbus 330-300</b>	
Envergadura (m)	60,3
Comprimento mínimo de pista (m)	2490,0
Código RBAC 154	4E

## 4.1 Geometria

### 4.1.1 RESA

Para a análise da RESA, considera-se não haver indicação dessa área no documento da FAA. As tabelas abaixo mostram os valores mínimos de largura e extensão mínima após a faixa de pista, além dos valores recomendados pelas normas, Para operações com instrumento (IFR) e visual (VFR). Os valores recomendados pelas normas são dependentes de condicionantes determinados por cada uma delas: para o RBAC 154 (ANAC, 2019), quando a ANAC estabelecer prazo para adequação em contratos de concessão de aeroportos ou adequação em hipóteses comprovadamente excepcionais de elevado risco de operação; para o Anexo 14 e o Doc 9157, é a possibilidade de aplicação de acordo com o sítio aeroportuário.

#### 4.1.1.1 Código 1

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos para as dimensões de RESA para a aeronave de código 1.

Tabela 16: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 1.

<b>Código 1 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de faixa de pista	90 metros	90 metros	90 metros
Extensão recomendada/com condicionante	120 metros	120 metros	120 metros
Largura mínima (a partir do eixo)	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD
Largura recomendada (a partir do eixo)	Igual ou superior à largura da faixa preparada	-	Igual ou superior à largura da faixa preparada

Tabela 17: Requisitos geométricos – operação visual, código 1.

<b>Código 1 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de faixa de pista	-	-	-
Extensão recomendada/com condicionante	30 metros	120 metros	30 metros
Largura mínima (a partir do eixo)	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD
Largura recomendada (a partir do eixo)	Igual ou superior à largura da faixa preparada	-	Igual ou superior à largura da faixa preparada

De acordo com a Tabela 16, excetuando-se a ausência de recomendação proveniente do Doc 9157, todos requerimentos de geometria da RESA são coincidentes para aeronaves código 1 operando por instrumentos.

A Tabela 17 indica que a extensão de RESA recomendada no Doc 9157 para operações VFR de aeronaves código 1 é maior que o indicado pelo RBAC 154 (ANAC, 2019) e o Anexo 14. Junto à ausência de largura recomendada pelo Doc 9157, assim como operações IFR código 1, essas são as únicas diferenças neste caso.

#### 4.1.1.2 Código 2

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos para as dimensões de RESA para a aeronave de código 2.

Tabela 18: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 2.

<b>Código 2 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de faixa de pista	90 metros	90 metros	90 metros
Extensão recomendada/com condicionante	120 metros	120 metros	120 metros
Largura mínima (a partir do eixo)	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD
Largura recomendada (a partir do eixo)	Igual ou superior à largura da faixa preparada	-	Igual ou superior à largura da faixa preparada

Tabela 19: Requisitos geométricos – operação visual, código 2.

<b>Código 2 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de faixa de pista	-	-	-

<b>Código 2 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão recomendada/com condicionante	30 metros	120 metros	30 metros
Largura mínima (a partir do eixo)	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD
Largura recomendada (a partir do eixo)	Igual ou superior à largura da faixa preparada	-	Igual ou superior à largura da faixa preparada

De acordo com a tabela Tabela 18, excetuando-se a ausência de recomendação proveniente do Doc 9157, todos requerimentos de geometria da RESA são coincidentes para aeronaves código 2 operando por instrumentos.

A Tabela 19 indica que a extensão de RESA recomendada no Doc 9157 para operações VFR de aeronaves código 2 é maior que o indicado pelo RBAC 154 (ANAC, 2019) e o Anexo 14. Junto à ausência de largura recomendada pelo Doc 9157, assim como operações IFR código 2, essas são as únicas diferenças neste caso.

#### 4.1.1.3 Código 3

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos para as dimensões de RESA para a aeronave de código 3.

Tabela 20: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 3.

<b>Código 3 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de faixa de pista	90 metros	90 metros	90 metros
Extensão recomendada/com condicionante	240 metros	240 metros	240 metros
Largura mínima (a partir do eixo)	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD

<b>Código 3 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Largura recomendada (a partir do eixo)	Igual ou superior à largura da faixa preparada	-	Igual ou superior à largura da faixa preparada

Tabela 21: Requisitos geométricos – operação visual, código 3.

<b>Código 3 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de faixa de pista	90 metros	90 metros	90 metros
Extensão recomendada/com condicionante	240 metros	240 metros	240 metros
Largura mínima (a partir do eixo)	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD
Largura recomendada (a partir do eixo)	Igual ou superior à largura da faixa preparada	-	Igual ou superior à largura da faixa preparada

De acordo com a Tabela 20 e a Tabela 21, há apenas uma diferença entre as indicações para dimensões de RESA para aeronaves código 3, que seria a ausência de largura recomendada do Doc 9157 tanto para operação por instrumento como para operação visual.

#### 4.1.1.4 Código 4

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos para as dimensões de RESA para a aeronave de código 4.

Tabela 22: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 4.

<b>Código 4 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de faixa de pista	90 metros	90 metros	90 metros

<b>Código 4 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão recomendada/com condicionante	240 metros	240 metros	240 metros
Largura mínima (a partir do eixo)	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD
Largura recomendada (a partir do eixo)	Igual ou superior à largura da faixa preparada	-	Igual ou superior à largura da faixa preparada

Tabela 23: Requisitos geométricos – operação visual, código 4.

<b>Código 4 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de faixa de pista	90 metros	90 metros	90 metros
Extensão recomendada/com condicionante	240 metros	240 metros	240 metros
Largura mínima (a partir do eixo)	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD	Dobro da largura da PPD
Largura recomendada (a partir do eixo)	Igual ou superior à largura da faixa preparada	-	Igual ou superior à largura da faixa preparada

De acordo com a Tabela 22 e a Tabela 23, há apenas uma diferença entre as indicações para dimensões de RESA para aeronaves código 4, que seria a ausência de largura recomendada do Doc 9157 tanto para operação por instrumento como para operação visual.

## 4.1.2 Faixa de Pista

### 4.1.2.1 Código 1

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos para as dimensões de faixa de pista para a aeronave de código 1.

Tabela 24: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 1.

<b>Código 1 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de pista	60,0 metros	91,4 metros	60,0 metros	60,0 metros
Largura de faixa de pista (a partir do eixo)	70,0 metros	76,2 metros	75,0 metros	70,0 metros
Largura de faixa preparada (a partir do eixo)	40,0 metros	22,9 metros	40,0 metros	40,0 metros

Tabela 25: Requisitos geométricos – operação visual, código 1.

<b>Código 1 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de pista	30,0 metros	91,4 metros	30,0 metros	30,0 metros
Largura de faixa de pista (a partir do eixo)	30,0 metros	76,2 metros	30,0 metros	30,0 metros
Largura de faixa preparada (a partir do eixo)	30,0 metros	22,9 metros	30,0 metros	30,0 metros

Recorda-se que a faixa de pista considerada para o documento AC 150/5300-13A (FAA, 2014) é a ROFA (*Runway Object Free Area*) e a área considerada para a faixa preparada é a RSA (*Runway Safety Area*), conforme explicitado no Capítulo 2.2.

Da Tabela 24, nota-se disparidade entre a indicação de extensão mínima após o fim de pista para aeronave código 1 IFR do documento 150/5300-13A (FAA, 2014) e requisitos semelhantes para largura da faixa de pista entre o documento da FAA e do Doc 9157, que são mais conservadores que os presentes no RBAC 154 (ANAC, 2019) e no Anexo 14. Para a largura de faixa preparada, apenas o documento da FAA difere das demais recomendações, de modo menos conservador.

Da Tabela 25, nota-se que os parâmetros de aeronave código 1 para voo visual estão coincidentes no RBAC 154 (ANAC, 2019), no Doc 9157 (ICAO, 2006) e no Anexo 14 (ICAO, 2018). A extensão mínima de fim de pista e a largura de faixa de pista na AC 150/5300-13A (FAA, 2014), por sua vez, destoam dos valores contidos nos outros documentos. Uma possível explicação para esta distorção é a incompatibilidade descrita no Capítulo 2.2, ou seja, a diferença de definição do código de aeronaves entre o documento da FAA e dos demais.

Tabela 24: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 1.

#### 4.1.2.2 Código 2

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos para as dimensões de faixa de pista para a aeronave de código 2.

Tabela 26: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 2.

<b>Código 2 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de pista	60,0 metros	182,9 metros	60,0 metros	60,0 metros
Largura de faixa de pista (a partir do eixo)	70,0 metros	121,9 metros	75,0 metros	70,0 metros
Largura de faixa preparada (a partir do eixo)	40,0 metros	45,7 metros	40,0 metros	40,0 metros

Tabela 27: Requisitos geométricos – operação visual, código 2.

<b>Código 2 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de pista	60,0 metros	182,9 metros	60,0 metros	60,0 metros
Largura de faixa de pista (a partir do eixo)	40,0 metros	121,9 metros	40,0 metros	40,0 metros
Largura de faixa preparada (a partir do eixo)	40,0 metros	45,7 metros	40,0 metros	40,0 metros

Analisando-se a Tabela 26, nota-se, para código 2 IFR: a disparidade da extensão mínima após o fim de pista e da largura de faixa de pista nos valores do documento da FAA; o valor de largura de faixa de pista um pouco mais conservador (5 metros de diferença, analisando a distância ao eixo da PPD) para o Doc 9157 (ICAO, 2006), se comparado ao RBAC 154 (ANAC, 2019) e ao Anexo 14 (2018, ICAO) e; a largura de faixa preparada levemente maior para o documento da FAA.

Da Tabela 27, para código 2 VFR, o documento da FAA é o único a apresentar necessidades distintas aos demais regulamentos, com grande disparidade na extensão mínima após fim de pista e na largura de faixa de pista.

#### 4.1.2.3 Código 3

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos para as dimensões de faixa de pista para a aeronave de código 3.

Tabela 28: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 3.

<b>Código 3 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de pista	60,0 metros	304,8 metros	60,0 metros	60,0 metros

<b>Código 3 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Largura de faixa de pista (a partir do eixo)	140,0 metros	121,9 metros	150,0 metros	140,0 metros
Largura de faixa preparada (a partir do eixo)	75,0 metros	76,2 metros	75,0 metros	75,0 metros

Tabela 29: Requisitos geométricos – operação visual, código 3.

<b>Código 3 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de pista	60,0 metros	304,8 metros	60,0 metros	60,0 metros
Largura de faixa de pista (a partir do eixo)	75,0 metros	121,9 metros	75,0 metros	75,0 metros
Largura de faixa preparada (a partir do eixo)	75,0 metros	76,2 metros	75,0 metros	75,0 metros

Analisando-se a Tabela 28, nota-se, para código 3 IFR: a disparidade da extensão mínima após o fim de pista e da largura de faixa de pista nos valores do documento da FAA; o valor de largura de faixa de pista um pouco mais conservador (10 metros de diferença, analisando a distância ao eixo da PPD) para o Doc 9157 (ICAO, 2006), se comparado ao RBAC 154 (ANAC, 2019) e ao Anexo 14 (2018, ICAO) e; a largura de faixa preparada levemente maior (1,2 me para o documento da FAA).

Da Tabela 29, para código 3 VFR, o documento da FAA é o único a apresentar necessidades distintas aos demais regulamentos, com grande disparidade na extensão mínima após fim de pista e na largura de faixa de pista.

#### 4.1.2.4 Código 4

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos para as dimensões de faixa de pista para a aeronave de código 4.

Tabela 30: Requisitos geométricos – operação por instrumento, código 4.

<b>Código 4 - IFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de pista	60,0 metros	304,8 metros	60,0 metros	60,0 metros
Largura de faixa de pista (a partir do eixo)	140,0 metros	121,9 metros	150,0 metros	140,0 metros
Largura de faixa preparada (a partir do eixo)	75,0 metros	76,2 metros	75,0 metros	75,0 metros

Tabela 31: Requisitos geométricos – operação visual, código 4.

<b>Código 4 - VFR</b>	<b>RBAC 154</b>	<b>FAA 150/5300-13A</b>	<b>Doc 9157</b>	<b>Annex 14th</b>
Extensão mínima após fim de pista	60,0 metros	304,8 metros	60,0 metros	60,0 metros
Largura de faixa de pista (a partir do eixo)	75,0 metros	121,9 metros	75,0 metros	75,0 metros
Largura de faixa preparada (a partir do eixo)	75,0 metros	76,2 metros	75,0 metros	75,0 metros

Analisando-se a Tabela 30, nota-se, para código 4 IFR, assim como para código 3 IFR: a disparidade da extensão mínima após o fim de pista e da largura de faixa de pista nos valores do documento da FAA; o valor de largura de faixa de pista um pouco mais conservador (10 metros de diferença, analisando a distância ao eixo da PPD) para o Doc 9157

(ICAO, 2006), se comparado ao RBAC 154 (ANAC, 2019) e ao Anexo 14 (2018, ICAO) e; a largura de faixa preparada levemente maior (1,2 me para o documento da FAA.

Da Tabela 31, para código 4 VFR, o documento da FAA é o único a apresentar necessidades distintas aos demais regulamentos, com grande disparidade na extensão mínima após fim de pista e na largura de faixa de pista.

## 4.2 Presença de Objetos

### 4.2.1 RESA

Para a análise da presença de obstáculos na RESA, não se faz necessária a separação da análise em aeronaves, uma vez que os requisitos são gerais e aplicáveis a todos os códigos. De modo geral, todas as normas determinam que os objetos em RESA não podem danificar a aeronaves em caso de saída de pista, devendo seguir os requisitos de frangibilidade. O Doc 9157 ainda adiciona que os objetos em RESA não essenciais à navegação devem considerados como obstáculos e removidos, caso seja possível.

### 4.2.2 Faixa de Pista

Dentre os regulamentos analisados, apenas o RBAC 154 (ANAC, 2019) e o Anexo 14 segmentam os requisitos de objeto em faixa de pista para os códigos de aeronave conforme abordado no capítulo 4.1. Além disso, há uma consideração a mais para aeronaves de letra de código F no RBAC 154, conforme indicado na tabelas abaixo.

Tabela 32: Distância mínima ao eixo da PPD sem presença de objetos não frangíveis

<b>Código da aeronave e operação</b>	<b>Distância ao eixo da PPD</b>
Código 1 - VFR	30,0 metros
Código 2 – VFR	40,0 metros
Código 1 ou 2 - IFR	45,0 metros
Código 3 ou 4, exceto letra de código F	60,0 metros
Letra de Código F	77,5 metros

Fonte: RBAC 154 (ANAC, 2019), Adaptado.

Tabela 33: Distância mínima ao eixo da PPD sem presença de objetos não frangíveis

<b>Código da aeronave e operação</b>	<b>Distância ao eixo da PPD</b>
Código 1 e 2	45,0 metros
Código 3 e 4	75,0 metros

Fonte: *Annex 14* (ICAO, 2018), Adaptado.

O Doc 9157 possui uma definição para a presença de objetos relacionada à categoria da pista de aproximação por precisão, definida de acordo com presença de auxílios à navegação e parâmetros de navegabilidade que fogem ao escopo deste estudo. Entretanto, pode ser tomado como base os valores definidos na tabela abaixo, sendo os mais críticos para cada código, apenas para operação por instrumento.

Tabela 34: Distância mínima ao eixo da PPD sem presença de objetos não frangíveis

<b>Código da aeronave e operação</b>	<b>Distância ao eixo da PPD</b>
Código 1 e 2 IFR	45,0 metros
Código 3 e 4 IFR	60,0 metros

Fonte: *Doc 9157* (ICAO, 2006), Adaptado.

Em relação a outros objetos não essenciais à navegação, o Doc 9157 e o RBAC 154 (ANAC, 2019) preveem que estes devem estar enterrados a uma profundidade não inferior a 30 cm.

Para a AC 150/5300 13A (FAA, 2014), considera-se, pela definição da RSA e a associação feita no presente estudo com a faixa preparada, que essa área é considerada como permitida a possuir apenas objetos frangíveis necessários à navegabilidade.

## **4.3 Capacidade de Suporte**

### **4.3.1 RESA**

O RBAC 154, o Doc 9157 e o Anexo 14 possuem definições similares da capacidade de suporte para a RESA, definindo a necessidade de preparo ou construção de modo a reduzir o risco de danos a aeronaves em situações de LDUS e LDOR por meio do aumento da desaceleração da aeronave e facilitando a movimentação das equipes e veículos de salvamento e combate a incêndio.

O Doc 9157 é o único a apresentar de forma direta os valores de CBR recomendados para essa área. De acordo com o documento, é necessário garantir tanto a desaceleração efetiva da aeronave como evitar danos à aeronave. Ainda de acordo com o documento, os fabricantes de aeronaves consideram que o afundamento do trem de pouso dianteiro em até 15 cm é o máximo aceitável sem que haja colapso do mesmo. Por esses motivos, os valores de CBR recomendados estão na faixa de 15 a 20 a partir de 15 cm abaixo da superfície, com valores menores nos 15 primeiros centímetros de profundidade.

#### **4.3.2 Faixa de Pista**

Para o RBAC 154, o Doc 9157 e o Anexo 14, os requisitos de capacidade de suporte de faixa de pista são semelhantes, requerendo o preparo ou construção da faixa preparada de modo a minimizar riscos a aeronaves às quais a pista de pouso e decolagem é destinada, caso essas aeronaves saiam acidentalmente da pista, devido à diferença da capacidade de suporte do terreno e da PPD.

O mesmo critério da RESA discutido no Capítulo 4.3.1 é adotado para a faixa preparada no Doc 9157, de modo a sugerir o valor de CBR entre 15 e 20 após os primeiros 15 cm de profundidade de faixa preparada, e valores de CBR inferiores nos 15 primeiros centímetros.

## 5 Conclusão

De acordo com as comparações desenvolvidas, pode-se perceber algumas características importantes na regulamentação brasileira para os requisitos de RESA e faixa de pista analisados.

Em relação às dimensões de RESA, excetuando-se a ausência de largura recomendada no Doc 9157, não há disparidade entre os requisitos dos regulamentos.

No que tange à presença de objetos na RESA, as orientações são generalizadas em todas as normas, indicando apenas a possibilidade de presença de objetos necessários à navegação que atendam aos critérios de frangibilidade. Não há, portanto, a descrição de profundidade mínima de objetos subterrâneos para RESAs em nenhuma das normas analisadas.

Em relação à capacidade de suporte da RESA, o Doc 9157 é o mais completo dentre as normas analisadas, pois traz indicação de valores de CBR para os 15 primeiros centímetros iniciais do pavimento e para o restante da camada de solo, de modo a garantir o afundamento máximo de 15 cm no caso de incidentes (LDOR, LDUS ou TOOR) que levem a aeronave à área da RESA. Indica-se fortemente a inclusão ou adaptação deste item ao RBAC 154.

No caso da faixa de pista, tanto o RBAC 154 como as normas internacionais analisadas consideram esta área como uma região uniforme, igualmente suscetível a eventos de saída de pista. Entretanto, como citado no capítulo 2.3, a suscetibilidades aos incidentes de saída de pista não são necessariamente iguais, podendo ser recomendada a revisão da norma brasileira neste quesito.

Em relação aos requisitos geométricos da faixa de pista, percebe-se a proximidade entre as normas analisadas, excetuando-se o documento da FAA. O Doc 9157 possui requisitos um pouco mais conservadores que o RBAC 154 e o Anexo 14 (5 ou 10 metros de diferença) em alguns dos casos analisados para a largura de faixa de pista, garantindo maior segurança aos eventos de saída lateral de pista (LDVO e TOVO). Apesar de ser sugerido no Capítulo 2.2, de acordo com a IS 154.5-001, a compatibilização entre faixa de pista e a área definida pela FAA como ROFA, as dimensões sugeridas são bastante divergentes para a AC 150/5300-13A. Entretanto, para a faixa preparada de aeronaves código 3 e 4, esse documento possui restrições menos severas em relação ao RBAC 154 e às demais normas internacionais, confirmando a informação do Capítulo 2.2 proveniente da IS 154.5-001 de que RSA é mais flexível neste quesito.

Quanto à presença de objetos na faixa de pista, o RBAC 154 se mostra o mais detalhado entre os documentos observados, uma vez que define explicitamente as distâncias mínimas livre de obstáculos para os códigos analisados. Além disso, assim como o Doc 9157, a regulação brasileira prevê que os objetos não fundamentais à navegação devem estar enterrados a uma profundidade não inferior a 30 cm.

Em relação à capacidade de suporte para a faixa de pista preparada, excluindo o Doc 9157, as normas são genéricas ao definirem critérios sem objetividade. O Doc 9157 explicita valores de CBR recomendados e o limite de afundamento do solo, podendo ser indicado ao RBAC 154 a confecção de item similar.

Por fim, estas observações visam a melhoria das áreas de faixa de pista e RESA para os aeródromos brasileiros. Para futuros estudos, indica-se a análise de outras normas internacionais de países como Japão, China e França, que apresentam aeródromos de grande movimentação, além da abordagem de sistemas de desaceleração de aeronaves que podem ser utilizados para substituir ou auxiliar

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 154 Em. 06 – Projeto de Aeródromos**. Brasil: ANAC, 2019.

ARAÚJO, J. **Dimensionamento do Comprimento de Pista**. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14878/material/Aula%2008%20-%20Dimensionamento%20do%20Comprimento%20de%20Pista.pdf>>.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9157 – Aerodrome Design Manual – Part 1 – 3. ed.** Canadá: ICAO, 2006.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Annex 14 – Aerodrome Design and Operations – 8. ed.** Canadá: ICAO, 2018.

AYRES JR., M; H. SHIRAZI; R. CARVALHO; J. HALL; R. SPEIR; E. ARAMBULA; R. DAVID; D. WONG E J. GADZINSKI **ACRP Report 50: Improvement Models for Risk Assessment of Runway Safety Areas**. TRB, Washington, D.C., 2019. DOI: 10.17226/13635.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Advisory Circular 150/5300-13A**. Estados Unidos: FAA, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Instrução Suplementar – IS N° 154.5-001. Revisão A**. Brasil: ANAC, 2018.

FERNANDES, H. F., MULLER, C., ALVES, C. J. P. **Avaliação dos requisitos da faixa de pista em aeroportos regionais: uma análise de risco**. Brasil: Revista Transportes, 2018. Disponível em: <<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1478/735>>.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Manual de Frangibilidade**. Brasil: ANAC, 2018.