

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JEAN CARLOS BUENO BRAGHIROLI

**ESTUDO DA GEOMETRIA E MANUTENÇÃO DA PISTA DE POUSO E  
DECOLAGEM DO AEROPORTO MUNICIPAL DE CASCAVEL  
CORONEL ADALBERTO MENDES DA SILVA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2018

JEAN CARLOS BUENO BRAGHIROLI

**ESTUDO DA GEOMETRIA E MANUTENÇÃO DA PISTA DE POUSO E  
DECOLAGEM DO AEROPORTO MUNICIPAL DE CASCAVEL  
CORONEL ADALBERTO MENDES DA SILVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Tino Balestra  
Coorientador: Prof. Dr. Lucas Boabaid Ibrahim

TOLEDO

2018



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 129

### **ESTUDO DA GEOMETRIA E MANUTENÇÃO DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM DO AEROPORTO MUNICIPAL DE CASCAVEL CORONEL ADALBERTO MENDES DA SILVA**

por

**Jean Carlos Bueno Braghirolli**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13:00 h do dia **13 de Junho de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Silvana da Silva Ramme  
(UTFPR – TD)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Silmara Dias Feiber  
(UTFPR – TD)

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Tino Balestra  
(UTFPR – TD)  
Orientador

---

Prof. Dr. Lucas Boabaid Ibrahim  
(UTFPR – TD)  
Coorientador

---

Visto da Coordenação  
Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber  
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho aos meus pais, Guiomar Braghirolli e Lucia Amaral Bueno, que muitas vezes se doaram e renunciaram aos seus sonhos, para que eu pudesse realizar os meus, que dignamente me apresentaram à importância da família e o caminho da honestidade e persistência, e pelo apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nos de incerteza, muito comuns para quem tenta trilhar novos caminhos. Sem vocês nenhuma conquista valeria a pena. Esta conquista não é somente minha, é nossa.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho não é resultado apenas de um esforço individual. Ele nasce de significativas contribuições que recolhi durante minha trajetória profissional, acadêmica e como cidadão, ao lidar com pessoas e instituições que foram fundamentais a essa construção.

Primeiramente, gostaria de agradecer a energia espiritual que rege o universo, por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

Agradeço ao meu pai e mãe que sempre me motivaram, entenderam as minhas faltas e momentos de afastamento e reclusão e me mostraram o quanto era importante estudar, mesmo não tendo eles a mesma oportunidade no passado. Não há palavras que expressem a minha gratidão a eles.

A minha irmã, Karla Juliana, e a meus sobrinhos Yuri e Heloisa, meu agradecimento especial, pois, a seu modo, sempre acreditaram em minha capacidade e no meu trabalho, me fortalecendo a fazer o melhor de mim. Obrigado pelo amor e confiança.

Agradeço também aos meus padrinhos Célia e Álvaro, pela importante participação na minha vida pessoal e também acadêmica, sempre apoiando e incentivando meu progresso e as minhas conquistas.

Ao meu querido namorado Juliano Xavier Santos pelo amor e cuidado. Obrigado por dividir comigo teu caráter, tua bondade e tua disponibilidade que me auxiliam a repensar minhas atitudes e convicções de mundo. Obrigado pelos momentos maravilhosos que dividimos e por ser uma inspiração pessoal e profissional. Por fim, obrigado por tornar meu mundo melhor com a tua presença.

Ao Professor Dr. Carlos Eduardo Tino Balestra sou imensamente grato pelo incentivo e fortalecimento através da leitura atenta dos vários 'manuscritos'. Não apenas valorizo os comentários e observações críticas a respeito do texto e as ricas lições sobre engenharia, mas também seus conselhos e paciência. Tenho muito orgulho de citá-lo como um dos responsáveis pela minha formação profissional. O senhor é um exemplo de humildade, compreensão e competência.

Agradeço à direção e aos funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Toledo, pelo acolhimento, atenção e principalmente por todo conhecimento construído e compartilhado.

A todos meus professores, expresso o meu profundo agradecimento pelos ensinamentos e apoio ao longo de toda a graduação que elevaram os meus conhecimentos técnicos e científicos e, sem dúvida, muito estimularam o meu desejo de querer, sempre, saber mais e a vontade constante de querer fazer melhor. Vocês são referências para mim.

À equipe de administração do Aeroporto Municipal de Cascavel - Coronel Adalberto Mendes da Silva, em especial ao gestor de Segurança Operacional, José Aparecido Ribeiro, pela disponibilidade no atendimento e pela atenção durante a visita técnica ao aeroporto, pela colaboração no levantamento de dados, e pela autorização do fornecimento das informações.

Agradeço, também, à CAPES pelo apoio financeiro ao programa de graduação Sanduíche, pelo programa Ciências sem Fronteiras, que muito contribuiu para o enriquecimento da minha formação acadêmica e científica.

Preciso homenagear, ainda, os amigos queridos que de uma forma ou de outra contribuíram com sua força e estímulo para que eu conseguisse completar este percurso. Consciente de que é impossível listar todos, que de uma forma ou de outra me acrescentaram conhecimentos e experiências essenciais, agradeço e homenageio a todos.

*“Uma vez que você tenha experimentado voar, você andar  pela terra com seus olhos voltados para céu, pois l  você esteve e para lá você desejar  voltar.”*

*(Leonardo da Vinci)*

## RESUMO

Os aeroportos brasileiros em sua grande maioria foram construídos a muitas décadas, quando as exigências de segurança operacional eram significativamente inferiores. Todavia, as exigências de segurança operacional evoluíram nas últimas décadas, na busca de acompanhar os desafios apresentados pelo crescimento do setor de aviação civil, o que resultou em um grande número de não conformidades em aeroportos no Brasil. A existência de não-conformidades torna as operações em aeroportos menos seguras, comprometendo a operação, desenvolvimento e confiabilidade do aeroporto. Sendo assim, para expansão e adequação da infraestrutura aeroportuária estudos devem ser feitos para assegurar a sua eficácia visto os altos investimentos e a complexidade do processo. Este trabalho traz uma análise da infraestrutura da geometria e manutenção do sistema de pista de pouso e decolagem do Aeroporto Municipal de Cascavel Coronel Adalberto Mendes Da Silva. A análise foi feita através da caracterização do aeroporto e em seguida do diagnóstico dos elementos em relação às normas vigentes, nacionais e internacionais. Neste estudo identificou-se divergências conformativas com relação as recomendações normativas analisadas. Sugestões e recomendações para mitigar as não-conformidades e adequar os níveis de segurança operacional são apresentadas nos resultados e discussões deste trabalho.

**Palavras-chave:** Infraestrutura Aeroportuária. Lado Aéreo. Aeroporto. Conformidades.



## ABSTRACT

Most Brazilian airports were built over many decades, when operational safety requirements were significantly lower. However, those requirements have improved in recent decades in the quest to keep up with the challenges posed by the growth of the civil aviation sector, which has resulted in a large number of nonconformities at Brazil's airports. The occurrence of nonconformities makes airport operations less secure, compromising the operation, development and reliability of the Airport. Therefore, for the expansion and adequacy of the airport infrastructure, studies must be done to ensure its effectiveness, considering the high investments and the complexity of the process. Thus, this work presents an analysis of the infrastructure's geometry and maintenance of the runway system of Adalberto Mendes da Silva Airport, Cascavel. The analysis was made through the characterization of the airport and then the diagnosis of the elements in relation to the current national and international standards. This study has identified divergences in conformities in relation to the normative recommendations and standards analyzed. Suggestions and recommendations to mitigate nonconformities and to adjust operational safety levels were presented in the results and discussions of this work.

**Keywords:** Airport Infrastructure. Airside. Airport. Conformities.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação percentual da população, PIB, PIB por habitante em Cascavel (2000 – 2013)....	18
Figura 2 - Número de Passageiros transportados em Aeroportos Brasileiros (2007-2015).....	25
Figura 3 - Crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) Nacional no período de 2008 a 2015 .....	26
Figura 4 - Evolução da quantidade de voos – mercados doméstico e internacional, 2007 a 2016 .....	26
Figura 5 - Evolução da quantidade de passageiros pagos transportados – Mercado doméstico e internacional (2007-2016) .....	27
Figura 6 - Áreas de captação do Aeródromo de Cascavel .....	31
Figura 7 - Aeroportos do Paraná que já operaram com voos regulares.....	32
Figura 8 - Número de passageiros (Embarque e Desembarque) por ano – Aeródromo de Cascavel.	33
Figura 9 - Pista de pouso local que se localiza a atual Praça do Migrante. ....	34
Figura 10 - Reforma e Construção do Aeroporto de Cascavel – 1997 .....	34
Figura 11 - Aeroporto de Cascavel - Anos 90.....	35
Figura 12 - Cabeceira da Pista do Aeroporto de Cascavel - Anos 90 .....	35
Figura 13 - Localização do Aeroporto Municipal de Cascavel .....	37
Figura 14 - Aeroporto Municipal de Cascavel.....	37
Figura 15 - Estatística do movimento de Aeronaves no Aeroporto Municipal de Cascavel SBCA .....	39
Figura 16 - Movimento Médio mensal de Aeronaves no Aeroporto Municipal de Cascavel SBCA .....	39
Figura 17- Aeronave PT-GKQ após acidente no Aeroporto de Cascavel em Maio de 2010 .....	40
Figura 18 - Rastro deixado pela aeronave após excursão da pista.....	41
Figura 19 - Incidente com aeronave durante operação de pouso no aeroporto de cascavel. ....	41
Figura 20 -Dimensões da aeronave Boeing 737-700 .....	46
Figura 21 - Distâncias mínimas do Solo .....	47
Figura 22 - Arranjo interior da Aeronave.....	47
Figura 23 – Dimensões e locação dos compartimentos de Carga. ....	48
Figura 24 – Área livre requerida para abertura de porta.....	49
Figura 25 – Locação em Solo para os arranjos e serviços da aeronave.....	50
Figura 26 – Cargas Máximas no Pavimento .....	51
Figura 27 – Cargas e Tensões geradas pelo Trem de Pouso ao Pavimento .....	52
Figura 28 - Rosa dos Ventos do Paraná.....	54
Figura 29-Distribuição do vento no Aeroporto de Cascavel -em %.....	55
Figura 30 - Rosa dos Ventos – SBCA.....	56
Figura 31- Plotagem de METARS do SBCA do período de 15 a 25 de setembro de 2017 .....	59
Figura 32- Modelo de Rosa dos Ventos contendo as informações meteorológicas de Aeródromo. ....	62
Figura 33 -Modelo da representação gráfica da orientação da Pista de Pouso e Decolagem. ....	63
Figura 34 – Disponibilidade de carga paga conforme distancias de cruzeiro, Boeing 737-700.....	65
Figura 35- Requerimentos de Pista para decolagem do Boeing 737-700 (dia padrão) .....	66
Figura 36- Requerimentos de Pista para decolagem do Boeing 737-700 (dia padrão +15°C) .....	66
Figura 37- Requerimentos de Pista para decolagem do Boeing 737-700 (dia padrão +22,2°C) .....	67
Figura 38- Requerimentos de Pista para decolagem do Boeing 737-700 (dia padrão +35°C e pista seca).....	67
Figura 39- Representação do Comprimento para pouso.....	69
Figura 40 - Requisitos de comprimento de pista para pouso do Boeing 737-700.....	69
Figura 41- Representação esquemática dos defeitos ocorrentes na superfície dos pavimentos .....	71
Figura 42- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Janeiro .....	76
Figura 43- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Janeiro .....	76
Figura 44- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Fevereiro .....	77
Figura 45- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Fevereiro .....	77
Figura 46- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Março.....	78

Figura 47- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Março.....	78
Figura 48- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Abril.....	79
Figura 49- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Abril .....	79
Figura 50- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Maio .....	80
Figura 51- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Maio .....	80
Figura 52- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Junho .....	81
Figura 53- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Junho.....	81
Figura 54- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Julho .....	82
Figura 55- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Julho .....	82
Figura 56- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Agosto .....	83
Figura 57- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Agosto .....	83
Figura 58- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Setembro .....	84
Figura 59- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Setembro.....	84
Figura 60- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Outubro.....	85
Figura 61- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Outubro.....	85
Figura 62- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Novembro .....	86
Figura 63- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Novembro.....	86
Figura 64- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Dezembro .....	87
Figura 65- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Dezembro .....	87
Figura 66- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel - Anual .....	89
Figura 67- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Anual .....	89
Figura 68- Anemograma com a orientação da Pista Atual .....	91
Figura 69- Anemograma com a orientação da Pista – 30° .....	92
Figura 70- Anemograma com a orientação da Pista – 35° .....	93
Figura 71- Anemograma com a orientação da Pista – 40° .....	94
Figura 72- Anemograma com a orientação da Pista – 45° .....	95
Figura 73- Orientação da pista sugerida .....	96
Figura 74-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para decolagem – Cenário 01 .....	99
Figura 75-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para pouso – Cenário 01 .....	101
Figura 76-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para decolagem – Cenário 02 .....	102
Figura 77-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para pouso – Cenário 02 .....	104
Figura 78-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para decolagem – Cenário 03 .....	105
Figura 79-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para pouso – Cenário 03 .....	107
Figura 80- Pavimento do aeroporto em bom estado de conservação .....	109
Figura 81- Pavimento do aeroporto com desgastes superficiais .....	109
Figura 82- Pavimento do aeroporto com desgastes superficiais .....	110
Figura 83- Pista não apresenta acostamento, nem sistema de drenagem. ....	110
Figura 84- Crescimento de gramíneas nas bordas da pista e da cabeceira. ....	111
Figura 85- Acumulo de água na taxiway. ....	111
Figura 86- Acumulo de água e depressão no pátio de aeronaves. ....	112
Figura 87- Ganchos fixados no pavimento para fixar aeronaves menores, evitando incidentes com a incidência de ventos. ....	112
Figura 88- Apesar das marcas de Frenagens, não há acumulo de borracha visualmente na pista. .	113
Figura 89- Marcas da Frenagem das aeronaves na pista de Pouso e Decolagem.....	114
Figura 90- Pintura e marcação do eixo da pista e acesso a taxiway.....	116
Figura 91- Pintura e marcação da Cabeceira 15 .....	116
Figura 92- Pintura e marcação do acesso ao Terminal de passageiros e Pátio de Aeronaves. ....	116
Figura 93- Pintura e marcação da borda da pista de pouso e decolagem. ....	117
Figura 94- Faixa de pista existente e em conformidade. ....	118
Figura 95- Distância entre a pista de pouso e decolagem e o pátio de aeronave.....	119
Figura 96- Dimensão das Taxiways.....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- População e Renda do município de Cascavel entre 1999 e 2013.....	17
Tabela 2 - Correlação entre característica física do aeroporto e as das aeronaves .....	43
Tabela 3 - Características gerais do Boeing 737-700.....	44
Tabela 4- Características do Boeing 737-700 utilizados para o dimensionamento da pista .....	45
Tabela 5 - Modelo Códigos METAR .....	58
Tabela 6 – Tabela de decodificação Código METAR .....	61
Tabela 7 - Limites de velocidade dos regimes de ventos de traves para Orientação da Pista. ....	63
Tabela 8- Resumo dos registos mensais da incidência de ventos no Aeroporto de Cascavel .....	74
Tabela 9- Resumo mensal da incidência de ventos no Aeroporto de Cascavel .....	90
Tabela 10- Tabela Climática de Cascavel .....	97
Tabela 11- Resumo dos comprimentos teóricos.....	107
Tabela 12- Resumo das marcações no sistema de pista .....	115

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

AC -	<i>Advisory Circular</i>
ACN -	Número de Classificação da Aeronave
ANAC -	Agência Nacional de Aviação Civil
DECEA -	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DNIT -	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FAA -	<i>Federal Aviation Administration</i>
HOTRAN -	Horário de Transporte
IAC -	Instrução de Aviação Civil
ICAO –	Organização Internacional da Aviação Civil
IFR -	Regas de Voo Por Instrumentos
PCN -	Número de Classificação do Pavimento
PDIR -	Plano Diretor Aeroportuário
RBAC -	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
RESA -	Área De Segurança De Fim De Pista
VRF -	Regra de Voo Visual

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	JUSTIFICATIVA.....	19
3	OBJETIVOS.....	22
3.1	OBJETIVOS GERAIS .....	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	23
4.1.	AVIAÇÃO CIVIL NO BRASIL .....	23
4.2	AEROPORTO .....	27
4.3	AEROPORTO DE CASCAVEL .....	30
4.4	AERONAVE DE PROJETO .....	42
4.5	VENTOS .....	53
4.6	CÓDIGO METAR.....	57
5	MATERIAIS E METODOS .....	60
5.1	MATERIAIS .....	60
5.2	MÉTODOS.....	61
5.2.1	Análise da orientação da pista de pouso.....	61
5.2.2	Análise das dimensões da pista de pouso e decolagem .....	64
5.2.3	Análise da manutenção de pista de pouso e decolagem.....	70
5.2.3.a)	<i>Programa de Gerenciamento de Pavimento Aeroportuário.....</i>	70
5.2.3.b)	<i>Remoção do acúmulo de borracha da pista de pouso e decolagem.....</i>	71
5.2.3.c)	<i>Marcações da Pista de Pouso e Decolagem.....</i>	72
5.2.3.d)	<i>Áreas Não Pavimentadas (Faixas de Pista de Pouso e Decolagem).....</i>	72
5.2.4	Área De Segurança De Fim De Pista (RESA).....	73
5.2.5	Análise das dimensões e configuração da pista de taxi e pátio de aeronaves.....	73
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	74
6.1	Análise da orientação da pista de pouso e decolagem .....	74
6.2	Análise das dimensões da pista de pouso e decolagem .....	96
6.3	Análise da manutenção de pista de pouso e decolagem.....	108
6.3.1)	<i>Programa de Gerenciamento de Pavimento Aeroportuário.....</i>	108
6.3.2)	<i>Remoção do acúmulo de borracha da pista de pouso e decolagem.....</i>	113
6.3.3)	<i>Marcações do sistema de Pista de Pouso e Decolagem .....</i>	114

6.3.4) <i>Áreas Não Pavimentadas (Faixas de Pista de Pouso e Decolagem)</i> .....	117
6.4 Área De Segurança De Fim De Pista (RESA).....	118
6.5 Análise das dimensões e configuração da pista de taxi e pátio de aeronaves.	118
7 CONCLUSÃO .....	120
ANEXO.....	129

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte aéreo é um dos segmentos econômicos mais dinâmico e de acelerado desenvolvimento no mundo. A globalização induz mudanças nos padrões de demanda por mobilidade, alterando os modos de relações políticas, econômicas e sociais, impulsionando continuamente o desenvolvimento do transporte aéreo. Destarte, o transporte aéreo perfaz notável papel, fomentando as relações econômicas e o intercâmbio de pessoas e mercadorias entre e intra nações (MCKINSEY & COMPANY, 2010; COUTO, et al., 2015; OXFORD ECONOMICS, 2016).

No Brasil o modal aéreo tem apresentado significativo crescimento do setor. Entre os anos de 2003 e 2008 o transporte aéreo obteve expressiva taxa de crescimento de 10%, ao passo que o PIB teve um índice de 4,7% (MCKINSEY & COMPANY, 2010). Ainda que o cenário nacional apresente desaceleração econômica, o setor aéreo vem demonstrando resiliência. De acordo com a ANAC (2015), o mercado de aviação civil regular manteve-se em crescimento (pouco mais de 1%) no mesmo período que em que o PIB sofreu retração (3,8%).

O nível de serviço, no entanto, não acompanhou o crescimento da demanda do setor aéreo, dado que a infraestrutura não progrediu no mesmo ritmo. Ademais, generalizando-se, os aeródromos brasileiros, entendidos como as superfícies, terrestre ou aquática, que possuam infraestruturas destinadas à aterragem, à decolagem e à movimentação de aeronaves, foram construídos há muitas décadas, em períodos no qual as medidas e exigências que norteavam a segurança operacional eram relativamente inferiores. As exigências de segurança operacional aumentaram e evoluíram nas últimas décadas acompanhando os desafios propostos pelo crescimento do transporte aéreo, o que sucedeu na identificação de não conformidades construtivas em diversos aeroportos brasileiros (MEDEIROS, 2009; MCKINSEY & COMPANY, 2010).

A existência de não conformidades normativas em aeroportos tornam a operação no aeródromo menos segura. De acordo com Medeiros (2009), não atender a todos os requisitos exigidos pelas normas e regulamentos expõe a aviação civil aos riscos de:



- Maior probabilidade de acidentes envolvendo aeronaves e aeroportos, e quando ocorrendo estes causam danos e prejuízos mais severos a instalações, equipamentos e pessoas;
- Corresponsabilidade civil da empresa operadora, órgão regulador e agentes no caso de ocorrência de acidentes;
- Exposição negativa da imagem do país no exterior;
- Perda da credibilidade da aviação civil junto a sociedade;
- Restrições por parte de organismos internacionais;
- Aumento do custo de seguros para operação de aeronaves;
- Limitação quanto ao porte e autonomia das aeronaves.

Sendo assim, para o aeroporto assegurar seus benefícios socioeconômicos é indispensável a garantia da infraestrutura necessária para satisfazer as demandas e operações com eficiência e segurança. A viabilidade e segurança das operações aéreas em um aeroporto dependem das conformidades às diretrizes especificadas pelos órgãos competentes, de forma a garantir a operação dentro dos parâmetros mínimos de segurança exigido para o modal.

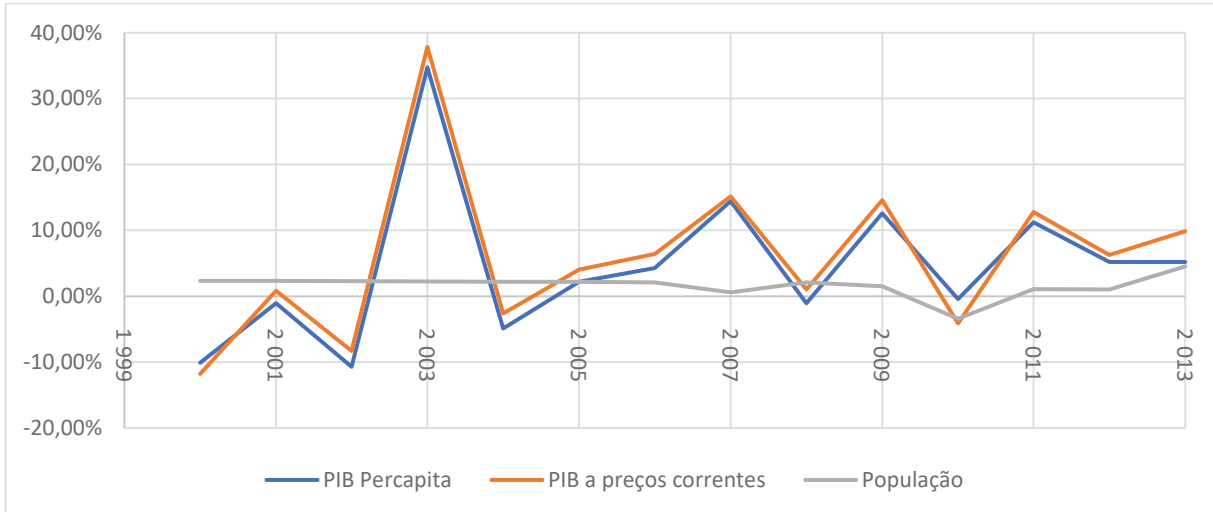
A cidade de Cascavel-PR, cidade no qual o aeroporto municipal será foco de estudo, é reconhecida como núcleo nas áreas de prestação de serviços de saúde, ofertando atendimentos nos mais diversos setores. Além disso, a cidade é destaque no setor universitário, além de deter números expressivos nos segmentos da agroindústria (MALDANER et al., 2007). A região do município de Cascavel é marcada pelo incentivo dos micros e pequenos empresários, que estão interessados em expandir seus negócios e qualificar sua mão-de-obra com o intuito de estender as suas relações comerciais com outros cantos do Brasil e exterior. Conformes os dados da Tabela 01, elaborada com os relatórios apresentados pelo IBGE (2017), verifica-se que no período de 1999 a 2013 a população do município cresceu em média 1,7%, o PIB 6,1% e o PIB per capita 4,4%. Portanto, a renda cresceu numa proporção maior que a população do município. Entre 2004 e 2013, em torno de 33 mil pessoas passaram a morar no município de Cascavel. De acordo com o Censo de 2010 (IBGE, 2010), Cascavel é a cidade mais populosa da região Oeste. Isso sugere que novos habitantes chegam a cidade todo ano e que, possivelmente movimentem a economia, e geram demandas por transportes (RIBEIRO & SOUZA, 2016).

**Tabela 1- População e Renda do município de Cascavel entre 1999 e 2013**

Ano	Produto Interno Bruto		População (Milhares de Habitantes)
	<i>Per capita</i> (Milhares de R\$)	A preços correntes (Bilhões de R\$)	
1999	5,36	1,36	242,99
2000	4,82	1,20	248,75
2001	4,77	1,21	254,54
2002	4,26	1,11	260,40
2003	5,74	1,53	266,33
2004	5,46	1,49	272,24
2005	5,58	1,55	278,19
2006	5,82	1,65	284,08
2007	6,66	1,90	285,78
2008	6,59	1,92	291,75
2009	7,42	2,20	296,25
2010	7,39	2,11	286,17
2011	8,22	2,38	289,34
2012	8,65	2,53	292,37
2013	9,10	2,78	305,62

**Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos do IBGE (2017)**

Ainda, a simples variação percentual do PIB, do PIB per capita e da população apresentados no gráfico da Figura 1 mostra que a variação do PIB e PIB per capita tem sido muito semelhante, enquanto a população tem variado em um estágio abaixo. Em síntese, a economia do município cresceu consideravelmente no período. A taxa de crescimento percentual da população foi aproximadamente 1,7% no período, ao passo que o PIB variou próximo ao PIB per capita e teve um crescimento médio de 6,1%. O desenvolvimento econômico na região vem resultando no aumento da demanda por meio de transporte ágil, eficiente e seguro. Por conseguinte, a boa infraestrutura é indispensável para que a região possa desenvolver e tirar toda forma de proveito dos seus potenciais.



**Figura 1 - Variação percentual da população, PIB, PIB por habitante em Cascavel (2000 – 2013)**  
 Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos do IBGE (2017)

Dentro desse contexto, reconhece-se a importância do aeroporto municipal de Cascavel Coronel Adalberto Mendes da Silva para o desenvolvimento político-econômico da região oeste paranaense, viabilizando a conexão com outras regiões do Brasil e do exterior.

Desta maneira, este trabalho se propõe a desenvolver a análise da infraestrutura da geometria e manutenção da pista de pouso e decolagem, pista de taxi e pátio de aeronaves do aeroporto municipal de Cascavel Coronel Adalberto Mendes da Silva, em caráter exclusivamente acadêmico, propondo-se ao estudo das não conformidades no sistema de pista do aeroporto e a proposição de soluções que visem mitigar possíveis problemas e adequar o nível de segurança operacional ao padrão estabelecido por normas e diretrizes.

## 2 JUSTIFICATIVA

A elevada quantidade de não conformidades construtivas, referentes à segurança operacional de uma pista de pouso e decolagem, pistas de taxi e pátios de aeronaves nos aeroportos brasileiros é um problema de longa data e de difícil solução, tendo em vista que envolvem grandes investimentos sem necessariamente trazer a visibilidade política (MEDEIROS, 2009).

De acordo com Graves & Jones (2013), a falta de conformidades no sistema de pista de aeroportos com as diretrizes e recomendações de agências reguladoras e consultivas podem resultar em:

- Durante as operações de pouso o toque da aeronave ocorra antes da cabeceira ou no qual a aeronave ultrapasse acidentalmente o fim da pista, a probabilidade de graves avarias e danos aos passageiros e tripulantes será maior, e a probabilidade de ocorrência deste tipo de acidente é majorada;
- Caso a aeronave saia da pista acidentalmente, durante o pouso ou decolagem ou durante o sobrevoo da faixa de pista, a probabilidade de colisão com objetos/obstáculos será superior;
- Caso uma aeronave durante o pouso realize arremetida com desvio para lateral, ou sobrevoo na lateral da faixa de pista a probabilidade de colisão com objetos/obstáculos será superior.

De acordo com Ashford (1992), pesquisas realizadas pela *Airline Pilots Association*, no período de 1967 a 1992, concluíram que 5% dos acidentes ocorrem em rota e 15% ocorrem nas aproximações dos aeroportos, normalmente no raio de 24 km do aeroporto. Os outros 80% ocorrem nas pistas de pouso e decolagem ou em suas áreas de ultrapassagem e zonas desimpedidas (*Clear Zones*).

De acordo com Monteiro et al. (2005), as variações e rajadas de vento quando muito intensas podem causar prejuízos materiais e ofertar risco a passageiros e tripulação. No caso de uma aeronave esta pode ter complicações em voo, especialmente quando estiver em procedimento para pouso ou decolagem. De acordo com a IATA (2014), entre 2009 e 2013, 28% da ocorrência de acidentes aeronáuticos no mundo foram devido a condições meteorológicas, sendo 50% dos casos relacionados a ventos: rajadas e mudanças de direção.

Neste ponto, a atuação dos ventos ganha destaque, uma vez que esta condicionante meteorológica interfere diretamente na aviação e operações no aeródromo, sendo que constitui um importante fator de influência no desempenho de aeronaves e na segurança de voo. Sendo assim, os regimes de ventos severos podem afetar os serviços de tráfego aéreo, responsável pelo controle das aeronaves, e a infraestrutura aeroportuária (JUNIOR, 2014).

As condições meteorológicas afetam a aviação em seus diversos níveis, como infraestrutura aeroportuária, aeronaves e navegação aérea. As consequências dessa interação vão desde danos materiais (acidentes), a operacionais (atrasos e cancelamentos), financeiros e fatalidades. A má gestão da infraestrutura aeroportuária, ou a defasagem da mesma, só vem a agravar a situação, levando a operações de risco nos aeródromos (MOSCATI, 2005).

Os aeroportos brasileiros em geral apresentaram uma grande expansão e desenvolvimento da demanda e atendimento, porém, o investimento na infraestrutura aeroportuária não acompanhou tal crescimento, o que resultou em infraestruturas defasadas e sem atendimento total as recomendações normativas e regulamentares, o que aumenta os riscos de acidentes e incidentes em aeroportos (MCKINSEY & COMPANY, 2010).

Os aeroportos regionais vêm sendo essenciais na ligação predominantemente entre cidades do interior, trazendo fluxo de passageiros a comunidades que, sem o modal, estariam isoladas e com grandes dificuldades para suportar ou alavancar seu desenvolvimento socioeconômico (TUROLLA, LIMA & OHIRA, 2011).

Aeroportos regionais têm o potencial de contestar alguns mercados concentrados, por meio de criação de concorrência, desafiando o oligopólio e estimulando o desenvolvimento local (TORRES & PORTUGAL, 2013). Para o aeroporto regional garantir seus benefícios socioeconômicos é importante a garantia da infraestrutura necessária para atender as demandas e operações com eficiência e segurança. A segurança e a viabilidade da operação aérea no aeroporto regional dependem das conformidades às normas estabelecidas pelos órgãos competentes, de forma a garantir sua operacionalidade dentro dos padrões mínimos de segurança exigidos para a modalidade (MEDEIROS, 2009).

Nem todas as não conformidades em sistemas de pistas são de difíceis soluções, quer seja para sua eliminação ou para a mitigação dos riscos envolvidos (MEDEIROS, 2009).

É necessário a evolução do sistema de pistas e investimentos na infraestrutura aeroportuária brasileira. O planejamento de obras que visem adequar a segurança e expandir a capacidade dos aeroportos deve iniciar pela análise detalhada da infraestrutura atual do aeroporto. Dessa forma, são determinadas as obras mais eficazes e viáveis para o futuro do sistema e aquelas que irão corrigir os problemas atuais de projeto, garantindo segurança e crescimento sustentável ao aeroporto (ALVES & FRAGA, 2012).

Segundos dados do Plano Estadual de Logística e Transporte do Paraná 2020 (PELT 2020) realizado pelo SEIL/PR (2014), o aeroporto de Cascavel apresenta uma das mais importantes movimentações de passageiros e aeronaves no estado do Paraná, sendo o principal aeroporto da região oeste paranaense.

Sendo assim, é indispensável elaboração de estudos que visem adequar os níveis de segurança em aeroportos civis. Tendo em vista à importância do aeroporto para o desenvolvimento regional, o crescimento que vem apresentando, e por ser um dos mais importantes aeroportos do Estado, este trabalho visa uma análise geométrica da infraestrutura do sistema de pista de pouso e decolagem do Aeroporto Municipal de Cascavel Coronel Adalberto Mendes da Silva.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho foi a realização do diagnóstico da geometria e da manutenção da infraestrutura da pista de pouso e decolagem, da pista de taxi e do pátio de aeronaves do Aeroporto Municipal Coronel Adalberto Mendes da Silva – Cascavel/PR.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaboração da rosa de vento típica para o aeroporto a partir de dados históricos de METAR;
- Análise do projeto geométrico do aeródromo através do estudo da variabilidade temporal do vento à superfície no aeródromo;
- Verificação das condições de manutenção no sistema de pista do aeroporto;
- Verificação da atual infraestrutura de pista do aeroporto quanto ao atendimento dos requisitos da aeronave de projeto;
- Proposição de medidas mitigatórias para elevar o grau de segurança operacional no sistema de pista, segundo os dados disponíveis para o estudo.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. AVIAÇÃO CIVIL NO BRASIL

A aviação civil no Brasil apresenta seus primeiros passos no início do Século XX. A dimensão continental do país, associada ao desprovisionamento de meios de comunicação e de transporte eficientes, constituía um mercado potencial para o desenvolvimento da aviação, o que formou as bases para a elaboração de políticas de incentivo ao modal aéreo como solução à integração do território nacional (RIBEIRO, 2011).

As primeiras concessões oficiais de linhas aéreas a iniciativas privadas para explorar o tráfego aéreo no Brasil, com o propósito de atender o usuário e à integração do território, se deu em janeiro de 1927 (MALAGUTTI, 2001; MCKINSEY & COMPANY, 2010; CNT, 2015). Com precariedade da infraestrutura o governo concedeu a autorização a empresas para construir aeródromos e pistas de pouso particulares ao longo de suas rotas, o que deixou um importante legado para a aviação comercial brasileira.

Contudo, com o crescimento da aviação civil no Brasil, fez-se necessário intensificar a fiscalização sobre o setor. Atendendo, então, à demanda de movimentos sociais e políticos que defendiam um poder aéreo unificado e uma Força Aérea independente e desvinculada da aviação civil nacional, criou-se o Departamento de Aviação Civil (DAC) em 1931, inicialmente subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas, até ser incorporado ao Ministério da Aeronáutica em 1941 (MALAGUTTI, 2001; CNT, 2015).

A aviação civil durante as décadas de 1940 e 1950 apresentou expansão do setor, no qual é marcada a abertura de novas empresas no pós-guerra, e seguido por um estágio de consolidação das empresas nacionais e concentração do mercado. (CASTRO E LAMY, 1993; MALAGUTTI, 2001; BETTING, 2005; RIBEIRO, 2011; CNT, 2015).

As conjunturas favoráveis ao crescimento de empresas levaram ao acréscimo de cidades atendidas pelo modal, expandindo a malha aérea pelo território nacional. Sobretudo, o ritmo de crescimento da oferta de voos regulares não foi seguido pelo



crescimento da demanda, provocando déficits na operação. O cenário foi agravado pelo incentivo dado ao modal rodoviário, que passou a ser concorrente direto da aviação civil (BIELSCHOWSKY & CUSTÓDIO, 2011; CNT, 2015).

A partir da década de 60, o cenário insustentável de baixa rentabilidade conduziu as empresas a cobrarem do Estado medidas que mitigassem a crise do segmento da aviação civil. Deste modo, um acentuado controle do governo sobre a aviação civil foi instaurado o qual permaneceu entre as décadas de 1960 e 1980, período denominado como “Regulação Estrita” e foi marcado pela interdição do governo sobre a competição, regulamentação da alocação das linhas aéreas entre as empresas e sobre o monitoramento das tarifas e preços (PALHARES, 2002; CASTRO & LARNY, 1993).

Nesse contexto, foram realizadas as Conferências Nacionais da Aviação Comercial (CONAC) que reuniram o setor privado e o governo federal objetivando determinar as diretrizes que atenuassem os obstáculos para o desenvolvimento das companhias aéreas e do modal (RIBEIRO, 2011; CNT, 2015).

As CONACs resultaram na criação da Rede de Integração Nacional (RIN), programa que consistia em uma política de concessão de subsídios às empresas que operassem rotas de baixa densidade de tráfego com o intuito de assegurar uma suplementação financeira. O programa foi extinto em 1977 devido a cortes orçamentários (MALAGUTTI, 2001; CNT, 2015).

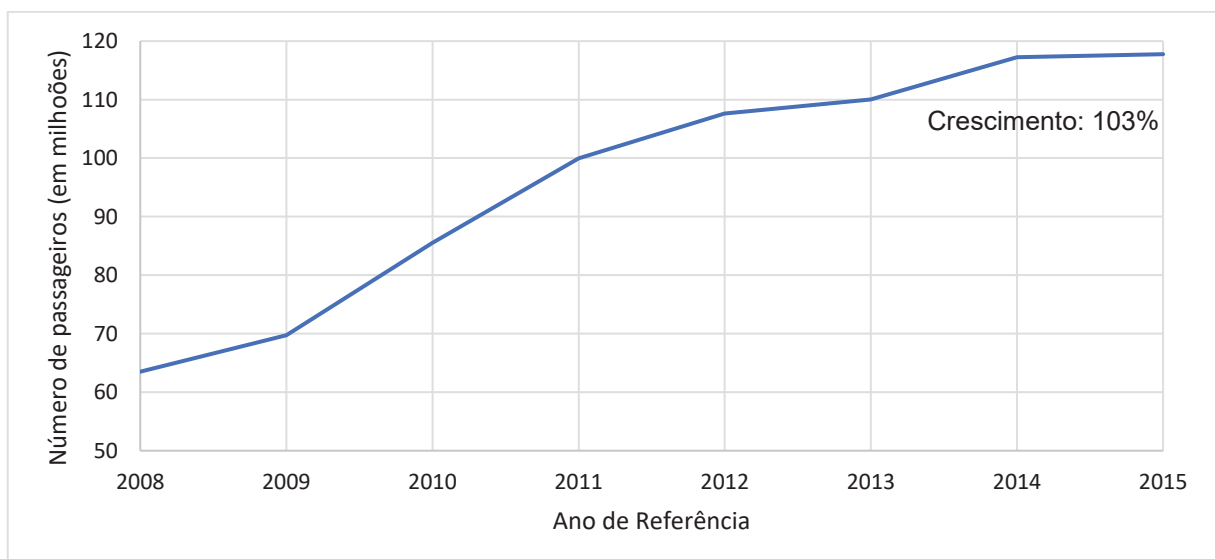
No início da década de 1990, devido a incapacidade do governo em controlar a elevada inflação e a falência das empresas, adotou-se uma nova estratégia: A desregulamentação gradual do setor (CASTRO & LARNY, 1993). A flexibilização do setor e as melhoras nas condições macroeconômica do país a partir de 2000 permitiram a entrada de novas empresas. O processo de modernização entrou em uma nova frase, marcada pela polarização do setor disputado pelas empresas com os modelos “*Low Cost, Low Fare*”. (OLIVEIRA, 2009; BIELSCHOWSKY E CUSTÓDIO, 2011).

As mudanças então implementadas no setor asseguraram melhorias na performance das companhias aéreas e a expansão do modal na escolha para deslocamento de passageiros e de cargas. A recuperação do crescimento econômico do país também colaborou para tornar o transporte aéreo mais acessível, fomentando o desenvolvimento do segmento (BIELSCHOWSKY & CUSTÓDIO, 2011; CNT, 2015).

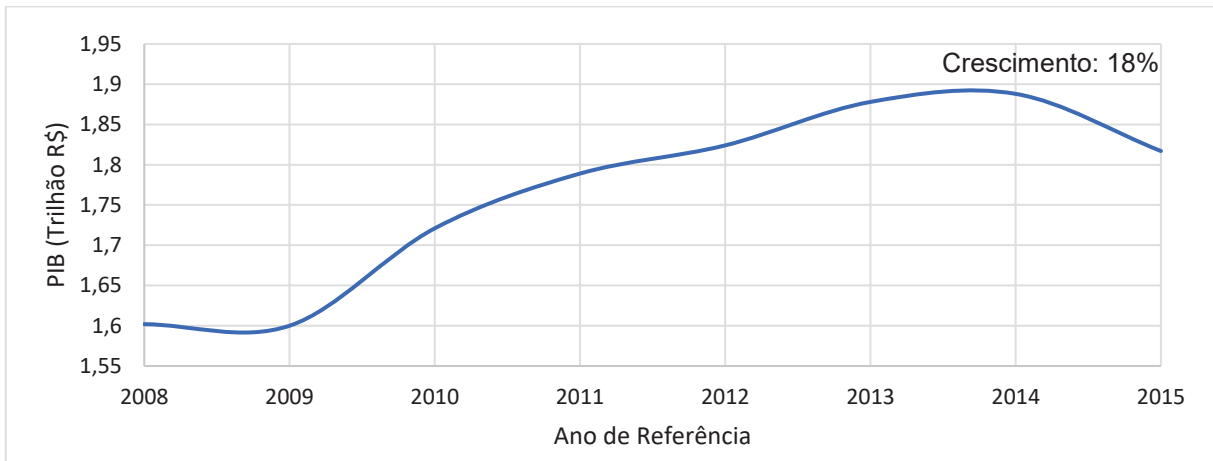
Em 2007, iniciou-se o macro programa de logística de transportes, no qual preocupou-se em implementar diretrizes que fortalecessem o setor da aviação civil vista a sua importância para a interiorização da atividade turística no Brasil (ANAC, 2016). Sendo assim, foram desenvolvidas linhas de ações que visavam a desconcentração dos fluxos aéreos no país, sendo fomentadas as linhas regionais e a ampliação de voos domésticos.

Segundo Couto et al. (2015), o crescimento do transporte aéreo para transporte de passageiros no Brasil deve-se a três fatores principais: a melhoria da renda familiar brasileira, a redução dos preços das passagens aéreas e a descentralização do setor da aviação civil – regionalização dos fluxos aéreos.

O ambiente de livre concorrência estimulou a inovação, a otimização de custos, a melhoria da eficiência e a manutenção da oferta em níveis compatíveis com o crescimento da demanda, o que resultou na evolução do setor nos últimos anos. De acordo com a ANAC (2016), a demanda doméstica do transporte aéreo de passageiros praticamente duplicou nos últimos anos, com alta de 103% entre os anos de 2007 e 2015 e com crescimento médio de 12,8% ao ano (Figura 2). No mesmo período verificou-se que a taxa de passageiros transportados representa mais de 5 vezes o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro do período (Figura 3).

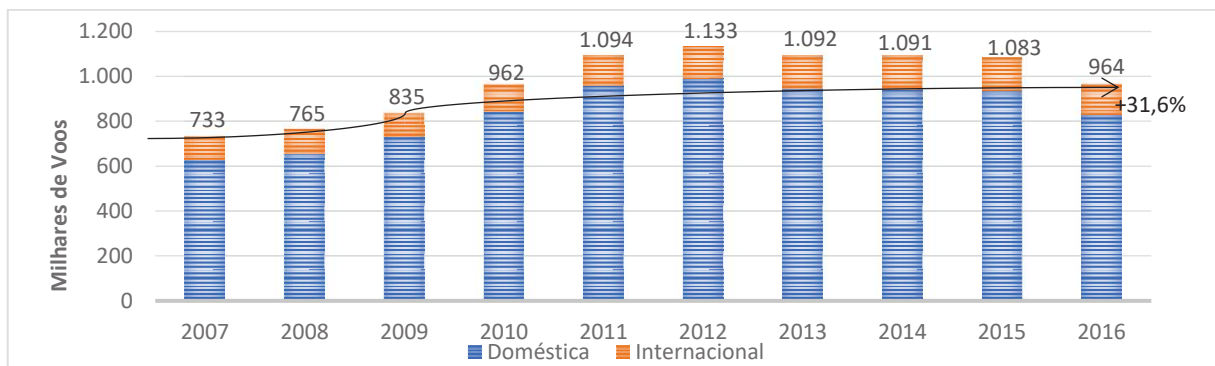


**Figura 2 - Número de Passageiros transportados em Aeroportos Brasileiros (2007-2015)**  
 Fonte: ANAC (2017)



**Figura 3 - Crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) Nacional no período de 2008 a 2015**  
 Fonte: WORLD BANK (2017)

Em 2015 e 2016, o transporte aéreo desenvolveu-se em um cenário de recessão econômica no Brasil, o que afetou diretamente a demanda por voos. A Figura 4 apresenta graficamente a evolução da quantidade de voos – mercados doméstico e internacional, entre o período de 2007 e 2016, demonstrando a redução da demanda em 2015 e 2016.

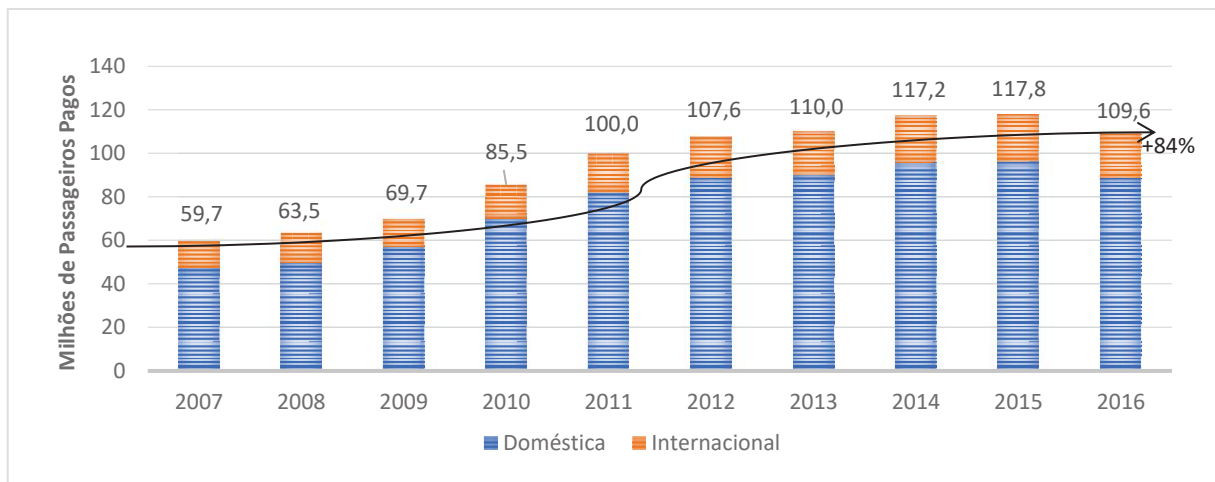


**Figura 4 - Evolução da quantidade de voos – mercados doméstico e internacional, 2007 a 2016**  
 Fonte: ANAC (2017)

De acordo com a ANAC (2017), em 2016 foram realizados 964 mil voos regulares e não regulares no Brasil, considerando o total das operações domésticas e internacionais, o que representa uma queda de 10,9% em relação a 2015 e aumento acumulado de 31,6% nos últimos 10 anos. No ano de 2016, o PIB brasileiro sofreu contração de 3,6% quando comparado com 2015, segundo ano consecutivo em queda.

O PIB é uma das mais importantes variáveis para mensurar o crescimento de uma economia. Nesse sentido, o efeito renda é um dos principais fatores que explicam a redução da demanda por transporte aéreo.

Considerando-se os voos domésticos e internacionais, as companhias brasileiras e estrangeiras transportaram 109,6 milhões de passageiros pagos em 2016. Após o alcançado nível recorde em 2015, com alta de 0,5%, o ano de 2016 apresentou a primeira queda dos últimos dez anos, de 6,9%. Em contrapartida, o resultado acumulado desde 2007 foi um crescimento de 84%, como apresentado no gráfico da Figura 5.



**Figura 5 - Evolução da quantidade de passageiros pagos transportados – Mercado doméstico e internacional (2007-2016)**

Fonte: ANAC (2017)

Desde 2010, o modal aéreo tem sido o principal meio de transporte utilizado para transporte de passageiros nas viagens interestaduais. Em 2007, a participação do transporte aéreo no transporte de passageiros interestaduais era de 41,3%, contra 58,7% do rodoviário. Em 2016 a participação do modal aéreo foi de 65,4%, frente 34,6% do rodoviário (ANAC, 2017).

## 4.2 AEROPORTO

A ANAC a partir do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC nº154/2012 define aeroporto como “todo aeródromo público dotado de instalações e facilidades para apoio a aeronaves e ao embarque e desembarque de pessoas e cargas”. Já o aeródromo é definido como o local, no solo, água ou área flutuante, que é designado a movimentação de aeronaves.

Aeroportos usam e ocupam amplas áreas no território onde instalam-se. Não somente para pistas, terminais de passageiros, pátios de estacionamento de aeronaves, hangares, facilidades de carga aérea, comissárias, estacionamento e vias de acesso, mas também para o uso e ocupação restritos de áreas sob as rotas de voo de aeronaves que a eles se destinam (SILVA, 2010).

De acordo com Ashford et al. (2011), o espaço que o aeroporto pode requerer é influenciado por:

- Características físicas e desempenho da aeronave que irá operar no aeroporto;
- Expectativa de volume do tráfego;
- Condições meteorológicas do local;
- Elevação do terreno referente ao nível do mar.

A escolha do sítio aeroportuário demanda uma exploração de alternativas de locação, levando em conta as peculiaridades dos sítios, condições ambientais onde estão inseridos, os possíveis obstáculos de voo, condições atmosféricas, viabilidade de aquisição do terreno, acessibilidade, distância dos polos econômicos e sociais, compatibilidade com o espaço aéreo e a demanda aeronáutica (SILVA, 2010).

Áreas desobstruídas de obstáculos no espaço aéreo são interessantes devido a segurança e eficiência operacional de um aeroporto. Ainda, deve-se considerar que os aeroportos não devem interferir na aproximação de voo de outros aeroportos. Os terrenos altos, árvores e estruturas altas devem ser evitadas nos locais de aproximação das aeronaves e áreas de segurança operacional. Da mesma forma, locais de atração de aves migratórias devem ser evitados. As informações meteorológicas e as séries históricas devem ser analisadas, pois podem revelar possíveis áreas susceptíveis a ventos fortes, turbulência, nevoeiro, tempestades, condições que devem ser evitadas por critérios de segurança (GRAVES & JONES, 2013).

Sendo assim, a locação geoespacial de um aeroporto está relacionado com a infraestrutura requerida pelo chamado lado aéreo. O lado aéreo inclui todas as áreas destinadas a circulação, operação e manutenção das aeronaves, sejam elas as pistas de pouso e decolagem, pista de taxi, pátios de manobra, hangares e áreas destinadas a segurança da operação no aeródromo (ASHFORD et al., 2011).

O projeto e as operações nos aeroportos devem cumprir normas e regulamentações para que possam operar de modo seguro e eficiente. Com este

propósito, organizações em esfera nacional e internacional foram criadas para estabelecerem regras que regem os projetos de aeroportos, assim como controlar o segmento da aviação civil dentro de suas instancias. As regras e diretrizes apresentadas pelas agências e departamentos nacionais e internacionais são frutos da análise de riscos de operações em aeródromos, e objetiva assegurar um elevado nível de segurança operacional no lado aéreo e terrestre do aeroporto (GRAVES & JONES, 2013).

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é a agência federal responsável por regular e fiscalizar as atividades da aviação civil e a infraestrutura aeronáutica e aeroportuária no Brasil. Criada pela lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005, vem substituindo o Departamento de Aviação Civil (DAC) desde 2006. As ações da ANAC se enquadram nas atividades de certificação, fiscalização, normatização e representação institucional. As normas técnicas e regulamentações da ANAC atendem os critérios da Convenção de Chicago, do qual o Brasil é signatário (ANAC, 2017).

A ANAC dispõe de diversos instrumentos utilizados para regulamentar a aviação civil brasileira: a) Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBACs); b) Regulamentos Brasileiros de Homologação Aeronáutica (RBHAs); e c) Instruções de Aviação Civil (IACs).

A ANAC por meio do RBAC-154/2012 determina as diretrizes para locação dos elementos do aeroporto que devem ser tomadas para elaboração de aeródromos públicos em terra. De acordo com o documento, a pista deve ser alocada de forma a promover adequada separação entre as aeronaves em voo, além de reduzir os atrasos no pouso, taxiamento e decolagem, sempre visando a segurança da operação no aeródromo. As pistas de táxi devem apresentar a menor distância segura entre o terminal de passageiros e o fim das pistas de pouso e decolagem, além de possuir dimensões adequadas, com angulações em relação a pista que permita a aeronave que pousou deixar a pista o mais breve possível, favorecendo o fluxo aéreo. Os pátios de manobras devem ser localizados próximos as pistas visando possibilitar que todas as aeronaves possam aguardar em fila a autorização para decolagem. O terminal de passageiro deve ser locado de maneira a reduzir as distâncias entre as cabeceiras de decolagem e diminuir a distância de taxiamento o máximo possível.

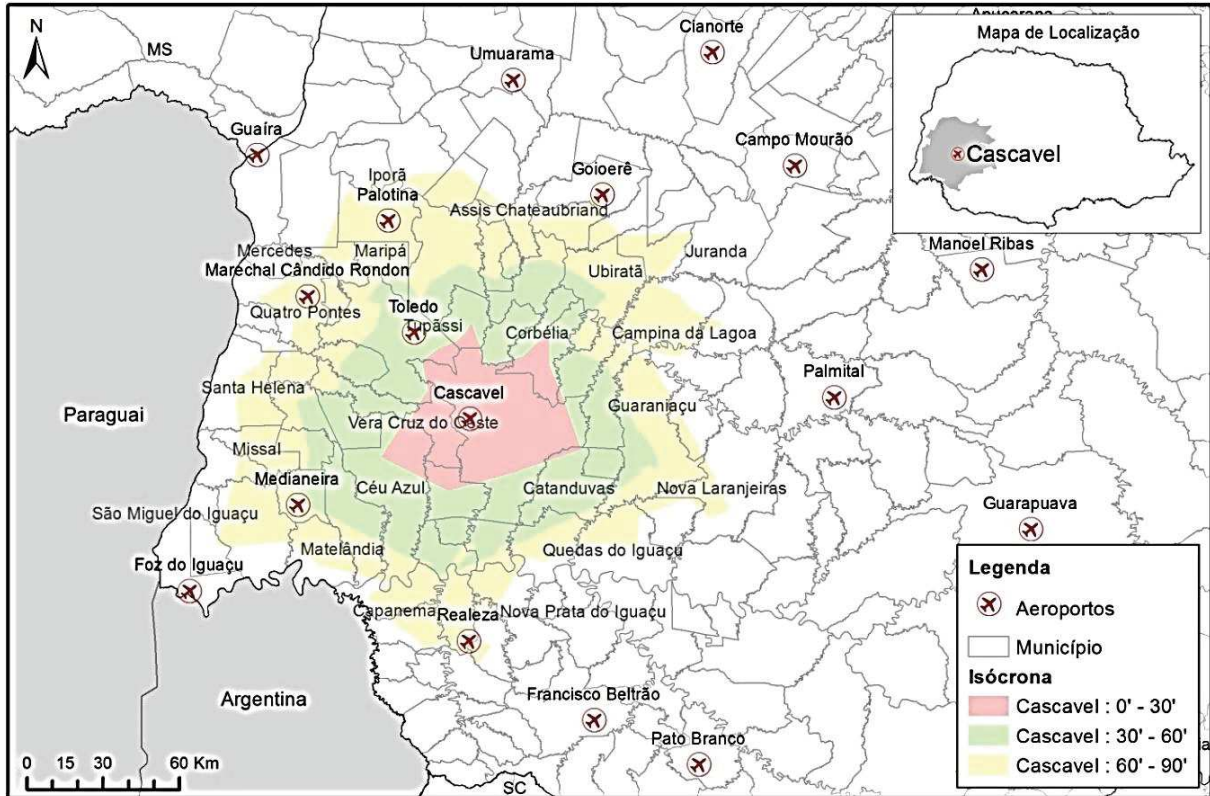
É importante citar as normas norte-americanas, preparadas pela *Federal Aviation Administration* (FAA), tendo em vista que influência diversas autoridades

aeronáuticas no mundo, inclusive o Brasil, devido ao poderio do mercado americano de aviação. Este é o órgão dos Estados Unidos responsável por todos os programas relacionados com segurança, fiscalização e regras no projeto, construção e operação dos aeroportos dos Estados Unidos. A FAA regula a aviação civil através da publicação de resoluções dos *Advisory Circulars (ACs)*, que servem de referência internacional.

A *International Civil Aviation Organization (ICAO)* é a organização mundial que tem como proposta desenvolver diretrizes e recomendações para assegurar a segurança, eficiência e a responsabilidade socioambiental e econômica do setor de aviação civil a nível mundial. A ICAO é uma agência especializada pertencente as Nações Unidas, estabelecida em 1944 para gerir e administrar a governança da Convenção sobre Aviação Civil Internacional, também conhecida como Convenção de Chicago (ICAO, 2017). A ICAO possui 191 países membros, sendo o Brasil um deles e também participante do conselho da organização. Dentre as diversas diretrizes previstas, a ICAO disponibiliza o Anexo 14 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, um dos mais importantes documentos que determina os padrões e práticas recomendáveis para o projeto de aeródromos (GRAVES & JONES, 2013).

#### 4.3 AEROPORTO DE CASCAVEL

O aeroporto Municipal de Cascavel Coronel Adalberto Mendes da Silva, situa-se na mesorregião oeste Paranaense. O aeródromo engloba 4, 26 e 53 municípios, respectivamente, em suas isócronas de 30, 60 e 90 minutos (Figura 6), sendo Cascavel (isócrona de 30 minutos) e Toledo (isócrona de 60 minutos) os principais núcleos urbanos.



**Figura 6 - Áreas de captação do Aeródromo de Cascavel**  
 Fonte: SEIL/PR (2014)

A área de atendimento do Aeroporto de Cascavel compreende também a presença de outros seis aeródromos: Toledo, na isócrona de 60 minutos, e Medianeira, Realeza, Palotina, Goioerê e Marechal Cândido Randon, na isócrona de 90 minutos.

No Paraná, de acordo com a ANAC (2016), ao total nove aeroportos operam ou já operaram voos regulares no Estado, são eles: Curitiba/São José dos Pinhais, Maringá, Londrina, Cascavel, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Guarapuava, Toledo e Umuarama. A localização de cada aeroporto está ilustrada na Figura 7.

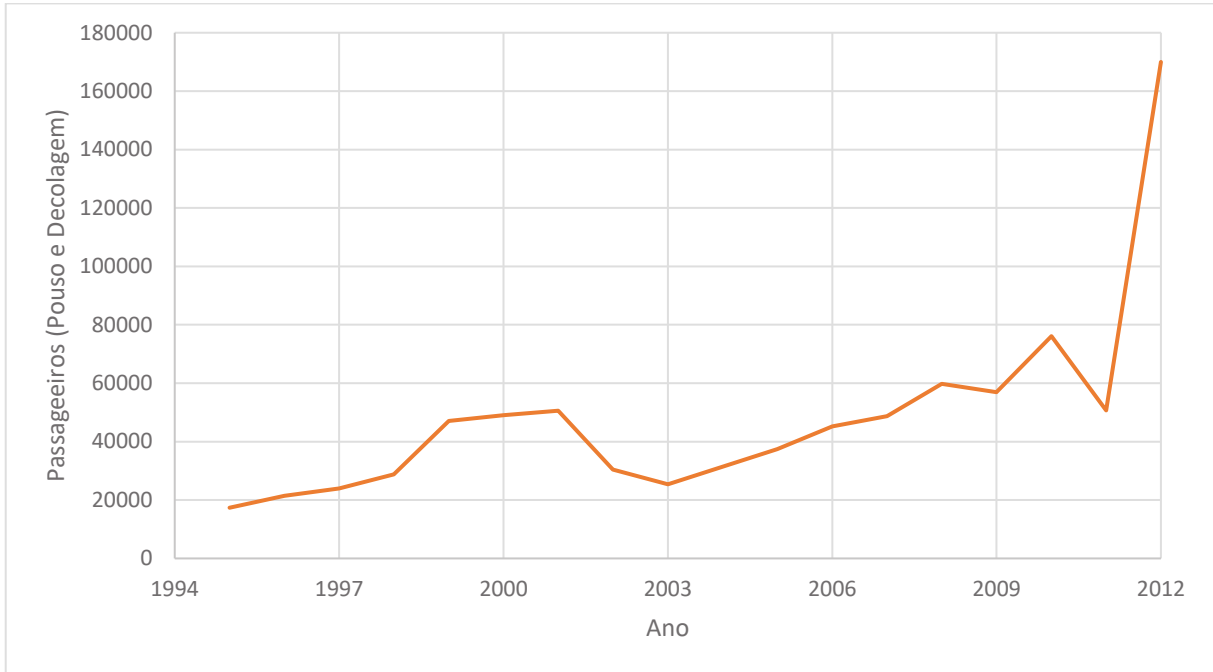




**Figura 7 - Aeroportos do Paraná que já operaram com voos regulares**  
**Fonte: SEIL/PR (2014)**

De acordo com o estudo elaborado pelo SEIL/PR (2014), em relação aos voos efetuados dentro do estado do Paraná, as principais rotas partem de Curitiba para Foz do Iguaçu, Cascavel, Londrina e Maringá e vice-versa. Tais cidades são as importantes capitais regionais do Estado e demandam conexões diretas com a capital do Estado, principalmente para fins políticos e comerciais.

O aeroporto de Cascavel apresenta uma importante movimentação de passageiros dentro do Estado, conectando a região oeste com a capital e o restante do Brasil. O desempenho do transporte aéreo de passageiros com origem e destino no Aeródromo de Cascavel, pode ser visualizado no gráfico da Figura 8. O crescimento médio do número de passageiros no período compreendido entre 1995 e 2012, foi de 9,5 mil passageiros/ano. A redução de passageiros durante o período de 2011 deve-se ao longo período em que o aeroporto ficou fechado devido obras de ampliação da pista. Os números registrados em termos de passageiros permitem constatar evolução da demanda por serviços aéreos, criando-se a expectativa de maior integração deste aeródromo à malha aérea comercial de transporte de passageiros do estado (SEIL/PR, 2014).



**Figura 8 - Número de passageiros (Embarque e Desembarque) por ano – Aeródromo de Cascavel**  
**Fonte: SEIL/PR (2012)**

A história do aeroporto municipal de Cascavel tem início na década de 30, onde em meados de 1937 deu-se início aos voos do correio Aéreo Nacional em Cascavel, o marco do início da aviação civil no município. De acordo com o Museu de imagem e som de Cascavel (2017), o campo para pouso era localizado entre as atuais ruas Pio XII e Manoel Ribas e era coberto de grama e terra. As Figuras 9,10, 11 e 12 apresentam-se algumas fotos históricas do aeroporto disponibilizadas pelo Museu da Imagem e do Som de Cascavel.



**Figura 9 - Pista de pouso local que se localiza a atual Praça do Migrante.  
Fonte: MIS (2017)**



**Figura 10 - Reforma e Construção do Aeroporto de Cascavel – 1997  
Fonte: MIS (2017)**



**Figura 11 - Aeroporto de Cascavel - Anos 90**  
Fonte: MIS (2017)



**Figura 12 - Cabeceira da Pista do Aeroporto de Cascavel - Anos 90**  
Fonte: MIS (2017)

O Aeroporto Coronel Adalberto Mendes da Silva, atual aeroporto municipal de Cascavel, foi inaugurado no dia 02 de janeiro de 1953. A primeira operação aconteceu após nove dias da inauguração, com um avião Douglas DC3, dando início a primeira linha regular do município. Em 1959, o Prefeito Otacílio Mion buscou recursos junto aos órgãos federais para a reforma do aeroporto, objetivando um aeroporto de porte internacional. As obras até tiveram início, porém o projeto foi suspenso pela ditadura militar (MIS, 2017).

Em 1976, o Aeroporto Municipal de Cascavel - Coronel Adalberto Mendes da Silva (CAC/SBCA) realizou a primeira grande reforma, para receber o General Presidente Ernesto Geisel. O aeródromo com dimensões de 1615 metros de comprimento e 30 metros de largura foi asfaltado e inaugurado no dia 12 de novembro de 1977. Desde então, o aeroporto realiza operações, porém apenas após os anos 2000 o aeroporto ganhou destaque como meio de transporte na região.

Atualmente o aeroporto é administrado pela CETTRANS- Companhia de Engenharia de Transportes e Trânsito de Cascavel, empresa pública municipal de administração indireta. Pertence a união e possui uma área de 129,16 ha. O aeroporto está na área de atendimento das malhas viárias: PR-486, PR-180, BR-277, BR-369, BR-467 e BR 163. O código aeroportuário (ICAO), que designa aeroportos em todo o mundo, definido pela Organização da Aviação Civil Internacional para o aeroporto de Cascavel é SBCA, e possui código de referência 3C.

O aeroporto está situado a 8 km sudoeste do centro da cidade de Cascavel e posiciona-se ao lado da malha urbana (Figura 13 e 14). O vetor de crescimento da malha urbana dá-se no sentido oeste do município. A área onde o sítio aeroportuário está inserido é de uso rural e urbano. Existem algumas habitações residenciais próximas à cabeceira 15, do outro lado da BR-277, o que é um limitador físico para a expansão da pista neste sentido. O mapa de localização e acessos do Aeroporto pode ser visto no Anexo A.



**Figura 13 - Localização do Aeroporto Municipal de Cascavel**

Fonte: Google Earth (2017)



**Figura 14 - Aeroporto Municipal de Cascavel**

Fonte: Google Earth (2017)

A operação permitida na pista é do tipo VFR (Regras de Voos Visuais) e IFR Não Precisão (Regras de Voos por Instrumentos) diurno e noturno. O aeroporto opera com voos da aviação regional e da aviação doméstica, não operando voos da aviação

internacional. As empresas que operam atualmente no aeroporto são Passaredo Linhas Aéreas e Azul Linhas Aéreas (CETTRANS, 2017).

A pista de pouso e decolagem é revestida com asfalto padronizado com dimensão 1780 metros de comprimento e 45 metros de largura. A pista tem suporte ACN/PCN (*Pavement Classification Number*) de 25/F/A/X/T, ou seja, é um pavimento flexível, de alta resistência com uma pressão admissível considerada média. As cabeceiras da pista recebem designação 15 (24°59'40,3"S e 53°30'27"W), e 33 (25°00'21"S e 53°29'42,4"W). Os azimutes das cabeceiras 15 e 33 são respectivamente 132°22'49,97"/312°22'49,90". A pista está na altitude de 754 m.

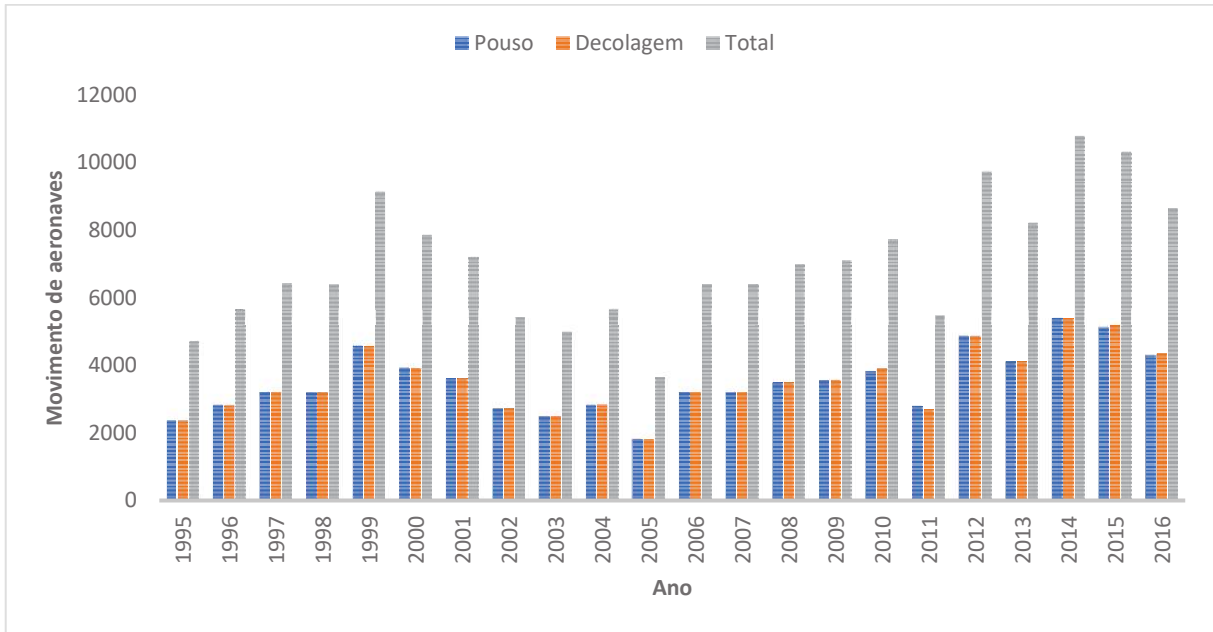
Há dois pátios de aeronaves. Ambos atendem a aviação regular e são revestidos com asfalto que possuem o mesmo ACN/PCN da pista. Um dos pátios possui dimensão de 150 m por 79 m, com área de 11.850m<sup>2</sup>. O outro pátio possui dimensão 250m por 50 m, com área de 12.500 m<sup>2</sup>.

De acordo com a administração aeroportuária, a infraestrutura do aeroporto ainda sofre adequação importante, a construção de um novo terminal de passageiros com cerca de 2.500 m<sup>2</sup> e capacidade para 450 mil passageiros por ano.

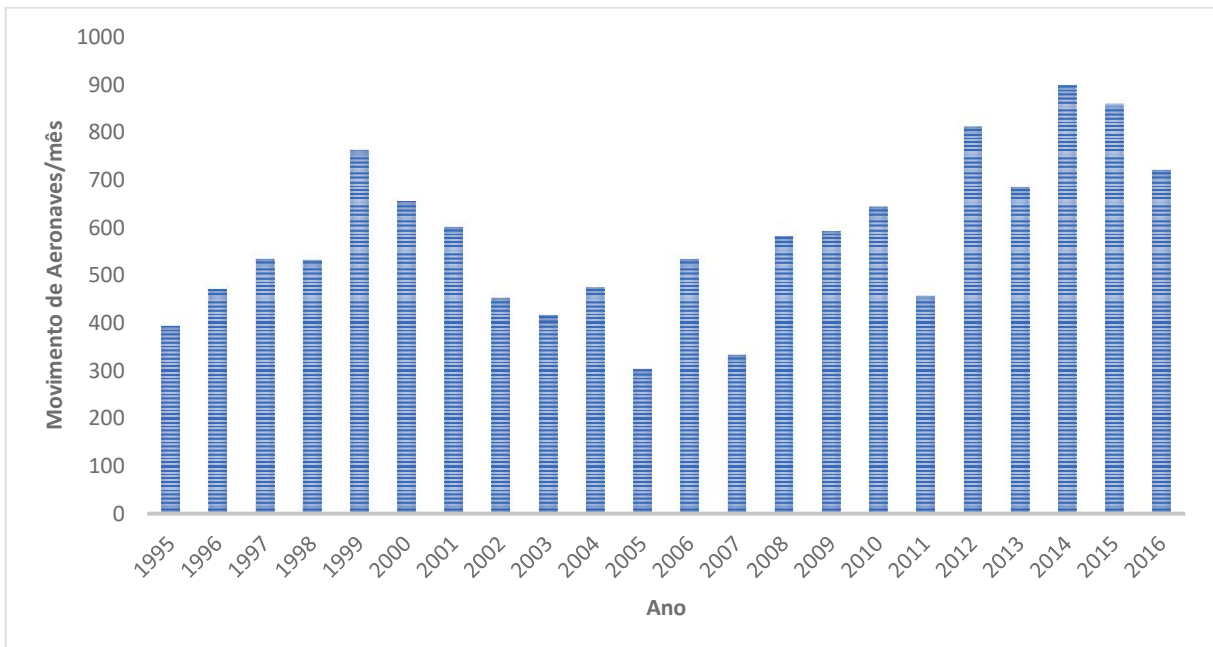
Segundo a SEIL/PR (2014), o aeroporto de Cascavel apresenta um fluxo acima da média da maioria dos aeródromos, mesmo que esteja distante dos aeródromos líderes em movimentação, como Maringá, Londrina, Foz de Iguaçu e São José dos Pinhais. Os registros em termos de passageiros e de voos permitem constatar evolução da demanda por serviços aéreos a partir de 2007, criando-se a expectativa de maior integração deste aeródromo à malha aérea comercial de transporte de passageiros do Estado. Devido a recessão econômica, o aeroporto apresentou déficit na movimentação de aeronaves e passageiros a partir de 2015.

Os gráficos das Figuras 15 e 16 apresentam o desempenho do transporte aéreo de passageiros com origem e destino no Aeroporto de Cascavel. Entre os anos de 2008 e 2014 o aeroporto acompanhou o cenário nacional de desenvolvimento e expansão da aviação civil. A redução do movimento no aeroporto nos anos de 2011 e 2013 é devido ao fato de o aeródromo de Cascavel passar por obras na pista, com o alargamento de 30 para 45 metros e a extensão para 1.780 metros de comprimento, o que levou a paralização das operações no aeroporto. Em 2015 e 2016, o modal aéreo na região teve déficit na demanda por voos, reflexo do cenário de recessão econômica nacional. Apesar da redução da movimentação no aeroporto, de acordo

com a Urban System (2015) o aeroporto de Cascavel está entre os dez aeroportos regionais com maior potencial de desenvolvimento econômico do país.



**Figura 15 - Estatística do movimento de Aeronaves no Aeroporto Municipal de Cascavel SBCA**  
Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos com a Administração Aeroportuária



**Figura 16 - Movimento Médio mensal de Aeronaves no Aeroporto Municipal de Cascavel SBCA**  
Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos com a Administração Aeroportuária

No contexto de segurança operacional do aeroporto é importante ressaltar a ocorrência de acidentes e incidentes no aeródromo. No aeroporto de Cascavel há registros de acidentes devido as condições meteorológicas na superfície da pista, conforme alguns exemplos comentados abaixo.



O CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) é o órgão central do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, que tem por finalidade planejar, gerenciar, controlar e executar as atividades relacionadas com a prevenção e investigação de acidentes aeronáuticos. De acordo com o CENIPA (2012) a Aeronave PT-GKQ, modelo EMB-110P, durante a realização do procedimento de descida no aeródromo SBCA, no dia 10 de maio de 2010, colidiu contra o terreno a uma distância de 700 metros da cabeceira da pista 33. No horário do acidente, o aeroporto estava com condições meteorológicas abaixo dos mínimos previstos para operação com ventos a 330º e velocidade média de 15 kts. A Figura 17 mostra a aeronave após o acidente.



**Figura 17- Aeronave PT-GKQ após acidente no Aeroporto de Cascavel em Maio de 2010**  
Fonte: CENIPA (2012)

De acordo com o CENIPA (2014), a aeronave PR-ATH, modelo ATR-72, no dia 28 de setembro de 2012, ultrapassou o limite lateral esquerdo da pista do aeródromo. Segundo o relatório:

Durante a aproximação para pista 33 foi executado um procedimento de arremetida devido ao forte vento lateral e turbulência até próximo ao toque na pista. Após a arremetida, foi realizado novo tráfego e o pouso ocorreu no centro da pista. Entretanto, durante a corrida de

desaceleração a aeronave ultrapassou o limite lateral esquerdo da pista e na correção, ultrapassou o limite lateral direito, retornando posteriormente ao centro desta (CENIPA, 2014).

A Figura 18 mostra o rastro da aeronave deixada na pista durante o evento de excursão. A Figura 19 mostra o momento em que a aeronave sai da pista.



**Figura 18 - Rastro deixado pela aeronave após excursão da pista**  
Fonte: CENIPA (2014)



**Figura 19 - Incidente com aeronave durante operação de pouso no aeroporto de cascavel.**  
Fonte: G1(2012)

Além dos incidentes e acidentes, os ventos são responsáveis por problemas de operação do aeroporto, o qual se expressa no representativo número de

cancelamentos e atraso de voos em Cascavel. Tais eventos evidenciam que condições adversas meteorológicas, mesmo que pontuais, afetam a aviação no aeródromo em seus diversos níveis, como infraestrutura aeroportuária, aeronaves e navegação aérea.

Um dos importantes instrumentos utilizados para aumentar a segurança do transporte aéreo é a análise e entendimento de seus acidentes e incidentes (MOSCATI, 2005). Neste contexto, para reduzir os eventos e amenizar os impactos no aeródromo é necessário desenvolver estudos que visem apresentar medidas que realizem o diagnóstico da infraestrutura e tragam melhorias, tornando o aeroporto mais seguro a condições adversas.

#### 4.4 AERONAVE DE PROJETO

As aeronaves exercem um papel de suma importância no cenário aeroportuário. O conhecimento de suas características, seus requerimentos e seus aspectos de operação são indispensáveis na elaboração de um projeto ou mesmo no planejamento de um aeroporto (GRAVES & JONES, 2013).

A compatibilidade entre aeronaves e aeródromos deve ser levada em consideração por todos que atuam no planejamento, projeto e operação de aeroportos, assim como para aqueles que projetam e operam as aeronaves. A ausência da compatibilidade prejudica a operação do modal aéreo, tendo como consequência a redução nos níveis de segurança no sistema de pistas e na capacidade das instalações (ASHFORD, et al., 2011).

Para o dimensionamento das estruturas do lado aéreo do aeroporto, deve-se classificar os aeroportos de acordo com a aeronave, ou grupo de aeronaves, que demande as condições mais críticas em termos de geometria e infraestrutura, chamadas aeronaves de projeto, ou aeronaves críticas (GRAVES & JONES, 2013). De acordo com a ANAC (2012) por via do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil- RBAC 154, e Comando Da Aeronáutica (2015) por meio da Instrução do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) ICA 63-19, a aeronave crítica ou de projeto é:

Aeronave em operação, ou com previsão de operar em um aeródromo, que demande os maiores requisitos em termos de configuração e dimensionamento da infraestrutura aeroportuária, em função de suas características físicas e operacionais (ANAC, 2012; DECEA, 2015).

Em resumo, a literatura apresentada por Horonjeff et al. (2010), Ashford et al. (2011), e Graves & Jones, (2013), a Tabela 2 correlaciona algumas características físicas da aeronave com o a característica física do aeroporto.

**Tabela 2 - Correlação entre característica física do aeroporto e as das aeronaves**

<b>CARACTERÍSTICA DA AERONAVE</b>	<b>CARACTERÍSTICA DO AEROPORTO</b>
Bitola e envergadura	Largura de pista
Base e bitola	<i>Fillets</i> (sobre largura)
Posição da turbina mais externa	Acostamento
Envergadura e comprimento da aeronave	Separações
Trem de pouso e velocidade da aeronave	Gradiente de pista
Peso e trem de pouso	Pavimento
Envergadura	Gates
Altura de porta	Pontes de embarque
Posição do piloto e altura da cabine	Balizamento (sinalização)
Posição do ponto de alimentação na aeronave	Hidrantes de combustível
Comprimento e largura da fuselagem	Veículos de combate a incêndios

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Sendo assim, para a melhor compreensão das necessidades do aeroporto o projetista ou planejador necessita conhecer e compreender as tendências da velocidade, tamanho, requisitos de pista e outros aspectos das aeronaves que levam a critérios específicos para a operação da aeronave (HORONJEFF ET AL., 2010).

De acordo com a Administração aeroportuária da CEETRANS, a aeronave de projeto do Aeroporto Municipal Coronel Adalberto Mendes da Silva – Cascavel/PR, é o Boeing 737-700. O modelo 737-700 foi lançado pela Boeing em novembro de 1993, e recebeu a certificação de tipo da FAA em 7 de novembro de 1997. As Autoridades Comuns da Aviação da Europa validaram o modelo em 19 de fevereiro de 1998. O 737-700 pode transportar de 126 a 149 passageiros (BOEING, 2013). A Tabela 3 apresenta um resumo das características da aeronave, baseado nas informações do fabricante.

Tabela 3 - Características gerais do Boeing 737-700

CARACTERÍSTICA	DIMENSÃO
Passageiros	126 a 149
Carga	966 pés cúbicos (27,3 m <sup>3</sup> )
Motores (Empuxo máximo)	CFM56-7BE 26,100 lb
Capacidade máxima para combustível	6.875 galões (26.020 litros)
Máximo peso na decolagem	154,500 lb (70,080 kg)
Alcance máximo	3.010 nm <sup>1</sup> (5.570 km)
Velocidade de cruzeiro típica (a 35.000 pés)	Mach 0.781
Dimensões básicas Envergadura da asa	112 ft 7 in (34.3 m)
Com <i>winglets</i>	117 ft 5 in (35.7 m)
Comprimento	110 ft 4 in (33.6 m)
Altura da cauda	41 ft 2 in (12.5 m)
CARACTERÍSTICA	DIMENSÃO
Largura do interior da cabine	11 ft 7 in (3.53 m)
Largura externa do corpo	12 ft 3 in (3.73 m)

Fonte: Adaptada a partir de dados fornecidos pela BOEING (2013)

O peso de uma aeronave é uma das características essenciais para o dimensionamento e análise do comprimento de pista para as operações de pouso e decolagem em aeroportos (GRAVES & JONES, 2013). Sendo assim, define-se a partir do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC nº154/2012:

- Peso Operacional Vazio (POV): Peso da aeronave acrescido de todos os equipamentos necessários ao voo, excluídos a carga paga e o combustível;

- Peso Zero Combustível (PZC): É o peso de total da aeronave, com a carga, sem o combustível;
- Carga Paga (CP): É o peso composto pela soma dos pesos dos itens que produzem renda para o transportador, tais como: passageiros e bagagens, carga e correio;
- Carga Paga Máxima Estrutural (CPM): É o peso máximo da carga paga.
- Peso Máximo de Rampa (PMR): É o peso máximo autorizado para a aeronave manobrar no solo;
- Peso Máximo Estrutural de Decolagem (PMED): É o peso máximo autorizado para decolagem por razões de integridade estrutural;
- Peso Máximo Estrutural de Aterrisagem (PMEA): É o peso máximo autorizado de modo a garantir a integridade do conjunto dos trens de pouso.

A tabela 4 apresenta as características do Boeing 737-700 que devem ser levadas em conta no dimensionamento do comprimento de pistas de pouso e decolagem. A tabela 4 é um resumo das informações prestadas no manual técnico da fabricante.

**Tabela 4- Características do Boeing 737-700 utilizados para o dimensionamento da pista**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DIMENSÃO</b>
Peso Máximo de Rampa (PMR) *	133.500 lb (60.555 kg)
Peso Máximo Estrutural de Decolagem (PMED) *	133.000 lb (60.328 kg)
Peso Máximo Estrutural de Aterrisagem (PMEA) *	128.000 lb (58,060 kg)
Peso Zero Combustível (PZC):	120.500 lb (54.658 kg)
Peso operacional vazio (POV)	83.000lb (37.648 kg)
Volume Útil do Deck Inferior.	966 ft <sup>3</sup> (27,4 m <sup>3</sup> )
Carga Paga Máxima Estrutural (CPM)	37.500 lb (17.010 kg)
Carga máxima de combustível	46.03 lb (20.894 kg)
Volume máximo de combustível	6.875 gal (26.022 l)
*Valores para dimensionamento e planejamento de aeroportos	

**Fonte: Adaptado de BOEING (2013)**

Devido as características de desempenho e dimensões dessa aeronave, disponibilizadas no guia *737 Airplane Characteristics for Airport Planning* disponibilizado pela Boeing (2011), o código de referência do aeródromo é 4C. As dimensões, locação, cargas, e outras informações do Boeing 737-700 importantes

para o dimensionamento e organização do layout de um aeroporto são mostrados nas Figuras 20-27, obtidas do manual da Boeing (2013).

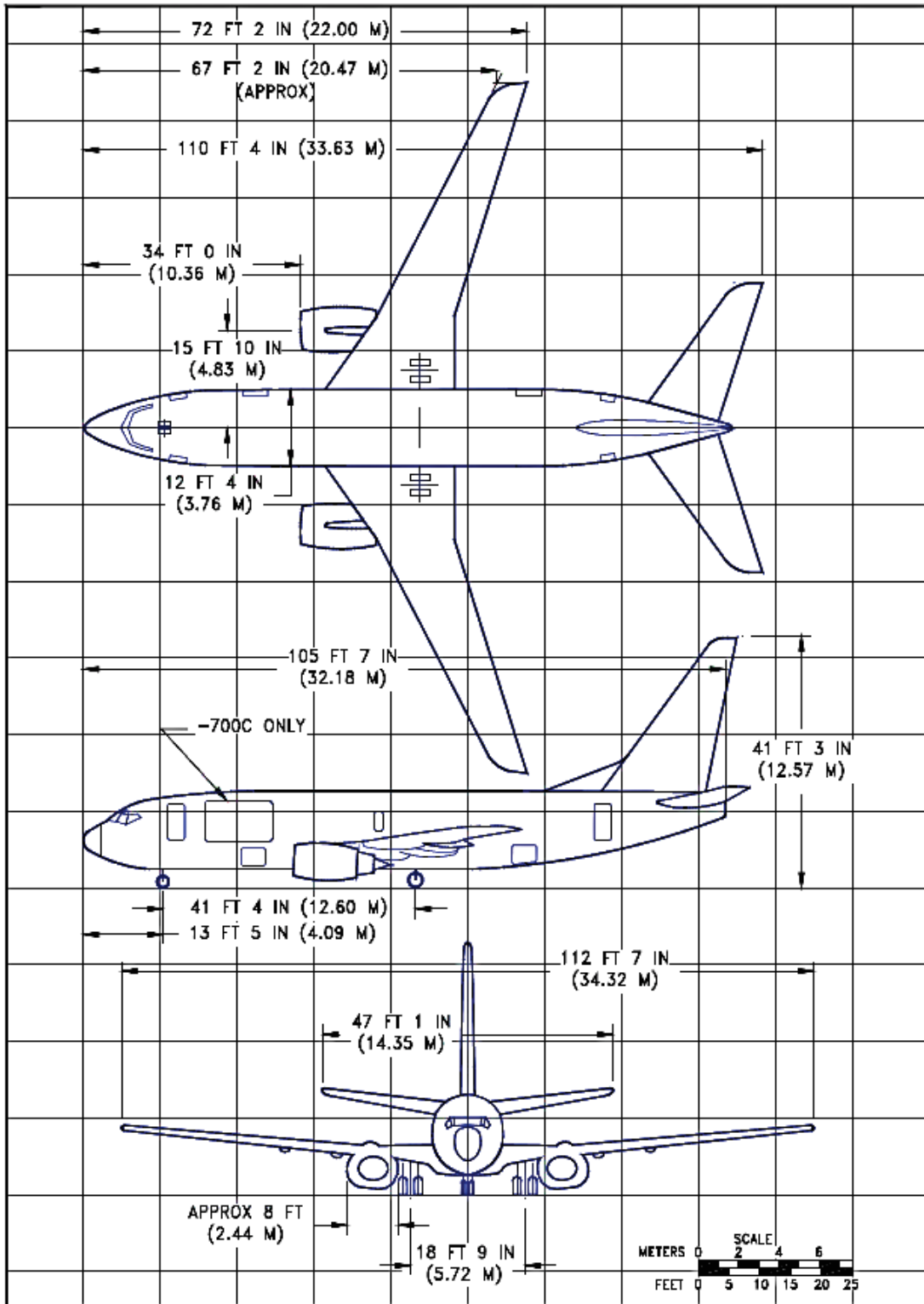
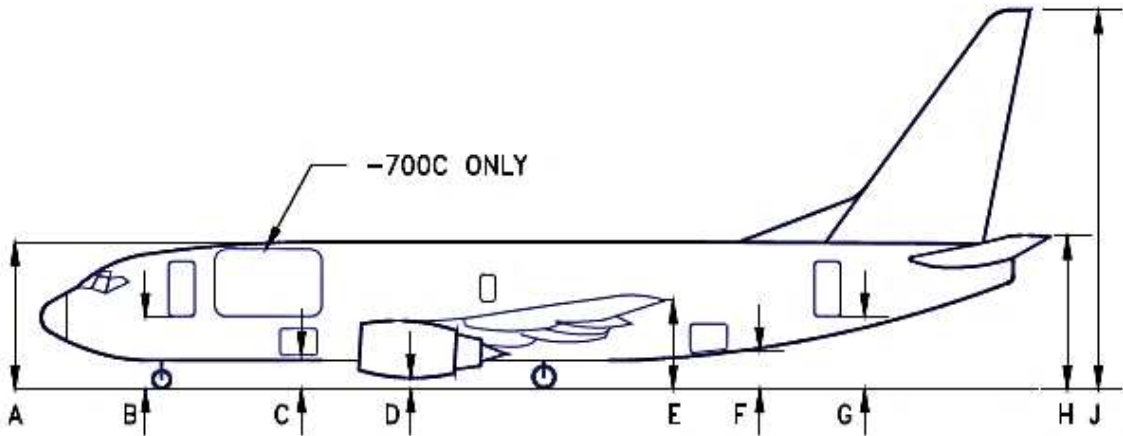


Figura 20 -Dimensões da aeronave Boeing 737-700

Fonte: BOEING (2013)



DESCRIPTION	737-600				737-700, -700C				
	MAX (AT OEW)		MIN (AT MTW)		MAX (AT OEW)		MIN (AT MTW)		
	FT - IN	M	FT - IN	M	FT IN	M	FT IN	M	
A	TOP OF FUSELAGE	18 - 2	5.54	17 - 8	5.38	18 - 3	5.56	17 - 9	5.41
B	ENTRY DOOR NO 1	9 - 0	2.74	8 - 6	2.59	9 - 0	2.74	8 - 6	2.59
C	FWD CARGO DOOR	4 - 9	1.45	4 - 3	1.30	4 - 9	1.45	4 - 3	1.30
D	ENGINE	2 - 0	0.61	1 - 6	0.46	2 - 0	0.61	1 - 6	0.46
E	WINGTIP	12 - 9	3.89	11 - 11	3.63	12 - 9	3.89	11 - 11	3.63
F	AFT CARGO DOOR	5 - 10	1.78	5 - 4	1.63	5 - 10	1.78	5 - 4	1.63
G	ENTRY DOOR NO 2	10 - 2	3.10	9 - 8	2.95	10 - 2	3.10	9 - 8	2.95
H	STABILIZER	18 - 5	5.61	17 - 11	5.46	18 - 5	5.61	17 - 11	5.46
J	VERTICAL TAIL	41 - 8	12.70	40 - 10	12.45	41 - 7	12.67	40 - 10	12.45

Figura 21 - Distâncias mínimas do Solo  
 Fonte: BOEING (2013)

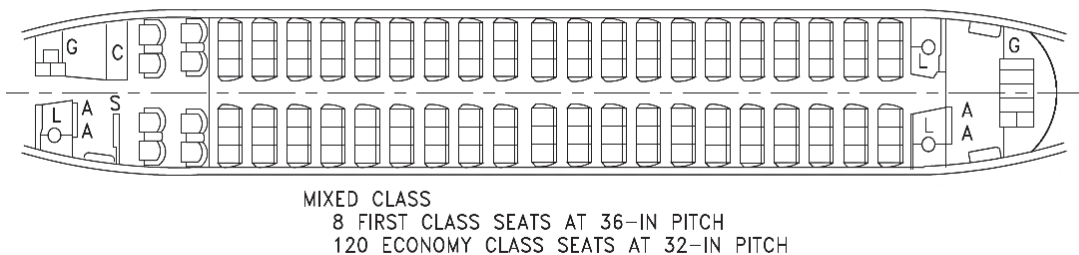
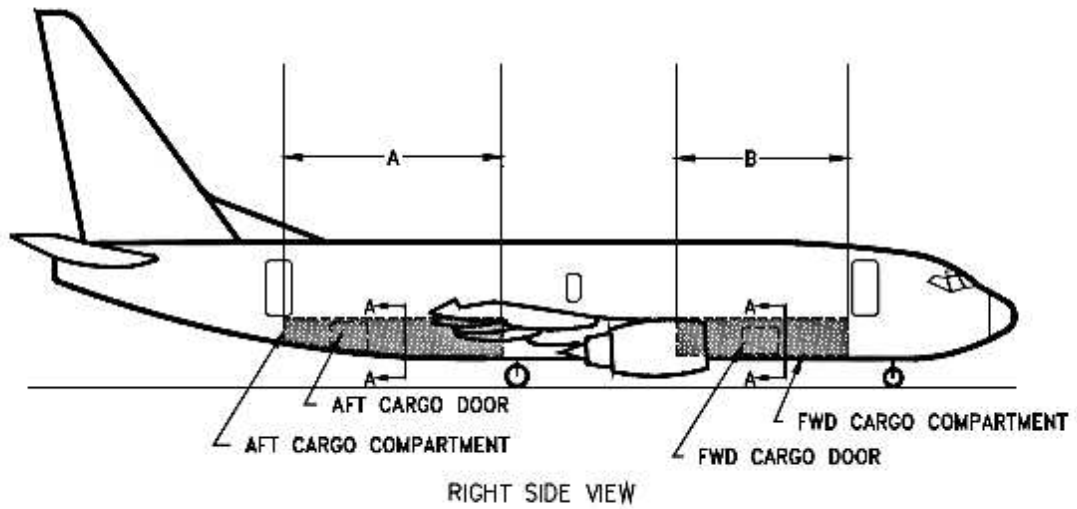
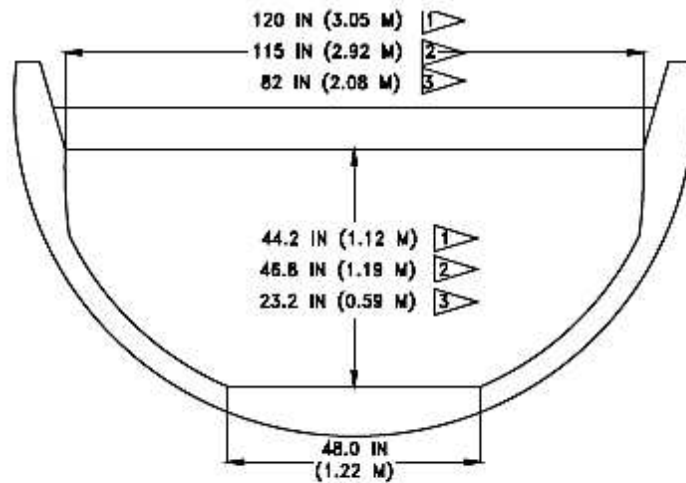


Figura 22 - Arranjo interior da Aeronave  
 Fonte: BOEING (2013)



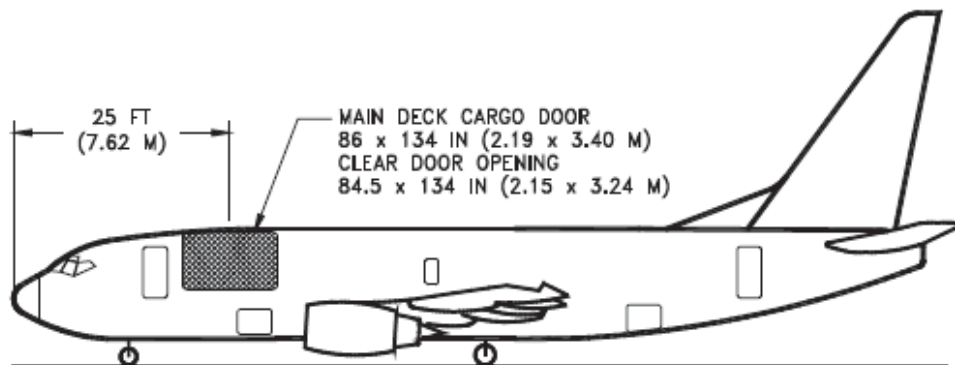


AIRPLANE MODEL	DIMENSION A	DIMENSION B
737-100	18 FT 3 IN (5.56 M)	11 FT 7 IN (3.53 M)
737-200	21 FT 5 IN (6.53 M)	14 FT 7 IN (4.45 M)
737-300	26 FT 5 IN (8.05 M)	16 FT 8 IN (5.08 M)
737-400	30 FT 5 IN (9.27 M)	22 FT 8 IN (6.91 M)
737-500	23 FT 1 IN (7.04 M)	12 FT 2 IN (3.71 M)
737-600	23 FT 0 IN (7.01 M)	10 FT 10 IN (3.30 M)
737-700, BBJ	26 FT 4 IN (8.03 M)	15 FT 4 IN (4.68 M)
737-800, BBJ2	35 FT 8 IN (10.87 M)	25 FT 2 IN (7.67 M)
737-900	39 FT 2 IN (11.94 M)	30 FT 4 IN (9.25 M)

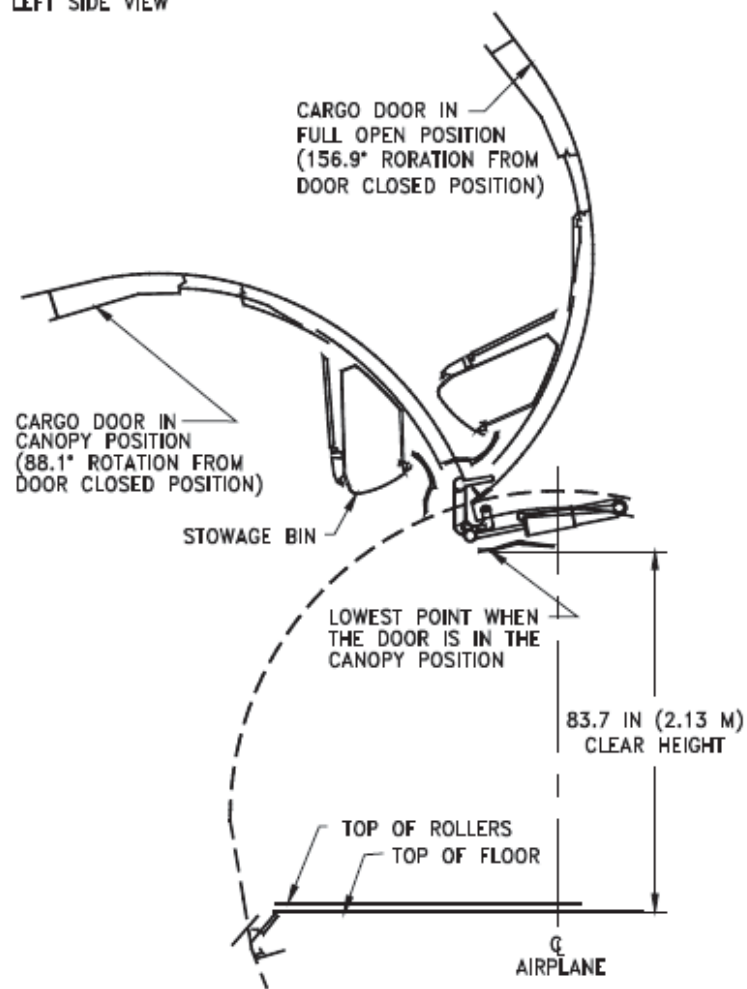


- 1 FWD CARGO COMPARTMENT
- 2 AFT CARGO COMPARTMENT, FWD BULKHEAD
- 3 AFT CARGO COMPARTMENT, AFT BULKHEAD

Figura 23 – Dimensões e localização dos compartimentos de Carga.  
 Fonte: BOEING (2013)



LEFT SIDE VIEW



REAR VIEW

Figura 24 – Área livre requerida para abertura de porta  
Fonte: BOEING (2013)

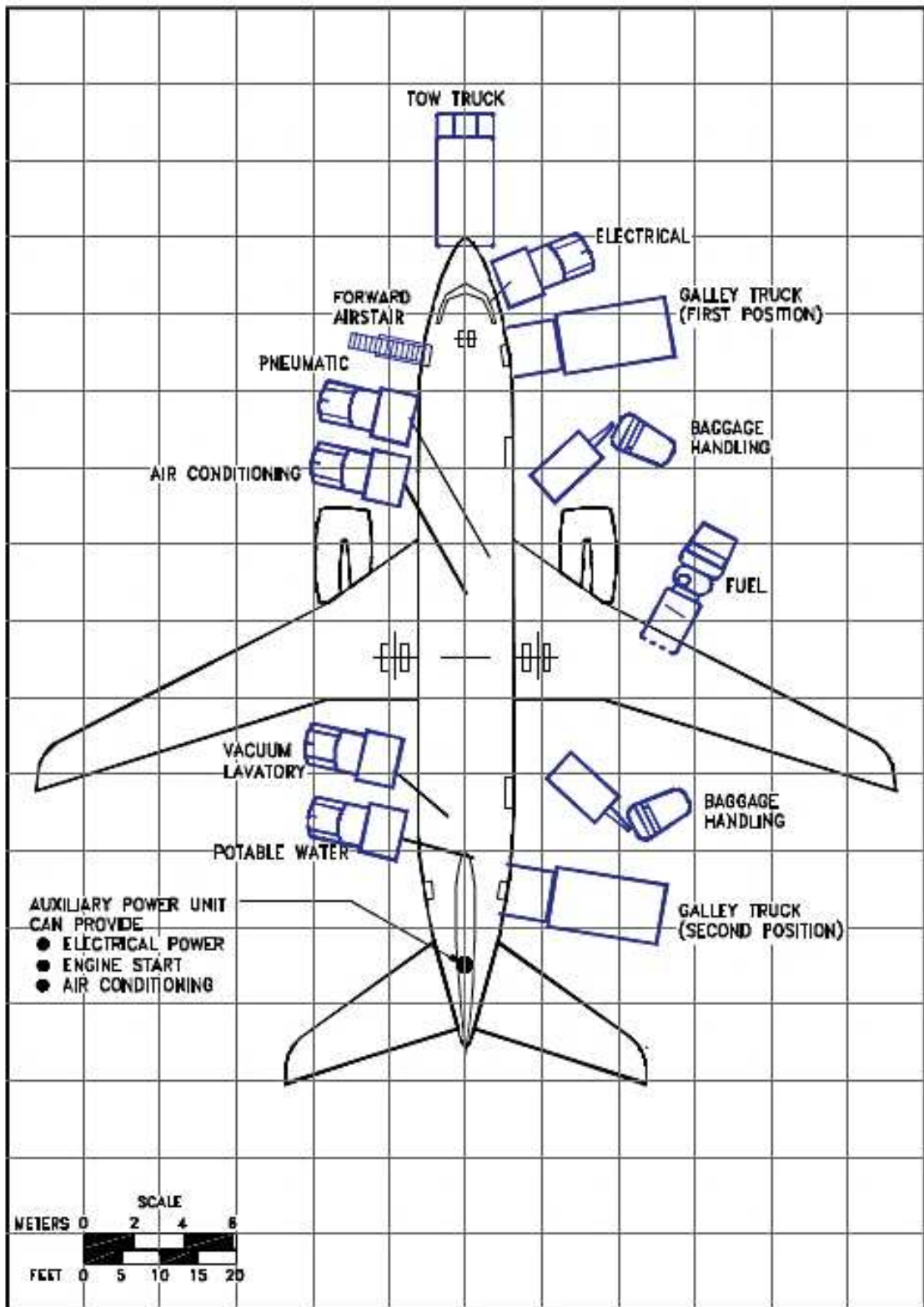
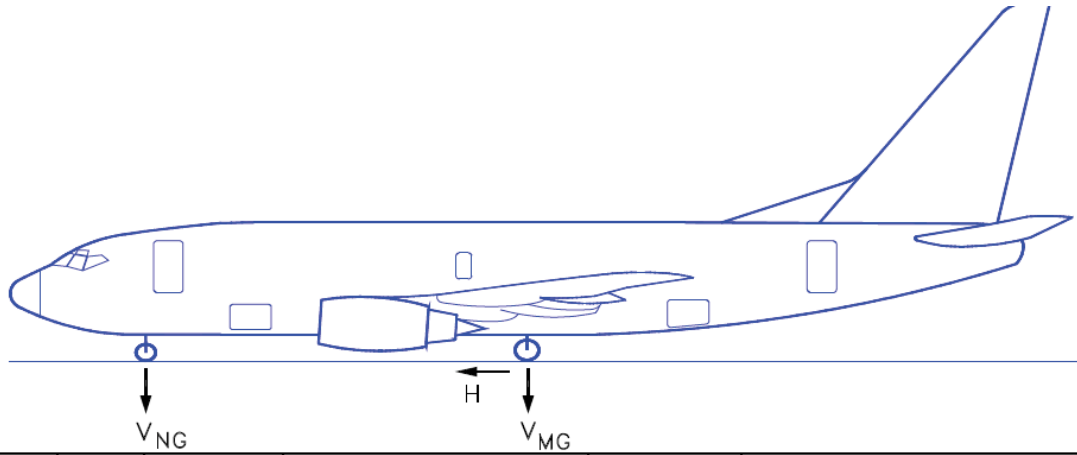
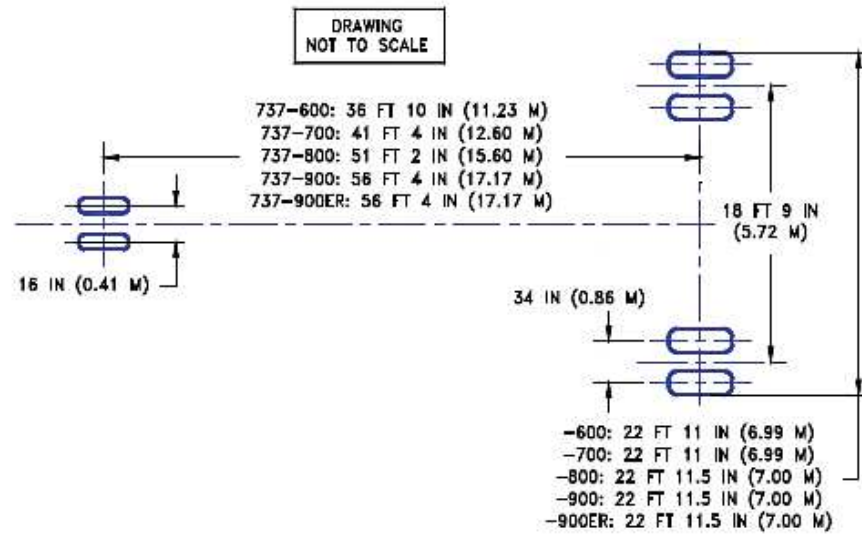


Figura 25 – Localização em Solo para os arranjos e serviços da aeronave  
 Fonte: BOEING (2013)



MODEL	UNITS	MAXIMUM DESIGN TAXI WEIGHT	$V_{NG}$		$V_{MG}$ PER STRUT AT MAX LOAD AT STATIC AFT C.G.	H PER STRUT	
			STATIC AT MOST FWD C.G.	STATIC + BRAKING 10 FT/SEC <sup>2</sup> DECEL		STEADY BRAKING 10 FT/SEC <sup>2</sup> DECEL	AT INSTANTANEOUS BRAKING ( $\mu=0.8$ )
737-600	LB	124,500	16,839	26,489	58,333	19,298	46,666
	KG	56,472	7,638	12,015	26,459	8,708	21,167
737-600	LB	144,000	19,020	30,180	66,708	22,320	53,366
	KG	65,317	8,627	13,689	30,258	10,124	24,206
737-600	LB	145,000	19,000	30,236	66,454	22,475	53,163
	KG	65,771	8,618	13,715	30,143	10,194	24,114
737-700	LB	133,500	17,558	26,711	63,000	20,692	50,400
	KG	60,554	7,963	12,116	28,576	9,386	22,861
737-700	LB	153,500	18,740	29,265	71,482	23,792	57,185
	KG	69,626	8,500	13,274	32,424	10,792	25,939

**Figura 26 – Cargas Máximas no Pavimento**  
**Fonte: BOEING (2013)**



	UNITS	737-600	737-700	737-800	737-900	737-900ER
MAXIMUM DESIGN	LB	124,500 THRU 145,000	133,500 THRU 155,000	156,000 THRU 174,700	164,500 THRU 174,700	164,500 THRU 188,200
TAXI WEIGHT	KG	56,472 THRU 65,771	60,554 THRU 70,307	70,760 THRU 79,242	74,616 THRU 79,242	74,616 THRU 85,366
NOSE GEAR TIRE SIZE	IN.	27 x 7.7 - 15 - 12 PR			27 x 7.75 - 15 - 12 PR	27 x 7.75 - 15 - 12 PR
NOSE GEAR TIRE PRESSURE	PSI	206	205	185	185	185
	KG/CM <sup>2</sup>	14.50	14.44	13.03	13.03	13.03
MAIN GEAR TIRE SIZE	IN.	H43.5 x 16.0 - 21 24PR OR 26 PR	H43.5 x 16.0 - 21 26 PR	H44.5 x 16.5 - 21 28 PR	H44.5 x 16.5 - 21 28 PR	H44.5 x 16.5 - 21 30 PR
MAIN GEAR TIRE PRESSURE	PSI	182 THRU 205	197 THRU 205	204 THRU 205	204 THRU 205	205 THRU 220
	KG/CM <sup>2</sup>	12.80 THRU 14.41	13.85 THRU 14.41	14.39 THRU 14.41	14.34 THRU 14.41	14.41 THRU 15.47
OPTIONAL TIRES						
MAIN GEAR TIRE SIZE	IN.	H44.5 x 16.5 - 21 28PR (1)	H44.5 x 16.5 - 21 28PR	NOT AVAILABLE	NOT AVAILABLE	NOT AVAILABLE
MAIN GEAR TIRE PRESSURE	PSI	168 THRU 205	179 THRU 205	NOT AVAILABLE	NOT AVAILABLE	NOT AVAILABLE
	KG/CM <sup>2</sup>	11.81 THRU 14.41	12.59 THRU 14.41	NOT AVAILABLE	NOT AVAILABLE	NOT AVAILABLE

**Figura 27 – Cargas e Tensões geradas pelo Trem de Pouso ao Pavimento**  
 Fonte: BOEING (2013)

Neste trabalho, as características da aeronave de projeto serão avaliadas com o objetivo de verificar se a pista do aeroporto municipal de Cascavel atende as necessidades requeridas pela aeronave apresentada.

## 4.5 VENTOS

Os ventos são originados da diferença de gradiente de pressão atmosférica que gera o deslocamento do ar. Os ventos partem de zonas de maior para as de menor pressão. Além disso, as correntes de ar sofrem influências também do movimento de rotação da Terra, da força centrífuga ao seu movimento, bem como da topografia e conseqüente atrito com a superfície terrestre (AHRENS & HENSON, 2015).

A direção do vento é bastante variável, tanto no tempo quanto no espaço, em função da situação geográfica do local, da rugosidade da superfície, do relevo, da vegetação e do período do ano (HENSON, 2007).

Para a Meteorologia Aeronáutica, o estudo dos ventos possui eminente importância para diversos tipos de atividades nos aeroportos, principalmente as de pouso e decolagem. Os ventos fortes à superfície podem comprometer a segurança de aeronaves em procedimento de pouso e decolagem, como também ameaçar a integridade física de pessoas que trabalham nas áreas externas do aeroporto (MOSCATI, 2005).

Por agir diretamente na sustentação e estabilidade aerodinâmica da aeronave, o impacto do vento pode ser perigoso em certas condições de tempo. Vários acidentes e inúmeros incidentes à tripulação e passageiros foram causados devido esse parâmetro meteorológico (GUIMARÃES, 2012).

A pista de pouso e decolagem é o principal elemento dentro do aeroporto. Sua orientação está intrinsecamente correlacionada aos regimes de vento, características do relevo, atributos das aeronaves, da demanda por voos e da geometria da área disponível (GRAVES & JONES, 2013).

Por recomendação da ICAO, a orientação das pistas é tal que o coeficiente de utilização do aeródromo não seja inferior a 95% para as aeronaves às quais o aeródromo é construído, em função do regime de ventos. Caso não seja possível identificar uma direção em que contemple esse nível de operacionalidade, deverão ser implantadas pistas em diferentes direções e alinhadas com os ventos predominantes (ASHFORD, ET AL., 2011).

De acordo com o RBAC 154 (ANAC, 2012), não devem acontecer operações de pouso e decolagem, se o valor da componente transversal ao eixo da pista for superior a:

- 20 nós (37 km/h): para aeronaves cujo comprimento de pista de referência seja superior ou igual a 1.500 m;
- 13 nós (24 km/h): para aeronaves cujo comprimento de pista de referência esteja entre 1.200 m e 1.500 m;
- 10 nós (19 km/h): para comprimentos inferiores a 1.200 m (aeronaves mais leves).

A metodologia de definição da orientação da pista utilizando a rosa de ventos é um dos métodos mais utilizados, práticos e eficientes para definir a orientação de pista de aeroportos (ASHFORD, MUMAYIZ & WRIGHT (2011); GRAVES & JONES (2013); BELLASIO, 2014).

A rosa dos ventos é uma importante ferramenta gráfica que ilustra de forma simultânea a distribuição de frequências para a direção e intensidade do vento (HENSON, 2007).

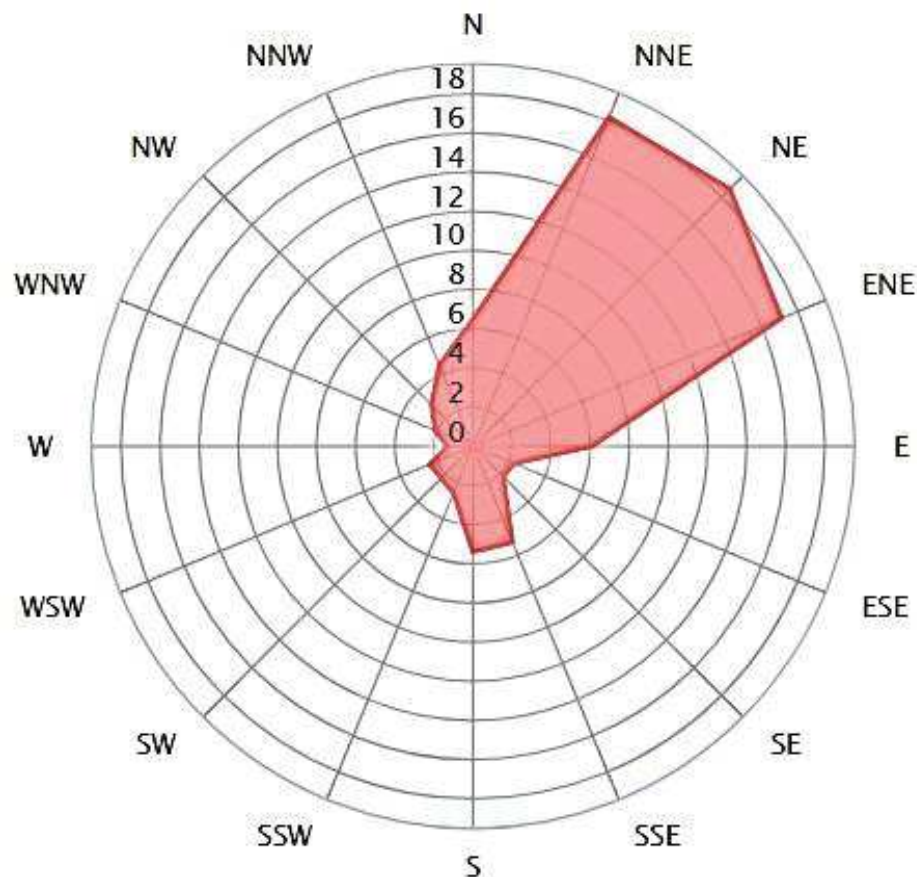
A Figura 28 apresenta as direções mais frequentes dos ventos para as principais cidades do Paraná. De acordo com a rosa dos ventos na maior parte do ano há predominância de ventos Nordeste em Cascavel.



Figura 28 - Rosa dos Ventos do Paraná

Fonte: IAPAR (2017)

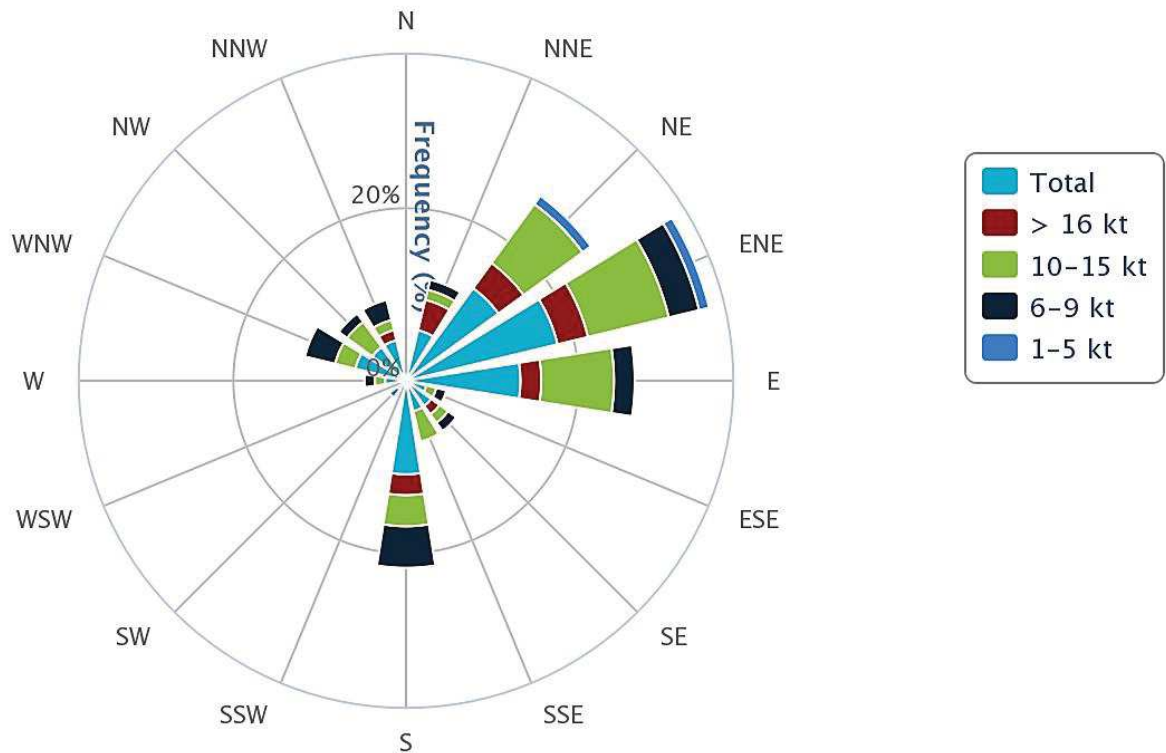
A Figura 29 apresenta as estatísticas de vento do Aeroporto municipal de Cascavel, a partir de dados coletados pela *Windfinder*. As estatísticas de vento são baseadas em observações reais da estação meteorológica em Cascavel. Os dados baseados em observações feitas entre 11/2012 - 08/2017 diariamente das 7 às 19 horas, horário local. A velocidade média anual de ventos registrados foi de 13 kts.



**Figura 29-Distribuição do vento no Aeroporto de Cascavel -em %**  
**Fonte: WINDFINDER (2017).**

A Figura 30 apresenta as estatísticas de vento para a estação SBCA, aeroporto de Cascavel, conforme a Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica. De acordo com a rosa de ventos, a grande incidência de vento é este-nordeste com velocidades médias de 10 a 15 kts.





**Figura 30 - Rosa dos Ventos – SBCA**  
**Fonte: REDEMET (2017)**

As séries históricas do METAR, código com o boletim meteorológico do aeroporto, podem ser utilizados para elaborar as rosas de vento dos aeródromos, visando a identificação das periodicidades das direções e velocidades predominantes do vento atuando nas pistas. A análise de rosas dos ventos pode revelar o comportamento e tendência dos ventos de uma área específica, quando analisada a partir de dados obtidos por um período de 5 a 10 anos (GUIMARÃES, 2012).

Durante a elaboração de projetos de aeroportos deve-se observar que cada aeronave tem seus requisitos de operação em termos de componentes de vento de través. Deverá ser considerada a frota de aeronaves para se investigar a influência do vento na imposição da orientação da pista (ASHFORD, ET AL., 2011). Sendo assim, o conhecimento dos regimes de ventos nos aeródromos é indispensável para o correto dimensionamento e operação segura.

## 4.6 CÓDIGO METAR

O METAR é um código internacional da meteorologia aeronáutica que tem o objetivo de integrar as informações meteorológicas voltadas à aviação civil e militar, visando tornar o acesso a estas informações mais rápido e eficiente permitindo operações seguras em aeroportos e no espaço aéreo (REDEMET, 2017).

O código METAR é uma informação meteorológica que informa as condições atuais do tempo e clima na área do aeródromo. É normal ser efetuado por rotina, nas horas em que o aeródromo estiver em atividade, de 30 em 30 minutos nos aeródromos internacionais e de 60 em 60 minutos nos aeródromos nacionais e regionais (BELLASIO, 2014).

O METAR é composto por 10 componentes que fornecem as informações meteorológicas completas sobre o aeródromo de interesse:

- Vento: Direção e intensidade;
- Visibilidade: Máxima distância, medida na horizontal, a que um observador consegue ver e reconhecer um objeto;
- RVR (visibilidade ao longo da pista): Máxima distância, medida na horizontal e na pista de aterragem, a que um observador consegue ver e reconhecer um objeto;
- Tempo Presente Significativo: O fenómeno meteorológico predominante na hora da observação (ex: Chuva, Neblina, Trovoada, etc.)
- Nuvens: Escrevem a quantidade e tipo das nuvens que cobrem o céu e identificam a altura destas;
- Temperatura e Temperatura do Ponto de Orvalho;
- QNH: Pressão atmosférica ao nível médio do mar;
- Tempo Recente: Fenômeno que aconteceu recentemente;
- Wind Shear: Variações bruscas na intensidade e na direção do vento;
- Informações complementares: outras informações relevantes.

O METAR pode estar em formato de código ou de plotagem. Geralmente os boletins são enviados em forma de código, que possibilitam as autoridades e agentes envolvidos a interpretação mais rápida e precisa. A plotagem é mais utilizada para

cartas prognosticadas de meteorologia aeronáutica. A Tabela 5 apresenta um exemplo de METAR em forma de código e a sua interpretação, já a Figura 31 apresenta o METAR plotado.

**Tabela 5 - Modelo Códigos METAR**

CÓDIGO METAR	INTERPRETAÇÃO
<b>SBCA 182000Z 28002KT 9999 FEW010 BKN040 BKN100 15/09 Q1019=</b>	Aeroporto: Cascavel; Data: 18/09/2017 Hora: 20:00; Vento: 2 Kts a 280°; Visibilidade: maior que 10 Km; Pouco nublado a 10000 pés; Muito nublado a 4000 pés; Muito nublado a 10000 pés; Temperatura 15° C; Pressão 1019hPa.
<b>SBCA 181930Z 09012KT 8000 SCT003 BKN005 OVC070 16/16 Q1012=</b>	Aeroporto: Cascavel; Data: 18/05/2017 Hora: 19:30; Vento: 12 Kts a 90°; Visibilidade: maior que 10 Km; Nublado a 300 pés; Muito nublado a 500 pés; Encoberto a 7000 pés; Temperatura 16° C; Pressão 1012hPa.

Fonte: Elaborado pelo autor

Hora	15/09/2017	16/09/2017	17/09/2017	18/09/2017	19/09/2017	20/09/2017	21/09/2017	22/09/2017	23/09/2017
00:00	26 180 CVK 17	20 220 CVK 14	METAR ausente	18 220 CVK 13	22 210 CVK 12	26 200 CVK 17	25 200 CVK 5	27 190 CVK 8	26 190 CVK 7
01:00	25 190 CVK 18	20 230 CVK 14	METAR ausente	18 220 CVK 13	22 210 CVK 12	25 210 CVK 18	24 210 CVK 5	26 190 CVK 9	26 190 CVK 7
02:00	25 190 CVK 18	20 230 CVK 15	METAR ausente	17 220 CVK 12	22 210 CVK 12	24 210 CVK 18	23 210 CVK 7	26 190 CVK 9	25 190 CVK 8
03:00	23 190 CVK 15	19 220 CVK 14	METAR ausente	16 220 CVK 12	21 210 CVK 12	24 210 CVK 18	22 210 CVK 8	25 190 CVK 10	24 190 CVK 6
04:00	23 190 CVK 15	METAR ausente	METAR ausente	17 210 CVK 12	20 210 CVK 12	24 210 CVK 18	22 210 CVK 8	24 190 CVK 4	23 190 CVK 7
05:00	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente
06:00	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente
07:00	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente	METAR ausente
08:00	22 180 CVK 15	19 190 CVK 15	METAR ausente	15 190 CVK 13	21 200 CVK 9	22 200 CVK 8	22 200 CVK 8	23 180 CVK 15	19 190 CVK 10
09:00	23 180 CVK 15	19 210 CVK 15	METAR ausente	17 200 CVK 14	21 210 CVK 9	22 210 CVK 8	22 200 CVK 8	23 180 CVK 15	19 190 CVK 10
10:00	22 200 CVK 12	17 220 99 16 EK H 10 1 FEV002	METAR ausente	18 210 CVK 13	20 210 CVK 10	21 210 CVK 11	21 210 CVK 9	24 190 CVK 13	18 190 CVK 13
11:00	24 200 CVK 11	17 230 50 16 EK H 10 1 EK'001	METAR ausente	20 220 CVK 10	23 220 CVK 10	24 220 CVK 11	23 210 CVK 9	25 200 CVK 14	20 200 CVK 12

Figura 31- Plotagem de METARS do SBCA do período de 15 a 25 de setembro de 2017

Fonte: REDMET (2017).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

A finalidade deste estudo de caso foi a verificação das atuais condições da infraestrutura do Aeroporto Municipal de Cascavel, Coronel Adalberto Mendes da Silva, e se as mesmas atendem as conformidades normativas. Isto foi feito através da conferência das características físicas atuais do aeroporto com as exigências e recomendações das agências reguladoras e normas. Utilizou-se tanto normas nacionais quanto internacionais para a conferência, visto que o aeroporto precisa atendê-las simultaneamente. Analisou-se a orientação da pista de pouso e decolagem, comprimento teórico de pouso e decolagem para a pista, dimensões da pista, conservação e manutenção da pista de pouso e decolagem, do pátio de aeronaves e da pista de táxi. A descrição metodológica de cada análise é apresentada abaixo.

### 5.1 MATERIAIS

Os materiais disponíveis e utilizados para este trabalho foram:

- Séries históricas da movimentação de aeronaves no aeroporto fornecidas pela administração aeroportuária;
- Projetos gráficos do Aeroporto providenciado pela CETTRANS;
- Informações e dados das características da Aeronave Boeing 737-700 cedidas pela fabricante;
- Série histórica das condições meteorológicas coletadas a partir dos códigos METAR disponibilizados pela REDEMET;
- Mapas de zoneamento e uso e ocupação do Solo de Cascavel, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Cascavel;
- Informações meteorológicas disponibilizadas pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR);
- Dados e informações do Aeroporto ofertados pela SEIL/PR.

## 5.2 MÉTODOS

O estudo foi realizado a partir da conferência das características físicas do aeroporto com as exigências e recomendações normativas. Utilizou-se normas nacionais e internacionais para a verificação. Os dados utilizados para a análise foram fornecidos pela própria administração do aeroporto.

### 5.2.1 Análise da orientação da pista de pouso

Para realização do presente estudo utilizou-se a metodologia apresentada pelo FAA (2005) nas diretrizes do *Advisory Circular 150/5300-13 - Airport Design*. Na análise da orientação da pista de pouso e decolagem do aeroporto de Cascavel, foram utilizados os dados meteorológicos contidos no reporte meteorológico do aeródromo – METAR, para a estação SBCA, utilizando as séries de dados entre os anos de 2006 e 2017, conforme disponibilizado pelo API, *Application Programming Interface*, da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET). Os dados foram decodificados e organizados em planilhas para melhor apresentação e visualização das informações, assim conforme disposto no modelo da Tabela 6. Ao todo foram coletados 110.342 boletins METAR para a estação no período de estudo. Destes, 58.066 boletins apresentaram dados com informações necessárias para a correta elaboração do anemograma característico do aeródromo.

**Tabela 6 – Tabela de decodificação Código METAR**

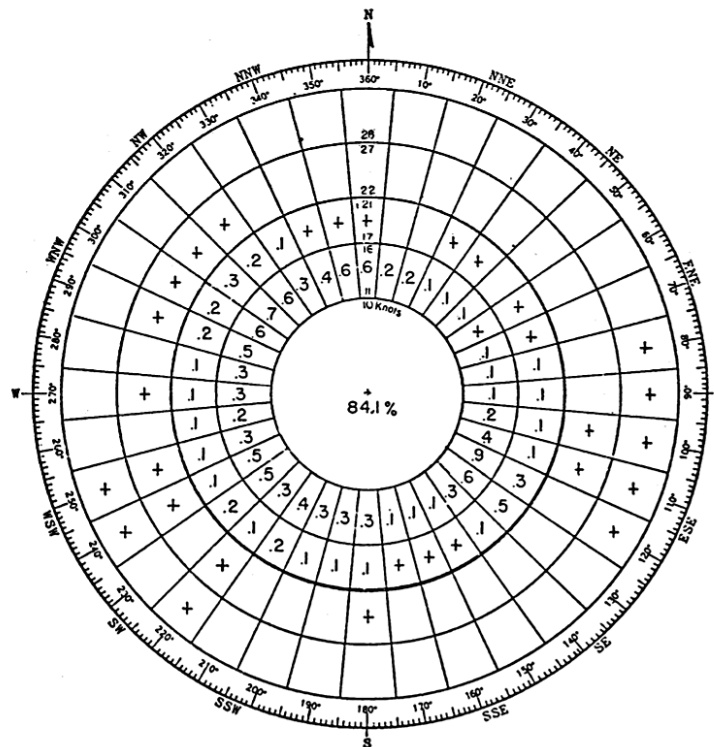
TIPO	DATA/HORÁRIO	CÓDIGO	VENTOS		
			DIREÇÃO	INTESIDADE (kts)	RAJADA (kts)
METAR	03/07/2017 17:00	METAR SBCA 031700Z 06020KT CAVOK 18/09 Q1028=	60°	20	-
METAR	03/07/2017 18:00	METAR SBCA 031800Z 07020KT CAVOK 18/09 Q1028=	70°	20	-
METAR	03/07/2017 19:00	METAR SBCA 031900Z 07017KT CAVOK 18/09 Q1027=	70°	17	-
METAR	03/07/2017 20:00	METAR SBCA 032000Z 08018KT CAVOK 17/08 Q1027=	80°	18	-
METAR	03/07/2017 21:00	METAR SBCA 032100Z 10015KT CAVOK 16/07 Q1027=	100°	15	-
METAR	03/07/2017 22:00	METAR SBCA 032200Z 10012KT CAVOK 15/08 Q1027=	100°	12	-
SPECI	03/07/2017 22:00	SPECI SBCA 032230Z 09012KT CAVOK 15/08 Q1027=	90°	12	-
METAR	03/07/2017 23:00	Mensagem METAR de 'SBCA' para 03/07/2017 as 23(UTC) não localizada na base de dados da REDEMET	-	-	-

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Após a coleta dos dados, foi realizada a leitura, organização e agrupamentos dos dados conforme a direção e velocidade dos ventos no local. Os valores das porcentagens de ocorrências obtidas pelos boletins meteorológicos, METAR, foram locados na parte que corresponde a direção e velocidade do vento.

Os dados coletados e tratados foram plotados observando-se a porcentagem em um segmento apropriado do gráfico, tendo como resultados os anemogramas característicos da pista. Essas informações foram então trabalhadas e plotadas no software WRPLOT View - *Freeware Wind Rose Plots for Meteorological Data*, desenvolvido pelo Lakes Environmental e disponibilizado gratuitamente para fins acadêmicos.

Foram elaboradas, desta forma, as rosas dos ventos típica do aeroporto para cada mês do ano e para as médias anuais. Após a coleta e agrupamento das séries que expressam o regime de ventos, foram determinadas as porcentagens de vento no setor apropriado na rosa dos ventos como, por exemplo, apresentado na Figura 32. Os círculos representam a velocidade do vento em nós (medida de velocidade comumente utilizada na aviação) e as linhas radiais indicam a direção do vento. Com os dados plotados obteve-se o vetor resultante, que é direção crítica de incidência de ventos para o período analisado.



**Figura 32- Modelo de Rosa dos Ventos contendo as informações meteorológicas de Aeródromo.**

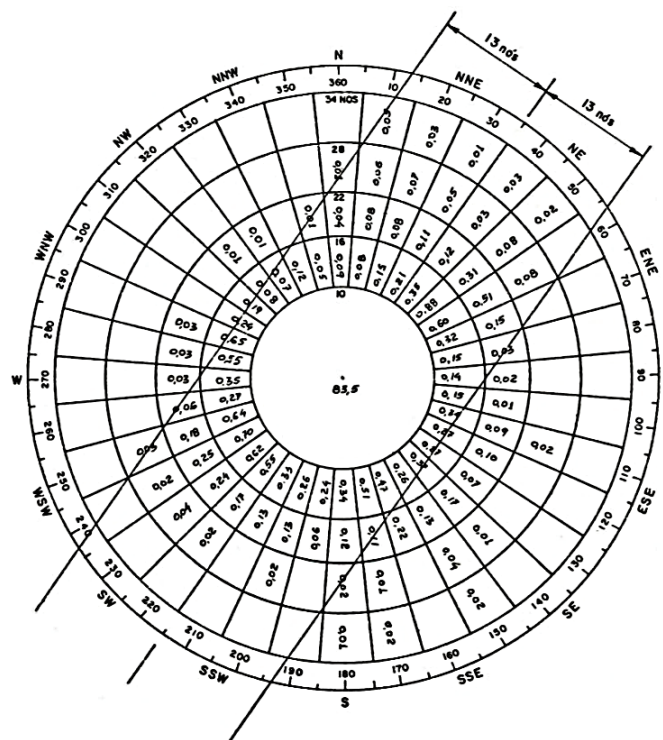
Fonte: FAA (2005)

Com a rosa dos ventos definida, foram traçadas duas retas paralelas com o centroide entre elas locado no eixo do anemograma, espaçadas entre si, em escala, de duas vezes o valor do vento través máximo permitido, conforme Figura 33. A tabela 7 apresenta os valores máximos de vento de través para operações em aeroportos, conforme estipulado pelas diretrizes da ANAC por meio do RBAC 154/2012. Em seguida, traçou-se sobre o gráfico, a linha paralela mediana passando pelo seu centro. Em seguida, as linhas de referência foram rotacionadas até que a direção para a qual a soma das porcentagens fora das linhas externas corresponda ao mínimo. Ajustou-se a orientação à declinação magnética, a fim de obter o rumo correto da pista. Definindo assim, a melhor orientação da pista de pouso e decolagem do aeroporto em estudo.

**Tabela 7 - Limites de velocidade dos regimes de ventos de traves para Orientação da Pista.**

<b>Comprimento de Referência da Pista</b>	<b>Componente de Vento de través permitido</b>
> 1.500 m	20 nós
1.200 a 1.499 m	13 nós
< 1.200 m	10 nós

Fonte: ANAC (2012)



**Figura 33 -Modelo da representação gráfica da orientação da Pista de Pouso e Decolagem.**  
Fonte: Adaptado FAA (2005)



Neste estudo não foi necessário a previsão de uma pista para vento de través (pista secundária), tendo em vista que a porcentagem obtida fora das linhas externas corresponde a um valor inferior a 5%.

## 5.2.2 Análise das dimensões da pista de pouso e decolagem

Para verificação das características físicas da pista de pouso e decolagem do referido aeroporto, foram utilizadas as diretrizes do RBAC 154/2012 - Projeto de Aeródromos da ANAC (2012) e do Anexo 14 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, da ICAO. Foi possível determinar as dimensões dos elementos e distâncias entre eles a partir das recomendações das normas da ANAC e ICAO. De acordo com o RBAC 154/2012, o comprimento de pista de pouso e decolagem deve satisfazer os requisitos operacionais das aeronaves para os quais a pista é destinada, porém o documento não disponibiliza métodos para dimensionamento desta característica. Sendo assim, para verificação do comprimento teórico de pista, utilizou-se o método proposto pela FAA (2005) através da resolução AC 150/5325-4B, tendo em vista que o mesmo apresenta procedimentos e métodos que atendem a exigência da ANAC.

Seguindo as diretrizes do AC 150/5325-4B, inicialmente identificou-se a aeronave que demandou o maior comprimento de pista, e que utilizará a pista no período mínimo de 5 anos. Para este estudo, adotou-se a mesma aeronave de projeto do Aeroporto Municipal Coronel Adalberto Mendes da Silva – Cascavel/PR, o Boeing 737-700.

Identificada a aeronave que requer o maior comprimento de pista, verificou-se o peso máximo de decolagem certificado, as características físicas da aeronave, e os parâmetros ambientais do aeroporto. As cargas pagas foram verificadas e definidas conforme a distância de cruzeiro. A Figura 34 apresenta o ábaco com a variação da carga paga disponível conforme a distância a ser percorrida pela aeronave. Além do peso da aeronave, o comprimento dependeu das configurações de asa, elevação em relação ao nível médio dos mares e temperatura do aeroporto, condições da pista (úmida ou seca) e gradiente da pista. Este método assumiu que

não há obstáculos que impossibilitariam o uso do comprimento total de pista necessário.

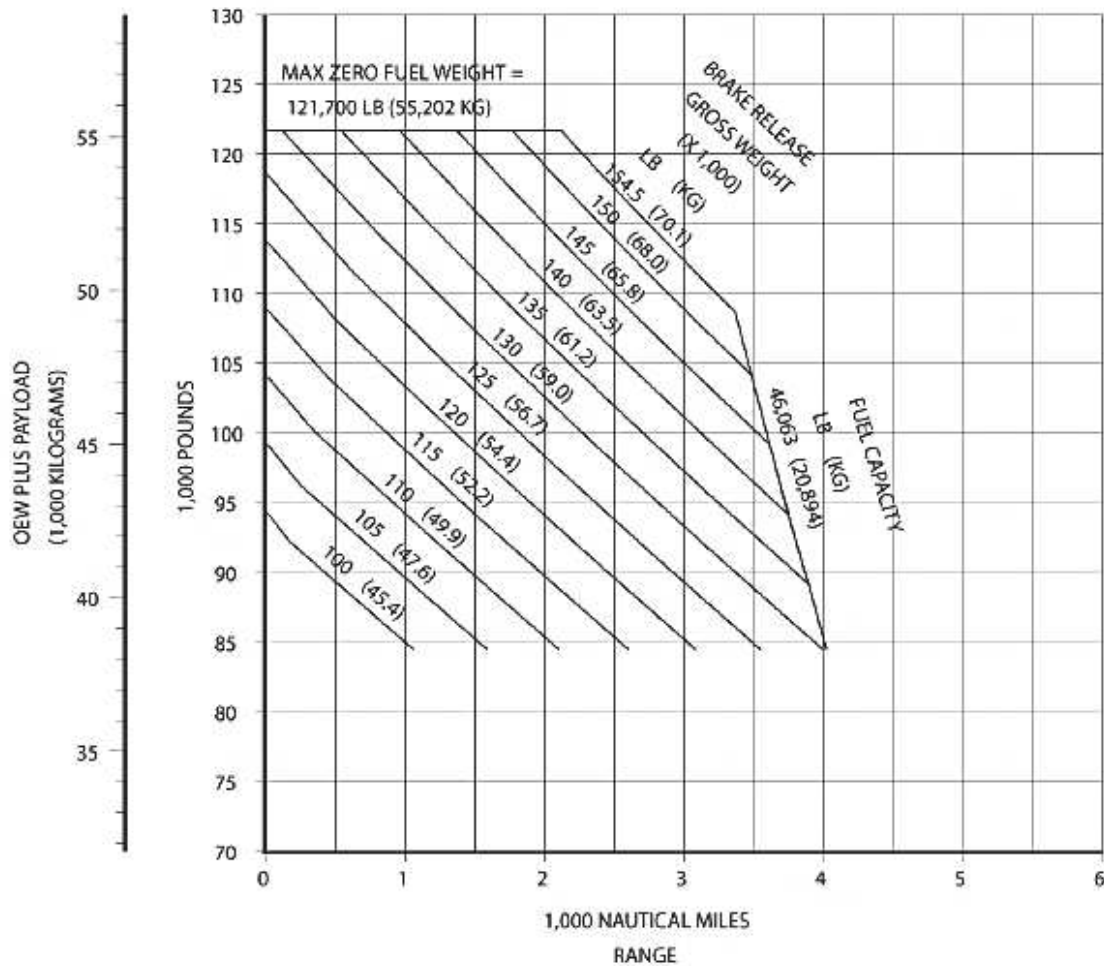


Figura 34 – Disponibilidade de carga paga conforme distancias de cruzeiro, Boeing 737-700

Fonte: BOEING (2011)

A determinação do comprimento de pista necessário para a operação de decolagem de uma aeronave foi então efetuada através de ábacos de desempenho específicos editados pelos fabricantes de aeronaves nos manuais *737 Airplane Characteristics for Airport Planning* da Boeing (2011). Os ábacos das Figuras 35, 36, 37 e 38 fornecem os requisitos de distância de decolagem para diferentes condições de temperatura e pista.

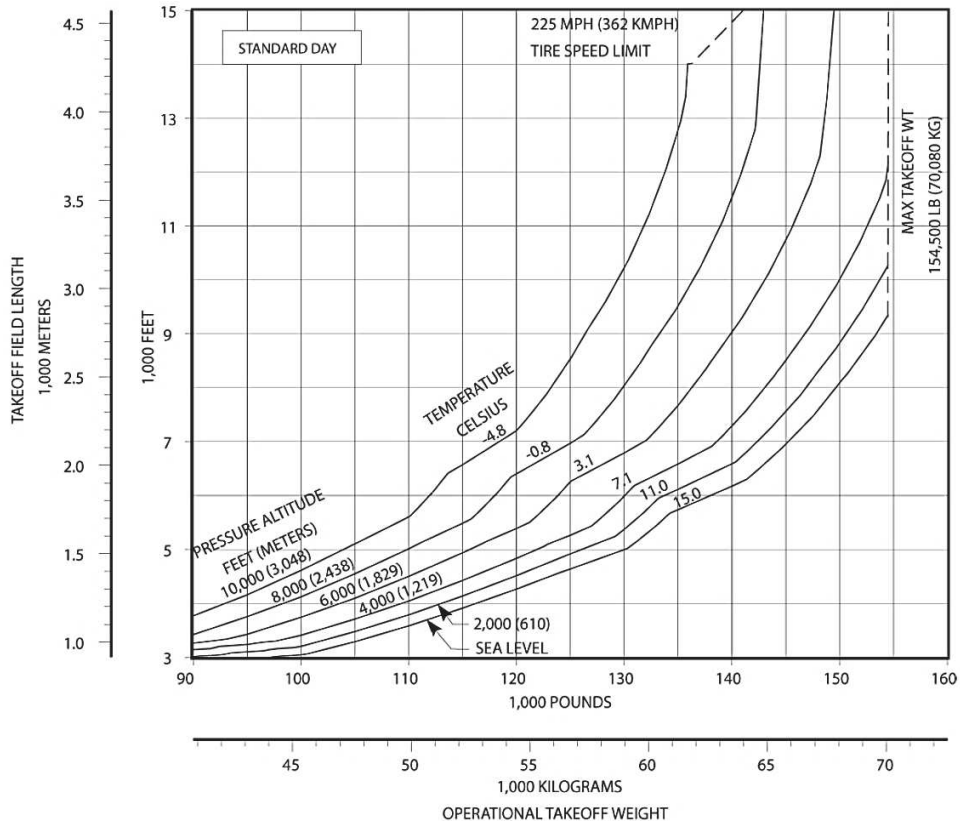


Figura 35- Requerimentos de Pista para decolagem do Boeing 737-700 (dia padrão)  
Fonte: BOEING (2007)

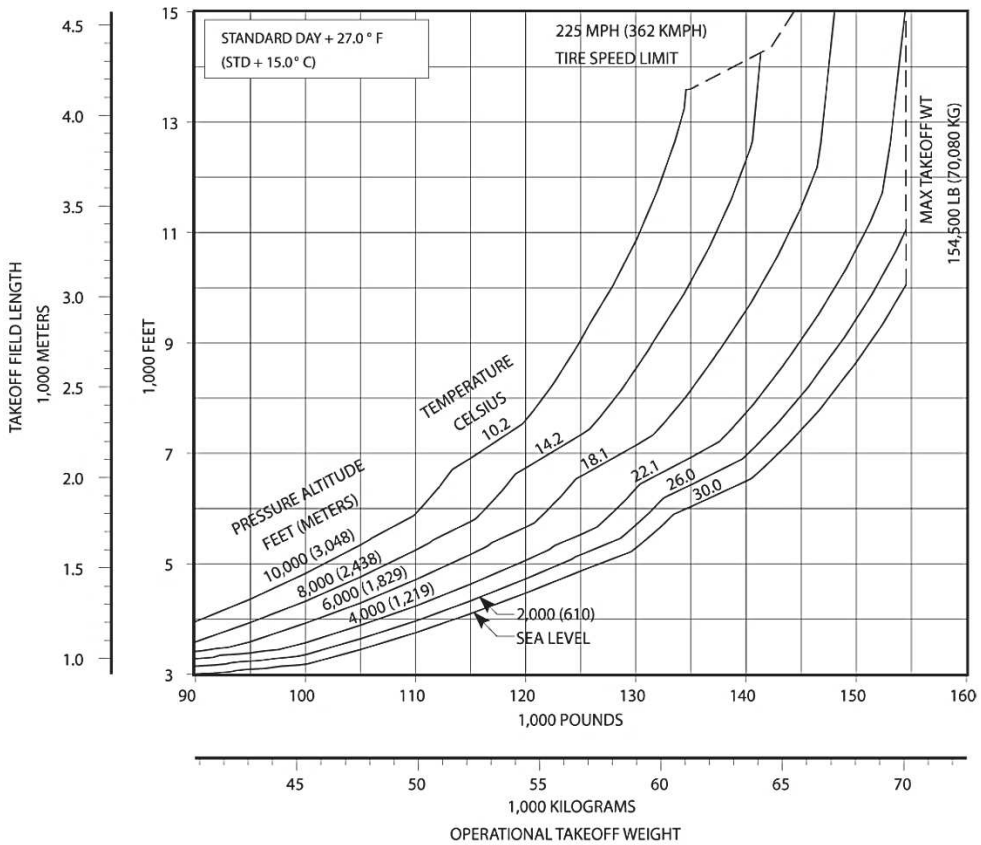


Figura 36- Requerimentos de Pista para decolagem do Boeing 737-700 (dia padrão +15°C)  
Fonte: BOEING (2007)

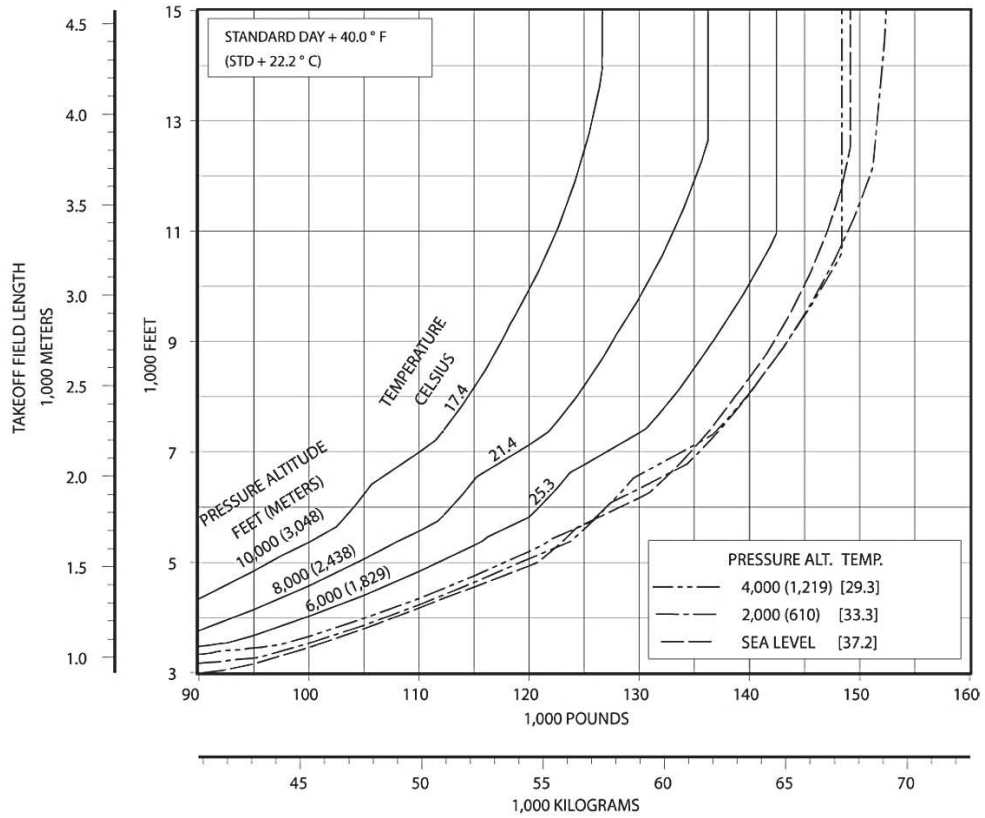


Figura 37- Requerimentos de Pista para decolagem do Boeing 737-700 (dia padrão +22,2°C)  
Fonte: BOEING (2007)

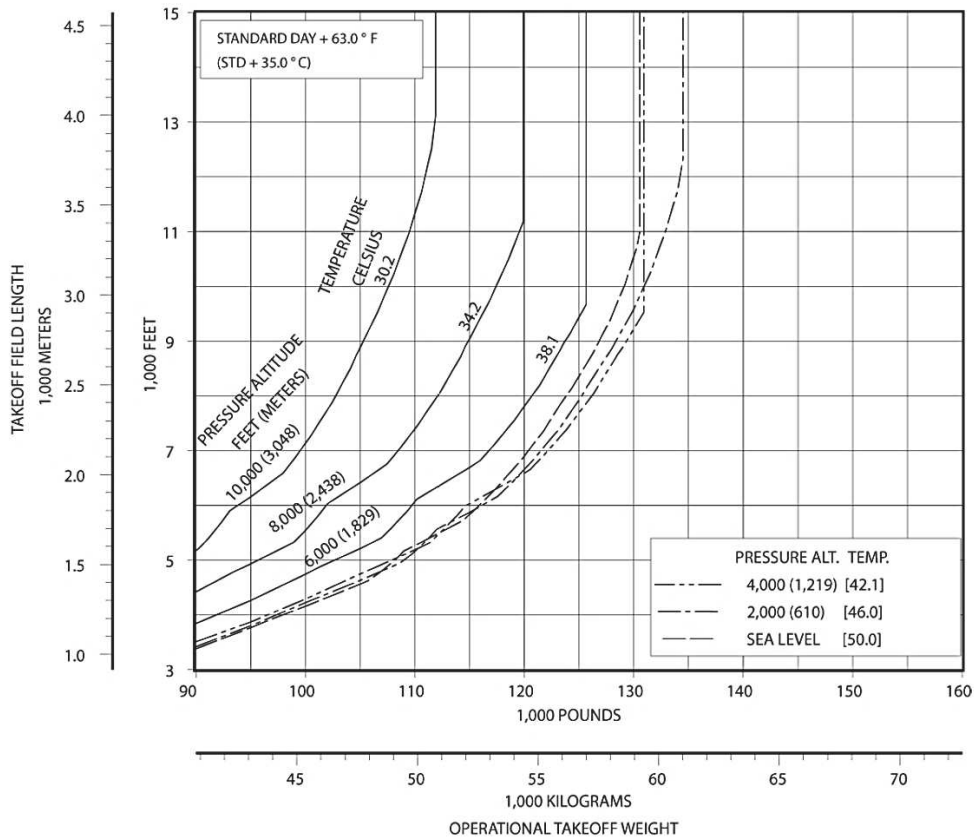


Figura 38- Requerimentos de Pista para decolagem do Boeing 737-700 (dia padrão +35°C e pista seca)  
Fonte: BOEING (2007)

Adotou-se os índices de correção recomendados pela ICAO (2009). Esses fatores de correção referem ao comprimento de pista de decolagem determinado para as condições de atmosfera padrão, altitude igual ao nível do mar, sem vento e declividade zero de pista. As correções adotadas foram:

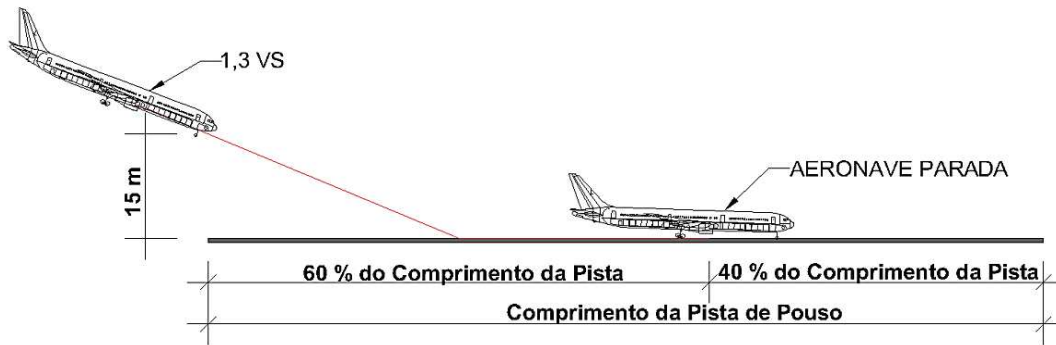
- Para a Altitude: Adotou-se um coeficiente de acréscimo do comprimento de pista de 7% para cada 300m de elevação acima do nível do mar;
- Para a Temperatura (Ft): Adotou-se um coeficiente de 1% para cada grau Celsius que a temperatura de referência exceder a temperatura padrão. A temperatura de referência (Tref) foi obtida através da média mensal das temperaturas máximas diárias do mês mais quente do ano. O mês mais quente é aquele que possui a maior temperatura média mensal. A Tref foi obtida a partir de dados do IAPAR (2018), através de médias obtidas em vários anos de observação. A temperatura padrão (Tp) foi calculada em função da elevação do aeródromo (h) pela fórmula:

$$T_p = 15 - 0,0065 * H \quad (1)$$

- Para a Declividade (Fd): Adotou-se o coeficiente de 10% para cada por cento de declividade longitudinal efetiva (DLE) da pista. A DLE foi obtida pela razão entre a diferença da cota máxima e a cota mínima da pista pelo seu comprimento.

A soma dos coeficientes de correção não ultrapassou o limite de 35%.

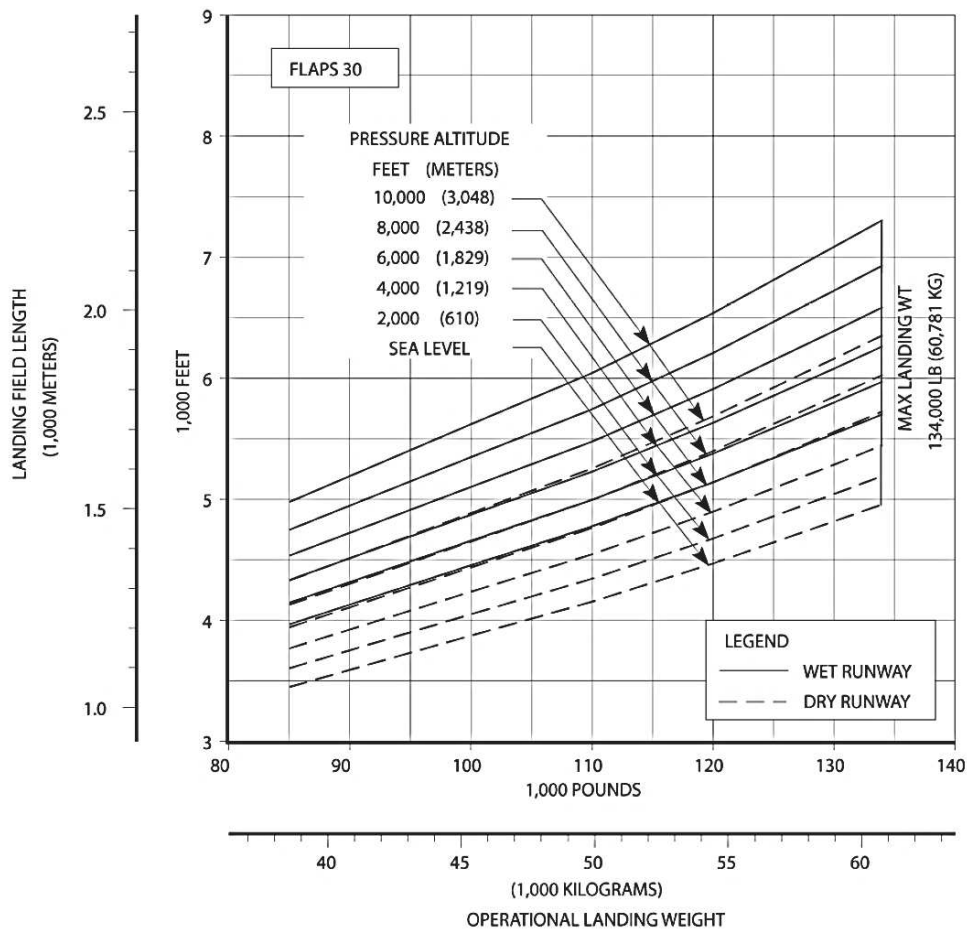
A metodologia apresentada pelo FAA (2005) considera que a aeronave irá sobrevoar a cabeceira da pista passando à altura de 50 pés (15 m), com velocidade constante igual a 1,3VS (1,3 velocidade de estol – velocidade mínima com a qual é possível se manter o voo reto e nivelado) para as condições de pouso. Sendo assim, o comprimento da pista para pouso é tal que a aeronave nestas condições pouse e pare em 60 % do comprimento de pista disponível para pouso, conforme esquematizado na Figura 39.



**Figura 39- Representação do Comprimento para pouso**

Fonte: Adaptado de Graves & Jones (2013)

O conhecimento do peso de aterrissagem permitiu associar a distância de aterrissagem necessária para as condições de pista seca e de pista molhada. Com a interpolação foram obtidos valores de altitude intermediárias aos apresentados no ábaco. O requisito de comprimento para pouso foi obtido pelo ábaco fornecido pela fabricante, figura 40, e levou em consideração o estado da superfície da pista, o peso bruto máximo para pouso, a pressão e temperatura do ar na pista, a posição dos flaps e o funcionamento de dispositivos de frenagem.



**Figura 40 - Requisitos de comprimento de pista para pouso do Boeing 737-700**

Fonte: BOEING (2011)

Apesar da influência da declividade da pista no comprimento, o ICAO e a FAA não apresentam fatores de correção para declividade e temperatura. O emprego dos ábacos buscou identificar as situações que mais se aproximam das condições reais. De acordo RBAC 154/2012, não é necessário prever operações de aeronaves críticas com sua capacidade de carga máxima. Sendo assim, para este estudo utilizou-se 60%, 80% e 100% do peso máximo de decolagem certificado.

### 5.2.3 Análise da manutenção de pista de pouso e decolagem

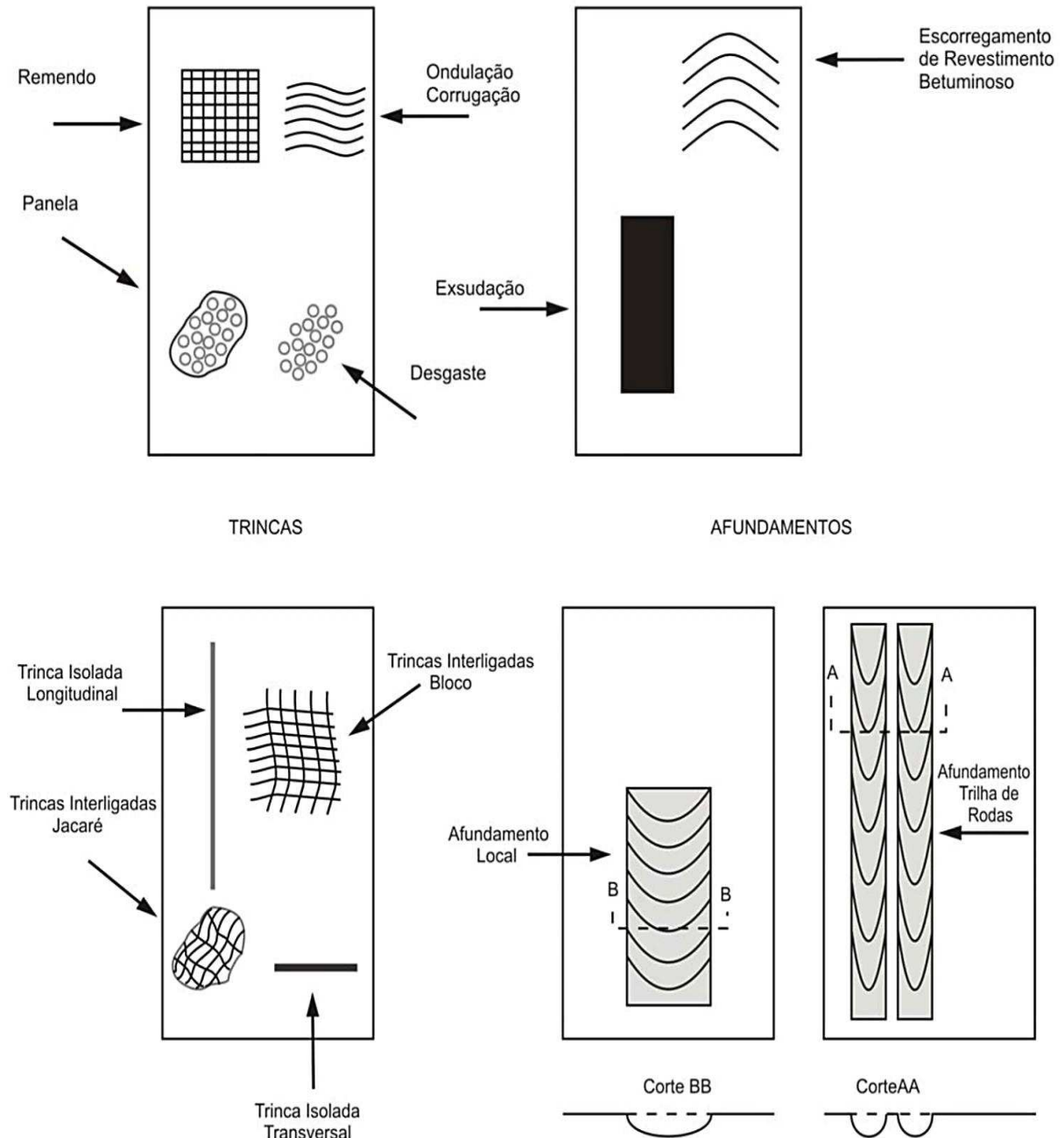
A metodologia implementada para análise da manutenção das pistas foi baseada nas referências da IATA, ICAO, ACI, *Flight Safety Foundation*, *Advisory Circulars* da FAA, com foco na manutenção de pista de pouso e decolagem capaz de prevenir Excursões de Pista (EP), o tipo de incidente mais comum dentre os relacionados à manutenção.

#### 5.2.3.a) Programa de Gerenciamento de Pavimento Aeroportuário

Analisou-se junto da administração aeroportuária se o aeroporto implementa algum Programa de Gerenciamento de Pavimento Aeroportuário ou PMP (*Pavement Management Programs*), e se o mesmo não apenas avalia a situação atual do pavimento do aeroporto, mas também prevê sua condição futura através de informação histórica e Indicadores de Condições do Pavimento – PCI (*Pavement Condition Indicators*). Ainda, verificou-se se o PMP atende as recomendações do AC 150/5320-17<sup>a</sup> (FAA, 2016),

Verificou-se qualitativamente os efeitos das deformações plásticas ou permanentes a partir da identificação da formação de depressões longitudinais ao longo das trilhas de rodagem, observando-se a existência de elevações laterais, trincas e fissuras ao longo do pavimento. As análises foram realizadas de forma qualitativa in loco, sem retiradas de amostras para ensaios. Tendo em vista que a ANAC não apresenta nenhum regulamento sobre a condição e patologias do pavimento, caracterizou-se as patologias conforme apresentadas na Norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) 005/2003 TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos. A Figura 41 apresenta a

representação esquemática dos defeitos comuns nas superfícies dos pavimentos flexíveis e semirrígidos que foram analisados no aeroporto em estudo.



**Figura 41- Representação esquemática dos defeitos ocorrentes na superfície dos pavimentos**  
**Fonte: DNIT (2003)**

### 5.2.3.b) Remoção do acúmulo de borracha da pista de pouso e decolagem

Verificou-se in loco a existência de algum sistema para remover e coletar todos os resíduos relacionados à borracha na pista. Ainda, analisou-se se a técnica



de remoção não deixa a superfície da pista de pouso e decolagem polida, o que reduziria o atrito da pista. Considerou-se também as implicações ambientais do uso de sistema de remoção da borracha. O sistema foi analisado segundo as diretrizes do ICAO's Cir 329 AN/191: *Assessment, Measurement and Reporting of Runway Surface Conditions*.

#### 5.2.3.c) *Marcações da Pista de Pouso e Decolagem*

No sentido de verificar se as marcações da pista de pouso e decolagem, pista de taxi e pátio de aeronaves atendem as condições ideais de operação, utilizou-se as recomendações do *ICAO's Doc 9137-AN/898 Part 9, Airport Services Manual, Airport Maintenance Practices. Chapter 2, section 2.4* (2014), e RBAC nº154/2012 da ANAC, e avaliou-se a presença de:

- Cores desbotadas;
- Retro-reflectividade;
- Marcações existentes desgastadas;
- Marcações existentes cobertas com contaminantes;
- Marcações existentes que não estão mais representando seu significado;
- Descoloração por ferrugem;
- Crescimento de algas;
- Danos causados por raios UV;
- Posições e dimensão de marcações existentes (tolerâncias);
- Tintas descascando;
- Marcações fora das dimensões recomendadas.

#### 5.2.3.d) *Áreas Não Pavimentadas (Faixas de Pista de Pouso e Decolagem)*

Examinou-se in loco se a faixa de pista de pouso e decolagem estão livres de obstáculo, além de observar qualitativamente no local se há espaço disponível e seguro para que a aeronave utilize em caso de ultrapassar o final da pista acidentalmente. Para tanto, as prescrições da *ICAO's Doc 9137-AN/898 Part 9, Airport Services Manual, Airport Maintenance Practices. Chapter 6* foram observadas.

#### 5.2.4 Área De Segurança De Fim De Pista (RESA)

Verificou-se se o aeródromo atende o padrão contido no Anexo 14 da ICAO e no RBAC 154/2012 que determina que a área de segurança de fim de pista (RESA). Também foi analisado se a condição está adequada e terreno apropriado (nivelado), conforme as recomendações da ICAO.

#### 5.2.5 Análise das dimensões e configuração da pista de taxi e pátio de aeronaves

Assim como as configurações da pista de pouso e decolagem, para verificação das características físicas da pista de taxi e do pátio de aeronaves foram utilizados as diretrizes do RBAC 154/2012, da ANAC, do Anexo 14 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, da ICAO. As dimensões mínimas foram definidas conforme a aeronave de projeto Boeing 737-700.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como mencionado anteriormente, os elementos analisados foram o sistema de pista de pouso e decolagem, pátio e *taxiway*. É importante ressaltar que o código de referência deste aeroporto é 3C devido as características da aeronave crítica, o Boeing 737-700. Este código é definido a partir do RBAC 154 da ANAC, para fins de planejamento do aeródromo e é utilizado para realização do diagnóstico em diferentes situações.

### 6.1 Análise da orientação da pista de pouso e decolagem

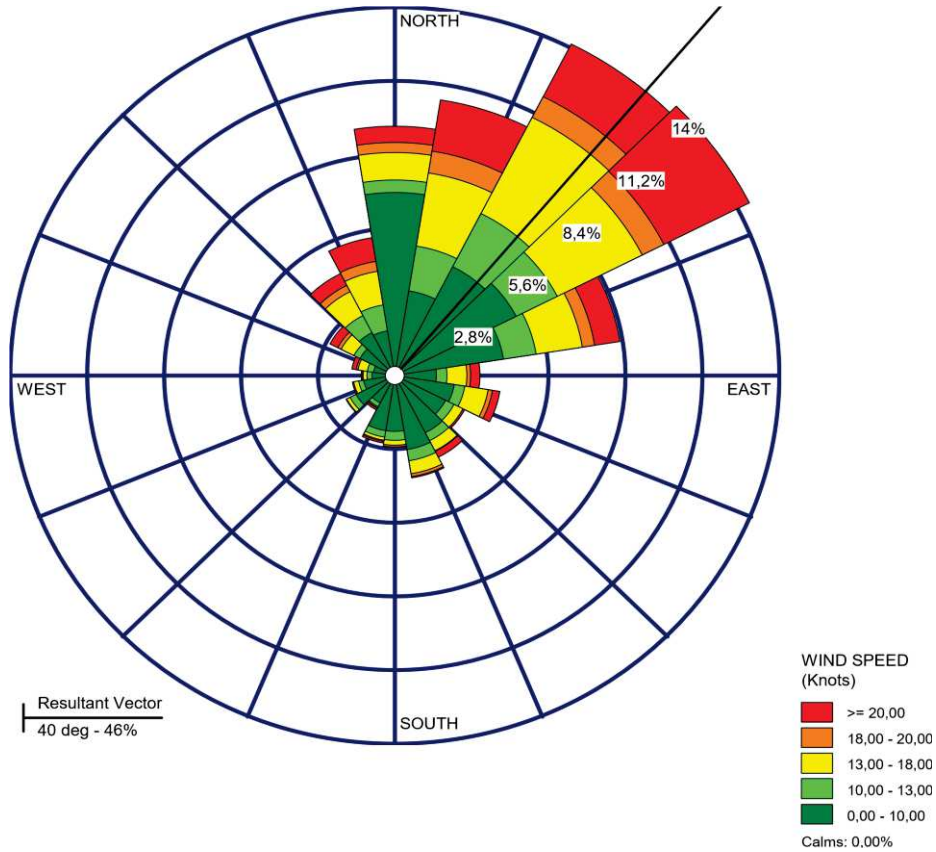
A melhor orientação relativa da pista foi determinada pelo método da rosa de ventos característica do aeroporto. Os dados estatísticos em porcentagem da ocorrência do vento em cada combinação de direção e velocidade foram plotados na forma de um compasso da Rosa dos Ventos. O resumo das velocidades médias dos ventos registrados, vetor resultante e velocidade máxima para cada mês estão expressos na tabela 8.

**Tabela 8- Resumo dos registos mensais da incidência de ventos no Aeroporto de Cascavel**

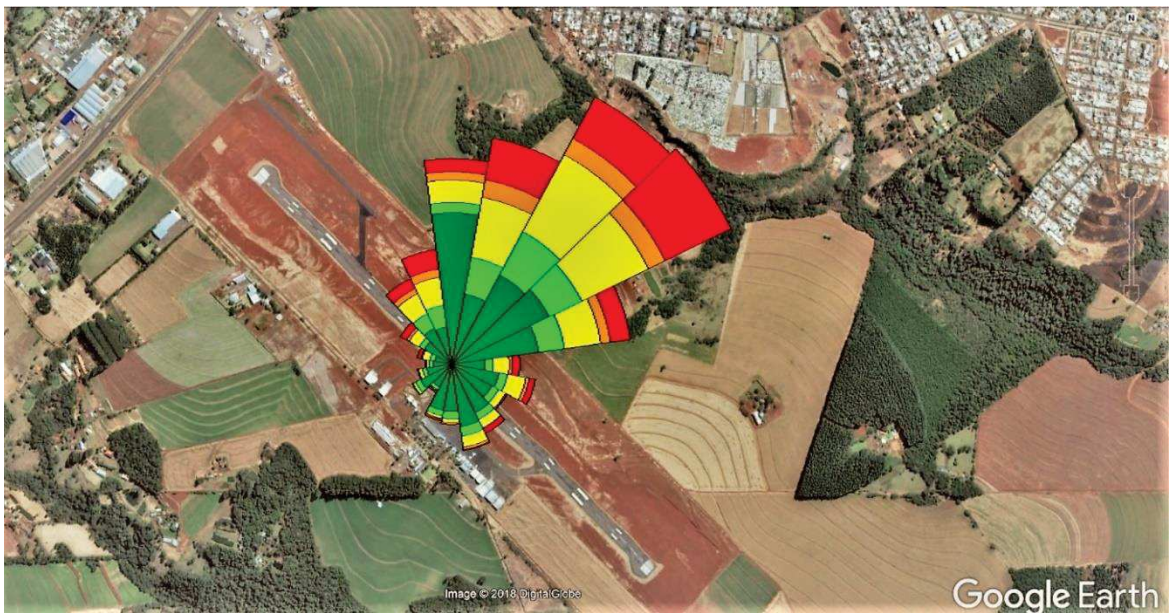
Mês	Orientação Predominante	Direção Predominante (Azimute)	Velocidade média (Nós)	Velocidade máxima (Nós) – Ano de registo
Janeiro	NE	40°	11,22	40 - 2006
Fevereiro	NE	44°	11,38	40 - 2013
Março	NE	67°	10,32	29 - 2016
Abril	NE	64°	10,20	32 - 2014
Maio	NE	60°	9,77	41 - 2007
Junho	NE	47°	11,42	28 - 2017
Julho	NE	50°	12,23	50 - 2016
Agosto	NE	57°	13,21	40 - 2007
Setembro	NE	61°	12,57	40 - 2010
Outubro	NE	68°	12,50	40 - 2017
Novembro	NE	61°	11,73	40 - 2007
Dezembro	NE	38°	12,04	30 - 2012

Fonte: Autor

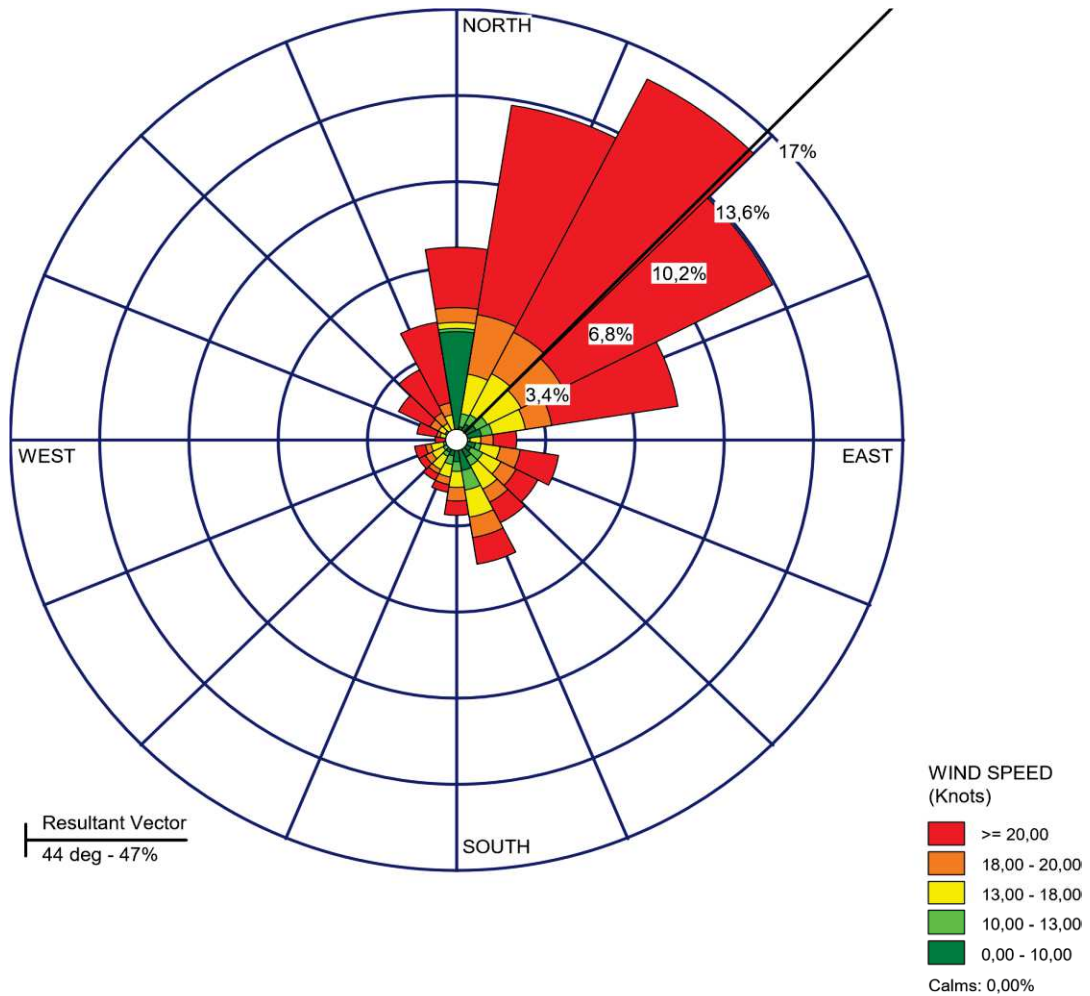
Para a análise, verificou-se o regime de ventos para todos os meses do ano separadamente, obtendo um anemograma específico para cada mês. Essa análise permite verificar a variabilidade da incidência dos ventos ao longo de um mesmo ano, o comportamento sazonal dos ventos e o regime padrão. Os anemogramas para cada mês do ano, bem como e as representações da incidência dos ventos na pista de pouso e decolagem do aeroporto resultantes das análises estão dispostas nas Figuras 42 a 65.



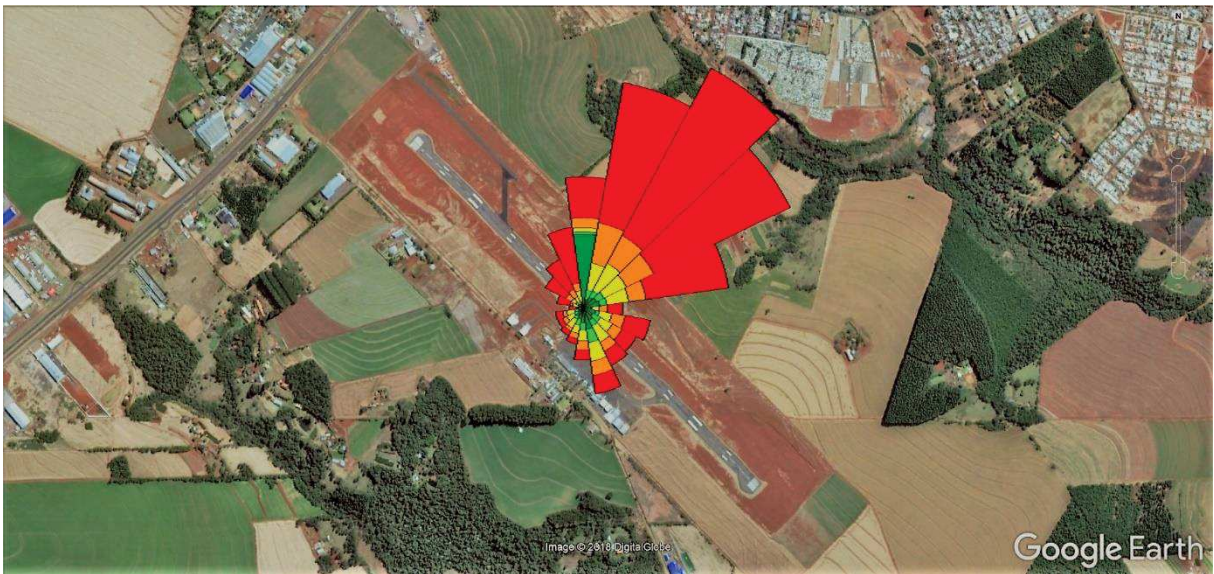
**Figura 42- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Janeiro**  
**Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)**



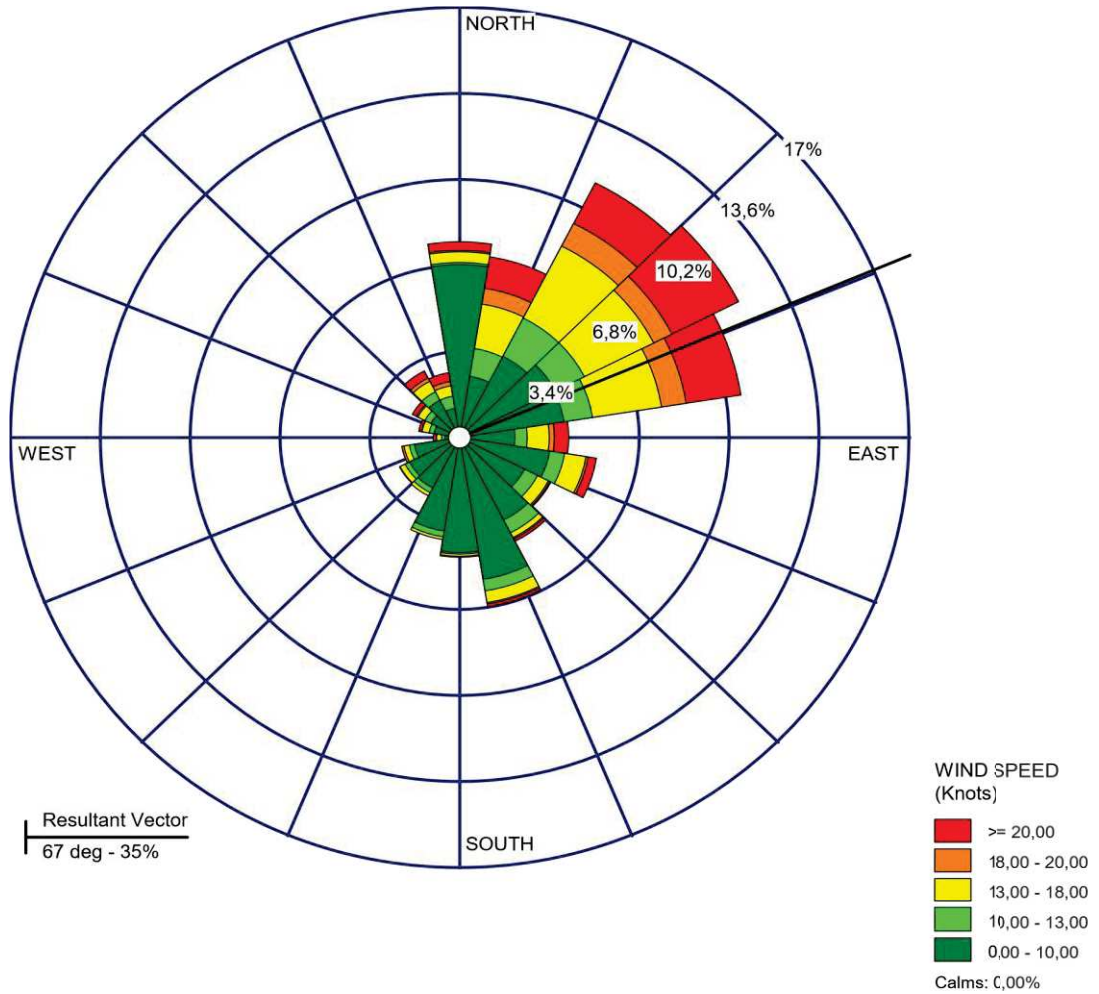
**Figura 43- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Janeiro**  
**Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)**



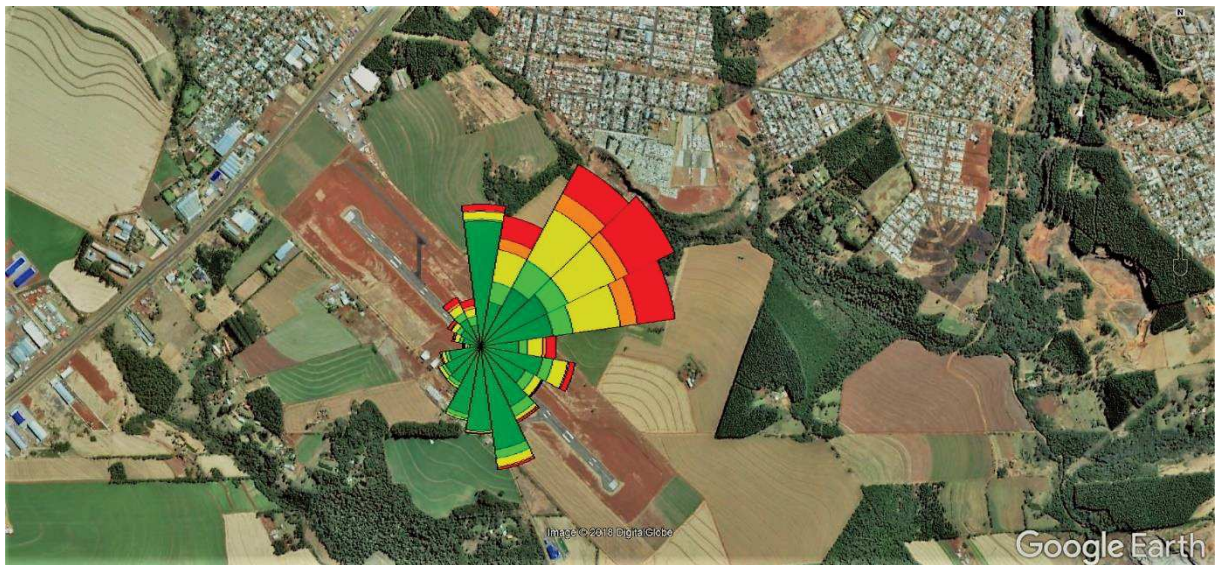
**Figura 44- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Fevereiro**  
**Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)**



**Figura 45- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Fevereiro**  
**Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)**



**Figura 46- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Março**  
**Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)**



**Figura 47- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Março**  
**Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)**

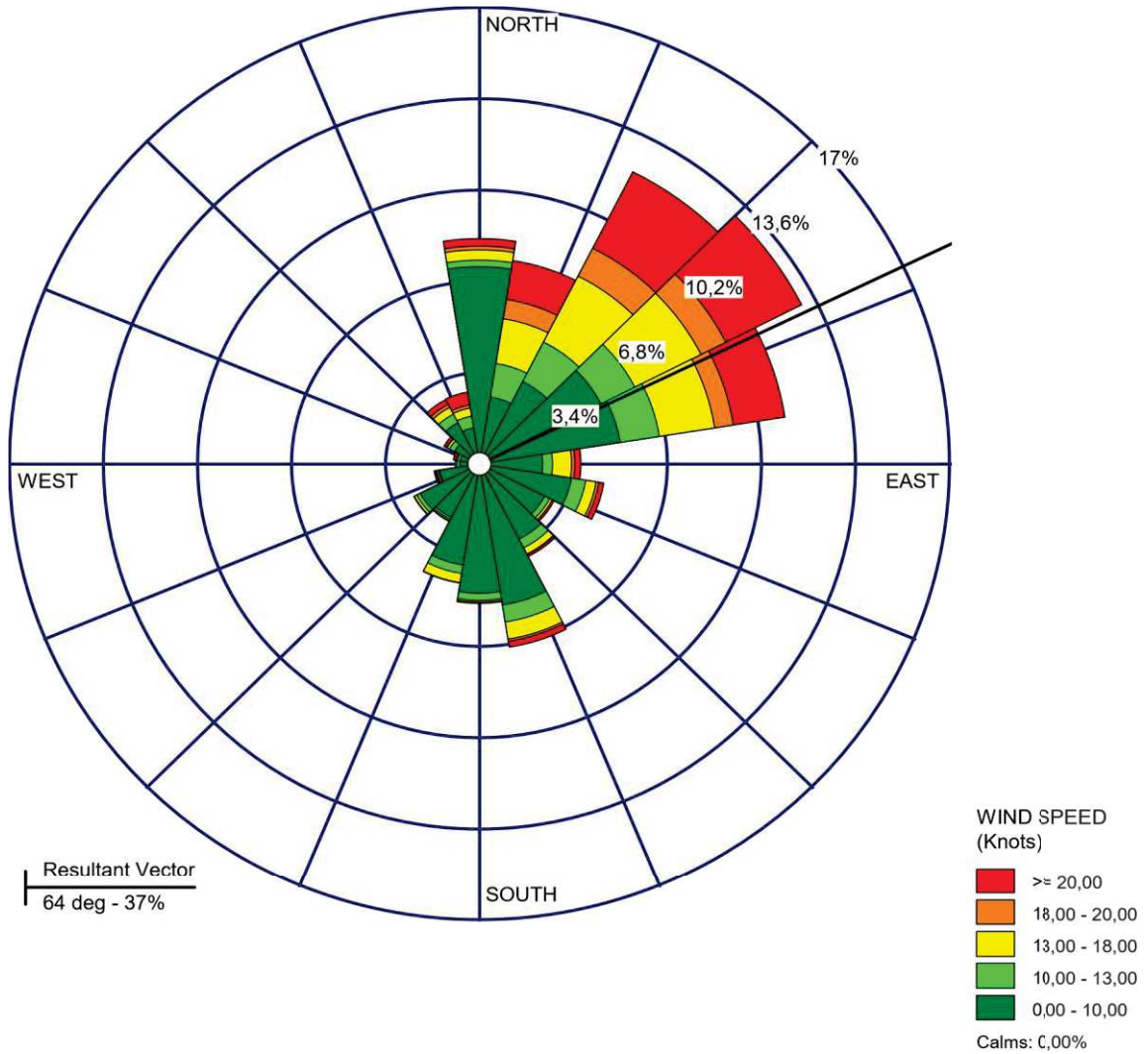


Figura 48- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Abril

Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)

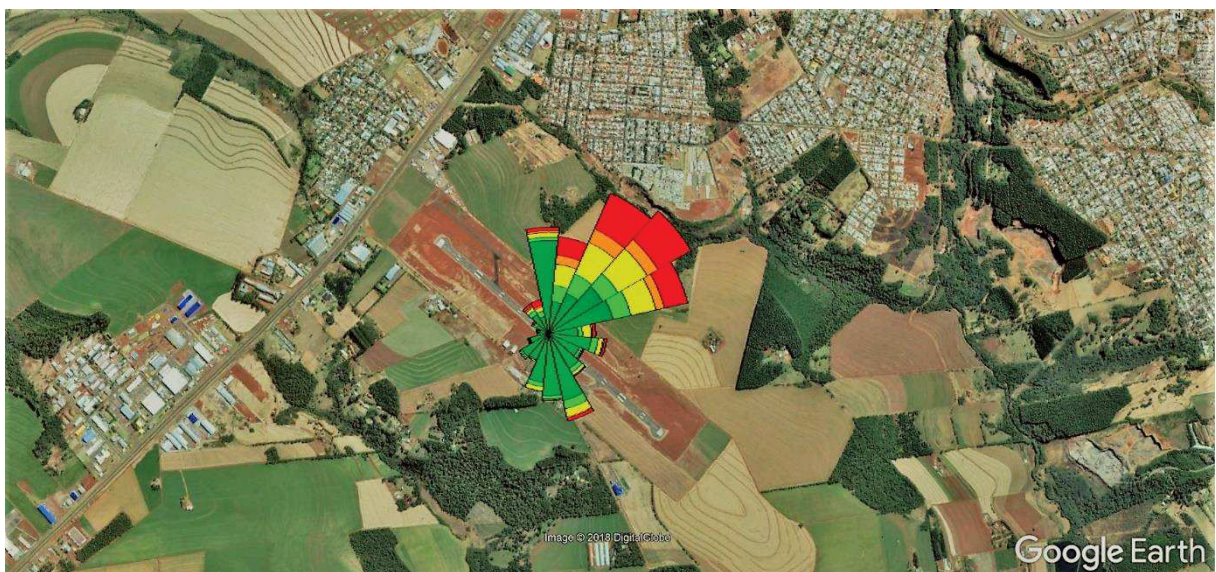


Figura 49- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Abril

Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)



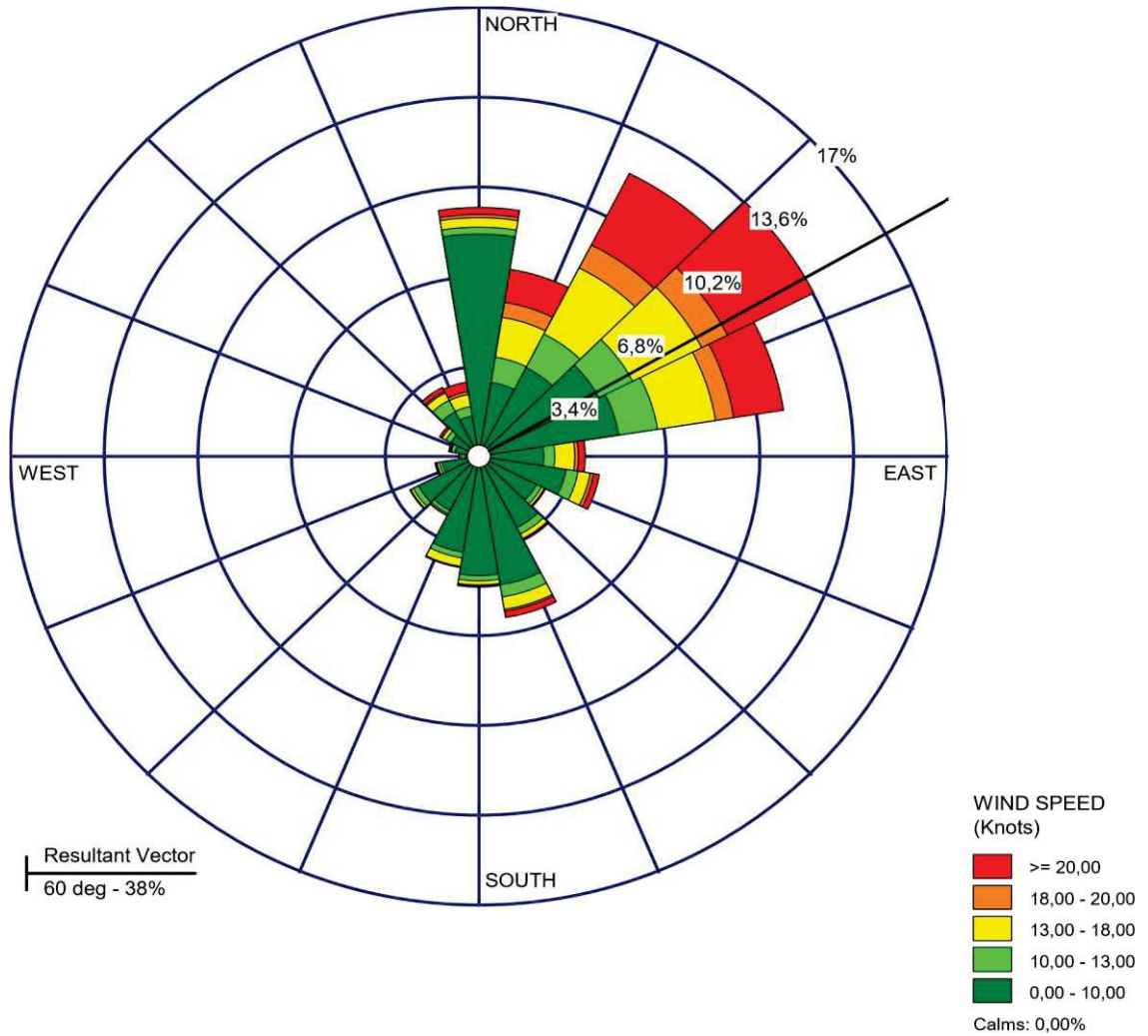


Figura 50- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Maio

Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)



Figura 51- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Maio

Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)

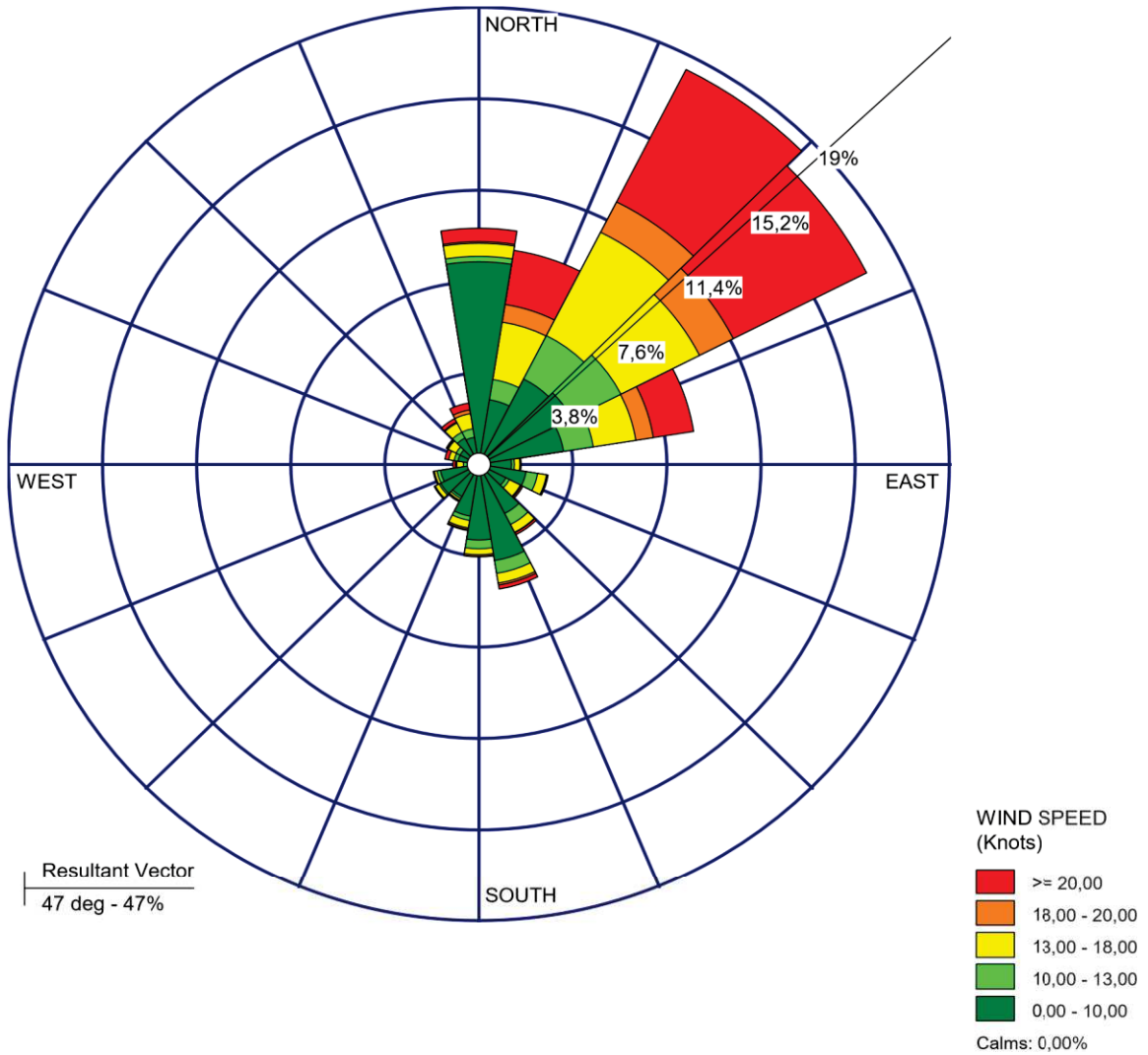


Figura 52- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Junho

Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)

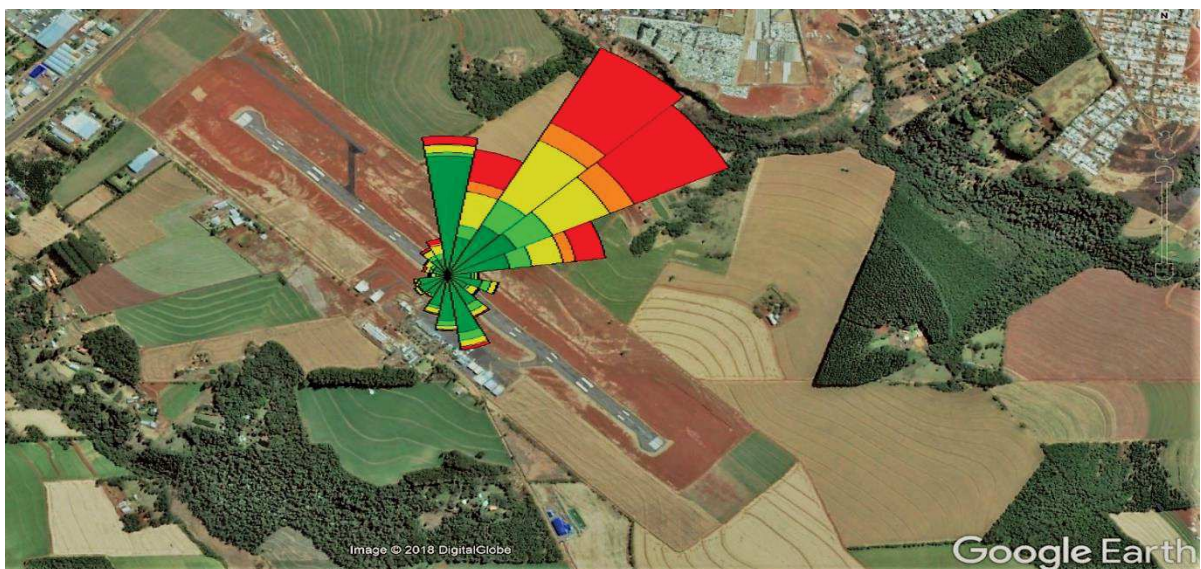
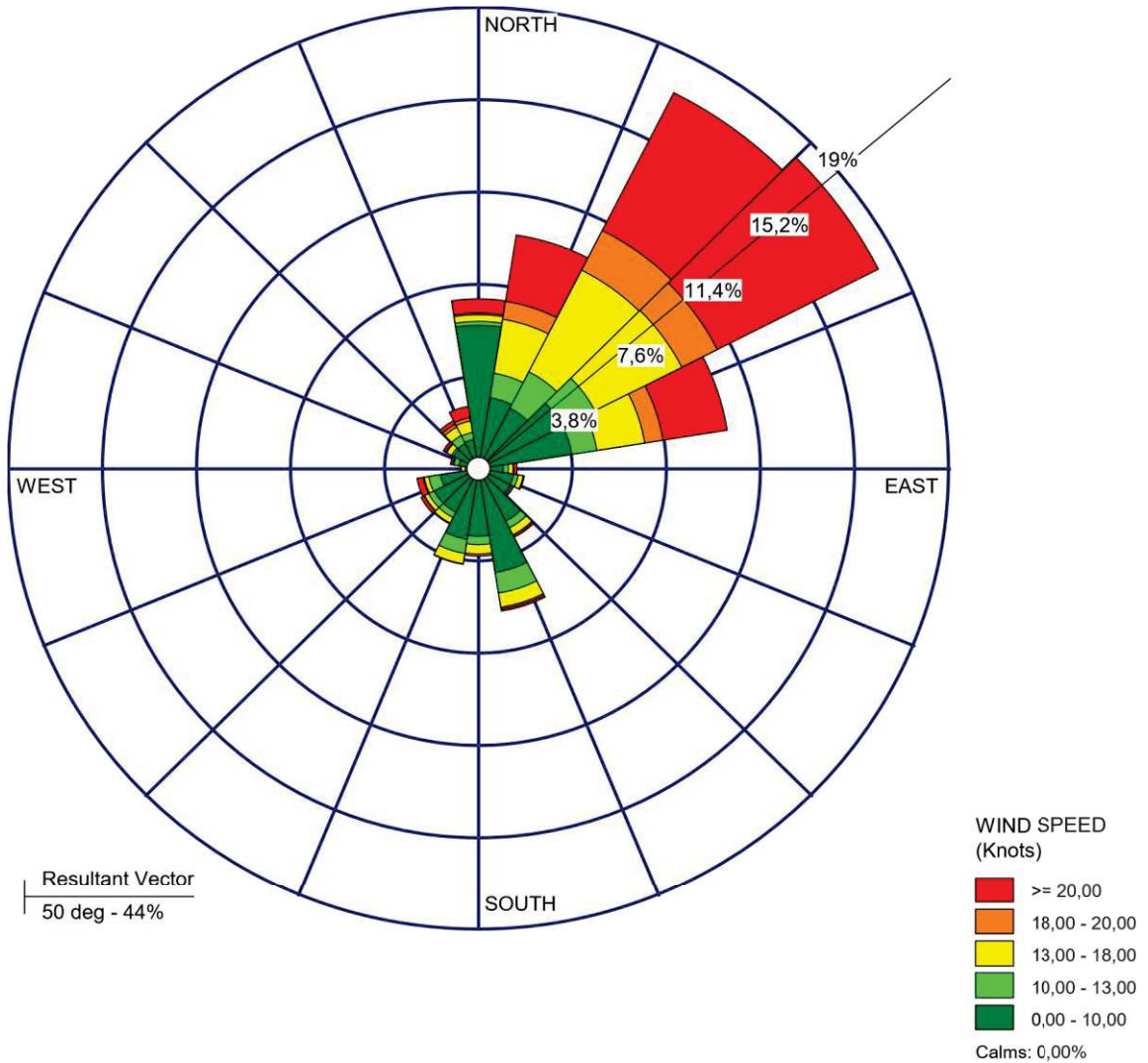
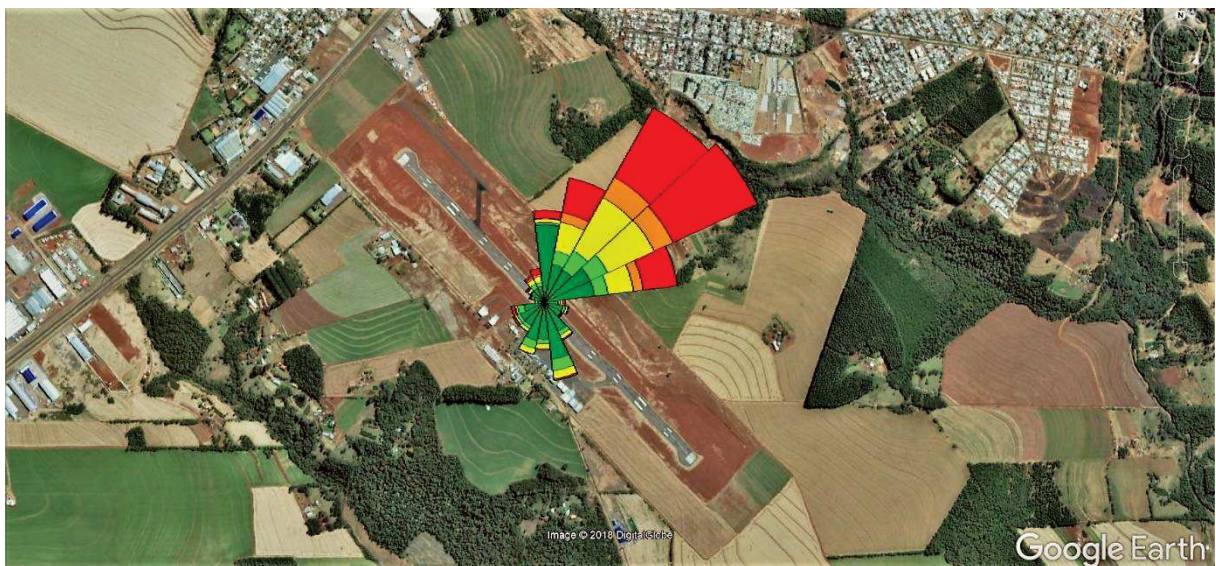


Figura 53- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Junho

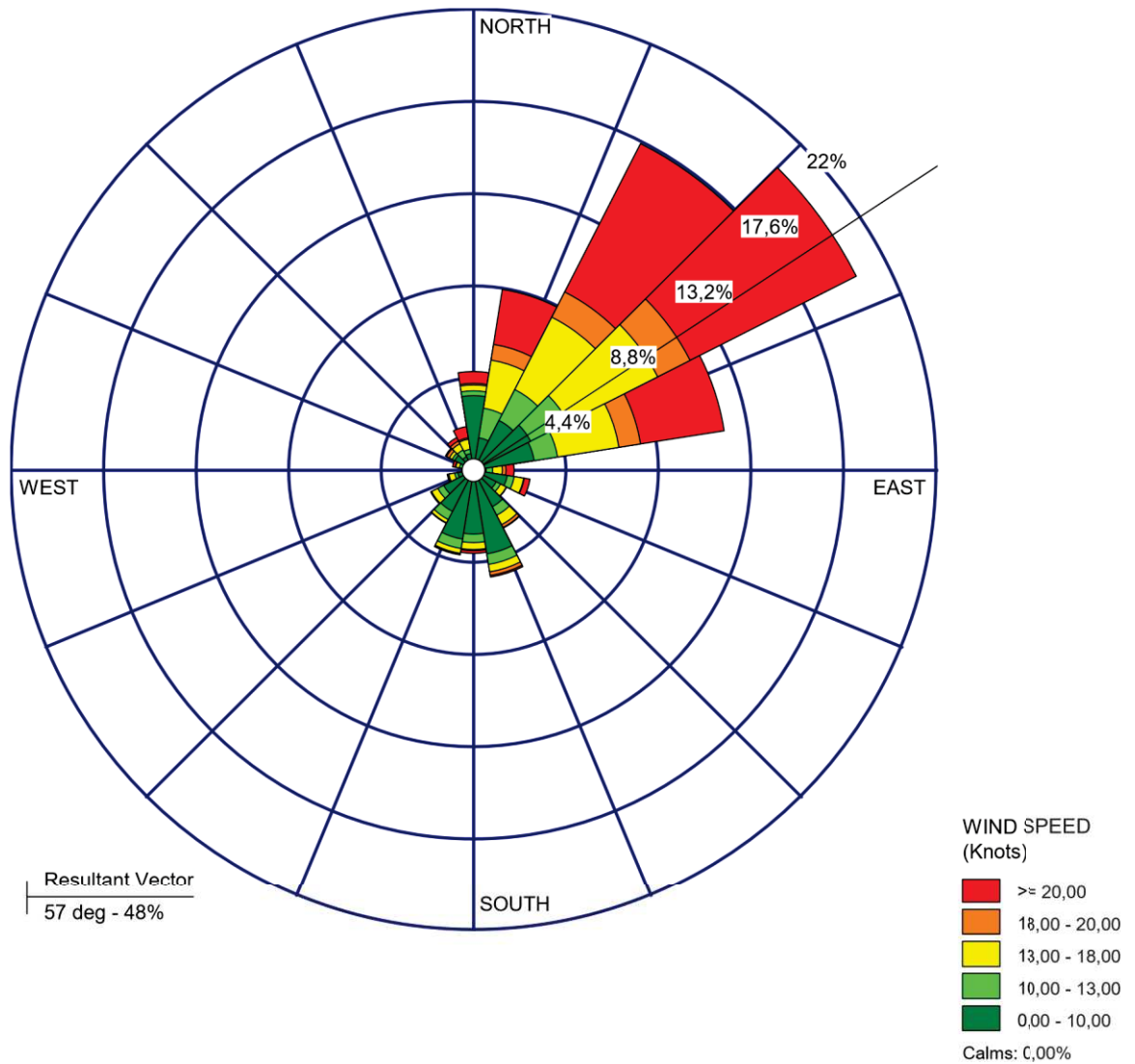
Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)



**Figura 54- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Julho**  
 Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)



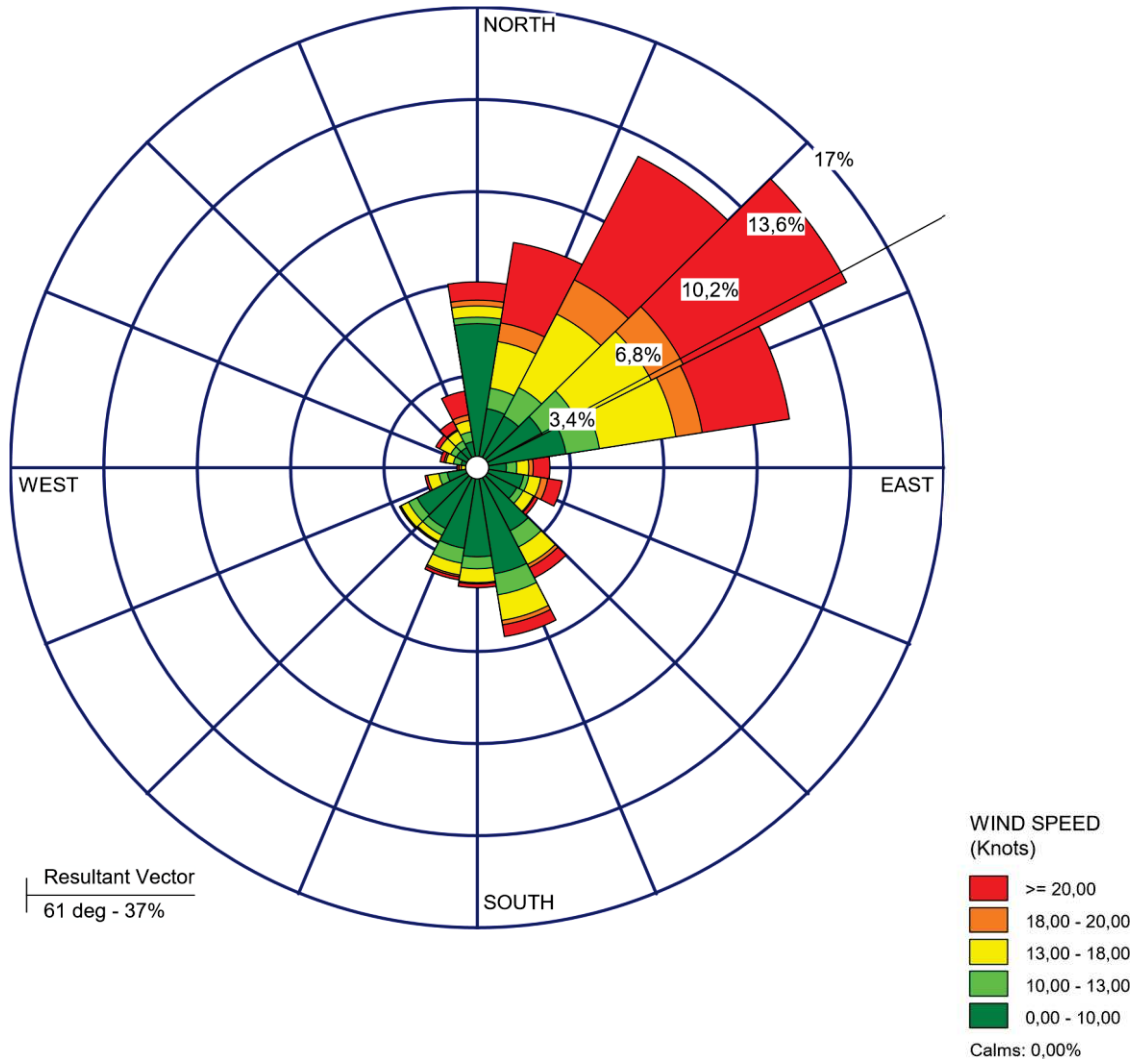
**Figura 55- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Julho**  
 Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)



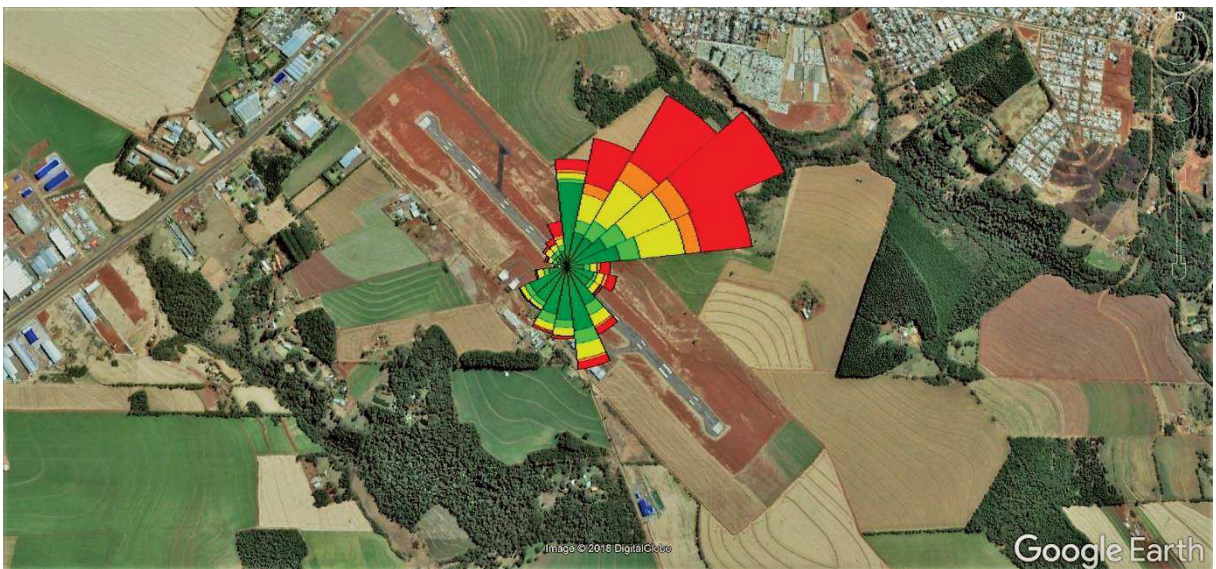
**Figura 56- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Agosto**  
 Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)



**Figura 57- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Agosto**  
 Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)



**Figura 58- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Setembro**  
 Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)



**Figura 59- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Setembro**  
 Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)

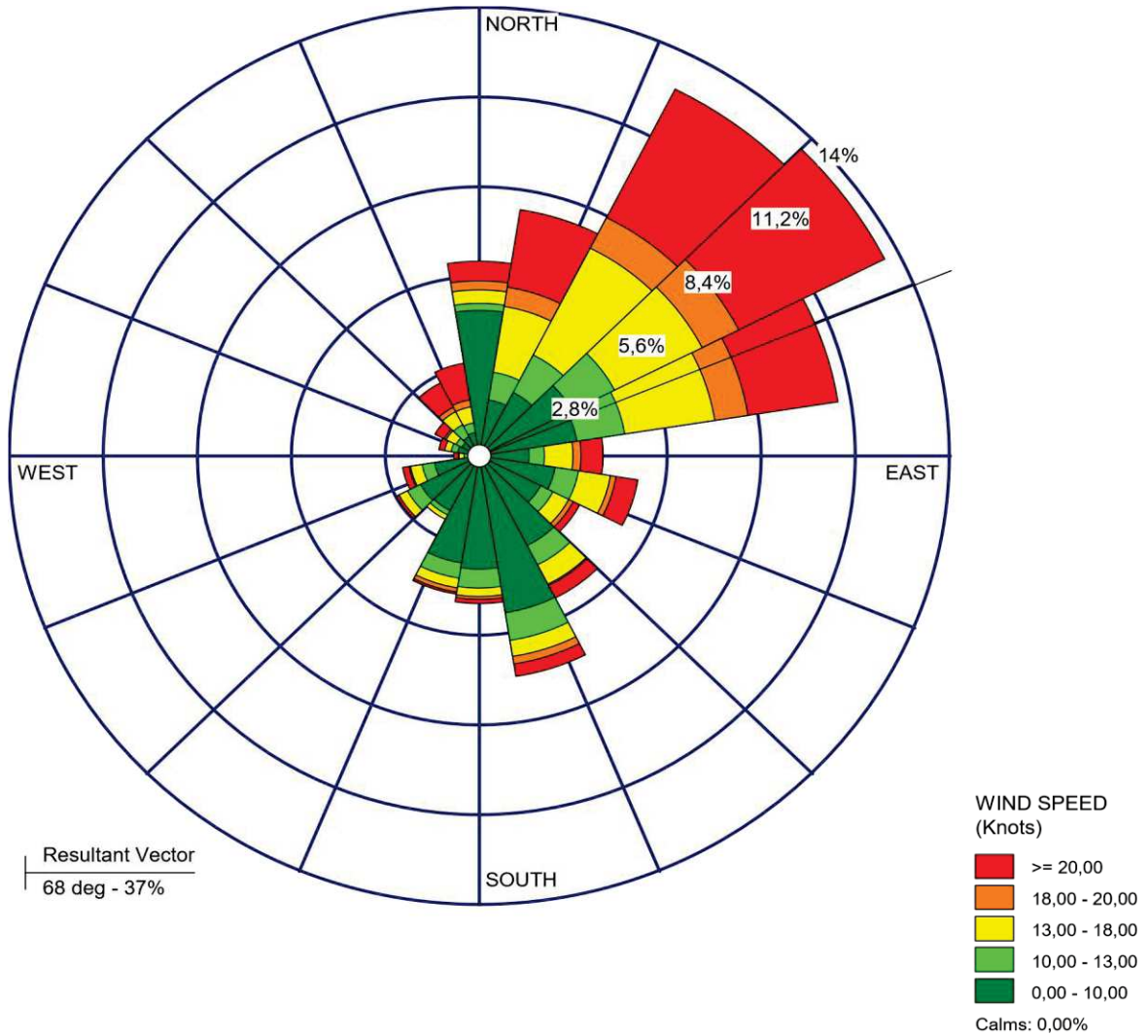


Figura 60- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Outubro  
Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)



Figura 61- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Outubro  
Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)

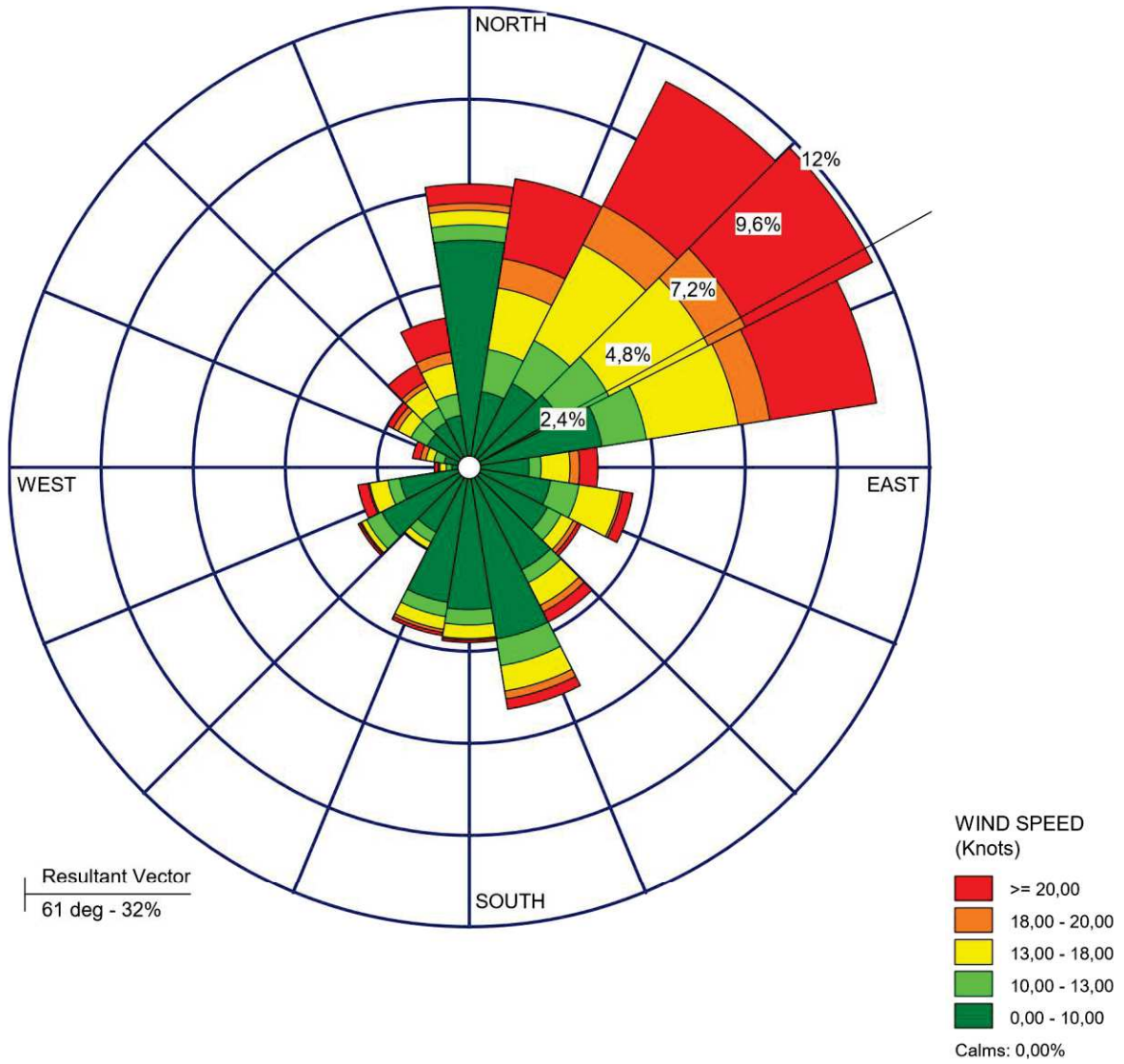
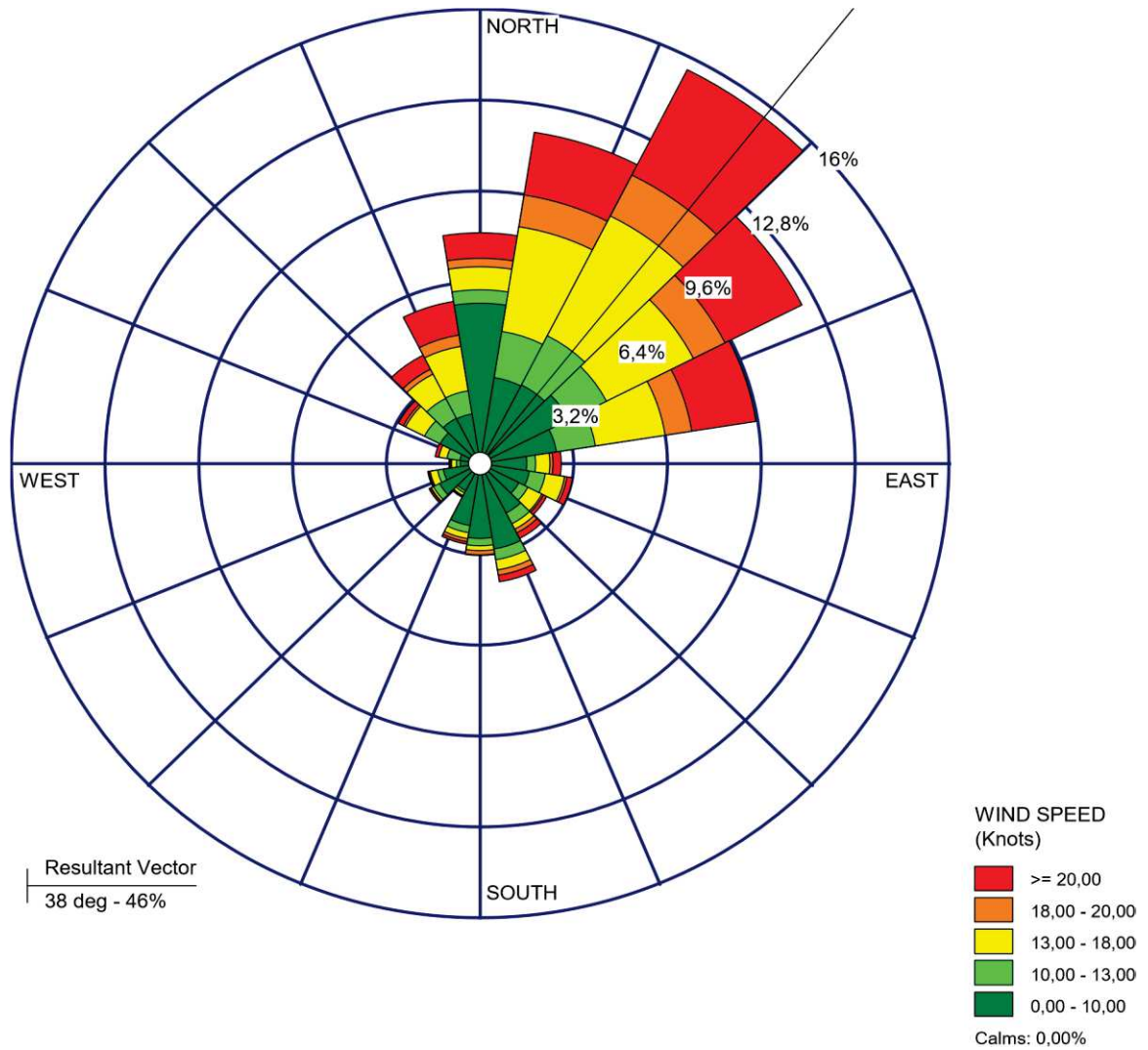


Figura 62- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Novembro  
Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)



Figura 63- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Novembro  
Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)



**Figura 64- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel para o Mês de Dezembro**  
 Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)



**Figura 65- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Dezembro**  
 Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)



A partir da análise dos anagramas, observa-se que os meses de Verão (dezembro, janeiro e fevereiro), ocorrem maiores contribuições dos ventos Nordeste com azimutes inferiores a  $45^\circ$ . O vento nesta estação é marcado por rajadas intensas (a partir de 18 nós), principalmente durante fevereiro, que apresenta grande contraste entre ventos calmos e rajadas intensas.

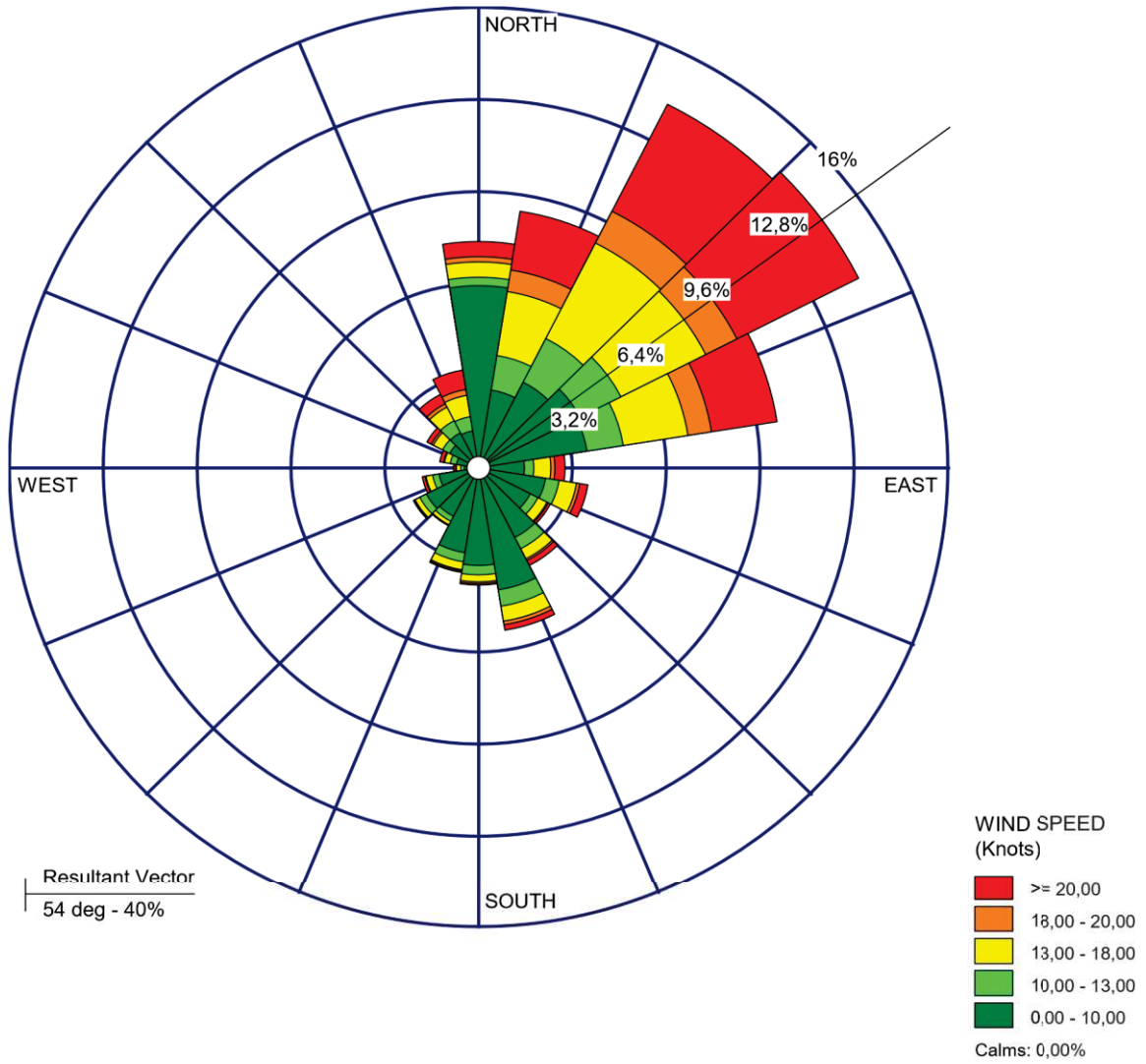
No período do outono (março, abril e maio), ocorre uma visível migração das frequências para direções ao sul. Os ventos neste período têm a velocidade mais apaziguada. A incidência de ventos ainda é predominantemente do Nordeste, com ventos moderados (intensidade de 10 a 18 nós), mas há significativa incidência de ventos francos (intensidade inferior a 10 nós) provenientes do sul.

No inverno (junho, julho e agosto), verifica-se a máxima frequência de ventos vindos do Nordeste, com velocidades mais intensas, porém ainda moderadas. Este comportamento está associado incursão de frentes frias e massas polares que induzem o aumento da velocidade dos ventos.

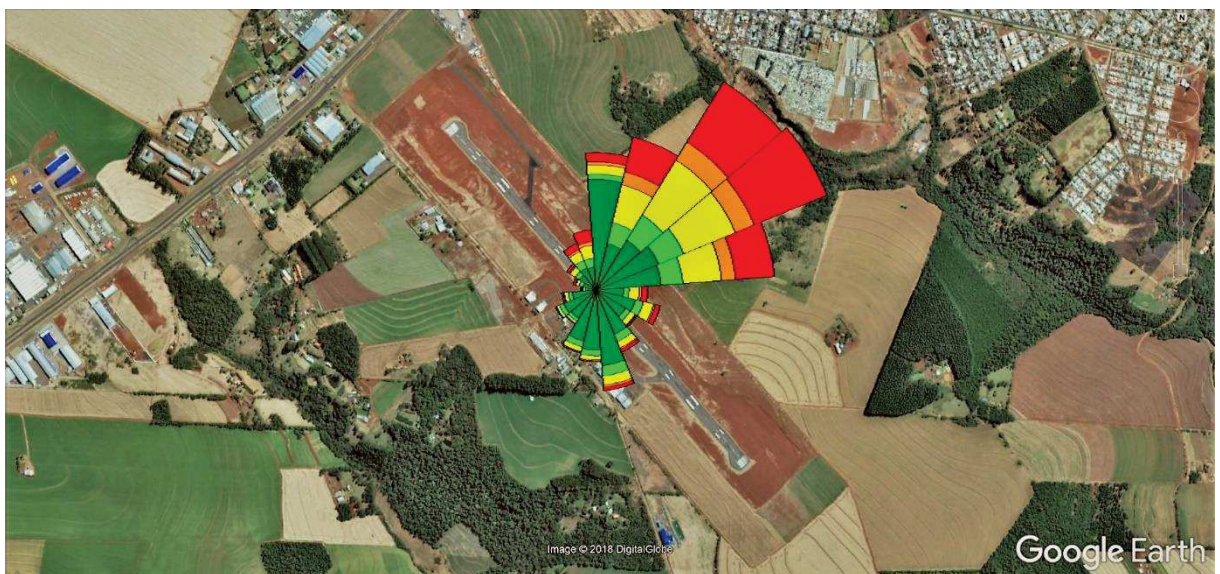
Durante a primavera (setembro, outubro e novembro), os ventos predominantes e mais intensos sopram do Nordeste, porém há incidência de ventos calmos vindos do Sudeste.

A análise comparativa da rosa dos ventos mensais do aeródromo evidencia uma similaridade no padrão comportamental do vento. Ocorre um visível predomínio dos ventos provenientes do quadrante Nordeste (NE) ao longo de todo o período do ano. Apesar de variar na orientação (azimute) do sopro, os ventos incidem hegemonicamente do Nordeste. As velocidades variam aos longos dos meses, porém de forma sutil, sem mudanças bruscas na intensidade.

O anemograma característico do aeroporto que expressa o regime dos ventos anualmente é apresentado na figura 66. A figura 67 apresenta um esquema da incidência dos ventos na pista conforme a média anual resultante dos dados coletados. Analisando o esquema das médias mensais e anual, verifica-se uma importante incidência de ventos de través na pista. O vento de través é aquele praticamente ortogonal ao eixo da pista, podendo provocar instabilidade e turbulência, dependendo da intensidade, e também alterar o rumo da aeronave durante operações de pouso e decolagem.



**Figura 66- Anemograma característico do Aeródromo de Cascavel - Anual**  
 Fonte: Adaptado de WRPLOT View - Lakes Environmental Software (2018)



**Figura 67- Representação esquemática da incidência de ventos no aeroporto – Anual**  
 Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)

Como a análise do comportamento da direção e velocidade do vento no período de 2006 a 2017, para a estação do Aeroporto de Cascavel, mostraram comportamentos sazonais semelhantes, denotando homogeneidade nos tipos de fenômeno meteorológicos relacionados ao regime de ventos atuantes na região, é possível utilizar o método das rosas de ventos para descrever a melhor orientação da pista de pouso e decolagem.

A tabela 9 mostra todos os dados coletados com informações pertinentes ao regime de ventos. Os dados foram classificados conforme a orientação e velocidade dos ventos. Com os dados separados, foi possível gerar os anemogramas característicos, e verificar possíveis orientações para a pista.

**Tabela 9- Resumo mensal da incidência de ventos no Aeroporto de Cascavel**

DIREÇÃO	INTENSIDADE (NÓS)									TOTAL
	0-3	4-6	7-10	11-16	17-21	22-27	28-33	34-40	> 41	
10°	3112	56	313	419	337	79	7	0	0	4323
20°	10	82	594	731	479	109	7	0	0	2012
30°	26	89	707	1072	886	159	10	0	1	2950
40°	23	114	824	1413	1156	301	29	2	0	3862
50°	25	104	751	1379	1303	337	28	3	4	3934
60°	18	113	615	1023	1138	316	31	3	2	3259
70°	71	243	1075	1436	1536	354	18	0	0	4733
80°	37	206	798	1037	959	209	10	0	1	3257
90°	42	175	803	756	514	117	0	0	0	2407
100°	34	180	647	467	259	34	1	1	0	1623
110°	42	168	570	363	141	27	0	0	0	1311
120°	23	124	347	199	67	4	0	0	0	764
130°	35	110	444	190	31	5	0	0	0	815
140°	15	130	356	149	35	8	5	0	0	698
150°	30	132	357	134	31	6	1	0	2	693
160°	83	227	666	313	92	18	1	0	0	1400
170°	69	236	700	295	83	9	2	0	0	1394
180°	228	806	2189	608	147	8	1	0	1	3988
190°	75	214	550	176	32	3	0	0	0	1050
200°	50	226	529	148	22	0	0	0	1	976
210°	33	141	290	91	12	2	0	0	0	569
220°	65	143	371	84	12	0	0	0	0	675
230°	33	144	318	84	17	0	0	0	0	596
240°	44	157	407	144	23	3	0	0	1	779
250°	33	109	347	132	39	7	1	0	1	669
260°	18	60	186	107	27	3	1	0	0	402
270°	17	55	199	145	53	5	1	0	0	475
280°	5	41	151	98	52	9	1	0	1	358

DIREÇÃO	0-3	4-6	7-10	11-16	17-21	22-27	28-33	34-40	> 41	TOTAL
290°	11	49	166	120	30	4	2	0	1	383
300°	17	56	267	162	74	6	2	0	1	585
310°	9	50	214	171	52	5	1	0	1	503
320°	7	52	266	225	75	8	5	0	0	638
330°	17	45	369	310	155	33	9	0	2	940
340°	11	36	269	283	170	38	8	1	0	816
350°	8	53	341	365	238	61	8	1	1	1076
360°	8	85	179	314	258	42	2	0	0	888
Calmo	2265									2265
TOTAL	6649	5011	18175	15143	10535	2329	192	11	21	58066

Fonte: Autor

A figura 68 representa a real situação do aeródromo. As cabeceiras 15 e 33 apresentam 95,63% de cobertura de ventos de través de 20 nós, considerando a aeronave de projeto. Sendo assim, nesta orientação, os ventos de través são mais intensos na pista.

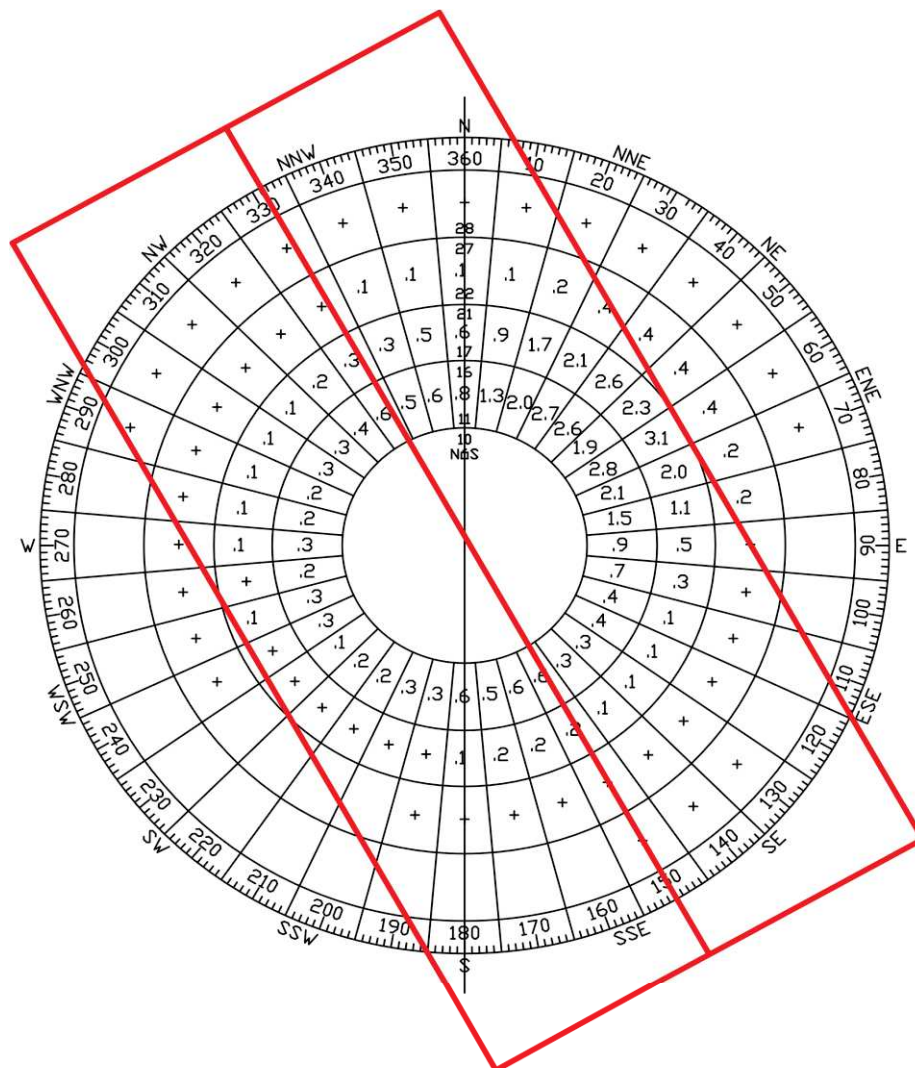
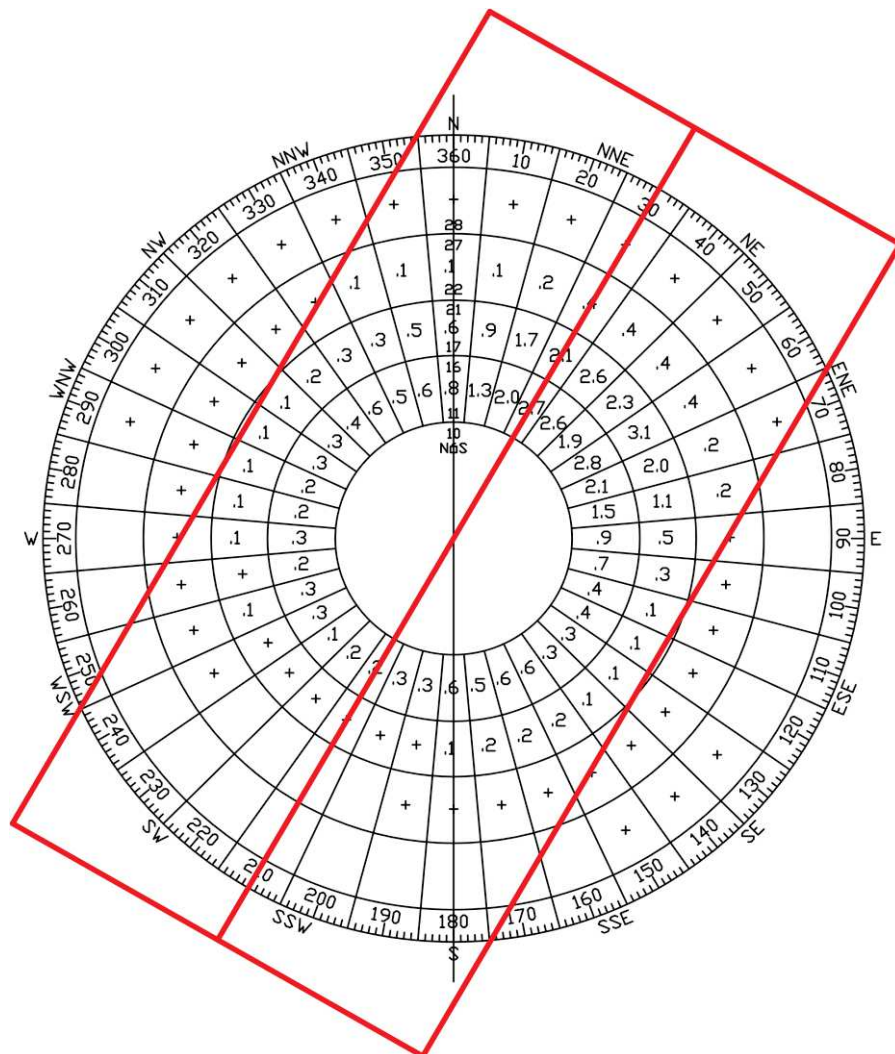


Figura 68- Anemograma com a orientação da Pista Atual

Fonte: Autor

Deve-se frisar que a sensibilidade de um avião ao vento de través depende principalmente do peso total da aeronave, envergadura e o tipo de trem de pouso. Quanto maior o peso da aeronave, maior a sua potência e como consequência ela será menos suscetível ao vento través. Mesmo o aeródromo tendo sido desenvolvido para aeronaves de grande e médio porte, por receber com frequência aeronaves de menor porte, deve-se verificar a influência que o vento de través pode ter na operação do aeroporto.

As figuras 69 a 72 representam os anemogramas de análise da pista com a orientação partindo do azimute de 30°, 35°, 40° e 45° respectivamente. Para orientação de 30° tem-se a cobertura de ventos de 99,58%. Para a orientação de 35° a cobertura de vento é de 99,59%. Já para a pista orientada a 40°, a cobertura de vento foi de 99,56%. Por fim, para a pista orientada a 45°, obteve-se a cobertura de 99,49%.



**Figura 69- Anemograma com a orientação da Pista – 30°**

Fonte: Autor

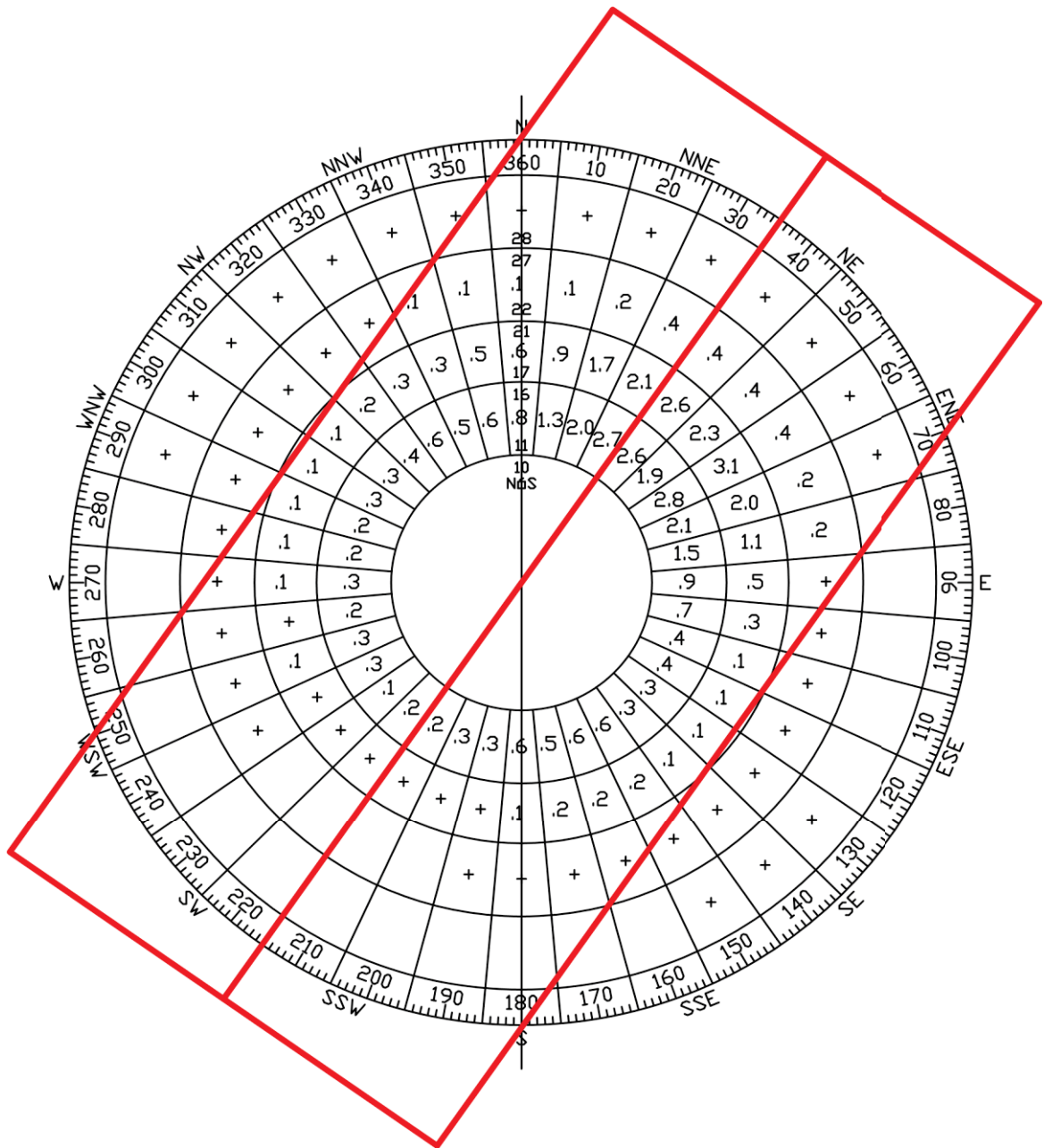


Figura 70- Anemograma com a orientação da Pista – 35°  
 Fonte: Autor

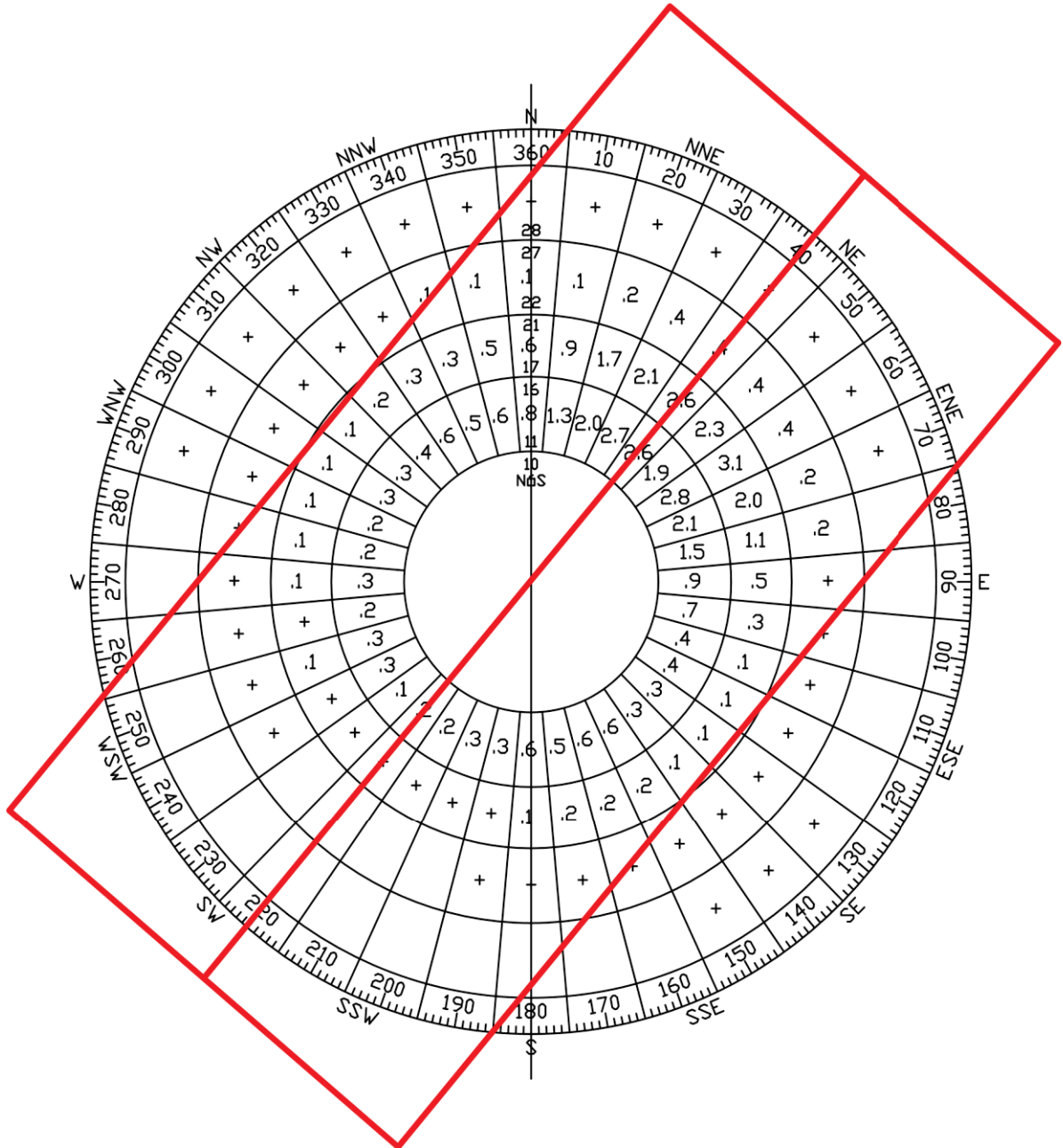
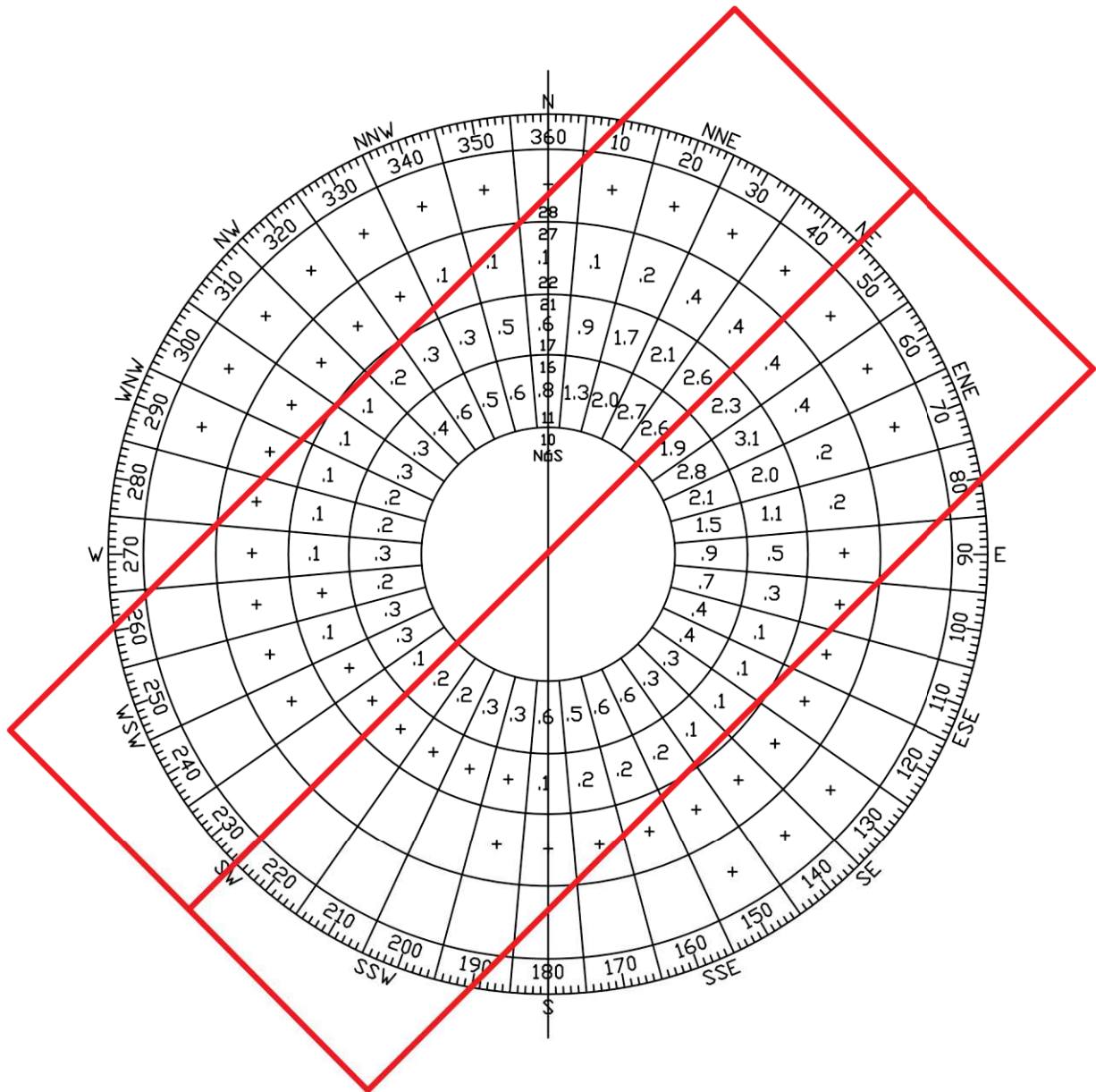


Figura 71- Anemograma com a orientação da Pista – 40°

Fonte: Autor



**Figura 72- Anemograma com a orientação da Pista – 45°**  
**Fonte: Autor**

Sendo assim, verifica-se que a orientação da pista para maiores coberturas de vento deve ficar entre 30° e 45°, sendo 35° a orientação que garante a maior cobertura.

De acordo com o RBAC 154, a atual pista atende a conformidade normativa, tendo em vista que atende cobertura de vento para a aeronave de projeto superior a 95%, entretanto o método considera apenas a aeronave de projeto, e não leva em consideração a classe de aeronaves menores, que estão mais suscetíveis aos ventos de través.



Na figura 73 tem-se a representação gráfica da melhor orientação da pista, comparada com a orientação atual. A imagem tem como objetivo de apenas comparar a orientação da pista atual e da pista proposta, desconsiderando a locação da mesma e a topografia local. Para melhor locar a pista, deve-se realizar a análise das superfícies imaginárias e o vetor de crescimento da cidade. De qualquer forma, observa-se a partir da imagem 73 uma significativa variação da posição da pista segundo as análises supracitadas.



**Figura 73- Orientação de pista sugerida**  
Fonte: Adaptado Google Earth (2018).

## 6.2 Análise das dimensões da pista de pouso e decolagem

De acordo com a resolução FAA *Advisory Circular* 150/5325-4B e os manuais de características do fabricante da aeronave, uma análise foi conduzida para

determinar os requisitos teóricos do comprimento da pista para transporte de passageiros e cargas que operam no aeroporto municipal de Cascavel.

Quando as aeronaves operam durante períodos de altas temperaturas e o aumento relativo da altitude diminui o desempenho operacional de uma aeronave. A perda de desempenho requer distâncias de decolagem mais longas e velocidades de aterrissagem mais rápidas durante os desembarques, o que resulta em requisitos de comprimento de pista mais longos.

Os requisitos de comprimento de pista de decolagem foram determinados a partir do ábaco de desempenho da aeronave durante a decolagem para o dia seco com temperatura padrão (59°F ou 15°C) para o nível do mar. Os valores referentes as temperaturas de referência para o aeródromo em estudo foram obtidas com as séries históricas disponibilizada pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (2018), e está resumido na tabela 10. Sendo assim, a temperatura de referência (Tref) adotada através da média mensal das temperaturas máximas diárias do mês mais quente do ano, obtido através de médias de vários anos de observação do IAPAR é de 28,6° C.

**Tabela 10- Tabela Climática de Cascavel**

Parâmetro	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jun	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura máxima recorde (°C)	34,4	34,1	37,6	32,2	31,0	28,0	28,9	33,2	35,4	34,9	36,6	36,4
Temperatura máxima média (°C)	28,6	28,3	28,2	25,8	22,4	20,4	20,9	22,7	24,0	26,3	27,8	28,3
Temperatura mínima média (°C)	19,1	18,9	18,2	15,9	13,3	11,5	11,2	12,5	13,5	15,8	17,1	18,6
Temperatura mínima recorde (°C)	9,8	9,2	6,7	3,6	-0,4	-1,0	-4,2	-1,9	0,2	4,0	7,2	10,8
Precipitação (mm)	188	178	142	167	190	131	109	110	158	227	182	188

**Fonte: IAPAR (2018)**

Com base na elevação do aeroporto de 754 metros (2473 pés) acima do nível padrão o mar tem-se que a pressão atmosférica é de aproximadamente 693 mmHg, para a temperatura padrão.

Com estas informações foram definidos as condições de design e o dimensionamento do comprimento da pista considerando 100%, 80% e 60% do peso máximo de decolagem da aeronave de projeto.

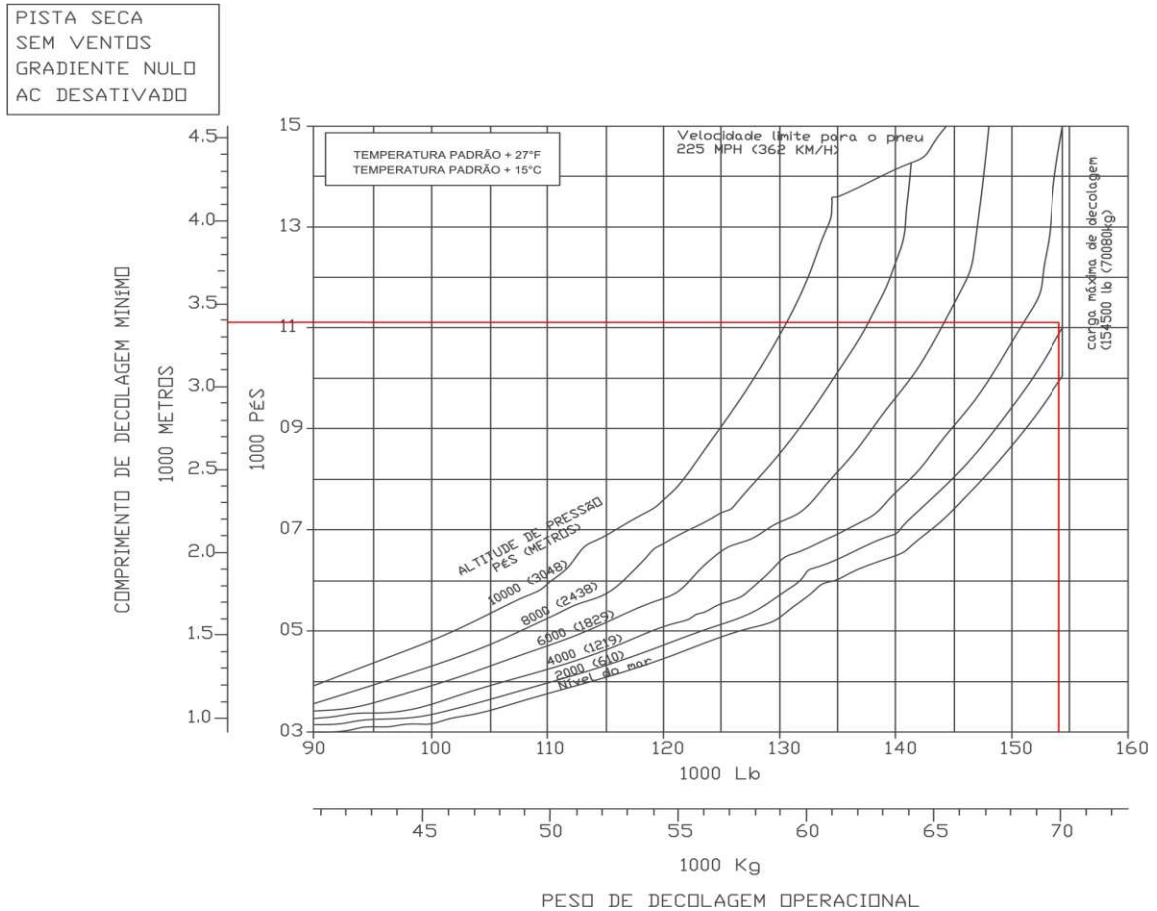
### 6.2.1 Cenário 01 – Capacidade de 100% do peso máximo de decolagem

Este caso considera o máximo peso que uma aeronave (incluído seu combustível, e cargas, tripulação e equipamentos transportados) pode ter para ser capaz de decolar e realizar as operações em pista com segurança. Sendo assim, está é a situação ideal, em que é autorizado a carga máxima de decolagem de acordo com a integridade estrutural da aeronave, em relação a pista de decolagem.

Os cálculos consideraram as seguintes condições de projeto:

- Aeronave de projeto: Boeing 737-700 (CFM56-7B20-24 ENGINES AT 20,000 LB SLST)
- Temperatura média diária máxima do mês mais quente no aeroporto 28,6° C (83,48°F)
- Elevação do aeroporto em referência ao nível do mar 754 m (2473 pés)
- Diferença máxima na elevação da linha central da pista 7,80 m (25,6pés)
- Peso máximo de decolagem 154.500 lb (70.080 kg)
- Peso máximo de pouso 129.200 lb (58.604 kg)
- Temperatura padrão para a altitude do aeroporto 29°C (84,2°F)

De acordo com o ábaco (Figura 74) a distância de decolagem mínima ( $L_{std}$ ) é de 3390 metros. Os fatores de correção que referem ao comprimento de pista de decolagem foram aplicados.



**Figura 74-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para decolagem – Cenário 01**  
Fonte: Adaptado de Boeing (2011)

- Fator de correção para altitude ( $F_a$ )

$$F_a = 0,07 * \frac{h}{300}$$

$h$  = Elevação do aeroporto em referência ao nível do mar

logo:

$$F_a = 0,07 * \frac{754}{300} \rightarrow F_a = 0,176$$

- Fator de correção para a temperatura ( $F_t$ )

$$F_t = 0,01 * (T_{ref} - T_{pad})$$

$T_{ref}$  = Temperatura média diária máxima do mês mais quente no aeroporto

$T_{pad}$  = Temperatura Padrão para a altitude do aeroporto

logo:

$$F_t = 0,01 * (29 - 28,6) \rightarrow F_t = \mathbf{0,004}$$

- Fator de correção para declividade longitudinal ( $F_d$ )

$$F_d = 0,1 * (i)$$

$i$  = declividade relativa da linha central da pista

$$i = \frac{7,80 \text{ m}}{3100 \text{ m}} \rightarrow i = \mathbf{0,252\%}$$

$$F_d = 0,1 * (0,252) \rightarrow F_d = \mathbf{0,0252}$$

Sendo assim, o coeficiente de correção ( $F_c$ ) é aplicado para se obter o comprimento de pista de decolagem teórico efetivo e é dado por:

$$F_c = (1 + F_a)(1 + F_t)(1 + F_d)$$

$$F_c = (1 + 0,176)(1 + 0,004)(1 + 0,0252)$$

$$F_c = 1,21$$

Portanto, para a aeronave de projeto Boeing 737-700, com 100% do peso máximo de decolagem certificado, obtido a partir do ábaco de desempenho das aeronaves, após realizado o diagnóstico das condições do aeroporto e adicionado os índices de correção recomendados pela ICAO de forma a contemplar as condições padrões prevista nos ábacos, o comprimento de pista de decolagem ( $L_{takeoff}$ ) é fornecido pela equação abaixo:

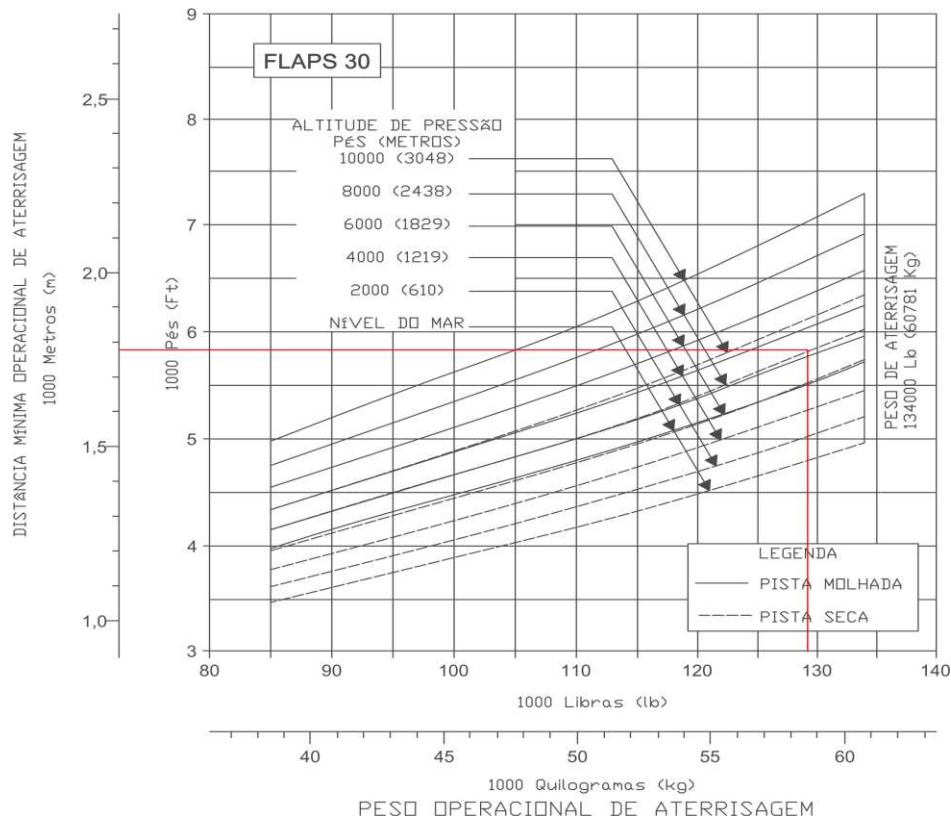
$$L_{Takeoff} = L_{std} * F_c$$

$$L_{Takeoff} = 3390 * 1,21$$

$$L_{Takeoff} = 4101 \text{ m} \cong \mathbf{4100 \text{ m}}$$

De acordo com o ábaco (Figura 75) a distância de pouso mínima é de 1880 metros. Considerou-se a pista molhada e com FLAPS 30 (dispositivos hipersustentadores que consistem de abas, ou superfícies articuladas, existentes nas asas de um avião, os quais, quando abaixados e/ou estendidos, aumentam a sustentação e o arrasto ou resistência ao avanço de uma asa pela mudança na

curvatura do seu perfil e pelo aumento de sua área). Ressalta-se que o método não propõe ajustes para gradiente da pista, temperatura e altitude da pista.



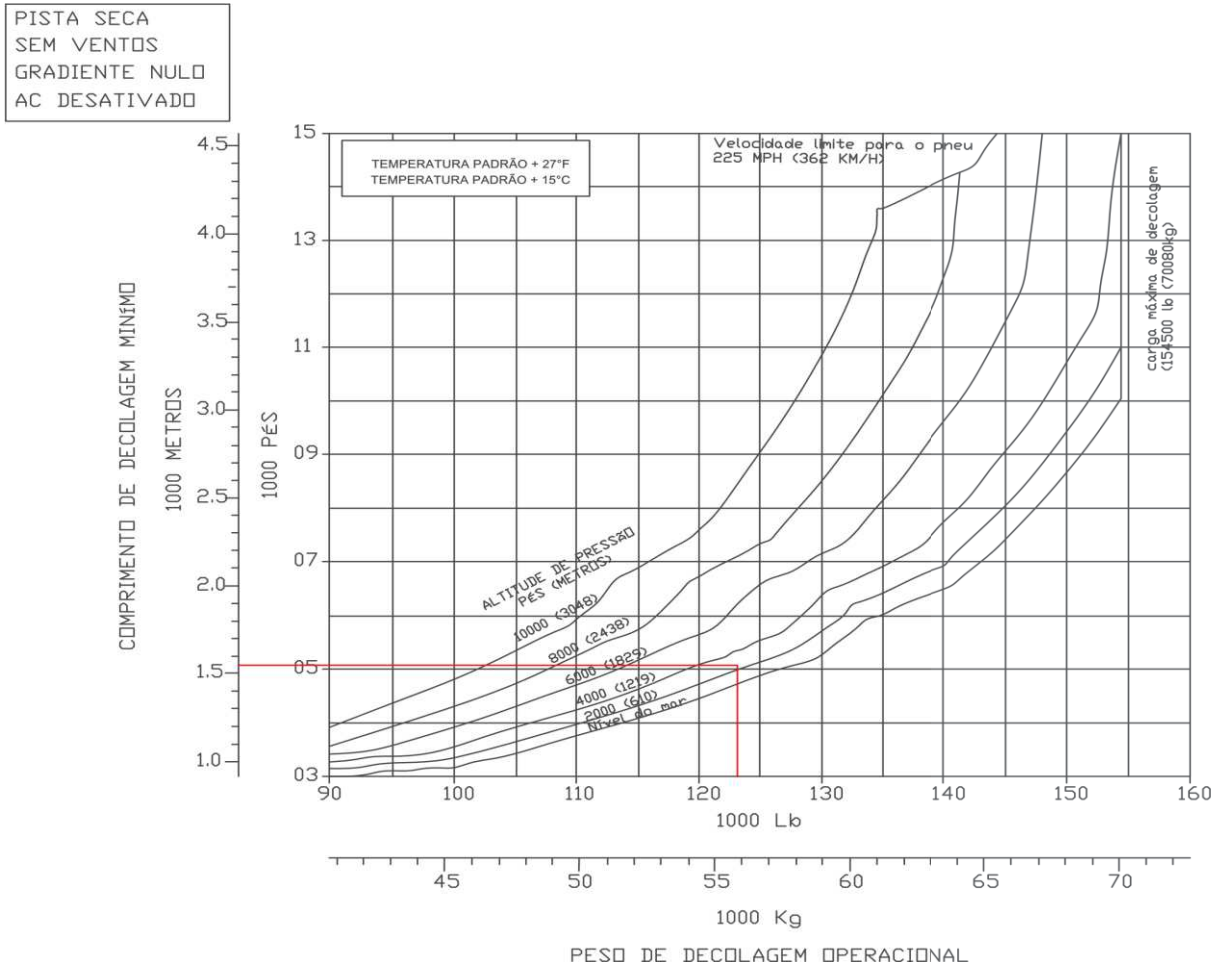
**Figura 75-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para pouso – Cenário 01**  
Fonte: Adaptado de Boeing (2011)

### 6.2.2 Cenário 02 – Capacidade de 80% do peso máximo de decolagem

Os cálculos consideraram as seguintes condições de projeto

- Aeronave de projeto: Boeing 737-700
- Temperatura média diária máxima do mês mais quente no aeroporto 28,6° C (83,48°F)
- Elevação do aeroporto em referência ao nível do mar 754 m (2473 pés)
- Diferença máxima na elevação da linha central da pista 7,80 m (25,6pés)
- Peso máximo de decolagem 123.650 lb (56.064 kg)
- Peso máximo de pouso 103.360 lb (46.883 kg)
- Temperatura padrão para a altitude do aeroporto 10°C (50°F)

De acordo com o ábaco (Figura 76) a distância de decolagem mínima é de 1550 metros. Os fatores de correção que referem ao comprimento de pista de decolagem foram aplicados, conforme apresentado abaixo.



**Figura 76-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para decolagem – Cenário 02**  
 Fonte: Adaptado de Boeing (2011)

- Fator de correção para altitude ( $F_a$ )

$$F_a = 0,07 * \frac{h}{300}$$

$h$  = Elevação do aeroporto em referência ao nível do mar

logo:

$$F_a = 0,07 * \frac{754}{300} \rightarrow F_a = 0,176$$

- Fator de correção para a temperatura ( $F_t$ )

$$F_t = 0,01 * (T_{ref} - T_{pad})$$

$T_{ref}$  = Temperatura média diária máxima do mês mais quente no aeroporto

$T_{pad}$  = Temperatura Padrão para a altitude do aeroporto

logo:

$$F_t = 0,01 * (29 - 28,6) \rightarrow F_t = 0,004$$

- Fator de correção para declividade longitudinal ( $F_d$ )

$$Fd = 0,1 * (i)$$

$i$  = declividade relativa da linha central da pista

$$i = \frac{7,80 \text{ m}}{1450 \text{ m}} \rightarrow i = \mathbf{0,538\%}$$

$$Fd = 0,1 * (0,538) \rightarrow \mathbf{Fd = 0,0538}$$

Sendo assim, o coeficiente de correção ( $Fc$ ) é aplicado para se obter o comprimento de pista de decolagem teórico efetivo é dado por:

$$Fc = (1 + Fa)(1 + Ft)(1 + Fd)$$

$$Fc = (1 + 0,176)(1 + 0,004)(1 + 0,0538)$$

$$Fc = 1,244$$

Portanto, para a aeronave de projeto Boeing 737-700, com 80% do peso máximo de decolagem certificado, obtido a partir do ábaco de desempenho das aeronaves, após realizado o diagnóstico das condições do aeroporto e adicionado os índices de correção recomendados pela ICAO de forma a contemplar as condições padrões prevista nos ábacos, o comprimento de pista de decolagem ( $L_{takeoff}$ ) é fornecido pela equação abaixo:

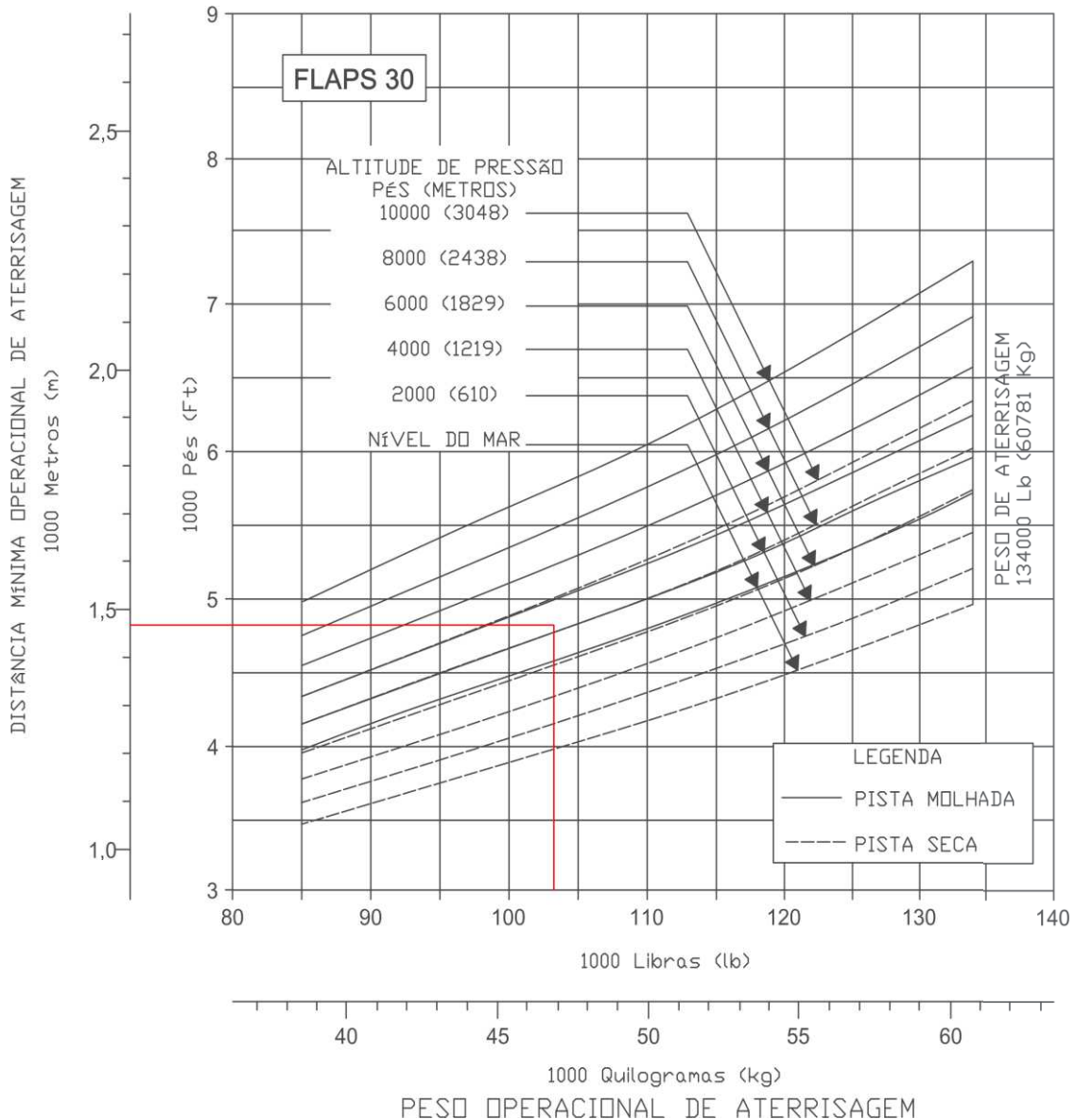
$$L_{Takeoff} = L_{std} * Fc$$

$$L_{Takeoff} = 1550 * 1,244$$

$$L_{Takeoff} = 1928m \cong \mathbf{1930 \text{ m}}$$

De acordo com o ábaco (Figura 77) a distância de pouso mínima é de 1470 metros. Considerou-se a pista molhada e com FLAPS 30.





**Figura 77-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para pouso – Cenário 02**  
**Fonte: Adaptado de Boeing (2011)**

### 6.2.3 Cenário 03 – Capacidade de 60% do peso máximo de decolagem

- Os cálculos consideraram as seguintes condições de projeto
- Aeronave de projeto: Boeing 737-700
- Temperatura média diária máxima do mês mais quente no aeroporto 28,6° C (83,48°F)
- Elevação do aeroporto em referência ao nível do mar 754 m (2473 pés)
- Diferença máxima na elevação da linha central da pista 7,80 m (25,6pés)
- Peso máximo de decolagem 92.700 lb (42.048 kg)
- Peso máximo de pouso 77.520 lb (35.162 kg)
- Temperatura padrão para a altitude do aeroporto 10°C (50°F)

De acordo com o ábaco (Figura 78) a distância de decolagem mínima é de 980 metros. Os fatores de correção que referem ao comprimento de pista de decolagem foram aplicados, conforme apresentado abaixo.

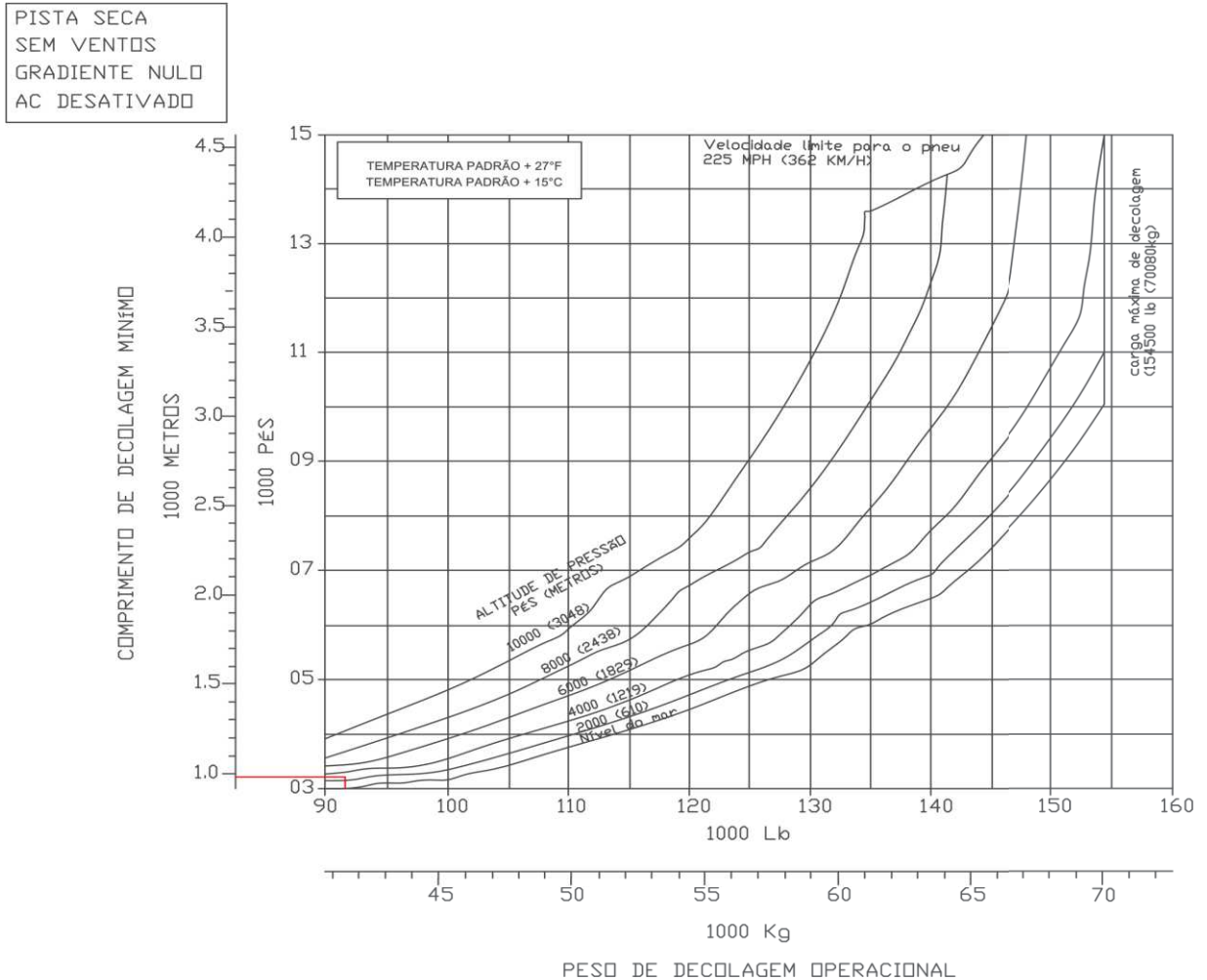


Figura 78-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para decolagem – Cenário 03  
 Fonte: Adaptado de Boeing (2011)

- Fator de correção para altitude ( $F_a$ )

$$F_a = 0,07 * \frac{h}{300}$$

h= Elevação do aeroporto em referência ao nível do mar

logo:

$$F_a = 0,07 * \frac{754}{300} \rightarrow F_a = 0,176$$

- Fator de correção para a temperatura ( $F_t$ )

$$F_t = 0,01 * (T_{ref} - T_{pad})$$

$T_{ref}$  = Temperatura média diária máxima do mês mais quente no aeroporto

$T_{pad}$  = Temperatura Padrão para a altitude do aeroporto

logo:

$$F_t = 0,01 * (29 - 28,6) \rightarrow F_t = \mathbf{0,004}$$

- Fator de correção para declividade longitudinal ( $F_d$ )

$$F_d = 0,1 * (i)$$

$i$  = declividade relativa da linha central da pista

$$i = \frac{7,80 \text{ m}}{950 \text{ m}} \rightarrow i = \mathbf{0,821\%}$$

$$F_d = 0,1 * (0,821) \rightarrow F_d = \mathbf{0,0821}$$

Sendo assim, o coeficiente de correção ( $F_c$ ) é aplicado para se obter o comprimento de pista de decolagem teórico efetivo é:

$$\begin{aligned} F_c &= (1 + F_a)(1 + F_t)(1 + F_d) \\ F_c &= (1 + 0,176)(1 + 0,004)(1 + 0,0821) \\ F_c &= \mathbf{1,277} \end{aligned}$$

Portanto, para a aeronave de projeto Boeing 737-700, com 80% do peso máximo de decolagem certificado, obtido a partir do ábaco de desempenho das aeronaves, após realizado o diagnóstico das condições do aeroporto e adicionado os índices de correção recomendados pela ICAO de forma a contemplar as condições padrões prevista nos ábacos, o comprimento de pista de decolagem ( $L_{takeoff}$ ) é fornecido pela equação abaixo

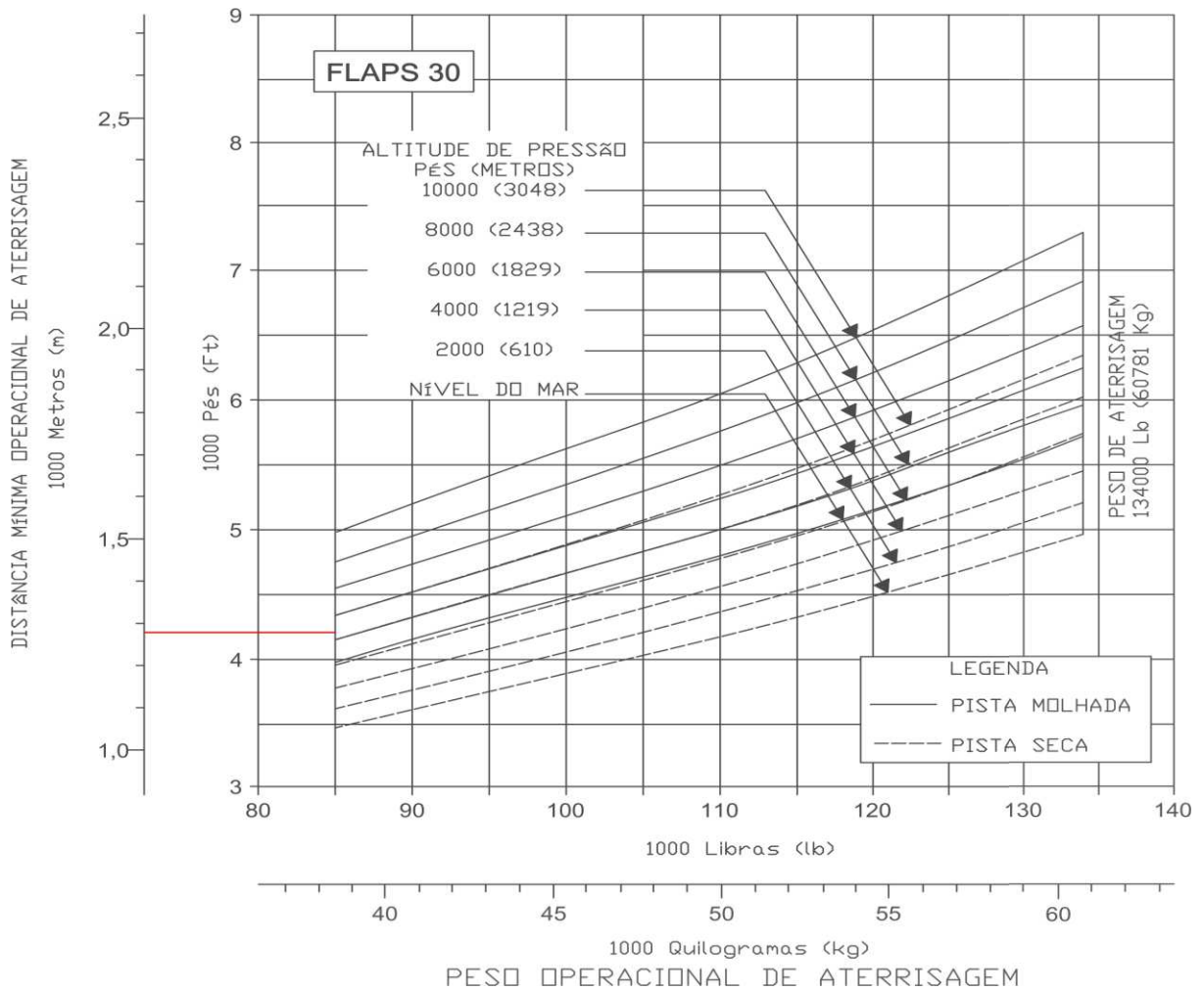
$$L_{Takeoff} = L_{std} * F_c$$

$$L_{Takeoff} = 980 * 1,277$$

$$L_{Takeoff} = 1251 \text{ m} \cong \mathbf{1250 \text{ m}}$$

De acordo com o ábaco (Figura 79) a distância de pouso mínima é de 1270 metros, a mínima para a operação da aeronave sob condições de pista molhada e

para Peso máximo de Pouso 77.520 lb. Considerou-se a pista molhada e com FLAPS 30.



**Figura 79-Ábaco de desempenho da Aeronave 737-700 para pouso – Cenário 03**  
 Fonte: Adaptado de Boeing (2011)

Sendo assim, com os resultados obtidos com os cálculos resumidos na tabela 11, observa-se que o aeroporto opera aproximadamente com a capacidade de 75% da carga máxima da aeronave (Cenário 2). De acordo com o RBAC154, a aeronave de projeto não precisa considerar 100% da sua capacidade de carga.

**Tabela 11- Resumo dos comprimentos teóricos**

Cenário	Distância de pouso	Distância de decolagem
Cenário 01 – 100%	1880 m	4100 m
Cenário 02 – 80%	1470 m	1930 m
Cenário 03 – 60%	1270 m	1250 m
Cenário atual	1780 m	1780 m

Fonte: Autor

Através das análises pode-se verificar o comprimento de pista atual, tanto para pouso quanto para decolagem, não é indicado para a operações do Boeing 737-700 com seu peso máximo de pouso e decolagem. Atualmente a pista opera com cerca de 75% da sua capacidade de peso máximo total operacional. Vale ressaltar que o regulamento brasileiro não exige que a pista seja dimensionada para o peso máximo, e que as companhias aéreas naturalmente operam com aeronaves abaixo de seus pesos máximos.

### 6.3 Análise da manutenção de pista de pouso e decolagem

Os resultados desta análise são baseados nas visitas *in loco* realizadas durante o mês de janeiro de 2018 ao aeroporto.

#### 6.3.1) Programa de Gerenciamento de Pavimento Aeroportuário

De acordo com a administração aeroportuária, o aeroporto implementa um Programa de Gerenciamento de Pavimento Aeroportuário ou PMP (*Pavement Management Programs*), que acompanha a condição da pista de pouso e decolagem. Durante a entrevista e visita à administração aeroportuária, não houve acesso ao documento que apresenta as diretrizes do programa.

A pista de pouso e decolagem passou recentemente por reformas e ampliações, apresentando bom estado de conservação, conforme pode ser visto na figura 80. Não se identificou visualmente depressões longitudinais ao longo das trilhas de rodagem, nem a existência de elevações laterais. Verificou-se no pavimento fissuras e desgastes, todos superficiais (Figuras 81 e 82). Deve-se ressaltar que as análises foram realizadas de forma qualitativa e visual *in loco*, percorrendo toda a extensão da pista, sem retiradas de amostras para ensaios.



**Figura 80- Pavimento do aeroporto em bom estado de conservação**

**Fonte: Autor.**



**Figura 81- Pavimento do aeroporto com desgastes superficiais**

**Fonte: Autor.**



**Figura 82- Pavimento do aeroporto com desgastes superficiais**

**Fonte: Autor.**

A pista não possui sistema de drenagem superficial, drenando apenas pelo desnível transversal da pista por gravidade e posterior infiltração no solo (Figura 83). Não se observou problema devido ao acúmulo de água na pista. As gramíneas são utilizadas como cobertura vegetal na faixa de pista, devido à necessidade de evitar erosão e facilitar a drenagem de águas pluviais, além de manter a área livre de obstáculos, caso ocorra saída da aeronave da pista. Existe o controle e a manutenção programada do corte. Devido a pista não possuir acostamento, há crescimento de gramíneas nas bordas da pista (Figura 84).



**Figura 83- Pista não apresenta acostamento, nem sistema de drenagem.**

**Fonte: Autor.**



**Figura 84- Crescimento de gramíneas nas bordas da pista e da cabeceira.**

**Fonte: Autor.**

A taxiway e pátio de aeronaves apresentam pavimento mais desgastado, com fissuras, desgastes e trincas interligadas (jacaré), já que os mesmos não receberam reforma (Figura 85). O pátio apresentou irregularidades de superfícies, tais como depressões (Figura 86). Ambos apresentaram problemas com a drenagem, apresentando acúmulo de águas precipitadas, após dois dias da precipitação. Verificou-se que no pátio de aeronaves, há presença de ganchos fixos ao pavimento utilizados para prender as aeronaves menores, evitando que elas se movam ou sejam arrastadas devido a ventos incidindo no aeroporto (Figura 87).



**Figura 85- Acúmulo de água na taxiway após 2 dias do registro de precipitação.**

**Fonte: Autor**





**Figura 86- Acumulo de água e depressão no pátio de aeronaves.**

**Fonte: Autor**



**Figura 87- Ganchos fixados no pavimento para fixar aeronaves menores, evitando incidentes com a incidência de ventos.**

**Fonte: Autor**

### 6.3.2) Remoção do acúmulo de borracha da pista de pouso e decolagem

De acordo com a administração aeroportuária, é implementado um processo de remoção ou retirada da borracha acumulada na superfície do pavimento da pista de pouso e decolagem, visando preservar ou restaurar a funcionalidade operacional. A rotina obedece a um programa de manutenção preventiva, executado periodicamente com auxílio de água limpa, produtos e equipamentos especiais. O Programa de Desemborrachamento, está intimamente ligado ao Programa de Monitoração e Medição dos Coeficientes de Atrito da Pista de Pouso e Decolagem.

Ainda, segundo a equipe aeroportuária os padrões e procedimentos adotados nos Planos de Remoção de Borracha nas Pistas e Planos de Medição do Coeficiente de Atrito, seguem recomendações da Instrução de Aviação Civil - Normativa - IAC 4302 (28.05.2001), sobre os Requisitos de Resistência à Derrapagem para Pistas de Pouso e Decolagem, do Departamento de Aviação Civil do Brasil.

In loco, foram verificadas marcas devido a frenagem das aeronaves, porém sem acúmulo de borracha visualmente, conforme pode ser visto nas Figuras 88 e 89. Para melhor precisão, deve-se realizar ensaios que verifiquem a macrotextura do pavimento. Em uma análise preliminar e simplista não havia acúmulo de borracha, nem comprometimento significativo do atrito no pavimento.



**Figura 88-** Apesar das marcas de Frenagens, não há acúmulo de borracha visualmente na pista.

**Fonte:** Autor.



**Figura 89- Marcas da Frenagem das aeronaves na pista de Pouso e Decolagem**

**Fonte: Autor.**

### *6.3.3 ) Marcações do sistema de pista de pouso e decolagem*

De acordo com a visita in loco, verificou-se que para sinalização horizontal, o aeroporto apresenta pintura com retroreflectância conforme definida em norma em todos os pavimentos, pistas, pátio e vias de serviço, de acordo com as especificações do *ICAO's Doc 9137-AN/898 Part 9, Airport Services Manual, Airport Maintenance Practices. Chapter 2, section 2.4* (2014), e RBAC nº154/2012 da ANAC.

Estão sinalizadas as bordas de pátio, bordas e eixo das pistas de táxi e PPD, demais sinalizações da pista de pouso, indicação de cabeceiras, zonas de toque, posições de parada, áreas para estacionamento de equipamentos de rampa e sinalização viária nas vias de serviço.

A Tabela 12 apresenta um resumo das análises realizadas *in loco* sobre as conformidades nas marcações do sistema de pista de pouso e decolagem do aeroporto. As figuras 90 a 93 são alguns registros da visita para coleta de dados e análise.

Tabela 12- Resumo das marcações no sistema de pista

ITEM	COMENTÁRIO	CONFORMIDADE
Cores	A pista apresenta pintura conservada, sem cores desbotadas.	Conforme
Retro-reflectividade	Pintura com retroreflectância definida em norma em todos os pavimentos	Conforme
Condição das marcações existentes	Pintura conservadas, sem marcas de desgastes	Conforme
Representação/significado das marcações	Marcações de pista foram refeitas recentemente para adequar as exigências normativas	Conforme
Presença de ferrugem	Não apresenta descoloração por ferrugem	Conforme
Crescimento de algas	Não há presença algas visíveis na pista	Conforme
Danos causados por raios UV	Não se verificou danos visuais causados por raios UV na	Conforme
Posições e dimensão de marcações existentes	Marcações de pista foram refeitas recentemente para adequar as exigências normativas, atentando-se para as dimensões	Conforme
Tintas descascando	Não há tintas descascando na pista	Conforme
Marcações no pátio de aeronaves	Não há demarcação das posições de parada	Não conforme

Fonte: Autor



Figura 90- Pintura e marcação do eixo da pista e acesso a *taxiway*

Fonte: Autor



Figura 91- Pintura e marcação da Cabeceira 15

Fonte: Autor.



Figura 92- Pintura e marcação do acesso ao Terminal de passageiros e Pátio de Aeronaves.

Fonte: Autor.



**Figura 93- Pintura e marcação da borda da pista de pouso e decolagem.**

**Fonte: Autor.**

#### *6.3.4) Áreas Não Pavimentadas (Faixas de Pista de Pouso e Decolagem)*

Para o aeroporto de Cascavel, a pista de pouso e decolagem, bem como suas zonas de parada associadas, devem estar incluídas dentro da faixa de pista que deve se estender após a cabeceira e além do final da pista ou da área de parada a uma distância de pelo menos 60 metros. Esta distância é respeitada pela atual faixa existente. A faixa deve ainda estender-se lateralmente a uma distância de pelo menos 150 metros do eixo da pista. Na atual pista, a faixa esta estendendo-se 75 metros, sendo assim, a largura da faixa de pista contraria as normas.

Para atender os requisitos normativos, deve-se estender 75 metros de cada lado da faixa. O RBAC 154 da ANAC, exige que nenhum objeto fixo, além dos auxílios visuais requeridos para a navegação aérea e que satisfaçam condições de fragilidade especificadas, esteja dentro da faixa de pista. Ainda, a norma exige que nenhum objeto móvel esteja nesta parte da faixa de pista durante as operações de pouso e decolagem. Sendo assim, na situação onde a faixa atende os requisitos de dimensão, o pátio de aeronaves estaria interferindo na faixa de pista (figura 94).



**Figura 94- Faixa de pista existente e em conformidade.**

**Fonte: Adaptado do Google Earth (2018).**

Atualmente a faixa de pista é nivelada, sem obstáculos ou obstruções e não coloca em risco a integridade de uma aeronave que, eventualmente, saia da pista.

#### 6.4 Área De Segurança De Fim De Pista (RESA)

Atualmente, a pista de pouso e decolagem de aeroporto de Cascavel não apresenta área de segurança de fim de pista RESA (do inglês, *Runway End Safety Area*). O regulamento pede que pistas de pouso e decolagem construídas anteriormente à publicação do próprio regulamento, em 2012, possuam uma RESA nas extremidades da faixa de pista, quando características do terreno permitam e haja disponibilidade de área para tal fim. Para o aeroporto, a RESA deveria se estender 90 metros a partir do final da faixa de pista, onde seja possível, e ter uma largura de no mínimo o dobro da largura da pista de pouso e decolagem.

#### 6.5 Análise das dimensões e configuração da pista de taxi e pátio de aeronaves

O Aeroporto de Cascavel conta com dois pátios de aeronaves. O pátio 1 serve à aviação comercial e tem dimensões de 170 m por 70 m, com área total de 11,9 mil m<sup>2</sup>. O pátio 2 dá suporte à aviação geral e suas dimensões são de 160 m por 50 m, totalizando 8 mil m<sup>2</sup>. Não há demarcação das posições de parada. Encontra-se em estado de conservação regular, apresentando diferença no pavimento implantando em datas distintas e afastadas.

A distância de segurança entre o eixo da pista de pouso e decolagem e o pátio de aeronaves é de 100 metros, é inferior à exigida pela norma de 150 metros (Figura 95). Uma possível solução seria realocar o terminal de passageiros e reconstruir o pátio com distância mínima de 150 m a partir do eixo da pista e prolongar a pista de táxi.



Figura 95- Distância entre a pista de pouso e decolagem e o pátio de aeronave.

Fonte: Adaptado do Google Earth (2018).

O Aeroporto de Cascavel conta com duas pistas de táxi (taxiway), Alfa e Bravo. Ambas as pistas ligam a pista de pouso e decolagem ao pátio de aeronaves, a Pista Alfa liga ortogonalmente no ponto médio da pista, e a Pista Bravo liga por meio de saída de 45°. As dimensões da Pista Alfa são de 70 m por 23 m, sem acostamento. Já a Pista Bravo possui 240 m por 23 m (Figura 96). RBAC 154 exige para a categoria do aeroporto a largura mínima da pista de taxi de 25 m, logo a taxiway não está em conformidade. Uma possível medida mitigatória seria construir acostamento para as pistas de táxi de forma que elas possuam a largura total de 25 m.



Figura 96- Dimensão das Taxiways.

Fonte: Adaptado do Google Earth (2018).



## 7 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou uma análise da infraestrutura da geometria e manutenção da pista de pouso e decolagem do aeroporto municipal de Cascavel Coronel Adalberto Mendes da Silva. É importante ressaltar o carácter exclusivamente acadêmico deste trabalho, portanto estes resultados não devem ser usados para avaliação do aeroporto, porém aliado a outros estudos e pesquisas, podem subsidiar e suportar decisões relativas à melhorias nas operações do aeródromo, nas ampliações e nas modificações da infraestrutura dos componentes do sistema do aeroporto.

Na análise da orientação da pista de pouso e decolagem, verificou-se que para a aeronave de projeto, a pista atual, azimute de  $150^\circ$ , tem cobertura para ventos de través de 95,63%. Concluiu-se que a melhor orientação da pista para a aeronave de projeto é a pista com azimute de  $35^\circ$  que apresenta cobertura de 99,59%. Ainda, observou-se que o desvio entre o atual eixo da pista de pouso e decolagem e o eixo da orientação ideal proposta pela análise do método das rosas do estudo foi de  $80^\circ$ . Entretanto, apesar de não ser a orientação ideal, o aeroporto atende a conformidade do RBAC 154. Deve-se ressaltar que por receber com frequência aeronaves de menor porte, deve-se verificar a influência que o vento de través pode ter na operação do aeroporto para estas, já que as mesmas estão mais suscetíveis aos ventos.

As demais conclusões deste estudo estão listadas abaixo:

- Aeroporto opera aproximadamente com a capacidade de 75% da carga máxima da aeronave;
- Pista de pouso e decolagem está em boas condições, porém não possui sistema de acostamento e sistema de drenagem;
- O pavimento da taxiway e pátio de aeronaves apresentam menor conservação e problemas com drenagem;
- A sinalização horizontal e demarcações da pista atendem quase todos os critérios normativos, a única não conformidade é a ausência da demarcação das posições de parada no pátio de aeronaves;
- A faixa de pista de pouso e decolagem, não atende aos critérios normativos de dimensão.

- Pista de pouso e decolagem não apresenta área de segurança de fim de pista.
- A distância de segurança entre o eixo da pista de pouso e decolagem e o pátio de aeronaves não atende as exigências normativas.
- As dimensões das *taxiways* não estão em conformidade.

As análises apresentadas neste trabalho mostram necessárias algumas adequações na infraestrutura do lado aéreo do aeroporto municipal de Cascavel Coronel Adalberto Mendes da Silva. Ademais, seria interessante estudos adicionais do Plano de Zoneamento de Ruído, Plano de Zona de Proteção e das Superfícies imaginárias (*Part 77 surfaces FAA*).

Embora neste estudo preliminar, de caráter acadêmico, o aeroporto não atenda as conformidades de forma integral, o aeroporto tem especial importância para a economia regional, permitindo a conexão com outras cidades do Brasil. Logo, torna-se necessário o estudo do problema, e a proposição de soluções e medidas mitigatórias que visem resolver as não conformidades, e adequar o nível de segurança operacional. Este trabalho, aliado aos estudos aqui sugeridos, podem ajudar no desenvolvimento do aeroporto, colaborando assim com a prosperidade da região.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Dados estatísticos do Setor aéreo**. Disponível em: < <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos/> > Acesso em: 10 ago. 2017

\_\_\_\_\_. **HOTRAN 2016**. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/hotran/>> Acesso em: 06 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Institucional**. 2016. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/A\\_Anac/institucional](http://www.anac.gov.br/A_Anac/institucional)>. Acesso em: 28 Jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Painel de indicadores (2017)**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/painel-de-indicadores-do-transporte-aereo/>> Acesso em: 06 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor Aeroportuário - PDIR**. 2015. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/planejamentoaeroportuario/plano-diretor-aeroportuario-2013-pdir>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil - RBAC 154 - Projeto de Aeródromos**. Brasil, ANAC, 2012.

\_\_\_\_\_. **Relatório de atividades 2015 / Agência Nacional de Aviação Civil**. Brasília, DF: ANAC, 2016.

\_\_\_\_\_. **Relatório de atividades 2016 / Agência Nacional de Aviação Civil**. Brasília, DF: ANAC, 2017.

\_\_\_\_\_. **Transporte Interestadual Regular de Passageiros – Aéreo e Rodoviário**. Disponível em: < <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/transporte-interestadual-de-passageiros-aereo-e-rodoviario> > Acesso em: 15 set. 2017.

AHRENS, C. D., HENSON R. **Meteorology Today**. Boston. Cengage Learning. Ed. 11. 656 pag. 2015

ALVES, C. J. P., FRAGA, R. **Capacidade do lado aéreo dos aeroportos brasileiros.** Journal of Transport Literature, Toulouse , Vol. 6, n. 4, pp. 178-189, 2012.

ASHFORD, N., WRIGHT, P. H. **Airport Engineering** - 3.ed.. United States, Wiley-Interscience Publication, 1992.

BARROS, A. G.; WIRASINGHE S.C. **Designing the Airport Airside for the new Large Aircraft.** Journal of Air Transport Management, Toulouse, n.8, p. 121-127, 2002.

BELLASIO, R. **Analysis of wind data for airport runway design.** Journal of Airline and Airport Management, n.4(2), p. 97-116, 2014.

BETING, G. **Asas Brasileiras: História Ilustrada da Aviação Civil Brasileira.** São Paulo, Beting Books. 2005.

BIELSCHOWSKY, P., CUSTÓDIO, M.C. **A evolução do setor de transporte aéreo brasileiro.** Revista Eletrônica Novo Enfoque v. 13, n. 13, 2011.

BOEING. **Airplane Characteristics for Airport Planning -737.** Ed. 15, D6-58325-6. 2013.

\_\_\_\_\_. **Airplane Characteristics for Airport Planning -737.** Ed. 4, D6-58325-6. 2007.

BURLE, L. L. **Transporte aéreo no Brasil: a crise da aviação comercial.** Indicadores Econômicos FEE, Porto Alegre, v. 31, n. 3, p. 5-18, nov. 2003

CASTRO, N., LAMY, P. **Desregulamentação do Setor Transporte – O Subsetor Transporte Aéreo de Passageiros.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada -IPEA, Rio de Janeiro. 1993.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Relatório Final IG - 537/2014.** Brasília: CENIPA, 2014.

\_\_\_\_\_. **Relatório Final A – N° 034/2012.** Brasília: CENIPA, 2012.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTE E TRÂNSITO (CETTRANS). **Aeroporto**. Disponível em <<http://www.cettrans.com.br/aeroporto.php>> Acesso em: 10 ago. 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). **Transporte e economia – Transporte aéreo de passageiros**. Brasília: CNT, 2015.

COUTOR, G.S., SILVA, A. P. C, RUIZ, L. B., BENEVENUTO, F. **Structural Properties of the Brazilian Air Transportation Network**. Annals of the Brazilian Academy of Science, ed. 87, p.1653-1674, 2015.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **ICA 63-19 Critérios de análise técnica da área de aeródromos (AGA)**. Brasília, Comando da Aeronáutica, 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **NORMA DNIT 005/2003 - TER Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Rio de Janeiro, Ministério dos Transportes, 2003.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **AC 150/5320-6F - Airport Pavement Design and Evaluation**. U.S. Department of Transportation, 2016.

\_\_\_\_\_. **AC No: 150/5325-4B - Runway Length Requirements for Airport Design**. U.S. Department of Transportation, 2005.

GALLO F. **O papel do transporte aéreo na Integração do território brasileiro**. Campinas, SP. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2006.

GOOGLE EARTH, Software para Windows 10, versão 7.3.0.3832. Google Corporation. 2017.

\_\_\_\_\_. Software para Windows 10, versão 7.3.0.3832. Google Corporation. 2018.

GRAVES, W. R., JONES, U. O. **Airport Design**. Florida, ed.3, vol. 1, Florida Institute of Technology. 2013.

GUIMARÃES, J. M. **Estatística através de rosas dos ventos para o aeródromo do galeão como auxílio à elaboração do código TAF**. Monografia de Especialização, Instituto de Controle Do Espaço Aéreo, São José dos Campos. 2012.

HENSON, R. **The Rough Guide to Weather**. Rough Guides Limited, London, 1ed. 422 páginas, 2007.

HORONJEFF, R., MCKELVEY, F. X., SPROULE, W. J., YOUNG, S. B. **Planning and Design of Airports**. 5. ed. [S. l.]: McGraw-Hill Companies, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades: Cascavel-PR**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=410480>> Acesso em: 17 ago. 2017.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-598.html>>. Acesso em: 27 set. 2017.

\_\_\_\_\_. **Monitoramento diário e séries históricas**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1007>>. Acesso em: 10 Jan. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura. Brasília, n.1, Ipea, 2009.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Safety Report 2013**. International Air Transport Association, Montreal.p.128. 2014.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **About ICAO**. Disponível em: <<http://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 27 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Annex 14: Aerodromes -Aerodrome Design and Operations**. Vol.01, 5º ed. Quebec, Canada: ICAO, 2009.

\_\_\_\_\_. **Cir 329 AN/191: Assessment, Measurement and Reporting of Runway Surface Conditions**. Quebec, Canada: ICAO, 2009.

\_\_\_\_\_. **Cir 9137-AN/898 Part 9, Airport Services Manual, Airport Maintenance Practices**. Quebec, Canada: ICAO, 2014.

JUNIOR, F. A. **Como as condições meteorológicas impactam a aviação e quais medidas são adotadas para reduzir seus efeitos**. XII Congresso Rio de Transportes, Rio de Janeiro, 2014.

MALAGUTTI, A.O. **Evolução da Aviação Civil no Brasil**. Câmara dos Deputados. Área XVII Segurança e Defesa Nacional: Brasília, Brasil. 2001.

MALDANER, I. S., LIMA, J. F., GRECO, S. C. B. **A estrutura urbana no oeste do Paraná: A influência da cidade de Cascavel no seu entorno**. Curitiba, n. 14, p. 7-18, 2007.

MCKINSEY & COMPANY. **Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil: Relatório Consolidado**. Rio de Janeiro. McKinsey & Company, 2010.

MEDEIROS, F. C. **As não conformidades construtivas dos sistemas de pista dos aeroportos brasileiros no que diz respeito às regras de segurança operacional**. Brasília, monografia de especialização. Universidade de Brasília. 2009.

MONTEIRO, M. A. CALEARO, D. S., MARTINS, M. MONTEIRO, A. **Os perigos do vento para a aviação**. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia. N. 29, p. 45-51. 2005.

MOSCATI, N. R. **Acidentes aéreos associados à condições meteorológicas adversas e melhoria continua dos sistemas das aeronaves**. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia. N. 29, p. 31-44. 2005.

MUSEU DA IMAGEM E DO SOM DE CASCAVEL (MIS). **Acervo Histórico**. Disponível em: <[http://www.cascavel.pr.gov.br/museu/acervo4.php?id\\_titulo=73&id\\_sub=119&id\\_galeria=102](http://www.cascavel.pr.gov.br/museu/acervo4.php?id_titulo=73&id_sub=119&id_galeria=102)> Acesso em 22 set. 2017.

NETO, C. A. S. C, SOUZA, F. H. **Aeroportos no Brasil: investimentos recentes, perspectivas e preocupações**. Nota Técnica IPEA nº5, Brasília, IPEA, 2011.

OLIVEIRA, A.V.M. **Estudos dos determinantes de preços das companhias aéreas no mercado doméstico**. Série estudos regulatórios. Rio de Janeiro: Anac, 2009.

OXFORD ECONOMICS. **A importância do transporte aéreo no Brasil**. Relatório IATA, London, 4 p., 2016.

PALHARES G.L. **Transportes Turísticos**. São Paulo, Aleph. 2002

PORTAL GLOBO DE NOTÍCIAS (G1). **Avião sai da pista após duas tentativas de pouso no Paraná**. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2012/09/aviao-sai-da-pista-apos-duas-tentativas-de-pouso-no-parana.html>>. Acesso em: 02 out. 2017

REDE DE METEOROLOGIA DO COMANDO DA AERONÁUTICA (REDEMET). **Cartas Meteorológicas**. Disponível em: <<https://www.redemet.aer.mil.br/?i=produtos&p=cartas-meteorologicas>>. Acesso em: 10 set. 2017.

\_\_\_\_\_. **Consulta de Mensagens OPMET**. Disponível em: <<https://www.redemet.aer.mil.br/?i=produtos&p=consulta-de-mensagens-opmet>>. Acesso em: 10 set. 2017.

\_\_\_\_\_. **Decodificação METAR**. Disponível em: <<https://www.redemet.aer.mil.br/?i=facilidades&p=decodificacao-metar>>. Acesso em: 10 set. 2017.

RIBEIRO, L. M., SOUZA M. A. P. **Análise econômica do crescimento urbano no município de Cascavel-PR, 1999-2013**. XIV Congresso Brasileiro de Gestão de Negócios, Foz do Iguaçu, 2016.

RIBEIRO, S.C. **Análise do desenvolvimento do transporte aéreo regional no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011.

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DO PARANÁ (SEIL/PR). **Estatísticas - Aeroportos do Paraná**. Curitiba: SEIL, 2012.

\_\_\_\_\_. **PLANO Aeroviário Estadual Do Paraná -PAE**. Curitiba: Governo do Paraná, 2014.



SILVA, C. J. L. **Transporte Aéreo, Infraestrutura aeroportuária e controle urbano: Estudo de caso do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

TORRES, R. R., PORTUGAL L. S. **Caracterização de aeroportos regionais: contribuição para uma classificação brasileira**. XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Belém, 2013.

TUROLLA, F.A., LIMA, M.F., OHIRA, T.H. **Políticas públicas para a melhoria da competitividade da aviação regional brasileira**. Journal of Transport Literature. Vol. 5, n. 4., 2011.

WINDFINDER. **Medições de vento & condições atmosféricas: Cascavel Aeroporto**. Disponível em: <[https://www.windfinder.com/report/cascavel\\_aeroporto](https://www.windfinder.com/report/cascavel_aeroporto)>. Acesso em: 15 ago. 2017.

WORLD BANK. **World Bank Data – BRAZIL**. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/country/brazil?locale=pt>> Acesso em: 02 set. 2017.

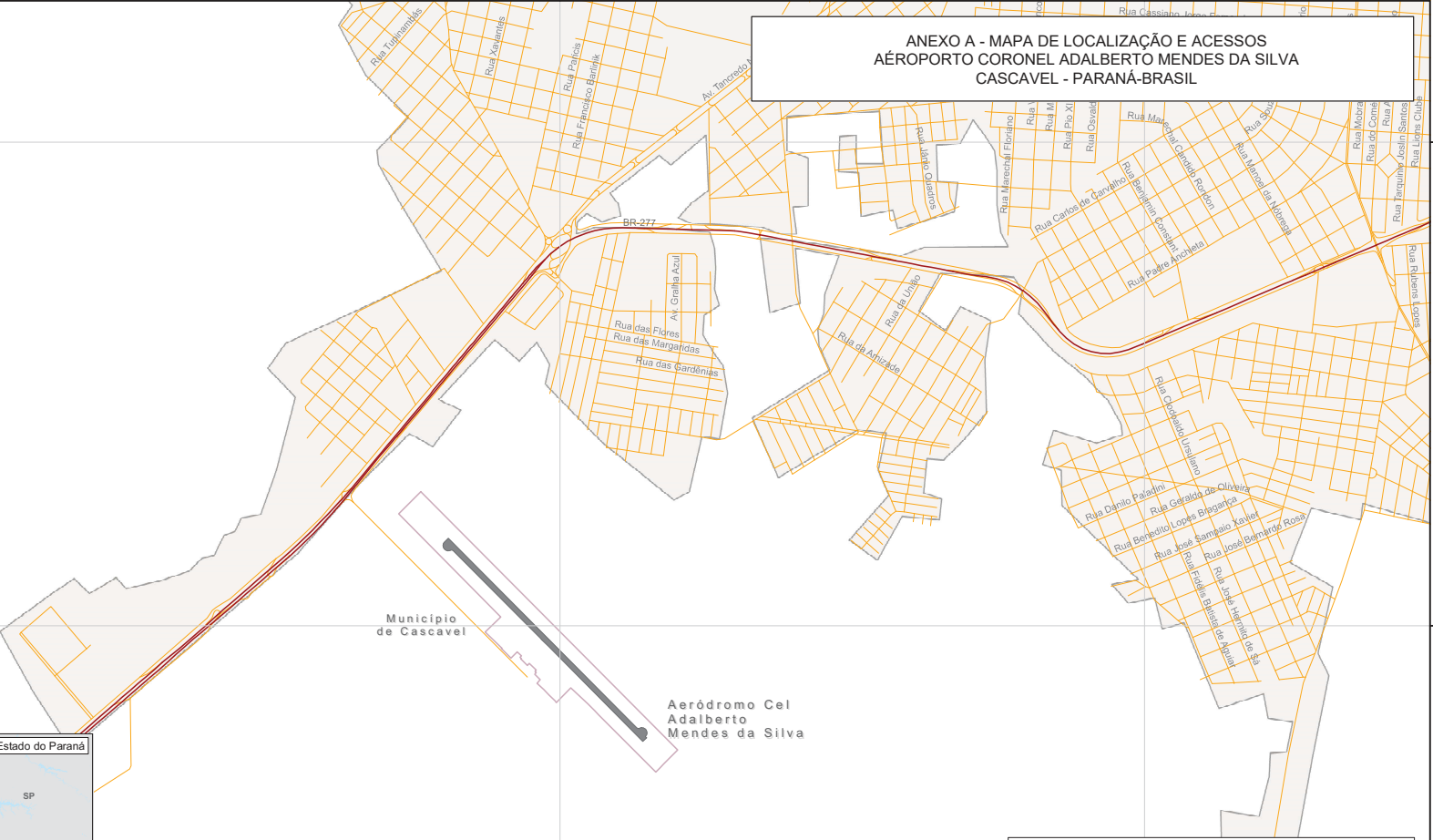
WRPLOT VIEW. Freeware wind Rose Plots for Meteorological Data. Software para Windows 10, versão 8.0.0. Lakes Environmental Software. 2018.

# ANEXO

(Mapa De Localização e Acessos Aeroporto Coronel Adalberto Mendes Da Silva  
Cascavel - Paraná-Brasil)



**ANEXO A - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSOS  
AÉROPORTO CORONEL ADALBERTO MENDES DA SILVA  
CASCAVEL - PARANÁ-BRASIL**



Município de Cascavel  
Aeródromo Cel Adalberto Mendes da Silva



**Convenções Cartográficas**

✈ Aeródromo	Malha rodoviária
● Porto	— Federal
● Capital estadual	— Estadual
● Polo regional	— Municipal
⊞ Limite municipal	<b>Malha ferroviária</b>
⊞ Mancha urbana	— ALL Malha Sul
⊞ Massa d'água	— Estrada de Ferro Parana Oeste
<b>Estruturas aeródromo</b>	
— Cerca de Proteção	
⊞ Pista de pouso e decolagem	

NM NQ  
-17° 30'

0 500 1.000 2.000 m

**ANEXO A**  
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSOS  
AÉROPORTO CORONEL ADALBERTO MENDES DA SILVA  
CASCAVEL - PARANÁ-BRASIL  
FONTE: SEIL/PR (2014)

**Mapa de Localização e Acessos**  
Aeródromo de Cascavel  
Governo do Paraná

O mapa representa a localização do Aeródromo de Cascavel, as principais vias de acesso rodoviário e ferroviário, e a pista de pouso e decolagem. Elaborado em outubro de 2014.