



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Renê Julião Gomes

INFRAESTRUTURA DO AEROPORO DE PALMAS – TO:
Estudo das pistas do “lado ar”.

Palmas – TO
2016

Renê Julião Gomes
INFRAESTRUTURA DO AEROPORO DE PALMAS – TO:
Estudo das pistas do “lado ar”.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Valcyr Crisóstomo Silva.

Palmas – TO
2016

Renê Julião Gomes
INFRAESTRUTURA DO AEROPORO DE PALMAS – TO:
Estudo das pistas do “lado ar”.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Valcyr Crisóstomo Silva.

Aprovada em 15/06/2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Valcyr Crisóstomo Silva

Orientador

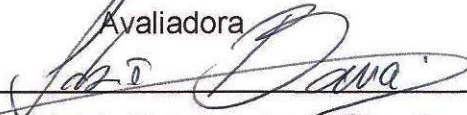
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Profa. Dr.ª. Angela Ruriko Sakamoto

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Avaliadora



Prof. Fabricio Bassani dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Avaliador

Palmas – TO

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por estar presente em todos os instantes de minha vida e por ser o grande influenciador das minhas ações e decisões tomadas no dia a dia.

Aos meus pais, José Alberto Ferreira Gomes Filho e Zita Rejane Julião Gomes, por serem motivadores e porque sempre estiveram ao meu lado me apoiando e orientando para que eu continuasse em razão de alcançar o título de graduação.

Aos meus irmãos, José Alberto Ferreira Gomes Filho, Ruan Julião Gomes e Bárbara Julião Gomes, por todo amor, carinho e confiança que depositaram em minha pessoa.

À minha namorada, Thays Fernandes Coelho, por estar ao meu lado em todos os dias da minha vida compartilhando momentos agradáveis e pelo apoio irrestrito e imprescindível, mesmo quando a minha dedicação ocasionava em algum tempo separados.

Aos meus amigos e colegas da faculdade pela amizade e auxílio nos instantes favoráveis ao meu desempenho desde o primeiro dia de acadêmico até a apresentação deste trabalho. Em especial, Cassio, Fernando, Fabio e Yan.

Ao meu orientador, Valcyr Crisóstomo da Silva, pela contribuição, pela paciência, pela dedicação e pelos conhecimentos técnicos adicionais que deu à este trabalho, pois com sua ajuda e capacitação que tornou-se realizado.

Aos avaliadores, Ângela Ruriko Sakamoto e Fabricio Bassani dos Santos, pela suas observações e sugestões dadas no período da qualificação (prévia da versão final). Em especial à professora Ângela que se prontificou em ajudar – me para realizar as devidas alterações.

Agradeço também à equipe da superintendência da INFRAERO em Palmas – TO, pela recepção e pelo fornecimento de dados internos que foram solicitados e necessários para compor este trabalho.

RESUMO

O presente trabalho elucida o estudo de caso referente a infraestrutura pública aeroportuária da cidade de Palmas – TO no “lado ar” terrestre, excluindo as edificações e com foco nas pistas implantadas, sendo elas, a de pouso e decolagem e a de taxiamento. Esta pesquisa frente ao tema, é relevante devido à hipótese de expansão do aeroporto local e conseqüentemente de suas pistas, em meio ao crescimento de demanda da capital além do desenvolvimento regional. Deste modo, buscou-se realizar um estudo exploratório conhecendo os fatores, as variáveis e os requisitos que são abordados e extraídos na implantação da infraestrutura aeroportuária em seu “lado ar”. Os aspectos envolvidos são relacionados ao tipo de aviação que o aeroporto suporta e estudos concepcionais com auxílio de regulamentos brasileiros expedidos e em vigência. Os resultados apresentados condizem com tais recomendações das esferas superiores e apresentam margens de segurança que são capazes de comportar certa expansão do aeroporto, excluindo até certo ponto, as possíveis ampliações ou modificações. Porém, novos projetos de novas pistas já são cogitados.

Palavra – chave: expansão, infraestrutura aeroportuária, “lado ar” e pistas.

ABSTRACT

The present work elucidates the case study regarding public airport infrastructure of the city of Palms - not terrestrial TO "airside", excluding, as buildings and focused in deployed tracks, being a takeoff and landing and taxiing. This search Front theme, and Material because the hypothesis of expansion of the local airport, and consequently your tracks, amid the demand growth in addition to the regional development capital. Thus, we sought to perform hum exploratory study knowing OS factors, such as variables and requirements that are addressed and taken on Implementation of Airport Infrastructure in His "airside". The aspects involved are related to the type of aviation That Airport supports and conceptional studies with aid dispatched Brazilian regulations and in force. The results presented are consistent with such recommendation of Supreme and present Safety Margins balls What are able to behave one airport expansion, except to some extent as possible expansions in the changes. However, new projects tracks already are bandied about.

Key - words: expansion, airport infrastructure , " airside " and tracks

.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Aeroporto Internacional de Recife - PE..... | 19 |
| Figura 2 - Configuração de uma aeronave..... | 21 |
| Figura 3 - Equipamento de auxílio para rampa de descida - PAPI..... | 23 |
| Figura 4 - Efeitos do vento na aproximação de pouso. | 26 |
| Figura 5 - Zona de parada e Zona desimpedida de GYN..... | 27 |
| Figura 6 - Pavimento Estrutura Flexível | 27 |
| Figura 7 - Grooving na pista de Belém..... | 29 |
| Figura 8 - Esquema de Ensaio CBR. | 30 |
| Figura 9- Prováveis delimitações de uma pista. | 31 |
| Figura 10 - Pavimento rígido em Aeroporto. | 32 |
| Figura 11 - Execução do alargamento da pista de táxi. | 34 |
| Figura 12 - Metodologia de trabalho..... | 36 |
| Figura 13 - Características físicas do B737-800..... | 44 |
| Figura 14 - Comprimento mínimo de pista seca e molhada para aeronave B737-800 em Palmas - TO. | 46 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Vento máximo coletado por cada ponto analisado. | 49 |
| Gráfico 2 - Frequência de ventos em Anemograma..... | 50 |
| Gráfico 3 - Frequência de ventos em Rosas do Vento em Palmas – TO..... | 51 |
| Gráfico 4 - Intensidade máxima de vento em Palmas - TO..... | 51 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Resistência do Solo x CBR | 30 |
| Tabela 2 - Comparativo entre Aeronaves..... | 43 |
| Tabela 3 - Características gerais da aeronave B737-800 | 44 |
| Tabela 4 - Determinação do Comprimento Real da Pista - CRP..... | 47 |
| Tabela 5 - Estudo dos ventos para pista do Aeroporto de Florianópolis | 49 |

LISTAS DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Características geométricas e operacionais de aeronaves. | 21 |
| Quadro 2 - Características do aeroporto em função das aeronaves | 24 |
| Quadro 3 - Movimentação de Aeronaves Comerciais e Peso Máximo de Decolagem. | 42 |

LISTAS DE SIGLAS

| | | |
|-------|---|---|
| AIP | — | Publicações de Informações Aeronáuticas |
| ALS | — | Sistema de Luzes de Aproximação |
| ANAC | — | Agência Nacional de Aviação Civil |
| ASA | — | Área de Segurança Aeroportuária |
| CAP | — | Cimento Asfáltico de Petróleo |
| CBUQ | — | Concreto Betuminoso Usinado a Quente |
| CBR | — | California Bearing Ratio |
| COMAR | — | Comando da Aeronáutica |
| CPA | — | Camada Porosa de Atrito |
| DAC | — | Departamento de Aviação Civil |
| DECEA | — | Departamento de Controle do Espaço Aéreo |
| DSWL | — | Carga de Roda Simples com 1,25 Mpa |
| FAA | — | Administração Federal da Aviação |
| IAC | — | Instituto de Aviação Civil |
| ICAO | — | Organização Internacional da Aviação Civil |
| IFR | — | Regras de Vôo por Instrumentos |
| ILS | — | Sistema de aterragem por instrumentos |
| ISC | — | Índice de Suporte Califórnia |
| MOA | — | Manual de Operação do Aeroporto |
| NDB | — | Rádio Farol Não Direcionado |
| PDIR | — | Plano Diretor Aeroportuário |
| RBAC | — | Regulamentação Brasileira de Aviação Civil. |
| TORA | — | Distância para Corrida de Decolagem |
| VFR | — | Regras de Vôo Visual |
| VOR | — | Faixa de rádio omnidirecional de Altíssima Frequência |

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

| | | |
|----------|---|-------------------|
| cm | — | Centímetros |
| kg | — | Quilograma |
| Km | — | Quilômetros |
| m | — | Metros |
| m/s | — | Velocidade |
| m/m | — | Declividade |
| t | — | Tonelada |
| ° | — | Graus centígrados |
| % | — | Percentual |
| Δ | — | Variação |

LISTA DE EQUAÇÕES

| | |
|--|----|
| Equação 1 - Comprimento Real da Pista. | 25 |
| Equação 2 - Espessura total do Pavimento. | 45 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 Problema de Pesquisa | 14 |
| 1.2 Hipótese | 14 |
| 1.3 Objetivos | 14 |
| 1.3.1 Objetivo Geral | 15 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 15 |
| 1.4 Justificativa..... | 15 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 17 |
| 2.1 Aeroportos: origem e importância | 17 |
| 2.2 Elementos de projeto para pista de aeroporto..... | 20 |
| 2.3 Pista de pouso e decolagem | 24 |
| 2.4 Pátio de aeronaves e Pista de Táxi..... | 32 |
| 2.5 Modelo de desempenho das aeronaves sobre pavimentos. | 34 |
| 3 METODOLOGIA | 36 |
| 3.1 Desenho do estudo | 37 |
| 3.2 Local e Período da Realização..... | 37 |
| 3.3 Objeto de estudo | 37 |
| 3.4 Variáveis da pesquisa | 37 |
| 3.4.1 Independentes | 37 |
| 3.4.2 Dependentes | 37 |
| 3.5 Instrumentos de coleta, estratégias de análise e apresentação dos dados | 38 |
| 3.6 Procedimento metodológicos. | 39 |
| 3.6.1 Aspecto ético | 39 |
| 3.6.2 Verificação do dimensionamento da pista de pouso e decolagem | 39 |
| 3.6.3 Características físicas e operacionais do Aeroporto | 40 |
| 3.6.4 Informações Meteorológicas locais para estudos dos ventos | 41 |
| 3.6.5 Elaboração do Relatório Fotográfico | 41 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 42 |
| 4.1 Tráfego de aeronaves no aeroporto. | 42 |
| 4.2 Aeronave crítica do Aeroporto de Palmas – TO..... | 43 |
| 4.3 Condições locais consideradas e resultado do CRP..... | 46 |
| 4.4 Sistema operacional das pistas..... | 47 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5 Posicionamento da pista de pouso e decolagem | 48 |
| 4.6 Características do “lado ar” | 52 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS. | 53 |
| REFERÊNCIAS..... | 55 |
| ANEXO 1 – Determinação da aeronave crítica..... | 58 |
| ANEXO 2 – Relatório fotográfico | 59 |
| ANEXO 3 – Estudo dos ventos na região de palmas – to..... | 65 |
| APÊNDICE 1 – Informações do aeroporto..... | 66 |
| APÊNDICE 2 – ACN da aeronave crítica em pavimento flexível..... | 67 |
| APÊNDICE 3 – ACN da aeronave crítica em pavimento rígido | 68 |
| APÊNDICE 4 – Solicitação à INFRAERO de Palmas – TO..... | 69 |

1 INTRODUÇÃO

A expansão territorial do perímetro urbano é derivada do crescimento da taxa populacional de uma unidade munícipe e de seu desenvolvimento regional. Palmas, capital do estado do Tocantins, com seus 25 anos apresenta atualmente cerca de 273 mil habitantes, dado de acordo com a previsão do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e sua localização como centro geodésico do Brasil pode ser requisitado de várias formas em prol de seu desenvolvimento.

Os planos governamentais apresentam diversos investimentos, programas e projetos para o município e região, dentre eles o projeto de Implantação do Porto Seco na região central do estado do Tocantins que dará suporte a Ferrovia Norte – Sul fortalecendo o comércio de importação no país.

Diante disso, é possível que haja planos alternativos que também possam dar suporte a esse desenvolvimento local e regional. O aeroporto público local de Palmas – TO foi construído e planejado primordialmente com a finalidade de atender não só a aviação comercial, voltada para transporte de passageiros e carga, mas também a aviação geral que remete ao uso de desportivos e de táxi aéreo.

O porto seco projetado e localizado no município de Porto Nacional - TO a 23 km distante da capital é ligado à ferrovia para abastecimento de grãos que possivelmente podem ser transportados pelas aeronaves praticando o comércio de importação nacional e desta forma explorará o aeroporto de Palmas e região.

Sobrevém então, para o aeroporto público da capital a necessidade de construir novas pistas de pouso e decolagem, novas torres de comando e novos terminais de atendimento ao público, ou seja, requer mais infraestrutura aeroportuária, afim de adequar-se à demanda local e regional.

Os serviços de engenharia civil aplicados à pista das áreas superficiais destinadas a suportar as possíveis cargas singulares e subpostas das aeronaves que operam no aeroporto repercute sob estudos preliminares que visam uma certa expansão do mesmo.

De forma aprofundada, o foco desta pesquisa é relacionado à infraestrutura aeroportuária com enfoque nas implantações do “lado ar” do aeroporto de Palmas – TO que consiste nas zonas superficiais externas às

edificações, ou seja, o lado aéreo é contemplado pela pista de pouso e decolagem mais pista de taxiamento das aeronaves operantes que necessitam dos equipamentos e dispositivos instalados nas pistas para auxílio de suas possíveis movimentações.

Aliado a isso, esta pesquisa científica atenderá a um estudo de caso que será designada à infraestrutura do aeroporto de Palmas - TO implantada em seu “lado ar”, tendo como ambiente alvo de pesquisa exploratória o Aeroporto Brigadeiro Lysias Rodrigues.

No entanto, busca-se identificar para a engenharia civil os elementos limitantes que sujeitam os aeroportos e suas pistas a serem eventualmente modificados com o objetivo de atender, de forma paralela, uma certa expansão econômica do município e até mesmo da região.

1.1 Problema de Pesquisa

A necessidade de ampliação de uma unidade aeroportuária em um município e região é paralela a expansão do mesmo e derivada de altas demandas de vôos no qual resulta na necessidade de construir novos aeroportos ou modificar os que estão em funcionalidade.

Diante desta contingência, a pista aeroportuária atende à uma possível expansão do aeroporto de Palmas - TO?

1.2 Hipótese

As hipóteses que norteiam este projeto de pesquisa são:

- A pista aeroportuária foi projetada para atender apenas vôos comerciais.
- Como capital planejada, o aeroporto de capacidade projetada atende a uma determinada expansão do município.

1.3 Objetivos

Para abordar o problema e testar as hipóteses estabelecidas foram traçados os seguintes objetivos:

1.3.1 Objetivo Geral

Explorar requisitos técnicos e operacionais para a construção de pistas aeroportuárias, com base nos regulamentos nacionais.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Verificar as condições aeroportuárias implantadas no “lado ar” que são exigidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) na implantação e operação regular de um aeroporto público.
- Comparar se as reais condições físicas de pavimentação e geométricas nas pistas estão conciliadas com as normas e regulação submetidas para funcionalidade plena das movimentações das aeronaves.
- Conhecer as características físicas e as variáveis relevantes do aeroporto implantado, sendo elas:
 - As variáveis consideradas concepcionais no projeto da pista de pouso e decolagem.
 - Características funcionais e operacionais do Aeroporto, gerenciamento das limitações operacionais.
 - Tipo de aviação e infraestrutura planejada em pista de pouso e decolagem.
 - Estudo de posicionamento da pista de pouso/decolagem e suas características: apresentar caso que possui similaridade.

1.4 Justificativa

A atual capital do Estado do Tocantins, Palmas, em meio a criação de planos governamentais tende a se expandir no quesito territorial, econômico e social devido ao desenvolvimento e investimentos em torno da região central do estado.

Nos últimos anos o governo do Estado do Tocantins recebeu investimentos significativos por parte da iniciativa privada para a criação de um Porto Seco em Luzimangues, distrito de Porto Nacional – TO, em prol do desenvolvimento econômico.

A execução de um terminal de logística e industrial, ou seja, de um Porto Seco no município de Porto Nacional, possibilitará a integração de diferentes modais de transporte, como, por exemplo, a ferrovia norte – sul com o aeroporto público Brigadeiro Lysias Rodrigues localizado em Palmas – TO.

Desta forma, a implantação do Porto Seco ao lado de Palmas influenciará de forma direta no porte do aeroporto local e de suas aeronaves que paralelamente darão suporte ao município e região central do estado, sendo apresentado como alternativa de transporte aéreo comercial de produtos agrícolas a serem importados para todo o Brasil.

O referido estudo torna-se relevante, pois diante dos futuros planos de governo do município de Palmas e região o aeroporto local poderá ser transfigurado no quesito de área reservada e porte de aeronaves operacionais que serão subordinadas a sua infraestrutura pré-projetada e pré-construída.

No entanto, serão vistos se as condições físicas de infraestrutura implantada no “lado ar” do aeroporto voltado à pavimentação de suas pistas foram construídas com a perspectiva de ampliação do aeroporto local e de suas aeronaves ligado à expansão do município propriamente dita.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico tem como o objetivo de apresentar o referencial teórico e as pesquisas recentes que suportam o entendimento e embasam a abordagem metodológica proposta no presente trabalho.

Os temas centrais levados em consideração são relacionados às infraestruturas aeroportuárias e condições relevantes implantadas principalmente na pista de pouso e decolagem, apresentando também alguns fatores, como por exemplo, o modelo de operações em solo das aeronaves que sofrem influência nas pistas de pátios das aeronaves.

2.1 Aeroportos: origem e importância

A humanidade desde séculos atrás, vivência a capacidade de inovar e empreender do homem afim de atender ou facilitar os seus desejos e necessidades. Hoje, por exemplo, tudo é interligado à tecnologia avançada que vence tamanhas distâncias as quais transmitam informações em questão de segundos.

Assim sendo, a aviação em geral se enquadra neste quesito como modal de transporte que contribuem para o comércio, o turismo e para os negócios, atribuindo a si grande importância no cenário mundial e nacional.

Silva e Parra (2008) comentam que é notório que o transporte aéreo é de suma importância para o desenvolvimento econômico e social da humanidade. Desde o seu surgimento, no início do século XX, os aviões e todas as infraestruturas necessárias para efetuar vôos que passaram por grande desenvolvimento e aperfeiçoamento, em termos de maior segurança, maior capacidade e maior rapidez. Todos esses atributos fizeram do modal aeroviário um dos grandes concorrentes das demais modalidades de transporte.

Logo, o transporte aéreo com seu advento comercial aliado ao turismo se tornou um dos grandes concorrentes com relação às demais modalidades de transportes já existentes, pois as aeronaves em si oferecem para os interessados serviços eficientes e seguros (SILVA; PARRA, 2008).

Devido à alta demanda do modal aéreo a existência de áreas exclusivamente destinadas às possíveis movimentações das aeronaves em solo

e de atendimentos ao público de forma eficaz e segura veio à tona os aeroportos e aeronaves de melhor desempenho.

O princípio da criação de aeroportos corrobora, a satisfazer, os desejos e as necessidades dos usuários. Para realizar o desejo de vencer a ação da gravidade e do vento sem auxílio mecânico Alberto Santos Drummond de Andrade, em 1906, realizou o primeiro vôo na aeronave denominada como *14 Bis*, fato que o tornou conhecido até hoje internacionalmente.

Mais adiante com avanço da tecnologia, percebeu-se que as aeronaves quando motorizadas favoreciam um deslocamento infindo em pouquíssimo tempo devido à força ascensional dos motores ligados à elas.

Acompanhando as inovações das aeronaves constatou-se que além do desejo de voar elas quando equiparadas com a força motriz do motor propulsor podiam atender as necessidades da população e dos países que buscavam seu desenvolvimento econômico.

Deste meio surgiram as demandas que continuavam à crescer de forma considerável de acordo com os aprimoramentos das aeronaves e suas capacidades. Aliado a isso, tornou-se conveniente então, determinar, reservar, planejar e controlar áreas em solo destinadas às operações das aeronaves com ensejo de exploração e então criaram-se os aeroportos.

Com a globalização os aeroportos modificaram-se com finalidade de proporcionar viagens, comércios e negócios ao exterior garantindo aos usuários um meio seguro e com várias facilidades de serviços, voltados ao atendimento público aplicados à eficiência e segurança operacional.

Os aeroportos assim foram construídos e homologados para anteder as demandas da população comportando serviços de embarque e desembarque de pessoas e cargas. O Instituto de Aviação Civil – IAC defini seu conceito como:

Aeroporto é um conjunto de ambientes com instalações implantadas em um aeródromo homologado a fim de serem atribuídos serviços que envolvem a participação de aeronaves e acesso ao público, como exemplo, embarque e desembarque de pessoas e cargas (IAC157, 2004).

A figura 1 apresenta como exemplo no que se refere a aeroportos equiparados de porte internacional localizado em Recife, estado do Pernambuco.

Figura 1 - Aeroporto Internacional de Recife - PE.



Fonte: Photobucket (2010).

Os aeroportos com o passar dos anos acompanharam o desenvolvimento dos países, tornando-se de pequeno, a médio e depois de grande porte, demandando uma administração central em área reservada. A necessidade de uma empresa para administrar os aeroportos de forma centralizada foi fundamental para as questões administrativas internas dos aeroportos e serviços alternativos fornecidos à sociedade (WELLS, 2000).

Deste modo a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária definiu sua finalidade em seu estatuto de 9 de março de 2015, “implantar, administrar, operar e explorar industrial e comercialmente a infraestrutura aeroportuária e de apoio à navegação aérea, prestar consultoria e assessoramento em suas áreas de atuação e na construção de aeroportos, bem como realizar quaisquer atividades, correlatas ou afins, que lhe forem conferidas” (INFRAERO, 2015).

Um aeroporto público antes de sua construção e homologação é concebido por estudos preliminares relacionados a sua concepção construtiva a qual envolve a delimitação de suas áreas para operações das aeronaves em geral que se denomina como “lado ar”.

O RBAC – 156 (2012) defini que o “lado ar” é o conjunto formado pela área de movimento de um aeródromo, terrenos e edificações adjacentes, ou parte delas, cujo acesso é controlado.

O aeroporto quando homologado admiti a circulação das aeronaves que fizeram parte de seu estudo concepcional de implantação o qual destina e delimita áreas internas do aeroporto com objetivo de proporcionar movimentação das aeronaves, como, por exemplo, áreas de pouso e decolagem, pista de táxi das aeronaves, área de manobras e pátios (OACI Anexo 14, 1999).

Assim sendo, a referida área correspondente ao “lado ar” está relacionada às de prováveis movimentações das aeronaves em solo. Todas estas áreas específicas contém infraestruturas planejadas e são integradas no sítio aeroportuário que é identificado como uma área patrimonial do aeroporto. A seguir tem-se uma melhor definição sobre tal.

É toda área patrimonial do aeroporto, determinada por meio de estudos preliminares relacionados à critérios econômicos, geográficos de engenharia e ambiental, objetivando localizar e identificar possíveis áreas com características necessárias e potencial para atender à implantação de um aeroporto com o porte pretendido (COMAR, DAC e IAC, 2009).

Uma pista aberta ao tráfego por meio de um processo de homologação de sua infraestrutura pela ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil e destinado ao uso de aeronaves em geral é considerado um aeródromo público mas não aeroporto (RBAC 01, 2008).

2.2 Elementos de projeto para pista de aeroporto

Este subtítulo apontará os elementos elencados no projeto de pista de pouso e decolagem abordando assuntos sobre suas definições e característica além de sua importância concepcional.

O principal elemento no projeto de uma pista de pouso e decolagem do aeroporto é a aeronave que possui maior movimentação anual e requisita maior espessura do pavimento.

De acordo Horonjeff (2010) definiu a aeronave crítica termo como a aeronave mais exigente no projeto do aeroporto que opera pelo menos 500 operações anuais itinerantes num determinado aeroporto. Em muitos casos, mais de uma aeronave crítica serão selecionadas em um aeroporto para fins de projeto.

Alves (2014) comenta que as aeronaves desempenham um papel de grande importância no cenário aeroportuário. O conhecimento de suas

características e suas exigências é fundamental no desenvolvimento de um projeto ou mesmo no planejamento de um aeroporto [...].

A quadro 1 e a figura 2 em sequência especificam algumas características físicas e geométricas de algumas famílias de aeronave.

Quadro 1 - Características geométricas e operacionais de aeronaves.

| ANV | Env | Com | Bas | Bit | Mot | Pax |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A319 | 34 | 34 | 11 | 8 | 2 | 124 |
| A320 | 34 | 38 | 13 | 8 | 2 | 150 |
| A300 | 45 | 54 | 19 | 10 | 2 | 266 |
| A330 | 60 | 64 | 26 | 11 | 2 | 335 |
| A340 | 60 | 64 | 26 | 11 | 4 | 335 |
| A380 | 80 | 73 | 30 | 14 | 4 | 555 |
| B737 | 29 | 34 | 12 | 5 | 2 | 141 |
| B757 | 38 | 47 | 18 | 7 | 2 | 186 |
| B767 | 48 | 55 | 23 | 9 | 2 | 261 |
| B777 | 61 | 64 | 26 | 11 | 2 | 340 |
| B747 | 60 | 70 | 26 | 11 | 4 | 496 |
| E145 | 20 | 30 | 14 | 4 | 2 | 50 |
| E170 | 25 | 30 | 11 | 5 | 2 | 78 |
| E190 | 28 | 39 | 14 | 5 | 2 | 106 |

Fonte: Alves (2014).

ANV – Nomenclatura Aeronave

Env – Envergadura

Com – Comprimento

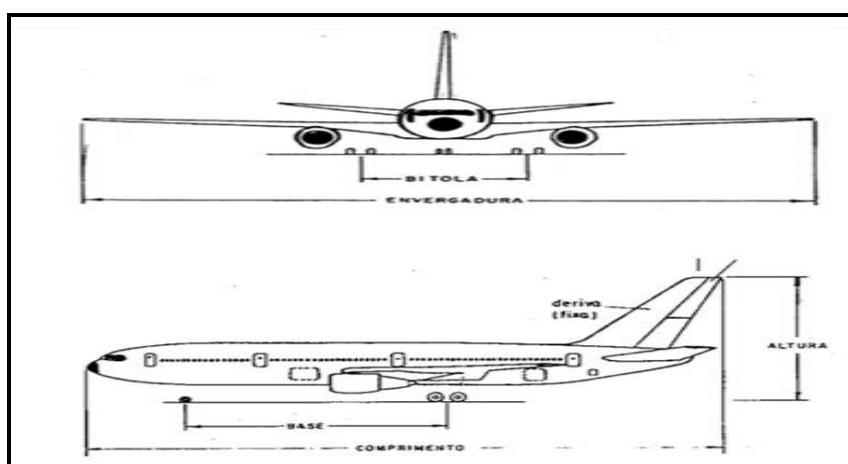
Bas – Base

Bit – Bitola

Mot – Motores propulsor

Pax – Capacidade de passageiros.

Figura 2 - Configuração de uma aeronave.



Fonte: Alves (2014).

O Aeroporto em pistas de pouso e decolagem das aeronaves, estabelece regras de vôos relacionadas à localização e orientação da pista, concedendo as devidas informações aos pilotos em que operam as aeronaves contidas nas áreas de aproximação do aeroporto. Essas regras levam em consideração as condições meteorológicas e a destinação usual da pista, se diurno ou noturno.

Deste modo Goldner (2012) comenta que as regras de programação de voo podem ser por instrumentos (IFR) que auxiliam a localização da pista para os pilotos que pretendem pousar ou somente por condições visuais (VFR) que indica as meteorologias mais apropriadas para a aviação.

Porém, essas regras estabelecidas nos planos de vôos são apenas critérios da administração local que contemplam um gama de operações de pouso das aeronaves que pretendem explorar o aeroporto, ainda que também serve como objeto de restrição para a operação de algumas aeronaves (DECEA, 2015).

Ainda sobre operações nos aeródromos, um código de referência é selecionado para planejamento de movimentação das possíveis aeronaves que o aeródromo ou aeroporto poderá atender. Este código é atribuído por método simples que integra as particularidades do aeródromo construído com objetivo de fornecer facilidades para as aeronaves que o exploram.

“O propósito do código de referência é oferecer um método simples para inter-relacionar as diversas especificações sobre as características dos aeródromos, de modo a fornecer uma série de facilidades adequadas às aeronaves que irão operar no aeródromo”(RBAC 154, 2012).

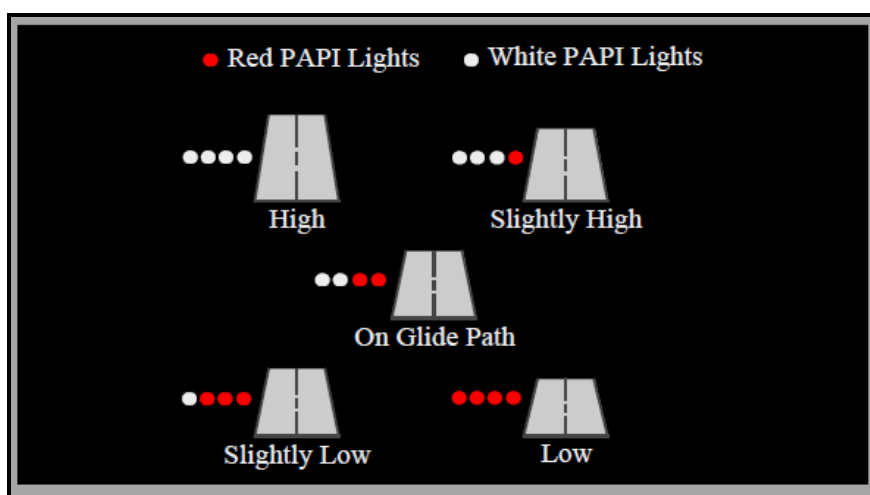
O código é composto por dois elementos: número e letra. O número serve apenas para a determinação do comprimento básico de pista e por outro lado, a letra especifica a envergadura da aeronave e sua bitola do trem tipo principal.

As pítas operacionais de pouso e decolagem, taxiamento e pátio de aeronaves são providas de equipamentos instalados ao longo de seu comprimento e auxiliadas eventualmente por serviços que proporcionam o estacionamento das aeronaves, sendo eles:

- Biruta: equipamento de auxílio visual para pouso e decolagem que fornece indicações de direção e uma estimativa da intensidade do vento da superfície aos pilotos das aeronaves, constituído de cone de vento, cesta e mastro de sustentação e, eventualmente, dispositivos de iluminação (IAC154, 2005).

- Farol do aeródromo: dispositivo iluminado instalado em um aeródromo destinado ao uso noturno ou em condições especiais, sendo estas decorrentes da dificuldade em localizar o aeródromo ou por intempéries. Suas características são voltadas a intensidade, frequência, cores e direcionamento (todos os ângulos de azimute) da luz determinado com base orientação do DECEA (RBAC 154, 2009).
- Pontes de embarque e desembarque: Equipamento fixo ou móvel com cobertura e adaptável a cada tipo de aeronave operante no aeroporto, para fins de utilização em serviços de embarque e desembarque de passageiros (RBAC 154, 2009).
- Balizamento noturno: Serviço antrópico alternativo prestado quando o sistema de autoajuda não existir ou estiver inoperante e quando for o necessário orientar o estacionamento da aeronave para evitar riscos à segurança (OACI, 1983).
- Equipamento indicador de rampa de descida (PAPI): em sua configuração padrão, o PAPI é constituído de uma barra lateral com quatro caixas, normalmente do lado esquerdo da pista, no sentido do pouso, a menos que isso seja fisicamente impraticável [...] (DECEA, 2015).

Figura 3 - Equipamento de auxílio para rampa de descida - PAPI



Fonte: RibeiroEngenharia (2014).

2.3 Pista de pouso e decolagem

A pista de pouso e decolagem é um dos principais elementos estudados para fins de acomodar as aeronaves em superfície diante seu processo de pouso ou decolagem no “lado ar” de um aeroporto. Suas determinações de comprimento e largura e sinalizações de cabeceiras são subordinadas à configuração da aeronave crítica e das condições meteorológicas, só que, esta última, se determina em projeto de posicionamento da pista levando em consideração a ação do vento.

A OACI (1999) em seu anexo 14 releva que as pistas destinadas ao pouso e decolagem de aeronaves e suas extensões são determinadas por muitos fatores que afetam, entre eles, estudos de orientação, localização e números de cabeceiras.

Quadro 2 - Características do aeroporto em função das aeronaves

| Característica Física do Aeroporto | Característica da Aeronave |
|---|-------------------------------------|
| Comprimento de Pista | Potência / Peso e Projeto da Asa |
| Largura de Pista | Bitola e envergadura |
| Largura de Taxi | Bitola e envergadura |
| "Fillets" ¹ | Base |
| Largura do Acostamento | Posição do motor externo |
| Separações entre aeronaves | Envergadura e comprimento |
| Gradiente de Pista | Trem de pouso e velocidade no solo |
| Pontes | Peso |
| Pavimento | Peso e Trem de pouso |
| Posições de Estacionamento | Envergadura |
| Característica dos Equipamentos | Característica da Aeronave |
| Pontes de Embarque | Altura da Porta |
| Balizamento | Posição do piloto e Altura do motor |
| Hidrantes de Combustível | Ponto de Abastecimento |
| Energia Elétrica | Ponto de Alimentação |
| Ar Condicionado | Ponto de Alimentação |
| Equipamentos de Combate a Incêndio | Característica da Aeronave |
| Quantidade de Agente | Comprimento e Largura da Fuselagem |
| Número de veículos | Comprimento e Largura da Fuselagem |

Fonte: Goldner (2012).

O comprimento da pista de pouso e decolagem é determinado com a finalidade que uma aeronave opere com o máximo de seu peso, a nível do mar, condições atmosféricas consideradas normais, ar parado e declividade da pista

nula, sendo todos estes corrigidos matematicamente em favor de um coeficiente de segurança.

“A pista de pouso e decolagem apresentam um Comprimento Básico de Pista (CBP), e um Comprimento Real de Pista (CRP). O CBP é o comprimento mínimo de pista necessário para a decolagem de uma aeronave com peso máximo de decolagem ao nível do mar, em condições atmosféricas normais, ar parado e declividade nula da pista. O CRP corresponde ao CBP com as correções na temperatura, altitude, vento e declividades locais de pista” (FONSECA; ALVES, 2012).

Fonseca (2013) informa que as aeronaves possuem em seus manuais os valores de CBP, desta forma é necessário apenas a retificação para obtenção do CRP e para isso segue a fórmula abaixo:

Equação 1 - Comprimento Real da Pista.

$$CRP = CBP \cdot \left(\frac{0,07 \cdot ELAD}{300} + 1 \right) \cdot \left\{ \left[TRA - \left(15 - \frac{6,5 \cdot ELAD}{1.000} \right) \right] \cdot 0,01 + 1 \right\} \cdot (DRP \cdot 0,1 + 1)$$

Fonte: Fonseca, 2013.

Onde:

ELAD = Elevação do aeródromo.

TRA = Temperatura de Referência do Aeródromo.

DRP = Declividade da pista.

CBP = Comprimento Básico de Pista.

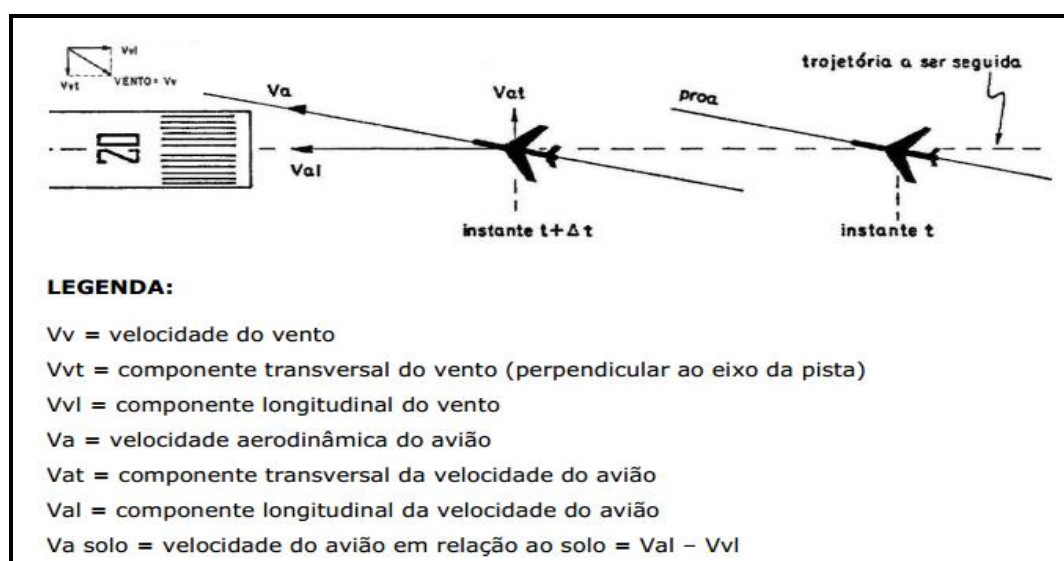
A localização da cabeceira na pista de pouso e decolagem é realizada para definir a sentido do deslocamento as operações das aeronaves em pouso ou decolagem desde a chegada até o final da pista, sendo assim, os fatores determinante são as condições de intensidade dos ventos, denominada como “nós”.

O “nós” é uma unidade de medida que especifica a intensidade dos ventos com base em dados adversos voltados a meteorologia. Esses dados são coletados por estações meteorológicas ao lado da pista e próximas as suas cabeceiras (OACI, 1983).

A Torre de controle da área de aproximação do aeroporto, em um de seus fundamentos, transfere dados sobre o vento que ocorre no momento em que o piloto da aeronave solicita o uso da pista para seu pouso.

Goldner (2012) ressalta que esta intensidade se não considerada faz com que o nariz da aeronave possua certo ângulo em relação a pista quando em operação de pouso, como ilustra a figura 4.

Figura 4 - Efeitos do vento na aproximação de pouso.



Fonte: Sória (2006).

Contudo, a consideração do vento na localização das cabeceiras não somente torna a operação de voo eficiente, em situações gerais necessita delimitar áreas de proteção aos percursos das aeronaves em pouso, exige-se então as criações oportunas das zonas *clearways* e *stopways*.

Zona desimpedida ou zona de livre de obstáculos (*clearways*), área retangular demarcada em terreno ou em água, em controle do órgão competente, destinada para uma utilização provável a um processo de decolagem de uma aeronave (RBAC 154, 2009).

Zona de parada, área retangular demarcada em terreno, localizada no prolongamento do eixo da pista no sentido de decolagem, provida de sinalização horizontal para sua identificação, destinada e preparada como área apropriada à parada de aeronave (RBAC 154, 2009).

Figura 5 - Zona de parada e Zona desimpedida de GYN



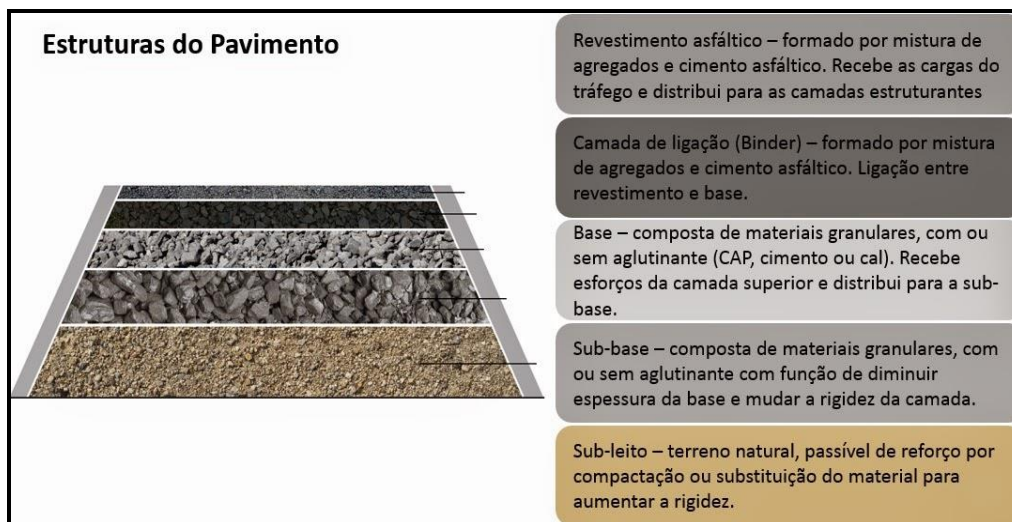
Fonte: Gynoline (2010).

A superfícies que irão conceder um atrito para que uma aeronave faça seu percurso de pouso e de decolagem em aproximadamente 240km/h é composta por um material flexível derivado de material betuminoso.

A aeronave crítica possui relação com a estrutura do pavimento das pista, ela é determinada em função da aeronave que exige maiores espessuras das camadas que compõem o pavimento.

O pavimento formado por camadas que não trabalham à tração, essas camadas têm a função de distribuir a carga de suporte e são formadas geralmente por materiais granulares, os materiais de melhor qualidade ficam mais próximos da superfície (MARQUES apud NECKEL, 2007).

Figura 6 - Pavimento Estrutura Flexível



Fonte: Marques e Neckel (2007).

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por mistura constituída de agregados e ligantes asfálticos que definiram de acordo com a capacidade de resistência do solo “*CBR*” as possíveis camadas de toda a estrutura (figura 8).

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída, basicamente, de agregados e ligantes asfálticos. São formados por quatro a cinco camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base, reforço do subleito e regularização de subleito. (VEGGI E MAGALHÃES, 2014).

Como a finalidade é fornecer atrito aos pneus que tendem a velocidade especificada no item anterior, o revestimento dessa estrutura tem como alternativa em sua composição o CPA – Camada Porosa de Atrito.

“A camada porosa por atrito é uma camada com finalidade de aumentar a aderência pneu-pavimento nos dias de chuva, promovendo uma rápida percolação da água até alcançar os dispositivos de drenagem superficial, causando uma redução da lâmina d’água na pista de rolamento, diminuição da distância de frenagem, redução do spray d’água, aumenta a visibilidade e reduz os relevos dos faróis noturnos, evitando assim muitos acidentes em períodos chuvosos” (BERNUCCI et al.,2007).

CPA ou revestimento asfáltico drenante, são revestimentos asfálticos com grande índice de vazios, aproximadamente entre 18 e 25%, devido a pequena quantidade de agregados miúdos, *filler* e ligante asfáltico, requisitos para dosagem da camada porosa por atrito (BERNUCCI et al., 2007).

Dentre outro tipo de revestimento está o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), que possui baixa deformação permanente, mistura pouco suscetível à fissuração por fadiga e contém vazios suficientes porém não excessivos. Este tipo de revestimento permite a aplicação de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), tornando a camada revestida mais flexível concomitantemente mais resistente.

O CAP é um material termossensível utilizado para a fabricação do CBUQ em trabalhos de pavimentação, pois, além de suas propriedades aglutinantes e impermeabilizantes, possui características de flexibilidade e alta resistência. (VEGGI e MAGALHÃES, 2014).

Em pistas de pouso e decolagem são lhe atribuídas dispositivos de drenagem que dão um destino final para a água acumulada na superfícies das pistas afim de evitar acidentes provocados pela falta de aderência dos pneus com o material flexível.

“O grooving é basicamente linhas paralelas profundas que são feitas no asfalto, diferentemente do asfalto poroso que permite a penetração da água do asfalto para o solo, o asfalto para grooving é liso, não sendo adequado a operação de pouso e decolagens em condições adversas sem a implementação do grooving, então em um aeroporto que será implementado grooving, além da camada de asfalto nova que se adequa, é necessário esperar uma “cura” do asfalto para então fazer a obra” (VIANA, 2014).

Figura 7 - Grooving na pista de Belém.



Fonte: Sportter e JP Anoar (2014).

A espessura do pavimento flexível está associado às características de suporte da aeronave crítica, diante de padronização de algumas medidas estipuladas pela FAA e confronta com a capacidade de resistência do solo.

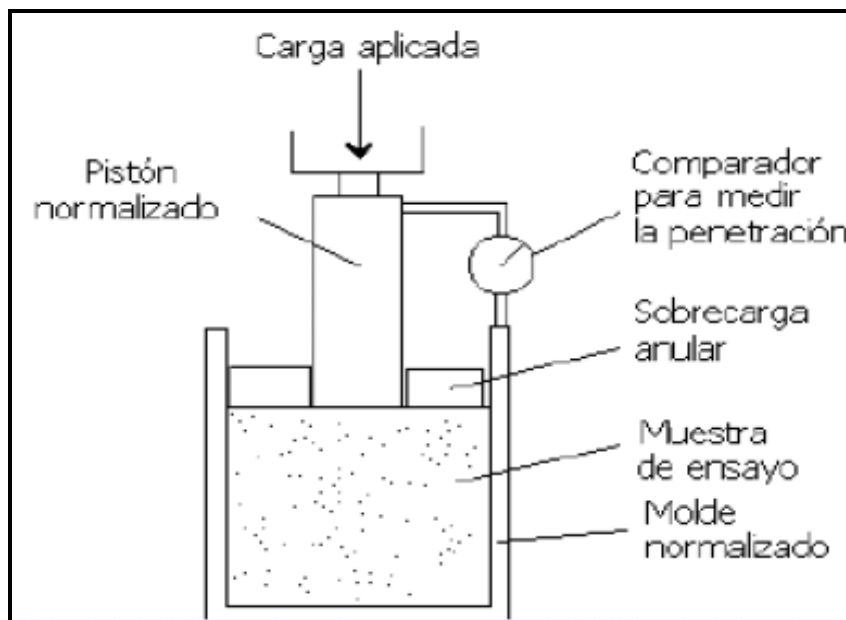
Adiante ao assunto, toda aeronave possui as cargas singulares de cada roda que compõe o seu trem de aterrissagem (*DSWL*). A pressão nos pneus de cada roda é normatizada pela FAA e equivale a 1,25MPa (RBAC – 154, 2010).

Em contrapartida, para determinar a espessura total de qualquer pavimento é necessário realizar estudos de mecânica do solos, em especial à sua resistência de suporte identificada pelo modo reação do terreno. O método mais usual é a identificação do ISC – Índice de Suporte Califórnia, em inglês conhecido como *CBR*, que mede a dificuldade de uma carga produzir recalque em um solo compactado.

“O ensaio CBR mede a dificuldade para fazer penetrar um pistão normalizado numa mostra compactada de solo. O ensaio da um índice de CBR, que é a relação entre a força necessária para que o pistão penetre uma determinada profundidade (2,5 mm – 5,0 mm) e a necessária numa

mostra normalizada de material granular britado. A sua determinação serve para o calcula da espessura do pavimento flexível e a sua determinação é feita de acordo com a norma ASTM-D-1853" (CASTELLS, 2010).

Figura 8 - Esquema de Ensaio CBR.



Fonte: Castells (2010).

A FAA faz uso de quatro valores normalizados de CBR para qualificar a resistência dos solos variando de ultra baixa a alta resistência. Os valores de CBR menor que 3 (três) para pavimentos flexíveis são identificados como um solo de pouquíssima resistência.

Tabela 1 - Resistência do Solo x CBR

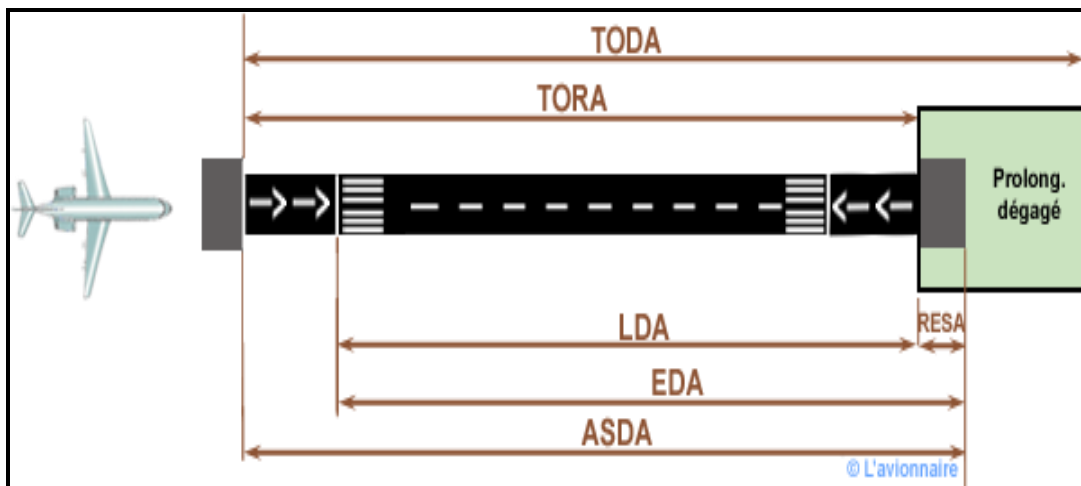
| Pavimento Flexível | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|
| CBR | | | |
| < 3% | < 6% | < 10% | < 15% |
| Resistência | | | |
| Ultra Baixa | Baixa | Média | Alta |

Fonte: FAA (2010).

A determinação do comprimento de pista necessário para a operação de decolagem de uma aeronave é efetuada por meio de ábacos de desempenhos

específicos editados pelos fabricantes de aeronaves nos manuais (Airplane Characteristics for Airport Planning) (ALVES apud NECKEL, 2007).

Figura 9- Prováveis delimitações de uma pista.



Fonte: Lavionnaire (2010).

Os ábacos de desempenho específico fornecem a TORA (distância de decolagem), para análises que exijam um maior detalhamento deve ser consultado manuais específicos, como o (*Airplane Flight Manual*) das aeronaves. Os dados de entrada necessários são: o peso de decolagem da aeronave e as condicionantes locais da pista (altitude, temperatura e declividade) (ALVES apud NECKEL, 2007).

Em pistas de pouso e decolagem sempre é prevista a inclinação da pista transversalmente ou longitudinal para fins de direcionar e destinar o fluxo de água decorrentes de precipitações (chuvas) ou para diminuir o comprimento de pouso de uma aeronave e contribuir para sua decolagem.

Declividade transversal é a inclinação que o terreno preparado (pavimento) deve dispor garantindo um rápido escoamento das águas pluviais e prejudicando o mínimo possível o rolamento da aeronave, este é padronizado conforme a categoria da pista (GODNER, 2012).

A declividade longitudinal ao longo da pista de pouso e decolagem é determinada atendendo os critérios do RBAC 154, podendo ser variável em função do trecho confrontando com as recomendações de cada aeródromo codificado (RBAC 154, 2009).

2.4 Pátio de aeronaves e Pista de Táxi.

No “lado ar” de um aeroporto é realizado serviços destinados a embarque e desembarque de pessoas e cargas e enquanto isso as aeronaves mantidas em solo recebem diversos serviços, dentre eles o de abastecimento de combustível e carga, ficam apoiadas sobre uma laje de concreto cuja função é de acomodar as aeronaves estacionadas.

A pista de taxiamento de aeronaves e pátio de aeronaves é composta em termos de estrutura, por pavimentos rígidos dimensionados em concreto para favorecer o suporte de cargas estacionárias das aeronaves e também por favorecer segurança operacional em caso de derramamento de óleo e até mesmo incêndio.

Formado por camadas que trabalham à tração, o dimensionamento é baseado nas propriedades das placas de concreto que são apoiadas em uma sub-base (MARQUES apud NECKEL, 2007).

Figura 10 - Pavimento rígido em Aeroporto.



Fonte: Rudlife (2012).

De acordo com Rodrigues (2004) existem basicamente três tipos de pavimentos que empregam armadura: pavimento com armadura distribuída,

pavimento continuamente armado e pavimento estruturalmente armado. A seguir uma breve descrição de cada pavimento:

- O mais comum é o pavimento com armadura distribuída, cuja única função é controlar a fissuração do concreto.
- O segundo tipo, muito popular nos EUA e em alguns países da Europa é o continuamente armado, que se caracteriza por não apresentar juntas de retração e o pavimento acaba ficando com fissuras igualmente espaçadas e com abertura máxima calculada em projeto.
- Finalmente, temos o pavimento estruturalmente armado, objeto deste trabalho, que apresenta armadura positiva para a absorção dos momentos fletores, podendo ou não apresentar armadura negativa para o controle das fissuras por retração hidráulica.

Diante da composição do pavimento rígido as placas de concreto são objetos elementares responsáveis pela resistência mecânica e compressão das cargas atuantes ou previstas no pavimento referido.

Rodrigues (2004) ressalta que o pavimento estruturalmente armado pode ser dimensionado com placas de concreto de dimensões bastantes superiores e simultaneamente deverá adequar a taxa de aço compatível às suas dimensões.

Os *fillets* trata-se dos acréscimos nas larguras das curvas nas pistas em projeto, é conhecido como sobre largura. Os dimensionamentos de *fillets* no “lado ar” de aeroportos é subordinado às características configurarias da aeronave crítica.

Pavimentação realizada em junções e interseções entre pistas de táxi com pistas de pouso e decolagem, com pátios de aeronaves e com outras pistas de táxi com resistência suficiente para receber operações de aeronaves, a fim de garantir os afastamentos mínimos entre a borda externa do trem de pouso principal da aeronave e a borda da pista de táxi enquanto a curva é realizada com o cockpit sobre a sinalização horizontal de eixo da pista de táxi (IS 153, 2015).

Silva (2012) ressalva que “esse alargamento é necessário para a garantia de uma folga de projeto no caso em que uma aeronave percorra um trecho curvo da pista de táxi. Em geral aplica-se ao alargamento do pavimento, mas pode também se referir a uma folga em relação a objetos”.

Figura 11 - Execução do alargamento da pista de táxi.



Fonte: Copa transparente, 2013.

2.5 Modelo de desempenho das aeronaves sobre pavimentos.

O modelo de desempenho das aeronaves sobre o pavimento identifica o comportamento individual de cada aeronave apoiada em uma superfície revestida que deverá suportar essas cargas prevista. Os aeroportos brasileiros utilizam para controle de operação de aeronaves o método ACN/PCN que restringem a operação de aeronaves que com ACN maior que a resistência do pavimento informada (IGUAL, 2011).

Conceito desta siglas que carregam o nome do método é dado por:

- ACN: número que indica o efeito relativo duma aeronave sobre um pavimento, para determinada resistência normalizada do terreno de fundação (ICAO, 2004).
- PCN: número que indica a resistência de um pavimento para poder ser utilizado sem restrições por um avião com ACN inferior (ICAO, 2004).

Igual (2011) relata que “o método atribui mais importância à avaliação do “ACN” que à dos pavimentos, já que a resistência dum pavimento é função da classificação por carga das aeronaves que o pavimento pode aceitar sem restrições”.

Para o pleno funcionamento deste método os fabricantes das aeronaves disponibilizam documentos que detalham as características de suas aeronaves.

“Os fabricantes de aeronaves publicam, nos documentos que detalham as características de suas aeronaves, os ACN calculados com duas massas

diferentes, a saber: a massa máxima na plataforma e uma representativa de operação em vazio, tanto sobre pavimentos rígidos como flexíveis, e para as quatro categorias normalizadas da resistência do terreno de fundação” (IGUAL, 2011).

Para determinar o “ACN” duma aeronave é necessário introduzir um novo termo, o de carga de roda simples com 1,25 MPa de pressão dos pneus e que em inglês tem as siglas *DSWL* (IGUAL, 2011).

Com esses dados, é possível estudar a interação do trem de aterragem da aeronave em um pavimento, seja rígido ou flexível.

“O ACN duma aeronave define-se numericamente como o duplo da carga derivada de roda simples, a qual se expressa em milhares de quilogramas. A carga derivada de roda simples é uma função da resistência do terreno de fundação. O número de classificação das aeronaves define-se sozinho para as quatro categorias de terrenos de fundação (ou seja, de resistência alta, média, baixa e ultra baixa). O fator “dois” na definição numérica do ACN emprega-se para conseguir uma escala conveniente do ACN com relação à massa bruta, de modo que todos os números que definem o ACN se possam empregar com razoável exatidão” (IGUAL, 2011).

Para a determinação do PCN, utiliza-se características do ACN da aeronave crítica e se iguala a ele. Igual (2011) revela que “[...] as autoridades podem-se basear na experiência adquirida com a operação de aeronaves, devendo tomar o ACN do avião mais crítico (isto é, o de cálculo), e admitir que o PCN é traduzido por esse número, e publicar este na AIP como a classificação do pavimento do aeródromo”.

O método ACN/PCN deve especificar a resistência dos pavimentos destinados as aeronaves com massa superior a 5.700 kg (ICAO, 2004).

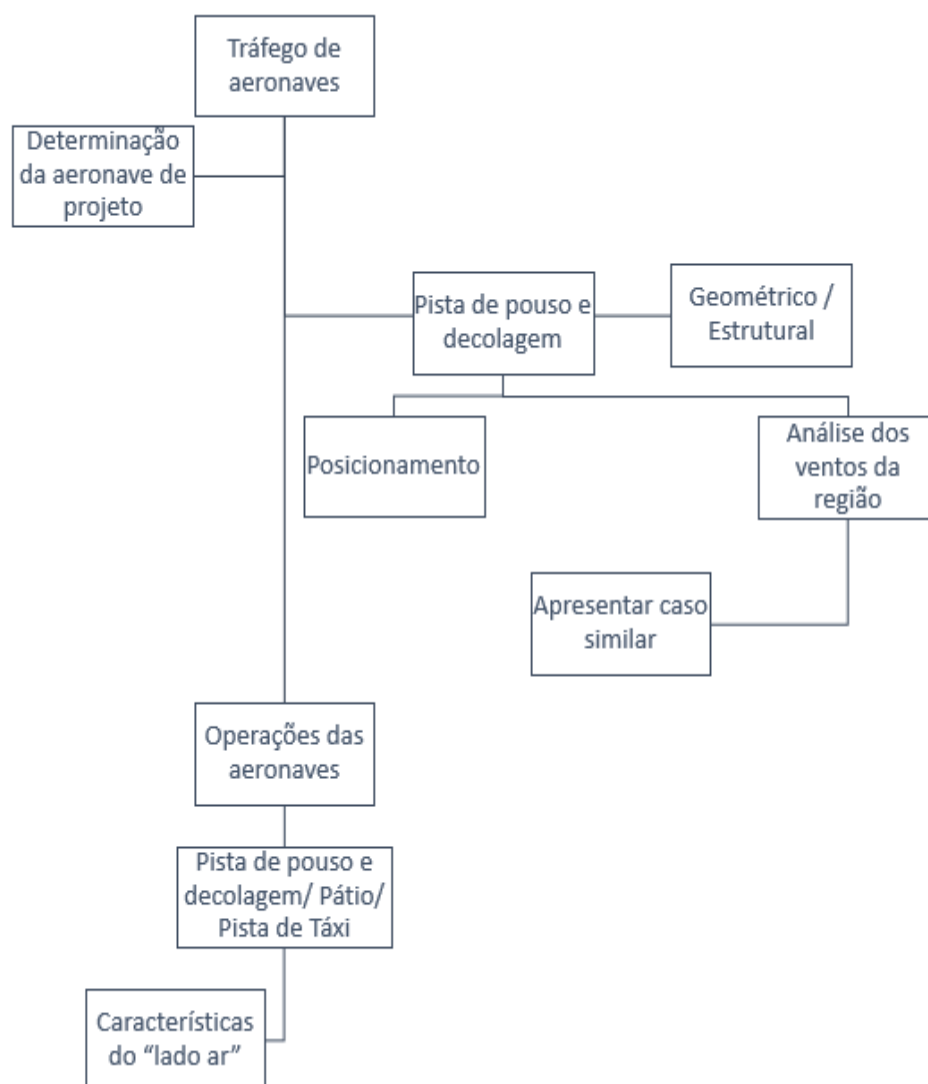
3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho, a qual foi percorrida pela caracterização local, determinação do objeto de estudo e materiais úteis contando com os procedimentos que foram realizados para concretizar o projeto de pesquisa.

A Metodologia é o tópico do projeto de pesquisa que abrange maior número de itens, pois responde às seguintes questões: Como? Com quê? Onde? Quanto? (LAKATOS, MARCONI, 2003, p. 221).

A figura 12 representa o escopo dos procedimentos que foram realizados para obtenção dos resultados.

Figura 12 - Metodologia de trabalho



Fonte: Autor.

3.1 Desenho do estudo

Foi realizada uma pesquisa com finalidade metodológica aplicada em campo, com objetivo metodológico exploratório de natureza qualitativa e procedimentos de levantamento de dados e, documental.

Marconi e Lakatos (2009) definem uma pesquisa exploratória como uma forma do pesquisador se familiarizar com o fenômeno de estudo que deseja, utilizando a observação e entrevistas como instrumentos para a coleta de dados. Na pesquisa experimental, as autoras definem o método como um meio de investigações para o teste de hipóteses.

3.2 Local e Período da Realização

O estudo foi conduzido no período de 01/10/2015 a 15/03/2016 e finalizou no mês 04/2016 tendo como ambiente de pesquisa em campo o Aeroporto Público de Palmas, Brigadeiro Lisyas Rodrigues.

3.3 Objeto de estudo

Os objetos de estudo elencados foram voltados às pistas contidas no “lado ar” do Aeroporto de Palmas, sendo elas de pouso e decolagem e pátio das aeronaves. Outros objetos foram estudados de forma subjetiva, como a aeronave de projeto (aeronave crítica) equipamentos luminosos para operação de voo regulares.

3.4 Variáveis da pesquisa

3.4.1 Independentes

As variáveis independentes deste estudo de caso foram as características das pistas implantadas no “lado ar” do aeroporto público (dimensões e estruturas revestidas), as condições meteorológicas de Palmas (temperatura de referência e elevação do aeródromo), as informações geotécnicas “*CBR*” do solo que por sua vez foi subestimada, a pressão normatizada dos pneus da aeronave e código de referência do aeródromo conforme RBAC – 154.

3.4.2 Dependentes.

As variáveis dependentes foram: aeronave crítica correlata à quantidade de movimentação e peso das aeronaves operantes; intensidade, posição e

frequência dos ventos no período de coleta de dados de 01/12/2015 a 08/02/2016; e o comprimento de pista requerida pela aeronave crítica além de sua envergadura.

3.5 Instrumentos de coleta, estratégias de análise e apresentação dos dados

O procedimento metodológico utilizado fez uso da pesquisa bibliográfica e documental, a partir de material científico já publicados (livros e artigos científicos), regulamentos e instruções nacionais em vigência até o ano de 2015, dados da estação meteorológica de Palmas para características de ventos locais, de informações publicadas na AIP – Brasil sobre o Aeroporto de Palmas, de dados internos da administração do Aeroporto de Palmas - TO para levantamento das movimentações das aeronaves do período especificado, além de materiais fornecidos por fabricantes da aeronave crítica. Desta forma, os instrumentos de pesquisa que compõe este projeto de pesquisa são:

- Pesquisa bibliográfica foi direcionada sob os aspectos concepcionais das partes integrantes da elaboração de um projeto de aeroporto e de suas áreas destinadas, exclusivamente, às movimentações das aeronaves.
- Os regulamentos nacionais usuais são voltados ao RBAC – 156 que abrangem recomendações e instruções para projeto de aeródromos.
- Para levantamento de dados remetidos à quantidade de movimentações de cada aeronave que explora o aeroporto durante o ano de 31/01/2015 a 31/01/2016 foi necessário pedido formal (ofício de solicitação) que mereceu consentimento da INFRAERO.
- Ábaco característico de desempenho individual da aeronave dita crítica sob condições de clima e localização distintas, este se deu por fornecimento do fabricante da aeronave.
- Foram obtidas algumas informações publicadas em endereço eletrônico da AIP – Brasil para coleta de dados operacionais e físicos do aeroporto de Palmas - TO.

- Para notificação da resistência do pavimento e sua avaliação foi utilizado o método ACN/PCN sob condições de regulamentos do RBAC 156.
- Dados da estação meteorológica da região de Palmas foram coletados virtualmente (*on line*), apresentando características dos ventos sob seu sentido, intensidade e frequência.

Para análise de todos os dados foi elaborado relatório fotográfico da pista de pouso e decolagem e pátio das aeronaves com o objetivo de confrontar as informações obtidas com a realidade exposta nas áreas do aeroporto. Além do mais, foi realizada uma pesquisa do tráfego de aeronaves com a perspectiva de um ano para a determinação da aeronave crítica.

Os dados foram apresentados por meio de quadros, tabelas e figuras que encontram-se no desenvolvimentos dos resultados ou anexados e apendidos no corpo final deste trabalho.

3.6 Procedimento metodológicos.

Dando sequência, foram arrolados os procedimentos metodológicos que corroboram o objeto de pesquisa, as considerações quanto aos métodos e o processamento de execução dos resultados.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho foi verificado, os tópicos relevantes (geometria de pistas e operação de aeronaves) com os regulamentos brasileiros do RBAC 154.

3.6.1 Aspecto ético.

Por se tratar de um estudo de caso de uma unidade aeroportuária operada e administrada pela INFRAERO, houve a necessidade de solicitar a permissão de acesso às informações públicas locais fundamentais para desenvolvimento deste trabalho, conforme apêndice 4. Este será amparado pela Lei nº 12.527, de 18 novembro de 2011.

3.6.2 Verificação do dimensionamento da pista de pouso e decolagem.

Para fins de verificação do dimensionamento de largura e comprimento de pista de pouso e decolagem foi necessário identificar a aeronave crítica (representar por foto) que é um fator primordial, pois, com base em sua

configuração juntamente com tipo de operação de pista foi definido a geometria (extensões) da pista.

Para tal determinação, foi realizado uma projeção correspondente a um ano do tráfego atual de aeronaves em operação no aeroporto de Palmas - TO. Sendo assim, foi elaborado uma planilha representando essa projeção tráfego de aeronaves que concorreram a mais de 500 operações anuais.

Para espessura total do pavimento flexível foram consideradas as aeronaves comerciais que demandaram mais de 500 operações anuais no período estudado. A partir daí buscou-se o peso máximo de decolagem de cada aeronave onde se trabalhou no modelo de equação da FAA, que determina a espessura do pavimento flexível em função das características das aeronaves e diante de um solo com resistência baixa.

A aeronave crítica foi identificada como a aeronave que exige uma maior espessura do pavimento flexível diante das que operam mais de 500 movimentações no ano.

Com as características físicas da aeronave crítica foram levantados dados de dimensões estruturais e geométricas da pista flexível que comporta o objeto na pista, ou seja, obtivemos comprimentos mínimo de pista requerido por esta aeronave de acordo com seu ábaco de desempenho e larguras da pista de acordo com o RBAC 154 dado em função da aeronave de projeto. Em seguida foi apresentado o cálculo do CRP – Comprimento Real de Pista com auxílio da fórmula de Fonseca.

3.6.3 Características físicas e operacionais do Aeroporto.

As características físicas e operacionais funcionais e instaladas para o aeroporto, sendo estes voltados ao dimensionamento, classificação do aeródromo, operações e regras de vôos da pista de pouso e decolagem, foram extraídas do AIP Brasil – Informações Públicas de Aeroportos Brasileiros. Estes dados foram confrontados com a regulamentação nacional do RBAC 154.

Para a verificação da integridade do pavimento utilizado pelo tráfego de aeronave estudado anteriormente, trabalhou-se colhendo as informações (peso por roda simples) das aeronaves mescladas (possuem movimentações anuais acima de 500) e obtida seu número de classificação (*ACN*) para logo em seguida ser confrontada com a resistência dos pavimentos (*PCN*) publicados em AIP – Brasil.

3.6.4 Informações Meteorológicas locais para estudos dos ventos

O outro lado deste trabalho se deu no desenvolvimento de um estudo de posicionamento da pista de pouso e decolagem, diante das condições meteorológicas atuais.

Essas informações meteorológicas foram extraídas de fontes seguras virtualmente correspondentes ao município de Palmas e especificaram dentro do período de 01/12/2015 a 08/02/2016 a predominância do sentido, intensidade e incidência dos ventos locais conforme Anexo 3. Para isso criou-se anemogramas que trataram tais características. À partir de então, foi posicionado uma das cabeceiras da pista de pouso e decolagem no local onde a taxa de ocorrência dos ventos é maior.

3.6.5 Elaboração do Relatório Fotográfico

Neste caso, foi elaborado relatório fotográfico (anexo 2) dos equipamentos posicionados ao lado das cabeceiras e longitudinalmente em pista de pouso e decolagem

As fotos ilustraram os equipamentos e instalações que a pista de pouso e decolagem necessita para atender aos tipo de aviação geral e comercial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram discorrido com base nas informações obtidas por documentos específicos e outros disponibilizados virtualmente referentes ao aeroporto de Palmas.

O Aeroporto público de Palmas – TO juntamente com as condições administrativas da INFRAERO atende aos vôos da aviação geral e comercial sob regras de vôos visuais e por instrumentos em pista de pouso e decolagem de cabeceira 14/32.

4.1 Tráfego de aeronaves no aeroporto.

O Aeroporto público de Palmas – TO atende a duas categorias da aviação civil (comercial e geral), com isso foi obtido movimentações dessas categorias durante o período de 31/01/2015 até 31/01/2016 em que foram trabalhadas de forma individual. O quadro 3 a seguir, revela apenas a quantidade de movimentações por família de aeronaves da aviação comercial acrescidas de seu peso máximo de decolagem durante o período de levantamento especificado.

Quadro 3 - Movimentação de Aeronaves Comerciais e Peso Máximo de Decolagem.

| Família de Aeronave | Total de Movimentações anual | Peso Máximo de Decolagem (kg) |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| E195 | 48 | 57000 |
| E190 | 2052 | 51000 |
| B737 - 700 | 300 | 69000 |
| B737 - 800 | 1464 | 79000 |
| AT72 | 2700 | 12000 |
| E120 | 516 | 11000 |
| A319 | 396 | 40000 |
| A320 | 1386 | 73000 |
| Total de Movimentações | 8862 | - |

Fonte: Autor.

Compreendendo o quadro acima nota-se que há certa concorrência entre as quantidade de movimentações das aeronaves Boeing B737-800 (aeronave crítica) e o Airbus A320 que podem chegar respectivamente em 79000 kg e 73000 kg, embora tenham a mesma configurações de trem tipo, porém com dimensões são distintas conforme tabela 2 abaixo que compara as características físicas e operacionais das duas aeronaves. A aeronave AT72 possui maiores movimentações com relação as demais, mas está insignificante quanto comparada (peso e dimensões) à aeronave de maior peso.

Tabela 2 - Comparativo entre Aeronaves

| Dados | Boeing 737-800 | Airbus A320 |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Comprimento: | 39 metros | 37 metros |
| Envergadura: | 34 metros | 34 metros |
| Altura: | 12 metros | 11 metros |
| Peso: | 41 toneladas | 42 toneladas |
| Peso máximo de decolagem: | 79 toneladas | 73 toneladas |
| Capacidade de combustível: | 26 mil litros | 24 mil litros |
| Consumo médio: | 4,6/4,5 litros/km | 4,3/3,9 litros/km |
| Velocidade: | 828 km/h | 829 km/h |
| Pista mínima para decolagem: | 2,4 km | 2,1 km |
| Alcance: | 5,7 mil km | 5,6 mil km |
| Passageiros: | 145-175 | 140-170 |
| Configuração de assentos: | 3+3 | 3+3 |
| Primeiro voo | 1997 | 1987 |

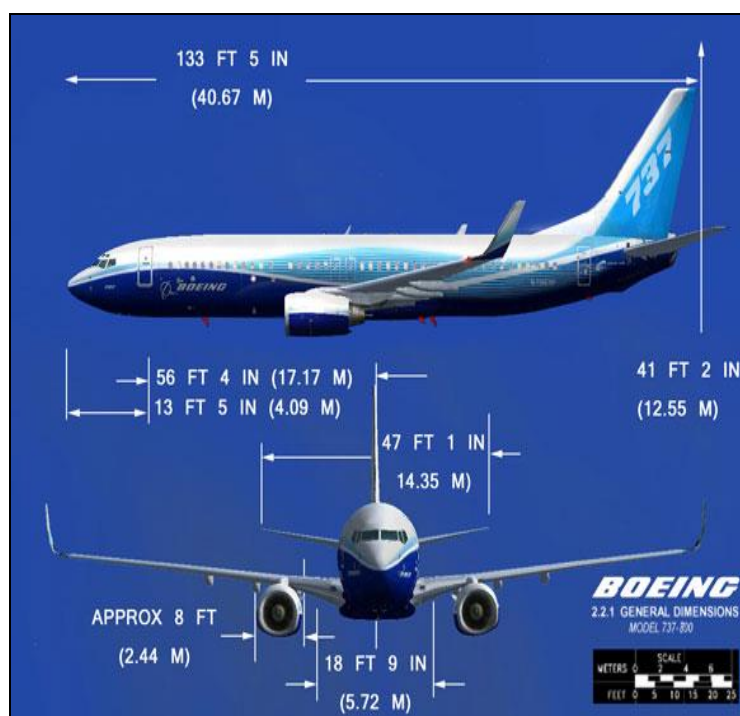
Fonte: Autor.

4.2 Aeronave crítica do Aeroporto de Palmas – TO.

A aeronave de projeto do aeroporto de Palmas foi denominada como “B737 - 800” (Anexo 1) que correlaciona com o respectivo código de referência do aeródromo “4C” recomendado pelo RBAC 154, onde possui a critério de determinação os vôos regulares no Brasil e fornece uma série de facilidades adequadas às outras aeronaves que exploram o aeroporto de Palmas – TO. Este código de referência do aeródromo remete a um Comprimento Básico de Pista – CBP maior que 1800m cuja a envergadura das aeronaves entre 24 metros e 36 metros.

As dimensões da aeronave crítica, conforme figura 13 abaixo, demandou uma geometria pista de pouso e decolagem traçada com 45 metros de largura para comportar o seu trem tipo de aterrissagem e sua envergadura de 34 metros.

Figura 13 - Características físicas do B737-800



Fonte: Ariane Design.

Contudo, temos então na tabela 3 abaixo as características da aeronave crítica propriamente indicada:

Tabela 3 - Características gerais da aeronave B737-800

| Boeing 737-800 | |
|----------------------------------|-------|
| Comprimento (m) | 39 |
| Envergadura (m) | 34 |
| Altura (m) | 12 |
| Peso (t) | 41 |
| Peso Máximo de Decolagem (t) | 79 |
| Carga por roda (kgf) | 37525 |
| Velocidade (km/h) | 828 |
| Pista mínima para decolagem (km) | 2,4 |
| Passageiros (unid.) | 175 |
| Configuração de Assentos | 3+3 |
| Altura da cabine (m) | 2,2 |
| Primeiro voo (ano) | 1997 |

Fonte: Boing Company (2006).

Utilizando a tabela acima e o modelo abaixo correspondente à equação da FAA para espessura total do pavimentos flexíveis, obtemos a altura total da camada de pavimento do qual os fabricantes da aeronave B737-800 recomendam de acordo com as suas características associada às do solo. Neste então, foi considerado um subleito de com CBR de 3%, ou seja, um solo com resistência baixa que resultará consequentemente em uma espessura do pavimento alta, pois a resistência o solo foi subestimada.

Equação 2 - Espessura total do Pavimento.

$$t = \sqrt{\frac{DWLS}{(C1*CBR)} - \frac{DWLS}{(C2*Ps)}}$$

Fonte: FAA (2010).

Onde:

CBR – Capacidade de Resistência do Subleito em %

DWLS – carga por roda simples da aeronave (kgf)

C1 – constante = 0,5695

C2 – constante = 32,035

Ps – Pressão normatizada nos pneus (1,25Mpa)

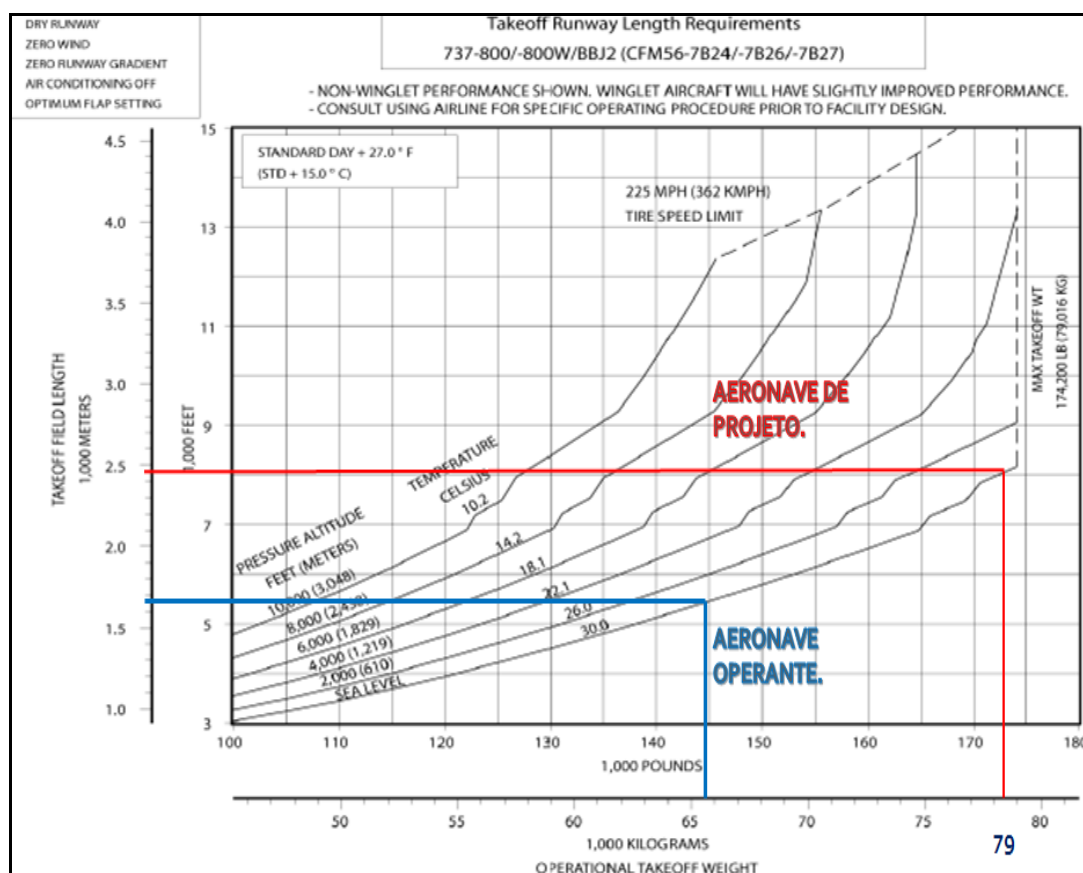
t – espessura do pavimento (cm)

O B737 – 800 possui como trem tipo de pouso uma roda simples em seu nariz e duas rodas em sua fuselagem. A aeronave em questão demanda do pavimento flexível uma espessura de 141,39cm sob as condições de uma fundação com resistência baixa.

Levando em consideração o seu peso máximo de decolagem (tabela 3) e a altitude da pista de pouso e decolagem, determina-se o comprimento de pista que a aeronave demanda em uma situação (pista molhada). Isto se deu por uso de ábaco característico do B737-800 correspondente à figura 14.

A extensão da pista de pouso e decolagem resultou para esta aeronave e sob condições locais de Palmas em aproximadamente 2500m para pista mista molhada (projeção da linha vermelha traçada no ábaco).

Figura 14 - Comprimento mínimo de pista seca e molhada para aeronave B737-800 em Palmas - TO.



Fonte: Boeing Company adaptado pelo Autor (2016).

4.3 Condições locais consideradas e resultado do CRP.

Como foi visto na figura 14 a aeronave B737-800 necessita, em sua pior situação definida para pista molhada, de um comprimento mínimo de aproximadamente 2500m de pista molhada para pouso.

O RBAC 154 orienta que o comprimento real da pista a ser disponibilizado em um aeroporto deverá atender aos requisitos operacionais de todas as aeronaves enquadradas no código de referência do aeródromo além de ser corrigido por meio de aplicação de coeficientes de segurança e simulação de condições do ambiente local.

Em seguida foi tratado o Comprimento Real da Pista – CRP levando em consideração as condições locais do aeroporto como, elevação do aeródromo, inclinação longitudinal da pista e temperatura de referência de Palmas – TO que foram trabalhadas no tabela 4 na fórmula de Fonseca.

A elevação do aeródromo foi coletada em pista de pouso e decolagem e cabeceira 32 (trinta e dois) como sendo o ponto mais alto da pista correspondendo a 235,9m acima com relação ao nível do mar. Em contrapartida, a inclinação longitudinal da pista de pouso e decolagem chega a 0,79% sendo variável em quatro trechos da pistas (tabela 4). A temperatura de referência do aeródromo de Palmas é 29°C conforme AIP Brasil.

Com essas condições e levando em consideração os 2500m de extensão existente da pista de pouso e decolagem é possível calcular o Comprimento Real da Pista – CRP teórico que resulta em 3224,88m, conforme tabela 4 abaixo:

Tabela 4 - Determinação do Comprimento Real da Pista - CRP.

| Determinação do CRP | | | | | |
|---------------------|-------------|----------------------|---------------|---------------|-----------------|
| Ponto | Distância | Δ (Elev. (m)) | l - inclin. % | Temp. Ref. °C | CRP (m) |
| 1 | 0 – 500 | 224,94 | 0,79% | 29 | 655,76 |
| 2 | 500 - 1100 | 229,21 | 0,71% | | 781,92 |
| 3 | 1100 - 1600 | 229,82 | 0,12% | | 615,85 |
| 4 | 1600 - 2500 | 235,92 | 0,68% | | 1171,34 |
| CRP total | | | | | 3.224,88 |

Fonte: Autor.

O Apêndice 1 revela as informações de cada ponto informado.

O RBAC 154 recomenda que ao longo de qualquer trecho da pista a declividade longitudinal não deve exceder 1,25% em caso do código de referência do aeródromo ser 4 (quatro), podendo ainda, o primeiro trecho e o quarta última parte da pista serem menor que 0,8%.

Portanto, a pista 14/32 do Aeroporto de Palmas possui 2500m de extensão, porém a inclinação longitudinal, a elevação e a temperatura de referência local favorecem teoricamente um comprimento real de pista para pouso de até 3224,88m.

4.4 Sistema operacional das pistas.

O sistema que os aeroportos brasileiros utilizam para a operação das aeronaves é submetido pelas recomendações de um órgão nacional que determinam um modelo. Para tal, mediante as condições de capacidade do solo nas pistas e de características como peso máximo de decolagem da aeronave

crítica determinadas a partir de uma carga superior de 5700 kg. Os modelos variam de acordo com cada tipo de pavimento, se flexível ou rígido.

Para o pavimento flexível corresponde à pista de pouso e decolagem do aeroporto de Palmas – TO, de acordo com AIP – Brasil a resistência do subleito nessa região é categorizado como baixa e representada por meio de uma resistência normalizada de CBR igual a 10, identificado pela letra “B”. Confrontando este dado com o ábaco característico da aeronave crítica (apêndice 2), obtivemos o Número de Classificação da Aeronaves - ACN correspondente a 43.

Deste modo, a RBAC 156 possibilita que o Número de Classificação do Pavimento – PCN pode se igualar ao ACN predeterminado ou ser superior a ele. O modelo integra-se a uma pressão limitada dos pneus da aeronaves igual a 1,5 Mpa, ainda que, segundo a INFRAERO houve um estudo técnico para a determinação do ACN 43 associando assim o método de avaliação técnica (especificada pela letra “T”).

O PCN notificado em AIP – Brasil é 48 para pista de pouso e decolagem, 48 para pátio 2 e pistas de táxi “A e B”.

Para o pavimento rígido no que se refere ao pátio das aeronaves, (de acordo com AIP – Brasil a resistência do subleito nesse local também se resulta com baixa (letra “B”) porém com resistência de 80MN/m³ e PCN de 46 para pátio 1 das aeronaves o ACN se aproxima de 46 (apêndice 3).

4.5 Posicionamento da pista de pouso e decolagem

A pista de pouso e decolagem do Aeroporto Público de Palmas se projeta sob a cabeceira 14 até a 32. Sua posição foi determinada de modo que a 143° e 323° do norte verdadeiro houve uma baixa incidência de ventos transversais nas cabeceiras 14/32 em que ao mesmo tempo ocorrem com maior frequência os ventos de proa (de frente para a aeronave) na pista de pouso e decolagem (Anexo 3). Os graus em relação ao norte indicado são apenas informativo e por orientação devem ser arrendados para baixo ou para cima contendo apenas dois Algarismos, como é o caso de 143° em 14.

A determinação das cabeceiras 14/32 nas pista do Aeroporto de Palmas, para compreender melhor, se iguala com o estudo dos ventos na pista existente do Aeroporto Internacional Hercílio Luz – Florianópolis/SC, conforme tabela 5.

Portanto, os dados e gráficos abaixo são representativos quando igualado com o resultado finalístico do posicionamento da pista de pouso e decolagem do aeroporto de Palmas.

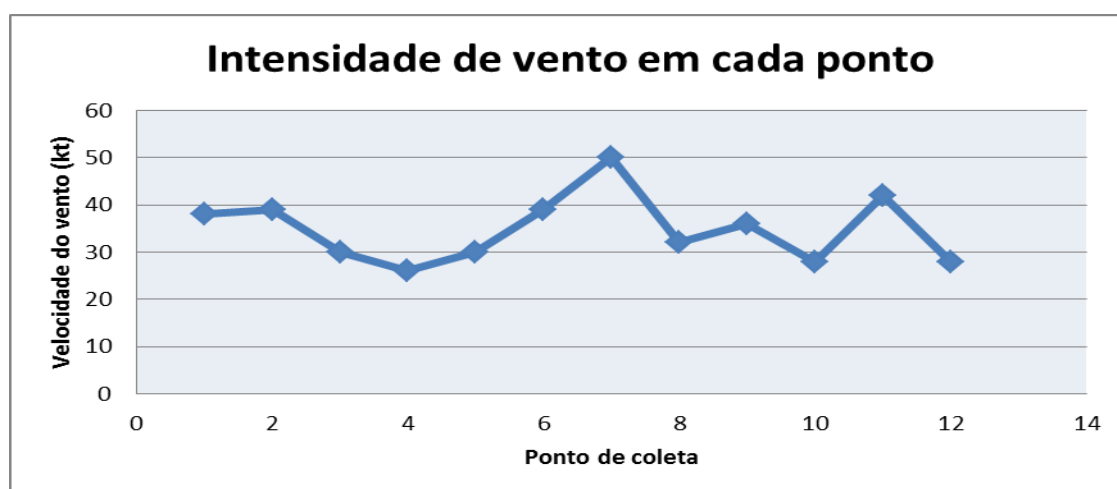
Tabela 5 - Estudo dos ventos para pista do Aeroporto de Florianópolis

| Ponto | Direção (°) | Nº de ocorrência | Velocidade do vento (nós = kt) | | |
|-------|------------------|------------------|--------------------------------|-------|--------|
| | | | Mínima | Média | Máxima |
| 1 | 020 – 040 | 1650 | 1 | 7,7 | 38 |
| 2 | 050 – 070 | 391 | 1 | 6,2 | 39 |
| 3 | 080 – 100 | 841 | 1 | 6,7 | 30 |
| 4 | 110 – 130 | 1318 | 1 | 7,4 | 26 |
| 5 | 140 – 160 | 1723 | 1 | 7,7 | 30 |
| 6 | 170 – 190 | 1874 | 1 | 8,4 | 39 |
| 7 | 200 – 220 | 1924 | 1 | 8,3 | 50 |
| 8 | 230 – 250 | 522 | 1 | 4,5 | 32 |
| 9 | 260 – 280 | 719 | 1 | 4,1 | 36 |
| 10 | 290 – 310 | 1189 | 1 | 4,5 | 28 |
| 11 | 320 – 340 | 2403 | 1 | 6,3 | 42 |
| 12 | 350 – 010 | 2367 | 1 | 6,9 | 28 |

Fonte: PDIR do Aeroporto Hercílio Luz – Florianópolis/SC.

O gráfico 1 a seguir leva a interpretação da variação de intensidade dos ventos (eixo y) em função cada ponto coletado da tabela 5 (eixo x), onde a máxima velocidade equivale a 50 nós (informação coletada no ponto 6 e 8).

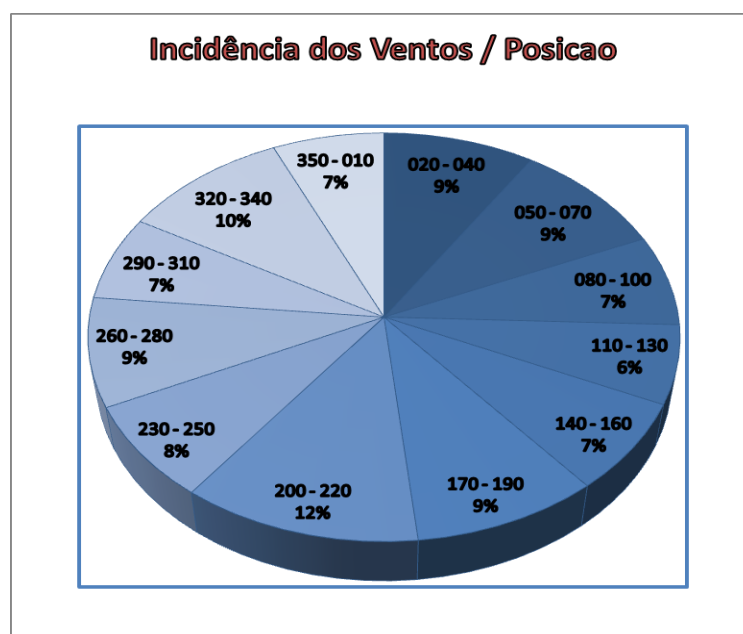
Gráfico 1 - Vento máximo coletado por cada ponto analisado.



Fonte: Autor.

O gráfico 2 logo abaixo traz em interpretação gráfica o percentual de ocorrência de ventos em função cada ponto coletado do da tabela 5 onde a máxima incidência ocorre entre 320 e 340 graus em relação ao norte verdadeiro.

Gráfico 2 - Frequência de ventos em Anemograma.



Fonte: Autor.

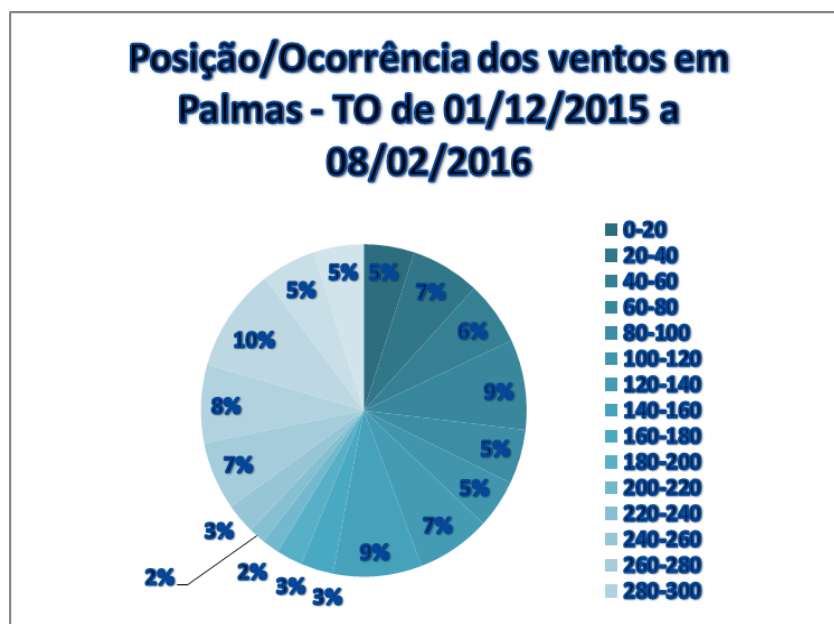
Conflitando os dois gráficos anteriores e juntamente com a interpretação da tabela 5, a ocorrência dos ventos incidem mais a 320° do norte verdadeiro e sua intensidade pode alcançar 42 nós (aproximadamente 78km/h), o que favoreceu que uma das pista do Aeroporto de Florianópolis se direcionasse nas cabeceiras 14/32.

A interpretação desses dados e seus resultados equivalem para o Aeroporto de Palmas, porém a incidência e a intensidade dos ventos variam em relação ao Aeroporto de Santa Catarina ainda que resulte no mesmo posicionamento da pista. É importante ressaltar que a predominância dos ventos prevaleceu diante de sua intensidade.

O Apêndice 1, em uns dos seus fundamentos, especifica a nomeação das cabeceiras da pista de pouso/decolagem do aeroporto de Palmas – TO.

Logo abaixo foi elaborada uma análise dos ventos da região de Palmas – TO representado por um gráfico com informações da estação meteorológica da capital, justificando a maior intensidade do vento que está a 340° com relação ao norte verdadeiro e corresponde a 19,4m/s. Os dados correspondem à coleta no período que o gráfico abaixo especifica.

Gráfico 3 - Frequência de ventos em Rosas do Vento em Palmas – TO.

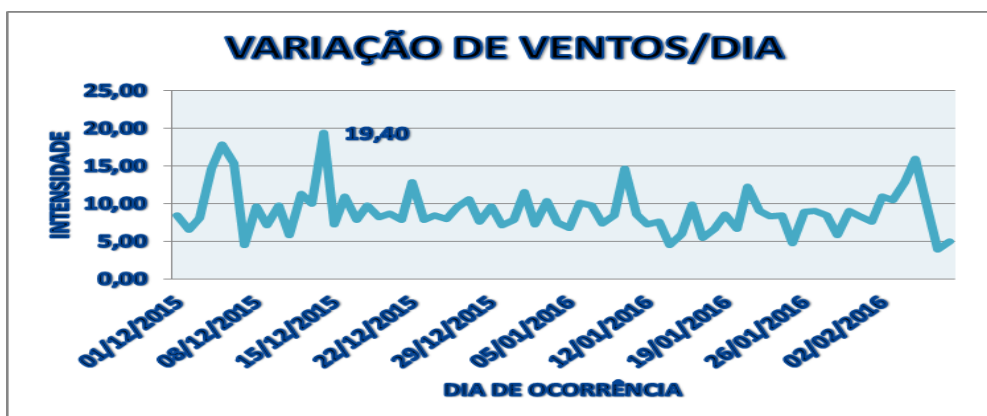


Fonte: Autor.

Vale ressaltar que a incidência dos ventos na região de Palmas pode ser constante, porém suas intensidades variam com o passar do tempo.

Como foi discorrida anteriormente, a predominância de ventos prevalece diante de sua intensidade, com o gráfico 3 é possível demonstra que a maior taxa de ocorrência dos ventos na região de Palmas está a 320° (graus) do norte verdadeiro, logo a coleta de dados em mais de dois meses justifica o posicionamento da pista de pouso e decolagem do Aeroporto de Palmas – TO sendo sob as cabeceiras 14 e 32. O Anexo 3 traz informações de coleta dos dados que representam os gráficos 3 e 4.

Gráfico 4 - Intensidade máxima de vento em Palmas - TO.



Fonte: Autor.

O gráfico 4 leva a interpretação da variação de intensidade dos ventos (eixo y) em função cada dia ao longo de mais de dois meses (eixo x) cuja a máxima velocidade equivale a 19,4 m/s (informação correspondente ao dia 14 de dezembro de 2015).

4.6 Características do “lado ar”.

O sítio aeroportuário do aeroporto de Palmas - TO possui atualmente 23.739.952,00m², o pátio das aeronaves corresponde a uma área 41.360m² composta de pavimento rígido e seus respectivos estacionamentos possui ao todo 20 posições que são destinadas à aviação civil geral e comercial. A pista de pouso e decolagem compreende em uma extensão de 2500m e largura de 45m, sendo ainda provida de zonas de parada das aeronaves (60x60m) e inscrita em uma área de 2620m de extensão e 300 metros de comprimento e área de segurança.

Sobre as regras do aeródromo, o Aeroporto Brigadeiro Lysias Rodrigues comporta vôos regulares e não regulares sob condições de regras visuais (VRF) e de instrumentos (IFR).

Agregando a isso, o “lado ar” do aeroporto referido, compõe de Torre de Controle do Espaço Aéreo, Controle de área de aproximação e equipamentos correspondente a auxílios luminosos instalados ao longo da pista além dos equipamentos de rampa de descida – PAPI colocados ao lado de suas cabeceiras conforme relatório fotográfico em Anexo.

A instalação desses equipamentos promovem o uso diurno e noturno da pista de pouso e decolagem sob condições meteorológicas e visuais não favoráveis que eventualmente podem ser vencidas.

Assuntos deste tópico discorrido corresponde ao Apêndice 1 e é complementado por informações extraídas da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

De acordo com o estudo de tráfego previsto ao longo do ano de 2015 nota-se que a movimentação de aeronaves no aeroporto público de Palmas é relativamente baixo com relação à seu porte, justificado pela demanda do público da capital e da região central do estado. Sendo assim, o “lado ar” do aeroporto público de Palmas – TO possui geometrias de pistas e estruturas dos pavimentos que suportam o tráfego atual de aeronaves, pois sua construção e configuração atende aos requisitos do RBAC – 154.

Deste modo, o aeroporto em suas áreas de movimentação em solo das aeronaves, possibilita que diante do aumento da demanda até certo ponto não requer uma transfiguração de sua infraestrutura planejada de aeroporto de porte médio.

Internamente a pista de pouso e decolagem foi dimensionada geometricamente atendendo as características da aeronave crítica denominada como Boeing B737-800 que foi determinada sob o critério de sua maior movimentação com relação à outras aeronaves levantadas no período ao longo do ano de 2015 levando em consideração dentre elas a que requer maior espessura do pavimento. Por outro lado, o estudo do resultado finalístico do posicionamento da pista de pouso e decolagem apresenta conformidade com o estudo da meteorologia do local.

Contudo, a pista de pouso e decolagem prove áreas de manobras em suas cabeceiras 14 e 32 e dispõem de operações de aeronaves que requerem um comprimento de pista de até 3224,88 m para pouso. Isto se deu devido à aplicação dos fatores de segurança no dimensionamento das pistas.

O aeroporto segue o modelo de gerenciamento de operações das aeronaves (ACN/PCN) que objetiva restringir operações de algumas delas, como é o caso da pista de pouso e decolagem que inibi movimentação de aeronave com ACN superior a 48.

Para a determinação do ACN da aeronave crítica, assim como de qualquer outra, o fator preponderante é o peso máximo de decolagem da aeronave. Sendo assim, todas as aeronaves que operam no aeroporto conseqüentemente possuem ACN inferior em relação à aeronave de projeto, uma vez que seus pesos máximos de decolagem também são inferiores. Isso garante com que o pavimento flexível mantenha sua integridade.

No entanto, com os resultados obtidos foi possível identificar que o Aeroporto Público de Palmas – TO possui uma infraestrutura capaz de suportar o atual tráfego de aeronaves ainda suprimindo uma perspectiva de expansão do município ou de progresso no desenvolvimento regional entorno da capital.

Quanto às hipóteses iniciais se confirmam, pois é possível concluir que as pistas contidas no "lado ar" atendem e correspondem às atividades da aviação comercial e geral, além de postergar uma medida de ampliação das áreas voltadas à movimentação em solo das aeronaves, porém, de acordo com a administração local (INFRAERO) novos projetos já são cogitados.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se realizar outras pesquisas no aeroporto público de Palmas – TO em seus dois lados (ar e terrestre). Para o lado ar é sugerido uma pesquisa direcionada ao dimensionamento do sistema quanto à capacidade de tráfego das aeronaves nos pátios de estacionamento, resultando em um número limite que possibilita o cálculo da expansão para transporte de passageiros e cargas. No que tange ao lado terrestre, a pesquisa seria direcionada à geometria dos estacionamentos de veículos e das áreas de atendimento ao público, como, lojas de conveniência, salas de embarque de passageiros e etc.

Outra frente de pesquisa sugerida é voltada ao sítio aeroportuário. Este estudo possibilita levantar as construções verticais existentes no perímetro urbano em torno da área patrimonial do aeroporto (sítio) com o objetivo de verificar se há interferência quanto às operações das aeronaves que sobrevoam a capital.

REFERÊNCIAS

- ASFALTO DE QUALIDADE (Rio Grande do Sul). **Camada de base estabilizada em betume**. 2016. Disponível em: <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 28 jan. 2016.
- ASHFORD, Norman J. et al. **AIRPORT ENGINEERING**. 5. ed. New Jersey: Mc Graw Hill, 2011. 769 p. (1).
- BRASIL. Assembleia Legislativa. ESTEBELE AS ÁREAS DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA. **Resolução Conama Nº 04**. v. 1, n. 1995.
- COMANDO DA AERONÁUTICA. **SISTEMA DE APROXIMAÇÃO POR INSTRUMENTO CATEGORIA II - IAC 100-16: TRÁFEGO AÉREO**. 1 ed. Brasília, 2002. 35 p.
- DINATO, Antônio Carlos; SÓRIA, Manoel Henrique Alba. **Análise dos perfis longitudinais e transversais de pista de pouso com a utilização de GPS em aeroportos do DAESP**. 2001. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2001. Cap. 1.
- DIRETORIA DE PLANEJAMENTO - DP. **INFRAERO: PLANO DIRETOR DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FLORIANÓPOLIS**. Agosto de 2013 ed. INFRAERO: 42 p.
- ENGENHARIA, Ribeiro. **Engenharia elétrica e eletrônica aplicada à radio navegação aérea: Auxílios à Navegação A Navegação Aérea**. 2014. Disponível em: <<https://ribeiroengenharia.wordpress.com/tag/nav-aids/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.
- ESTATUTO SOCIAL. **INFRAERO: DEFINIÇÃO DO ESTATUTO SOCIAL**. 09 de março de 2105 ed. INFRAERO: 22 p.
- FONSECA, Paulo Junior Rodrigues; NOBRE JUNIOR, Ernesto Ferreira; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de. **Análise comparativa de dimensionamento de pavimento flexível aeroportuário pelos métodos mecanicista e empírico da federal aviation administration (FAA)**. 2013. 94 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Cap. 1.
- GYN ONLINE (Goiás). **Aviação em goias: postagens**. 2010. Disponível em: <<http://www.gynonline.net.br/2013/06/obra-na-pista-do-aeroporto-de-goiania.html>>. Acesso em: 28 set. 2015.
- HORONJEFF, Robert et al. **PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS**. 5. ed. New York: Mc Graw Hill, 2010. 689 p. (1).
- IGUAL, Javier Zamorano; **Catálogo para pavimentos aeroportuários**. 20011. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2011. Cap. 1.

- INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL, 1., 2009, Brasília. **MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE AEROPORTOS**. Brasília: Iac, 2009. 65 p.
- INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL. **IAC 157 - 1001: RESISTENCIA DE PAVIMENTOS DOS AERODROMOS**. 1 ed. Brasil: Iac, 2010. 21 p.
- INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL. **IAC 154 - 1002: LOCALIZAÇÃO DE INDICADOR VISUAL DE CONDIÇÕES DE VENTO EM AERÓDROMO**. 1 ed. Brasília: Iac, 2005. 9 p.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. ENVIRONMENTAL PROTECTION ANNEX 16: **AIRCRAFT NOISE**. 3 ed. Montreal, 1993. 144 p.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **DESENHO E OPERAÇÕES DE AERÓDROMO: AERÓDROMOS**. 3 ed. Montreal: Oaci, 1999. 223 p.
- INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR. **IS 153: SISTEMA DE ORIENTAÇÃO E CONTROLE DA MOVIMENTAÇÃO NO SOLO**. 1 ed. Brasília: Anac, 2015. 101 p.
- L'AVIONNAIRE. **Norme e certifications: LES DIFFERENTES PISTES D'AERODROME**. 2010. Disponível em: <<http://www.lavionnaire.fr/NormeDifPistes.php>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **FUNDAMENTOS DE METODOLOGIA CIENTIFICA**. 5. ed. Atlas S.A: São Paulo, 2003. 310 p. (1).
- NECKEL, Glauciano; MELO, Miguel Ângelo da Silva. **AEROPORTOS: ESTUDO DO ASFALTO-BORRACHA COMO REVESTIMENTO ASFÁLTICO EM PISTAS AEROPORTUÁRIA**. 2008. 180 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciência Tecnológica, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2008. Cap. 1.
- OMENA, Roberto. **Bucket: photobucket**. 2010. Disponível em: <<http://s185.photobucket.com/user/robertoomena/media/AEROPORTO-REC.jpg.html>>. Acesso em: 28 set. 2015.
- REGULAMENTO BRASILEIRO DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 01: DEFINIÇÕES, REGRAS DE REDAÇÃO E UNIDADE DE MEDIDAS**. 1 ed. Brasília: Anac, 2008. 28 p.
- RODRIGUES, Público. **AEROPORTOS: PAVIMENTO ESTRUTURALMENTE ARMADOS PARA AEROPORTOS**. 2004. 15 f. DISSERTAÇÃO (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, São Paulo, 2004. Cap. 1.
- REGULAMENTO BRASILEIRO DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC - 154: PROJETO DE AERÓDROMO**. 1 ed. Brasília: Anac, 2009. 247 p.
- REGULAMENTO BRASILEIRO DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC - 153: AERÓDROMOS – OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESPOSTA À EMERGÊNCIA**. 1 ed. Brasília: Anac, 2012. 88 p.
- SPOTTER JPANOAR (Belem). **Grooving na pista de Belém**. 2014. Disponível em: <<http://www.spotterjpanoar.com/2014/03/grooving-na-pista-de-belem-atrasa-e.html>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

WELLS, Alexander T. **Airport Planning and Management**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

ANEXO 1 – DETERMINAÇÃO DA AERONAVE CRÍTICA

| Equipamento | Operações | | | | Movimentação/ Projeção Anual Período: 31/01/15a31/01/16 |
|------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|---|
| | Pousos | Decolagens | Total | % | |
| E190 - ERJ 190-200 IGW | 145 | 144 | 289 | 12,77 | 1734 |
| B738 - 737-8EH | 108 | 109 | 217 | 9,59 | 1302 |
| AT72 - ATR-72- 212A | 225 | 225 | 450 | 19,89 | 2700 |
| A320 - A320- 214 | 75 | 77 | 152 | 6,72 | 912 |
| | | | | | |
| TOTAL | 553 | 555 | 1108 | 48,97 | 6648 |

Legenda

| |
|---------------------|
| Aeronave crítica |
|---------------------|

ANEXO 2 – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Foto 1 – Zona de acesso à pista de pouso e decolagem.



Foto 2 – Cabeceira 32 da pista de pouso e decolagem.



Foto 3 – Alargamento do final da pista para manobra de aeronave.



Foto 4 – Zona de parada de aeronaves (*stopways*).



Foto 5 – Equipamentos de rampa (*PAPI*) instalados ao lado das cabeceiras 14 e 32.



Foto 6 – Auxílios luminoso instalados nos dois lados ao longo da pista de pouso e decolagem.



Foto 7 - Cabeceira 14 da pista de pouso e decolagem.



Foto 8 – Dispositivo de indicador de vento (biruta) instalado ao lado da cabeceira 14.



Foto 9 – Dispositivo de drenagem (canal de concreto) construído nos dois lados da pista de pouso e decolagem.

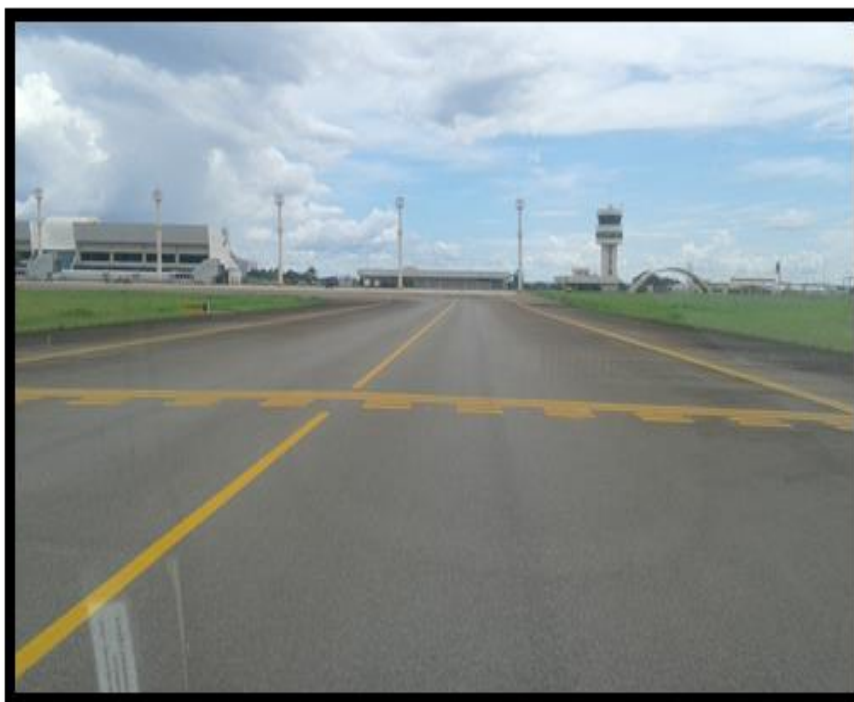


Foto 10 – saída de pista de pouso e decolagem para pátio de aeronaves (*fillets*).



Foto 11 – Pista de táxi das aeronaves de pequeno porte.



Foto 12 – Pátio de estacionamento das aeronaves comerciais.

ANEXO 3 – ESTUDO DOS VENTOS NA REGIÃO DE PALMAS – TO.

| Maior intensidade de vento /Dia | | Maior intensidade de vento /Dia | | Maior intensidade de vento /Dia | |
|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| Data | intensidade (m/s) | Data | intensidade (m/s) | Data | intensidade (m/s) |
| 01/12/2015 | 8,50 | 01/01/2016 | 11,50 | 01/02/2016 | 7,60 |
| 02/12/2015 | 6,50 | 02/01/2016 | 7,30 | 02/02/2016 | 11,00 |
| 05/12/2015 | 17,90 | 05/01/2016 | 6,80 | 05/02/2016 | 15,90 |
| 06/12/2015 | 15,40 | 06/01/2016 | 10,10 | 06/02/2016 | 9,50 |
| 07/12/2015 | 4,50 | 07/01/2016 | 9,80 | 07/02/2016 | 3,90 |
| 08/12/2015 | 9,60 | 08/01/2016 | 7,40 | 08/02/2016 | 5,00 |
| 09/12/2015 | 7,10 | 09/01/2016 | 8,40 | | |
| 10/12/2015 | 9,70 | 10/01/2016 | 14,70 | | |
| 11/12/2015 | 5,80 | 11/01/2016 | 8,60 | | |
| 12/12/2015 | 11,30 | 12/01/2016 | 7,20 | | |
| 13/12/2015 | 10,00 | 13/01/2016 | 7,60 | | |
| 14/12/2015 | 19,40 | 14/01/2016 | 4,50 | | |
| 15/12/2015 | 7,30 | 15/01/2016 | 6,00 | | |
| 16/12/2015 | 11,00 | 16/01/2016 | 9,90 | | |
| 17/12/2015 | 7,80 | 17/01/2016 | 5,50 | | |
| 18/12/2015 | 9,80 | 18/01/2016 | 6,60 | | |
| 19/12/2015 | 8,20 | 19/01/2016 | 8,60 | | |
| 20/12/2015 | 8,70 | 20/01/2016 | 6,60 | | |
| 21/12/2015 | 7,90 | 21/01/2016 | 12,30 | | |
| 22/12/2015 | 12,80 | 22/01/2016 | 9,00 | | |
| 23/12/2015 | 7,80 | 23/01/2016 | 8,30 | | |
| 24/12/2015 | 8,50 | 24/01/2016 | 8,50 | | |
| 25/12/2015 | 8,00 | 25/01/2016 | 4,80 | | |
| 26/12/2015 | 9,50 | 26/01/2016 | 8,90 | | |
| 27/12/2015 | 10,60 | 27/01/2016 | 9,00 | | |
| 28/12/2015 | 7,60 | 28/01/2016 | 8,40 | | |
| 29/12/2015 | 9,60 | 29/01/2016 | 5,80 | | |
| 30/12/2015 | 7,10 | 30/01/2016 | 9,10 | | |
| 31/12/2015 | 7,80 | 31/01/2016 | 8,30 | | |

| Ocorrência de ventos em Palmas - TO em 01/12/2015 a 08/02/2016. | Posição | Ocorrência |
|---|---------|------------|
| | 20 | 90 |
| | 40 | 123 |
| | 60 | 112 |
| | 80 | 158 |
| | 100 | 95 |
| | 120 | 85 |
| | 140 | 132 |
| | 160 | 158 |
| | 180 | 58 |
| | 200 | 47 |
| | 220 | 30 |
| | 240 | 30 |
| 260 | 53 | |
| 280 | 120 | |
| 300 | 137 | |
| 320 | 183 | |
| 340 | 96 | |
| 360 | 90 | |

APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES DO AEROPORTO.

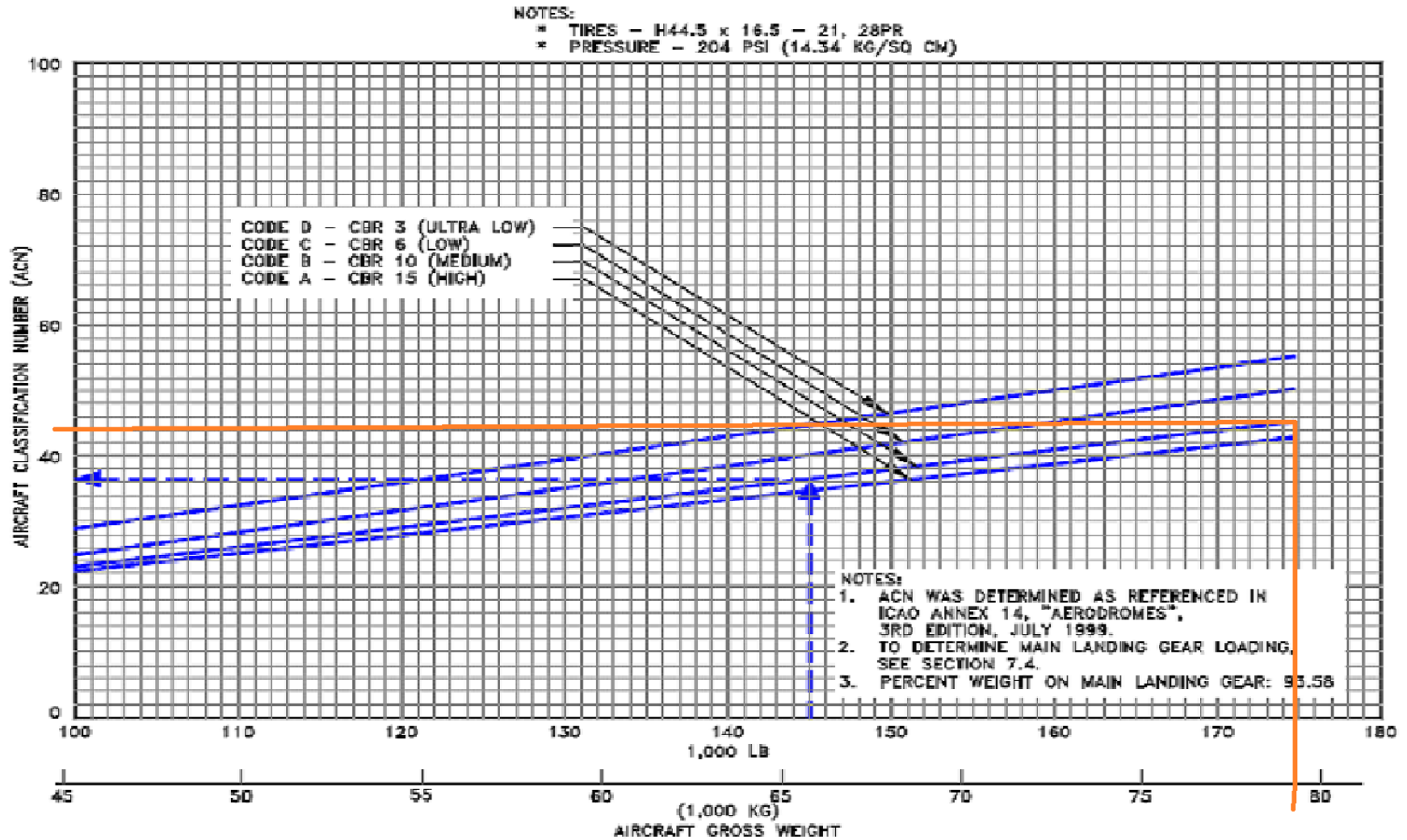
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|--------------|----------|-------------------|----------------------|----------|------------|--------------------|------|
| PISTA | | | | DIMENSÕES(m) | | | | | PCN | TIPO DE SUPERFÍCIE | |
| RWY | BRG MAG | Tipo | RCD | RWY | SWY | CWY | RESA | STRIP | RWY | RWY | SWY |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l |
| 14 | 143 | NPA | 4 | 2500X45 | 60X60 | | | 2740 | 48/F/B/X/T | ASPH | ASPH |
| 32 | 323 | NPA | 4 | | 60X60 | | | X 300 | | | |
| DISTÂNCIAS DECLARADAS, AUXÍLIOS VISUAIS E COORDENADAS DAS CABECEIRAS | | | | | | | | | | | |
| RWY | TORA(m) | ASDA(m) | TODA(m) | LDA(m) | AUXÍLIOS | ALTURA GEOIDAL(m) | COORDENADAS | | | | |
| 14 | 2500 | 2560 | 2500 | 2500 | PAPI | - 17,70 | S10 17 07 W048 21 59 | | | | |
| 32 | 2500 | 2560 | 2500 | 2500 | | - 17,64 | S10 17 52 W048 20 51 | | | | |
| SERVIÇO DE SALVAMENTO E CONTRAINCÊNDIO RFFS REQ - 6 | | | | | | | | | | | |
| RWY 14 / 32 | | | | | | | | | | | |
| Sinalização horizontal | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Auxílios luminosos | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Perfil longitudinal | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| RMK: | | | | | | | | | | | |
| 1) RWY 14: PAPI - MEHT: 52.90' | | | | | | | | | | | |
| 2) RWY 32: PAPI - MEHT 72'. | | | | | | | | | | | |

Fonte: AIP – Brasil, abril de 2014.

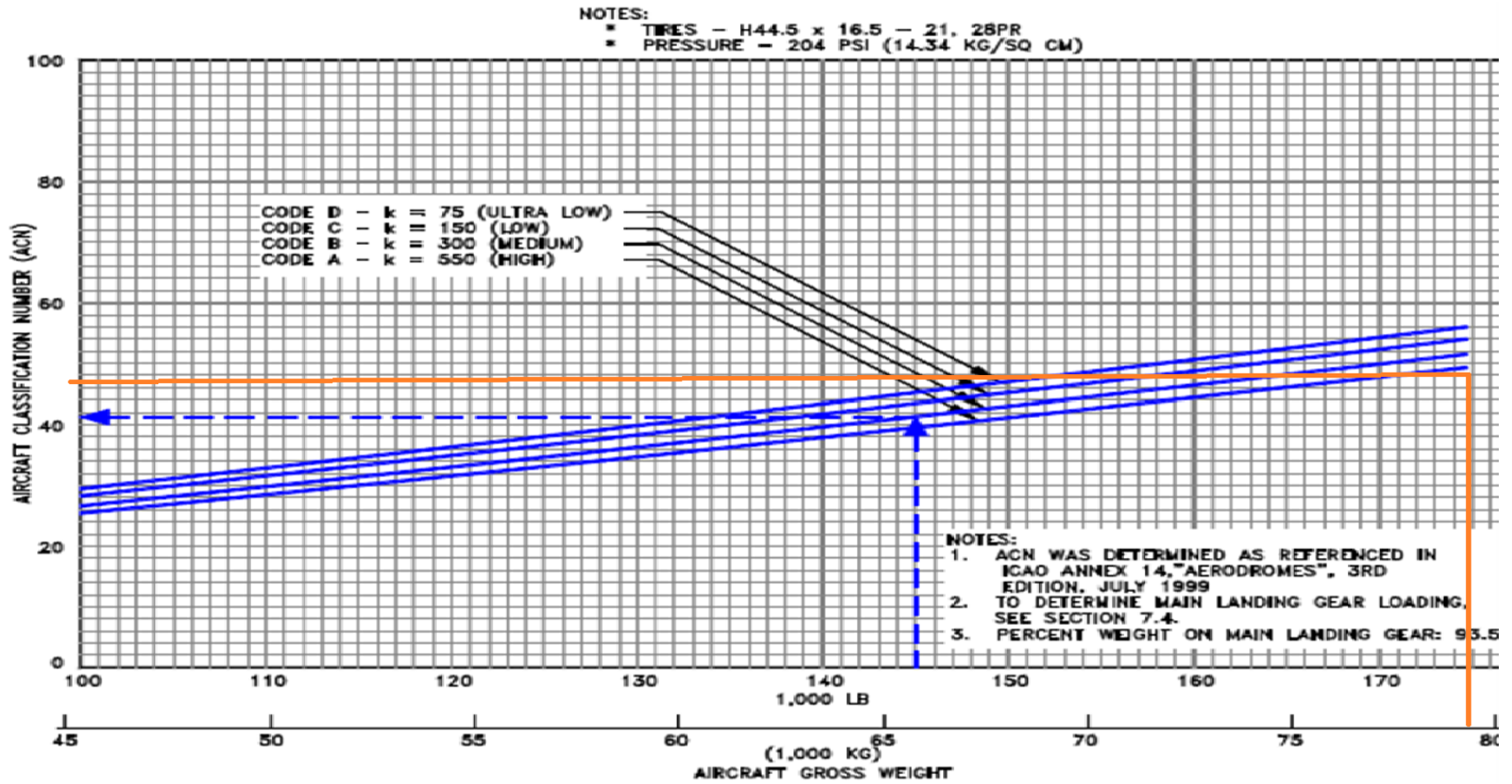
Observação: Elevação dada em unidade de pés.

APÊNDICE 2 – ACN DA AERONAVE CRÍTICA EM PAVIMENTO FLÉXIVEL.

7.10.16 AIRCRAFT CLASSIFICATION NUMBER - FLEXIBLE PAVEMENT
 MODEL 737-800 WITH AND WITHOUT WINGFLETS



APÊNDICE 3 – ACN DA AERONAVE CRÍTICA EM PAVIMENTO RÍGIDO .



APÊNDICE 4 – SOLICITAÇÃO À INFRAERO DE PALMAS – TO.



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

OFÍCIO/ COORD. ENG. CIVIL/ N° 02/2016

Palmas-TO, 01 de Março de 2016.

A sua Senhoria o Senhor
Juliano de Castro Duarte
Superintendente da INFRAERO
Av Joaquim Teotônio Segurado s/n palmo Diretor –Expansão Sul Palmas –
TO 77.061-900
(63) 3219-3701 / (63) 9212-4250
Jcastro.nr@infraero.gov.br
www.infraero.gov.br

Assunto: Autorização para obter informações e acesso ao lado AR.

O CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS – CEULP/ULBRA, Instituição de Ensino Superior – IES, inscrita no CNPJ/MF nº 88.332.580/0026-13, com sede na Av. Teotônio Segurado, 1501 Sul, s/n, com o objetivo de promover o desenvolvimento acadêmico e científico, vem respeitosamente à presença de Vossa Senhoria solicitar a autorização da INFRAERO para que o acadêmico do Curso de Engenharia Civil **RENE JULIÃO GOMES**, portador da matrícula 112000103-7, possa ter acesso as informações sobre o documento que registra a movimentação diária dentro de um mês (janeiro/2016 ou dezembro/2015) das aeronaves que fizeram uso regular das pistas de pouso/decolagem e permissão para acesso no lado AR, principalmente pista de pouso/decolagem, para elaborar relatório fotográfico. O documento que registra a movimentação das aeronaves deverá conter nome e data da operação Esta solicitação possui o intuito de propiciar o término do Trabalho de Conclusão de Curso II, cuja a temática é: Infraestrutura Aeroportuária: Estudo das pistas no lado AR.

Qualquer dúvida ligar 63 3219-8254 / 63 3219-8045 (Coordenação do Curso de Engenharia Civil) engcivil@ceulp.edu.br

Desde já agradecemos a atenção

Atenciosamente,

Profª Maria Carolina de Paula Estavam D'Oliveira

Coordenadora Adjunta do Curso de Engenharia Civil

CEULP/ULBRA

