



Universidade de Brasília

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

**O USO DE IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO E DO
GEOPROCESSAMENTO NA PRODUÇÃO DE CARTAS IMAGENS PARA O
GERENCIAMENTO DE ÁREAS AEROPORTUÁRIAS**

Renato Almendra Pantoja

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

Orientador:

Prof.Dra Tati de Almeida

BRASÍLIA

2011

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

**O USO DE IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO E DO
GEOPROCESSAMENTO NA PRODUÇÃO DE CARTAS IMAGENS PARA O
GERENCIAMENTO DE ÁREAS AEROPORTUÁRIAS**

Renato Almendra Pantoja

Orientador: Prof.Dra Tati de Almeida

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

COMISSAO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr.	_____
Examinadores:	Prof. Dr.	_____
	Prof. Dr.	_____

BRASÍLIA

2011

RESUMO

O crescimento físico e populacional das cidades e áreas urbanas nas últimas décadas se revelou desordenado e rápido. Este crescimento não só gerou o inchaço das infraestruturas urbanas existentes, como também atingiu áreas importantes, as quais deveriam ser preservadas da ocupação humana, como, por exemplo, o leito de rios e áreas no entorno de aeroportos.

O Brasil, que tem proporções de um continente, é um país com escassez de dados adequados à gestão de questões urbanas, rurais e ambientais. O país necessita de ferramentas baseadas em tecnologias baratas e que não possuam a exigência de levantamento *in-loco*. Neste contexto, o uso de imagens orbitais de alta resolução em cartas imagens, aliado ao uso do geoprocessamento, se apresenta como um mecanismo bastante eficaz na gerência de áreas aeroportuárias e seu entorno.

A utilização dessas cartas imagens pela empresa administradora dos aeroportos brasileiros (INFRAERO), a qual gerencia 66 aeroportos no país, e necessita ter um bom conhecimento também do entorno dos aeródromos, alcança seus objetivos de gestão das áreas (aeroporto e entorno), com custo baixo, se for comparado aos benefícios adquiridos.

Através da alta resolução de imagens de satélite orbitais, é possível adquirir uma maior quantidade de dados sobre o local em estudo, e com maior qualidade. Para o gerenciamento de áreas aeroportuárias, essas cartas imagens se mostram eficazes no controle de obstáculos que invadam os gabaritos de altura das superfícies virtuais que devem ser preservadas nos procedimentos de pouso e de decolagem nos aeroportos. Através do uso de mapas digitais e em papel, e da produção de Sistemas de Informações Geográfica (SIG), se alcança uma facilidade maior na gestão operacional e de infraestrutura dos sítios aeroportuários, melhorando ainda o gerenciamento dos Planos Básicos e Específicos de Zona de Proteção de Aeródromo, Área de Segurança Aeroportuária – ASA, Planos de Zoneamento de Ruído, Plano Básico de Gerenciamento de Risco Aviário e Superfície do Segmento Visual - VSS. Como essas áreas e planos definem setores que extrapolam os limites do sítio aeroportuário, a empresa administradora dos aeroportos brasileiros deve se preocupar também com o entorno de seus aeródromos, portanto, ela necessita realizar gestões no interesse de manutenção das áreas a serem preservadas juntamente com os órgãos públicos municipais, estaduais e com as autoridades aeronáuticas.

ABSTRACT

Physical growth and population of cities and urban areas in recent decades have revealed disordered and fast. This growth not only led to the swelling of the existing urban infrastructure, but also reached important areas, which should be preserved of human occupation, for example, areas near of rivers and areas around airports.

Brazil, which has the proportions of a continent, is a country with lack of adequate data and management of urban, rural and environmental issues. The country needs right tools based in inexpensive technologies that do not have the requirement for on-site survey. In this context, the use of satellite images of high resolution in maps, coupled with the use of GIS, is presented as a very effective mechanism in the management of airport and surrounding areas.

The use of these maps by Brazilian airports management company (INFRAERO), which manages 67 airports in the country and needs to have a good knowledge of their surrounding areas, achieves its objectives of management areas (airport and surrounding area), with low cost if compared to the gains.

Through high-resolution of orbital satellite images is possible to purchase a larger amount of data on the site under study, and with higher quality. For management of airport areas, these maps are effective images in the control of obstacles that invade the templates of virtual height of the surfaces to be preserved in the procedures for landing and takeoff at airports. Through the use of digital and paper maps, and the production of Geographic Information Systems (GIS), to reach a larger facility in the operational management and infrastructure of the airport sites, further improving the management of Basic and Specific Protection Zone Airfield Plans, Airport Security Area, Noise Zoning Plans, Basic Plan for Bird Risk Management e Visual Segment Surface. As these plans define areas and sectors that transcend the limits of the airport site, the Brazilian airports management company should also be concerned with their surrounding areas, so it needs to take steps in the interest of maintaining the areas to be preserved along with the municipal, state, and with the aeronautical authorities.

Lista de Tabelas

TABELA 01 – CÓDIGO DA PISTA EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO BÁSICO DE PISTA	17
TABELA 02 - PARÂMETROS PARA DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DA FAIXA DE PISTA	18
TABELA 03 – CONFIGURAÇÃO DA ÁREA DE APROXIMAÇÃO	20
TABELA 04 – ÁREA DE TRANSIÇÃO	21
TABELA 05 – ÁREA HORIZONTAL INTERNA	22
TABELA 06 – CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES	27
TABELA 07 - BANDAS ESPECTRAIS DO SENSOR TM – LANDSAT 5	28
TABELA 08 - FONTES DE ERROS ENVOLVIDOS NA PROPAGAÇÃO DOS SINAIS GPS	
TABELA 09 – COORDENADAS DOS PONTOS DE APOIO EM CAMPO	36
TABELA 10 – ESTIMATIVA DE ERROS NAS COORDENADAS DA IMAGEM	49
TABELA 11 – CARACTERÍSTICAS DAS PISTAS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA	50
TABELA 12 – ÁREAS HORIZONTAIS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA	56
TABELA 13 – AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO AÉREA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA	57

Lista de Figuras

FIGURA 01 – SUPERFÍCIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS –	15.
FIGURA 02 – FAIXA DE PISTA	17
FIGURA 03 – REPRESENTAÇÃO DE RAMPAS	18
FIGURA 04 – ÁREA DE APROXIMAÇÃO	19
FIGURA 05 – ÁREA DE TRANSIÇÃO	20
FIGURA 06 – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA HORIZONTAL INTERNA	21
FIGURA 07 – ÁREA HORIZONTAL EXTERNA -	22
FIGURA 08 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VSS -	25
FIGURA 09 – ÓRBITAS SATELITAIS -	26
FIGURA 10 – ONDA ELETROMAGNÉTICA -	27
FIGURA 11 – ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E ESPECTRO VISÍVEL	28
FIGURA 12 – DIFERENÇA NO DETALHAMENTO ENTRE IMAGENS COM 2 E 4 NÍVEIS DE CINZA –	29
FIGURA 13 – IMAGEM DO SATÉLITE GOES -	30
FIGURA 14 - EFEITO DE ROTAÇÃO DA TERRA SOBRE A IMAGEM –	31
FIGURA 15 – GEÓIDE – ANOMALIAS DO CAMPO GRAVITACIONAL DA TERRA - FONTE: NASA – 2011	34
FIGURA 16 – GEÓIDE, ELIPSÓIDE DE REVOLUÇÃO E SUPERFÍCIE DA TERRA	
FIGURA 17 – DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES RBMC NO BRASIL	38
FIGURA 18 – COMPOSIÇÃO RGB – 321 DA IMAGEM WORLDVIEW COM A ÁREA SELECIONADA PARA O ESTUDO EM VERMELHO	42
FIGURA 19 – IMAGEM RECORTADA DENTRO DAS COORDENADAS DELIMITADORAS DOS 77 KM ² - COMPOSIÇÃO COLORIDA – RGB 321	43
FIGURA 20 – MAPA DE PONTOS DE CONTROLE A COLETAR EM CAMPO	47

FIGURA 21 – PLANO ESPECÍFICO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA EM VIGOR	58
FIGURA 22 – CARTA IMAGEM VSS CABECEIRAS 11R E 11L <i>versus</i> CADASTRO ICA E EQUIPAMENTOS DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO AÉREA – ESCALA 1:5.000	60
FIGURA 23 – CARTA IMAGEM VSS CABECEIRAS 29R E 29L <i>versus</i> CADASTRO ICA E EQUIPAMENTOS DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO AÉREA – EXCALA 1:5.000	61
FIGURA 24 – CARTA IMAGEM DO PLANO BÁSICO DE GERENCIAMENTO DE RISCO AVIÁRIO – ESCALA 1:50.000	61
FIGURA 25 – CARTA IMAGEM DA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA – ASA – ESCALA 1:50.000	62
FIGURA 26 – CARTA IMAGEM DO PLANO ESPECÍFICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO – ESCALA 1:50.000	62
FIGURA 27 – CARTA IMAGEM DO PLANO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO – ESCALA 1:10.000	63

Lista de Abreviações e Siglas

ACRP – Airport Cooperative Research Program

ASA - Área de Segurança Aeroportuária

ASI – *Agenzia Spaziale Italiana* / Agência Espacial Italiana

COMAR – Comando Aéreo Regional

DATUM - modelo matemático teórico da representação da superfície da [Terra](#) ao nível do mar

DLR - *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt* / Centro Nacional para Pesquisa Aeronáutica e Espacial da [República Federal da Alemanha](#) e a Agência Espacial Alemã

GCP/PCS - Ground Control Points / Pontos de Controle do Solo

GPS - *Global Positioning System* / Sistema de Posicionamento Global

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFOV - *Instantaneous Field of View* / Campo de Visada Instantânea

IFR - NÃO PRECISÃO - *Instrument Flight Rules* / Regras de Vôo por Instrumentos de Não Precisão

IFR - PRECISÃO - *Instrument Flight Rules* / Regras de Vôo por Instrumentos de Precisão

IGS 05 - *Japanese Highly Classified Information Gathering Satellite*

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ITRF - *International Earth Rotation and Reference Systems Service*

MDT – Modelo Digital de Terreno

MDET – Modelo Digital de Elevação do Terreno

MMQ - Método dos Mínimos Quadrados

NASA - *National Aeronautics and Space Administration* / Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica

ICAO/OACI- *International Civil Aviation Organization*/ Organização de Aviação Civil Internacional

ONU - Organização das Nações Unidas

PBZPA - Plano Básico de Zona de Proteção Aeroportuária

PEZPA - Plano Específico de Zona de Proteção Aeroportuária

PBGPA – Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário

RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RPC – *Rational Polynomial Coefficient* – Coeficiente de Polinômio Racional

RINEX - *Receiver Independent Exchange Format*

SCA – Sistemas de Controles Ativos

SAD69 - *South American Datum* 1969

SGB - Sistema Geodésico Brasileiro

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

VOR – Rádio Farol Onidirecional em VHF

DME – Equipamento Medidor de Distâncias

VFR – *Visual Flight Rules* / Regras de Vôo Visuais

VSS - *Visual Segment Surface* / Superfície do Segmento Visual

WGS – *World Geodesic System* – Sistema Geodésico Mundial

ZPA – Zona de Proteção Aeroportuária

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 Convenção de Chicago	14
2.2 Anexo 14 – Organização de Aviação Civil Internacional	14
2.3 Portaria nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987	15
2.4 Portaria 256/GC5, de 13 de maio de 2011	15
2.5 Zona de Proteção de Aeródromos	15
2.6 Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo	16
2.6.1 Comprimento básico de pista	16
2.6.2 Tipo de operação	17
2.6.3 Faixa de pista	17
2.6.4 Rampas	18
2.6.5 Área de aproximação	19
2.6.6 Área de transição	20
2.6.7 Área horizontal interna	21
2.6.8 Área cônica	22
2.6.9 Área horizontal externa	22
2.7 Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo	23
2.8 Portaria 71/DGCEA/2005 – Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo de Brasília/Presidente Juscelino Kubitschek	23
2.9 Superfície do Segmento Visual – VSS	24
2.10 Satélites	25
2.11 Resolução	26
2.11.1 Resolução Espacial	26
2.11.2 Resolução Espectral	27
2.11.3 Resolução Radiométrica	29
2.11.4 Resolução Temporal	30
2.12 Correções Geométricas	30
2.12.1 Modelos de correção de erros sistemáticos	31
2.12.2 Correção baseada em Pontos de Controle	31
2.12.3 Georreferenciamento	32
2.12.4 Ortorectificação	32
2.13 Modelo Digital de Terreno – SRTM	32
2.14 Sistemas Geodésicos de Referência	33
2.15 GPS	35

2.15.1	Características dos sinais de GPS	35
2.15.2	Erros envolvidos nas observáveis GPS	35
2.15.3	Ajustamento de Redes GPS	36
2.16	Método de Posicionamento Relativo	36
2.17	Arquivos RINEX	37
2.18	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC	38
3	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	39
3.1	Objetivos	39
3.2	Objetivos específicos	39
3.3	Justificativa	39
4	MATERIAIS E MÉTODOS	40
4.1	Materiais utilizados	40
4.2	Metodologia	41
4.2.1	Especificação técnica da imagem	41
4.2.1.1	Área de estudo	42
4.2.2	Coleta do PC's e apoio de campo	43
4.2.3	Correções geométricas e análise dos resultados	48
4.2.4	Inserção das informações temáticas	49
4.2.4.1	PEZPA – Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo	49
4.2.4.1.1	Cabeceiras	49
4.2.4.1.2	Faixas de pista	50
a)	Faixa de pista 11/29	51
b)	Faixa de pista 11R/29L	51
c)	Faixa de pista 11/29 (pista projetada)	51
4.2.4.1.3	Áreas de aproximação	51
a)	Área de aproximação 11	51
b)	Área de aproximação 29	52
c)	Área de aproximação 11R	52
d)	Área de aproximação 29L	53
e)	Área de aproximação 11 (pista projetada)	53
f)	Área de aproximação 29 (pista projetada)	54
4.2.4.1.4	Áreas de transição	54
a)	Área de transição 1	54
b)	Área de transição 2	55
c)	Área de transição 3	55
d)	Área de transição 4	55
4.2.4.1.5	Área de proteção do VOR/DME	55

4.2.4.1.6	Áreas Horizontais	56
4.2.4.1.7	Áreas intermediárias	57
4.2.4.2	Cadastro de ICA – Instituto de Cartografia da Aeronáutica	57
4.2.4.3	Curvas de ruído	57
4.2.4.4	ASA – Área de Segurança Aeroportuária e PBGRA – Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário	58
4.2.4.5	Base cartográfica do IBGE	58
4.2.4.6	Imagem de Alta Resolução	58
4.2.4.7	Curvas de nível	59
4.2.4.8	Limites do sítio aeroportuário	60
5	GERAÇÃO DAS CARTAS IMAGENS	60
5.1	Carta Imagem da Superfície do Segmento Visual - VSS <i>versus</i> Cadastro ICA e Equipamento de Auxílio à Navegação Aérea	60
5.2	Carta Imagem do Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário - PBGRA	61
5.3	Carta Imagem da Área de Segurança Aeroportuária – ASA	62
5.4	Carta Imagem do Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo – PEZPA	62
5.5	Carta Imagem do Plano de Zoneamento de Ruído - PZR	63
5.4	CARTA IMAGEM DO PLANO ESPECÍFICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO - PEZPA	
5.3	CARTA IMAGEM DA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA – ASA	
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
7	CONCLUSÃO	64
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
9	ANEXOS	67
9.1	Cadastro de Levantamentos do ICA	67
9.2	Cartas Imagens	79

1. INTRODUÇÃO

Segundo Câmara (2001), o termo *Geoprocessamento* é a disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as seguintes áreas:

- Cartografia;
- Análise de Recursos Naturais
- Transportes, Comunicações, Energia e;
- Planejamento Urbano Regional.

O uso de imagens de satélites orbitais se alia às ferramentas computacionais do Geoprocessamento e aos chamados *Sistemas de Informação Geográfica (GIS)*, os quais permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados, os quais integram dados de diversas fontes (topografia, imagens de satélite, mapas digitalizados, dados de GPS's, entre outros), com o objetivo de realizar análises complexas e de produzir documentos cartográficos (mapas digitais e em papel). Estes mapas tornam possível o gerenciamento de áreas e a identificação e diagnóstico rápido e preciso na gestão de áreas de interesse, propiciando tomada de decisões complexas. Eles proporcionam ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita da área de estudo, na qual todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base em suas localizações espaciais (CÂMARA, 2001).

A imagem orbital só se torna ferramenta útil na gerência de áreas se aliada aos processos de correções geométricas (ortorretificação e georreferenciamento), os quais agregarão à essa imagem a informação fundamental nesse tipo de gestão, que é correlação espacial de cada elemento na imagem com seu equivalente no mundo real, ou num sistema de projeção. Essas informações são coletadas em campo, através equipamentos/sistemas GPS, os quais, de acordo com ACPR (2010), são normalmente utilizados pelos inspetores de campo em combinação com os equipamentos da estação total ou no lugar deles. A relativa simplicidade de utilização destes sistemas significa que eles também são adequados para identificar, por exemplo, a localização de um obstáculo que interfira num segmento de aproximação de uma aeronave, ou para encontrar um conjunto predeterminado de coordenadas.

No que tange ao uso de imagens orbitais de áreas aeroportuárias, podemos citar três principais formas de utilização:

- como ferramenta na produção de mapas;

- como suporte para análise espacial de projetos e seus impactos;
- como banco de dados geográficos, para armazenar e processar informação espacial e associação de dados para o apoio ao diagnóstico de decisão sobre áreas de interesse.

As ferramentas de geoprocessamento são tecnologias atuais de produção, gerenciamento e sistematização de informações necessárias à gestão de projetos, administração do espaço ocupado e gerenciamento de Planos Básicos e Específicos de Zona de Proteção de Aeródromo, Área de Segurança Aeroportuária – ASA, Planos de Zoneamento de Ruído, Plano Básico de Gerenciamento de Risco Aviário e Superfície do Segmento Visual - VSS, integrando soluções para áreas fundamentais da empresa, como Operações Aeroportuárias, Navegação Aérea, Engenharia, Manutenção, Administração e Segurança Aeroportuárias.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Além de apresentar o histórico sobre o assunto e a legislação que regula a Zona de Proteção de Aeródromos, este capítulo apresenta conceitos sobre ZPA e alguns padrões técnicos acerca de superfícies limitadoras de obstáculos. Além disso, são apresentados os principais conceitos sobre Sensoriamento Remoto envolvidos neste trabalho.

2.1. Convenção de Chicago

Em Chicago, 1944, foi concebida a OACI - Organização de Aviação Civil Internacional, a qual passou a fazer parte da Organização das Nações Unidas (ONU). 190 países aderiram à convenção, os quais, a partir desse momento, também se tornaram membros da OACI. Tendo que seguir suas normas e regulamentações, as quais prezam pelo crescimento da aviação civil de forma sistêmica e livre de perigos. Essas regulamentações foram divididas em 18 *Anexos*, cada um com o objetivo de padronizar as atividades que fazem parte da Aviação Civil. Destaca-se para o presente trabalho o *Anexo 14*, sobre projetos e operações de aeródromos.

2.2. ANEXO 14 – Organização de Aviação Civil Internacional

O Anexo 14 é composto de diversos critérios adotados pelos países assinantes, os quais têm por objetivo a operação segura das aeronaves, desde a produção até a sua operação em aeroportos.

O Capítulo 4 especifica todo o espaço aéreo que deve ser deixado livre de qualquer obstáculo que o invada. As restrições têm como finalidade proporcionar a segurança nas operações de aeronaves em aeroportos, além de evitar que os aeródromos se tornem inoperantes por causa da ocupação das áreas de entorno por obstáculos invasores. Portanto, estabeleceu-se

várias superfícies limitadoras de obstáculos que determinam limites para os quais os objetos podem se projetar no espaço aéreo.

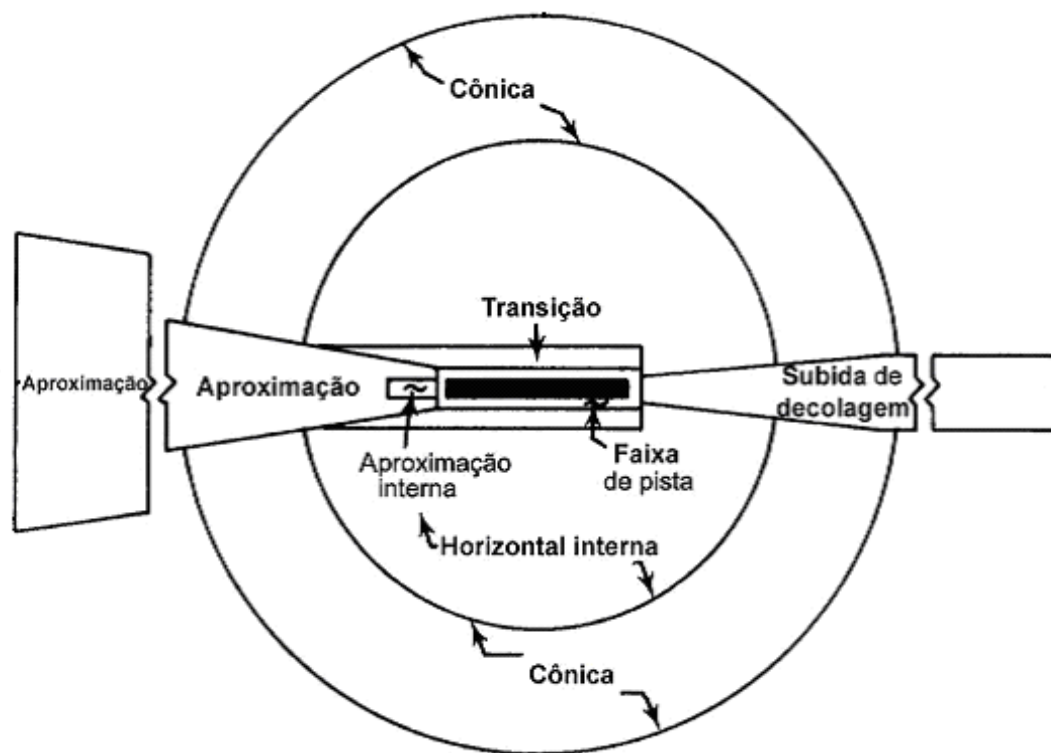


FIGURA 01 – SUPERFÍCIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS

Ajustada de INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (2009)

Cada área representada na FIGURA 01 será melhor explicada no item 2.6.

2.3. Portaria nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987

O Brasil, como membro da OACI há mais de 50 anos, tem também o dever de atender às suas normas sobre critérios e limitações de obstáculos em volta dos seus aeroportos. Vários destes estão atualmente situados em centros urbanos brasileiros e possuem, em seu entorno, problemas com obstáculos violadores de gabaritos estabelecidos pelas superfícies limitadoras.

A Portaria 1.141/GM5, de 1987, regula a Zona de Proteção de Aeródromo e Zoneamento de Ruído, além de definir as responsabilidades de cada envolvido no gerenciamento e controle de obstáculos no entorno de aeroportos. O documento define, ainda, todos os parâmetros e critérios de superfícies limitadoras de obstáculos, as quais se relacionam com os padrões operacionais de cada aeroporto. A portaria também estabelece as responsabilidades dos Comandos Aéreos Regionais (COMAR), que fiscalizam e impedem qualquer obra em desacordo com os tamanhos estabelecidos por ela e determinam sua retirada

ou sua adequação à altura tolerada pela superfície limitadora. À autoridade municipal local cabe controlar e deter implantações invasoras em setores externos aos aeroportos e analisar, juntamente com o COMAR da região, os projetos de obras que possuem gabaritos acima do estabelecido pelo PZPA – Plano de Zona de Proteção de Aeródromo, de cada aeroporto. Aos administradores dos aeroportos coube executar gestões nos sítios aeroportuários, no intuito de não permitir obstáculos violadores das superfícies definidas pela Portaria 1.141/GM5.

2.4. Portaria 256/GC5, de 13 de maio de 2011

A portaria 256 dispõe sobre as mesmas restrições relativas às implantações que afetam a segurança e a regularidade das operações aéreas, que a Portaria 1.141, e versa também sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Houve apenas uma modificação em relação à Portaria 1.141, foi retirada, do PZPA, a Superfície Horizontal Externa.

2.5. Zona de Proteção de Aeródromo

A Zona de Proteção de Aeródromo – ZPA é o conjunto de fundamentos e superfícies limitadoras que determinam a localização e altura permitidas para implantações nas proximidades da pista de um aeroporto (BRASIL, 1987). Esta Zona pode ser descrita através de Planos Básicos ou Planos Específicos, os quais seguem as características dos seus respectivos aeródromos. Ambos se baseiam nas decisões tomadas pela Autoridade Aeronáutica.

2.6. Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo

O COMAR determina que nos casos de aeródromos onde não couber um PEZPA, por definição, deve ser publicado para os aeroportos Planos Básicos de Zona de Proteção de Aeródromo. BRASIL (1987) define os que os parâmetros dos Planos Básicos de Zonas de Proteção dos aeroportos devem ser planejados em função das seguintes variáveis:

2.6.1. Comprimento Básico de Pista

O comprimento de uma pista toma em consideração a temperatura base do aeroporto (média das temperaturas do mês mais quente do ano), a altitude, seu comprimento real de pista e a diferença entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo da pista (gradiente). Portanto, valores díspares são definidos para o comprimento real da pista e o comprimento básico.

O tamanho de pista necessário para executar os procedimentos de decolagem de uma aeronave está diretamente conectado à temperatura, densidade e pressão atmosférica do local do aeródromo. Esses fatores influenciam diretamente em sua sustentação.

Para fins de zona de proteção de aeródromo estabeleceu-se a tabela a seguir, a qual classifica as pistas de pouso e decolagem relacionando-as com seu comprimento.

Código da pista	1	2	3	4
Comprimento da pista	Menor que 800m	De 800m a 1.200m exclusive	De 1.200m a 1.800m exclusive	1.800m ou maior.

TABELA 01 – CÓDIGO DA PISTA EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO BÁSICO DE PISTA - BRASIL (1987)

2.6.2 Tipo de Operação

A pista de pouso/decolagem pode ser classificada quanto ao seu tipo de operação (BRASIL, 1987):

- Operação VFR: Não possui auxílios à navegação aérea e conseqüentemente não possui procedimentos de Saída ou de Chegada por instrumentos. Neste tipo de caso é possível apenas operação por regra de vôo visual.
- Operação IFR-NÃO PRECISÃO: Operação com procedimentos baseados em equipamentos de auxílio à navegação aérea, mas que não possuem equipamentos que possibilitem a indicação eletrônica de trajetória de planeio.
- Operação IFR-PRECISÃO: Operação com procedimentos baseados em equipamentos que possibilitam a indicação eletrônica de trajetória de planeio.

Baseado no código de pista e no tipo de operação é possível estabelecer os parâmetros definidores das dimensões e as restrições impostas por cada superfície limitadora. As superfícies limitadoras e seus parâmetros serão apresentados nos itens 2.5.3 a 2.5.9.

2.6.3. Faixa de Pista

A Faixa de Pista envolve a pista de pouso e deve ter, em cada ponto (incluindo pontos em seu prolongamento), a altitude do eixo da pista. A configuração e as medidas constam na Figura 02 e Tabela 02.



FIGURA 02 - FAIXA DE PISTA - PORTARIA 1.141/GM-5 (1987)

Para cálculo das dimensões da Faixa de Pista, consideram-se também as dimensões das Zonas de Parada, as quais são trechos pavimentados que se estendem além das cabeceiras, e têm como finalidade proporcionar melhores condições de parada em caso de necessidade.

A seguir são apresentados os padrões de faixas de pista relacionados ao código de pista e ao tipo de operação.

Parâmetros	CLASSE DO AERÓDROMO						
	VRF			IFR – NÃO PRECISÃO		IFR – PRECISÃO	
	CÓDIGO DE PISTA			CÓDIGO DE PISTA		CÓDIGO DE PISTA	
	1	2	3 e 4	1 e 2	3 e 4	1 e 2	3 e 4
A(m)	60	80	150	300	300	150	300
B(m)	30	60	60	60	60	60	60

TABELA 02 – PARÂMETROS PARA DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DA FAIXA DE PISTA - BRASIL (1987)

Na faixa de pista não é permitido a permanência de qualquer tipo de implantação acima de seu nível, com exceção dos auxílios à navegação aérea e dos obstáculos móveis.

2.6.4 Rampas

O termo “rampa”, utilizado para definir o ângulo vertical de uma superfície limitadora de gabarito, é expressa em forma de fração. Seu numerador é um (1), e seu denominador o número que define a rampa. Desta maneira, uma rampa 1/50 indica que a cada cinquenta (50) metros na horizontal, a superfície limitadora eleva-se um (1) metro. Esta rampa é mais restritiva que uma rampa 1/30, já que aquela indica que uma determinada altura (p.ex. dez metros) só poderá se situar a partir de quinhentos (500) metros enquanto uma rampa 1/30 o obstáculo de dez (10) metros poderia estar a trezentos (300) metros. A Figura 03 exemplifica a distância que um obstáculo, com topo a dez (10) metros de altura da pista, deverá estar em relação ao início de uma superfície em rampa.

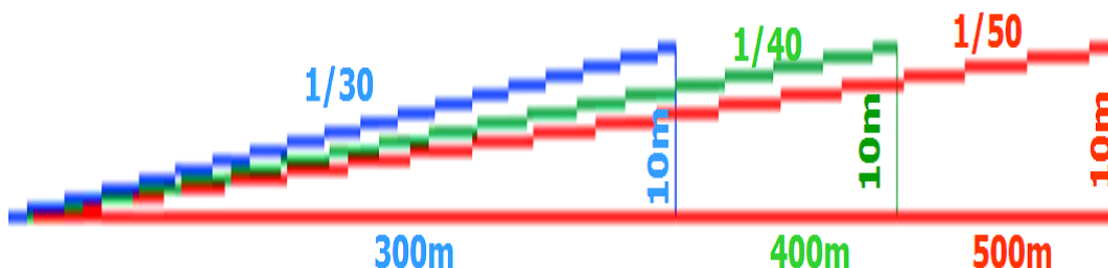


FIGURA 03 - REPRESENTAÇÃO DE RAMPAS

2.6.5. Área de Aproximação

A maior ocorrência de acidentes com aeronaves acontece durante o pouso e a decolagem, pois, durante esses procedimentos, elas estão mais baixas e com menos sustentação que no vôo de cruzeiro (BRASIL, 1987). Portanto, as áreas de aproximação e de decolagem são fundamentais para a elaboração dos planos de zona de proteção de aeródromo. Essas áreas se sobrepõem, sendo a área de aproximação mais restritiva que a de decolagem, por isso, para este trabalho, a mais relevante é a área de aproximação.

Segundo o artigo nº 7 da Portaria 1.141/GM5, entende-se como área de aproximação a superfície que se estende em rampa (em ângulo vertical positivo) a partir da faixa de pista, seguindo a orientação do prolongamento do eixo da pista. A área de aproximação não considera as zonas de parada, de tal maneira que ela se inicia, em quase todos os casos, a sessenta (60) metros da cabeceira da pista, e sua abertura angular aumenta de acordo com a distância da cabeceira.

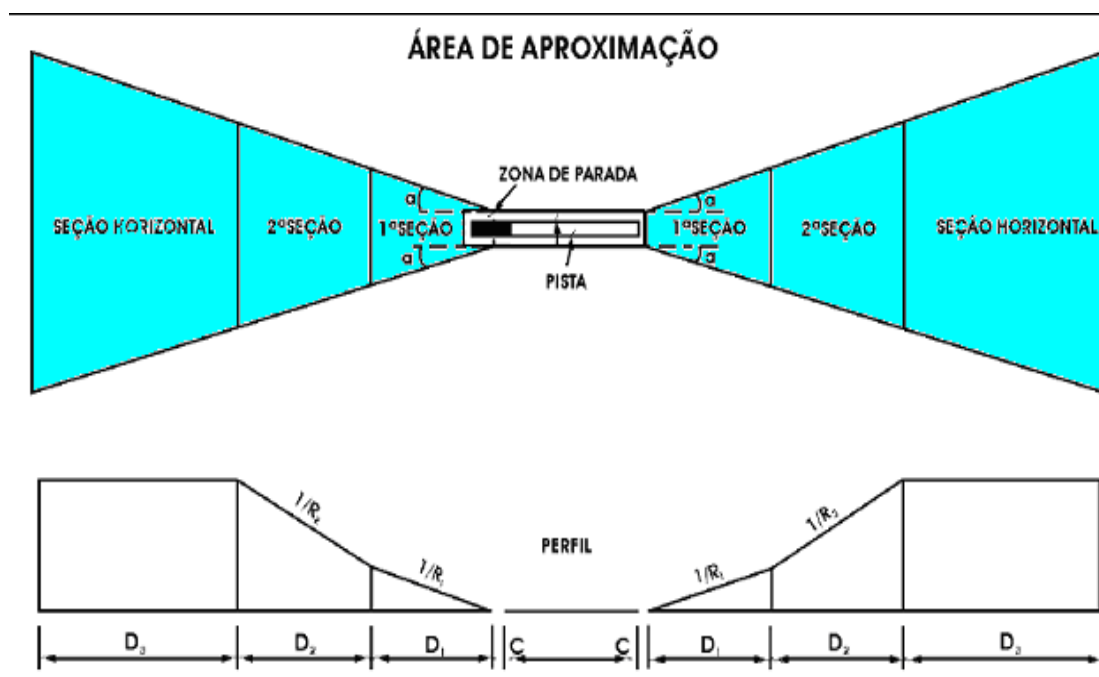


FIGURA 04 - ÁREA DE APROXIMAÇÃO - PORTARIA 1.141/GM-5 (1987)

A Figura 04 representa as vistas em perfil e em planta de uma Zona de Proteção de Aeródromo.

Abaixo, os parâmetros e dimensões da área de aproximação conforme as características do aeródromo.

PARÂMETROS	CLASSE DO AERÓDROMO							
	VFR				IFR – NÃO PRECISÃO		IFR - PRECISÃO	
	CÓDIGO DE PISTA				CÓDIGO DE PISTA		CÓDIGO DE PISTA	
	1	2	3	4	1 e 2	3 e 4	1 e 2	3 e 4
°	6°	6°	6°	6°	9°	9°	9°	9°
R1 (m)	20	25	30	40	40	50	50	50
R2 (m)	-	-	-	-	-	40	40	40
C (m)	30	60	60	60	60	60	60	60
D1 (m)	1600	2500	3000	3000	2500	3000	3000	3000
D2 (m)	-	-	-	-	-	3600	3600	3600
D3 (m)	-	-	-	-	-	8400	8400	8400

TABELA 03 – CONFIGURAÇÃO DA ÁREA DE APROXIMAÇÃO

2.6.6 Área de Transição

A área de transição possui gabarito menos restritivo em relação aos limites de altitudes dos obstáculos que a área de aproximação (BRASIL, 1987). Ela estende-se lateralmente entre o limite da faixa de pista e o limite da área de aproximação, com aumento da rampa no sentido do deslocamento transversal em relação ao eixo da pista

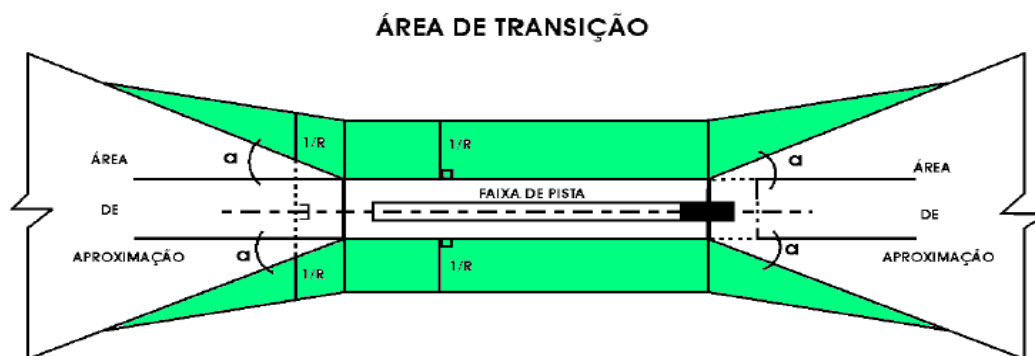


FIGURA 05 - ÁREA DE TRANSIÇÃO - PORTARIA 1.141/GM-5 (1987)

Na tabela abaixo, os parâmetros de dimensionamento das áreas de transição, nas quais “a” é o ângulo de abertura da área de aproximação em relação ao prolongamento do limite lateral da faixa de pista e “R” é o denominador da rampa estabelecida para a área de transição para cada caso. A tabela se baseia nos seguintes critérios: tipo de operação e código de pista, estabelecidos a partir do comprimento básico de pista.

PARÂMETROS	CLASSE DO AERÓDROMO				
	VFR		IFR – NÃO PRECISÃO		IFR - PRECISÃO
	CÓDIGO DE PISTA		CÓDIGO DE PISTA		CÓDIGO DE PISTA
	1 e 2	3 e 4	1 e 2	3 e 4	1, 2, 3 e 4
a	6°	6°	9°	9°	9°
R	5	7	5	7	7

TABELA 04 – ÁREA DE TRANSIÇÃO - BRASIL (1987)

2.6.7 Área Horizontal Interna

O gabarito da Área Horizontal Interna prolonga-se para além dos limites das Áreas de Aproximação e Transição, com desnível de quarenta e cinco (45) metros em relação à altitude do Aeródromo (BRASIL, 1987). Seus limites externos são semicírculos, com centros nas cabeceiras das pistas.

Sendo assim, mesmo não violando os gabaritos da área de aproximação ou de transição, e estando dentro dos limites da área horizontal interna, mas com topo superior a quarenta e cinco (45) metros acima da altitude da pista, o obstáculo estará violando o gabarito desta última área citada, a qual, conforme o tipo de operação e código de pista pode chegar até o limite de quatro mil (4000) metros em relação à pista.



FIGURA 06 – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA HORIZONTAL INTERNA

- PORTARIA 1.141/GM-5 (1987)

Na tabela 05 conforme as características físicas e operacionais do aeródromo, as distâncias limites são representadas pela letra “D”:

PARÂMETROS	CLASSE DO AERÓDROMO						
	VFR			IFR – NÃO PRECISÃO		IFR - PRECISÃO	
	CÓDIGO DE PISTA			CÓDIGO DE PISTA		CÓDIGO DE PISTA	
	1	2	3 e 4	1 e 2	3 e 4	1 e 2	3 e 4
D (m)	2000	2500	4000	3500	4000	3500	4000

TABELA 05 – ÁREA HORIZONTAL INTERNA - BRASIL (1987)

2.6.8 Área Cônica

A área cônica é a área que se localiza entre a área horizontal interna e a área horizontal externa. Estende-se em rampa (1/20) do limite da área horizontal interna (quarenta e cinco metros - 45 m) até o limite da área horizontal externa (sessenta metros - 60 m). Desta maneira, a Área Cônica possui a largura de apenas trezentos (300) metros (BRASIL, 1987).

2.6.9. Área Horizontal Externa

A área horizontal externa estende-se a partir do limite da área cônica, com desnível em relação à cabeceira limitado em 60 m. Foi retirada dos Planos de Proteção de Aeródromo pela Portaria 256.

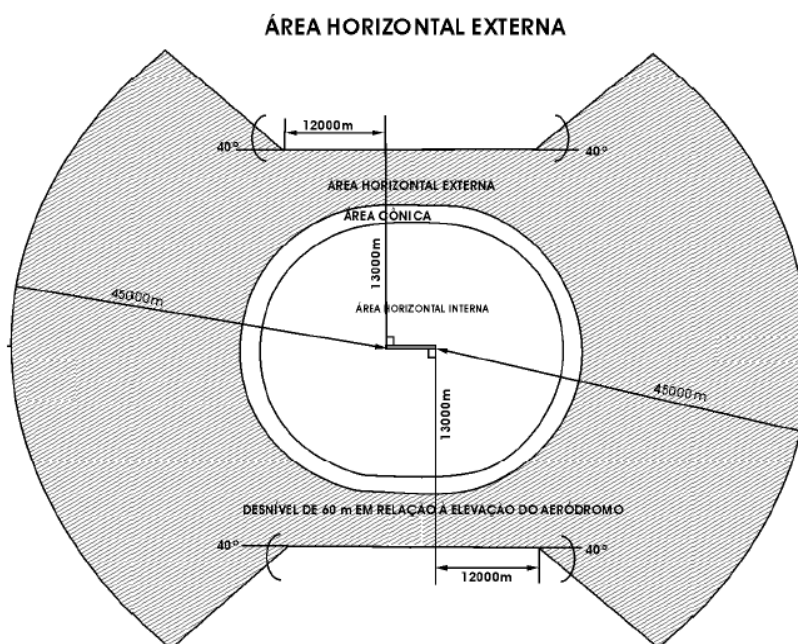


FIGURA 07 – ÁREA HORIZONTAL EXTERNA - PORTARIA 1.141/GM-5 (1987)

2.7. PLANO ESPECÍFICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO

O Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromos - PEZPA gerencia e normatiza padrões nos procedimentos de Tráfego Aéreo, na Zona de Auxílios à Navegação Aérea, na Zona de Proteção dos Helipontos, nos acidentes naturais e artificiais existentes e no desenvolvimento da região e é publicado pelo COMAR em substituição ao Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo, o PBZPA, o qual deve conter: dados sobre localização e nome(s) do(s) aeródromo(s), ato oficial que aprovou o respectivo Plano Específico, gabaritos, restrições a serem observadas, referência aos obstáculos que devam ser sinalizados ou retirados, referência aos pontos proeminentes, localizados na Zona de Proteção e considerados perigosos à navegação, para efeito de sinalização e outros esclarecimentos e informações julgados necessários (BRASIL, 1987).

O PEZPA tem caráter definitivo e leva em consideração as expansões futuras. Após sua aprovação, aproveitamentos que ultrapassem os gabaritos estabelecidos pelo plano não serão permitidos. Um PEZPA somente poderá ser substituído por outro em virtude de determinação do COMAR, pois, são baseados em estudos que levam em consideração os procedimentos locais, os auxílios à navegação aérea dos quais o aeródromo dispõe, acidentes geográficos e os obstáculos existentes. Logo, são mais complexos e mais difíceis de serem lidos, que o Plano Básico, gerando dificuldades em seu entendimento.

Em regiões onde há mais de um aeródromo próximo, apenas um Plano Específico pode ser publicado para os aeródromos envolvidos.

2.8. PORTARIA 71/DGCEA/2005 – PLANO ESPECÍFICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DO AERÓDROMO DE BRASÍLIA/PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHECK

O Plano Específico de Zona de Proteção do Aeródromo de Brasília, abrange duas pistas e, além das faixas de pista, áreas de aproximação e de transição, e área de implantação restrita do VOR/DME, este documento especifica 39 áreas intermediárias (em rampa) e 18 áreas horizontais (BRASIL, 2005).

O Plano Específico de Zona de Proteção do Aeródromo de Brasília estabelece que não seja permitido qualquer tipo de ocupação que viole os gabaritos da faixa de pista, áreas de aproximação e áreas de transição definidos, pois são áreas críticas em termos de segurança de operações aeroportuárias, das pessoas e das propriedades. No entanto, nas áreas horizontais e intermediárias poderão ser autorizados aproveitamentos, sem penalização para os Aeródromos deste plano, mediante estudo aeronáutico específico, realizado pelo Comando da Aeronáutica, o qual comprove que não irão interferir nas operações dos Auxílios à Navegação Aérea e na circulação operacional das aeronaves (BRASIL, 2005).

Ainda na referida Portaria, constam que cabe à autoridade aeronáutica local (COMAR) fiscalizar o cumprimento das restrições nela estabelecidas, com a colaboração das autoridades municipais, estaduais, federais e outras entidades diretamente envolvidas no controle de obstáculos no entorno dos aeroportos.

A Portaria lista também uma série de obstáculos, os quais, embora aceitos de maneira provisória, não justificam a implantação de qualquer outro, mesmo à sua sombra. Ela também normatiza que o administrador do referido aeródromo deve estabelecer contatos com as autoridades municipais, estaduais e federais, no sentido de identificar, dentre os obstáculos citados no Anexo D, aqueles passíveis de remoção, rebaixamento ou realocação e, ainda, manter a vigilância constante para que os novos aproveitamentos não sejam implantados em desacordo com este plano.

2.9. SUPERFÍCIE DO SEGMENTO VISUAL – VSS

De acordo com INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, DOC 8168 – PANS-OPS (2006), é vedada a publicação de qualquer novo procedimento de aproximação por instrumentos em caso de presença de obstáculos na Superfície do Segmento Visual – (*Visual Segment Surface* –VSS) da pista para a qual aquele procedimento for elaborado e, estarão cancelados todos os procedimentos de aproximação por instrumentos para as pistas dos aeródromos cuja VSS estiver violada por obstáculos, com prazo de eliminação dos mesmos até março de 2012. Os possíveis obstáculos existentes à referida superfície deverão ser eliminados, ou deverão ser adotadas medidas mitigadoras, sob pena de cancelamento dos procedimentos supracitados. Como medida mitigadora, podemos citar o deslocamento de cabeceira, o qual ocasiona redução no comprimento de pista e, conseqüentemente, diminuição da capacidade do aeródromo, além da diminuição dos índices de segurança do aeroporto.

A Superfície do Segmento Visual se diferencia dos gabaritos de Zonas de Proteção de Aeródromos na sua configuração e em seus objetivos, pois a Portaria que trata de Zona de Proteção de Aeródromo pressupõe a publicação de Planos Específicos e, por meio deles, e geração de convivência com alguns obstáculos por meio da flexibilidade dos critérios baseada em estudos aeronáuticos. Já no caso da VSS, a qual é mais limitadora, não existe possibilidade alguma de convivência entre ela e obstáculos violadores.

Dentro das características que criam os limites da Superfície do Segmento Visual, distinguem-se os representados na Figura 08 e descritos a seguir:

- Os obstáculos de até 15 metros de desnível em relação à cabeceira não são considerados;

- A VSS começa a partir de um quadrilátero definido a partir de 60 m da cabeceira e com 150 m para cada lado do eixo de pistas códigos 3 e 4 e 75 metros para cada lado do eixo de pistas códigos 1 e 2. Deste ponto começa uma abertura de 15% equivalente a uma angulação de 8, 530.

- Do ângulo de descida projetado para a quase todos os procedimentos de aproximação por instrumentos igual a 3 graus, estabelece-se uma rampa de $3 - 1.12 = 1.88$ graus, que resulta em uma rampa de 1/30.24 m.

Além do controle efetivo sobre implantações executadas ou planejadas na ZPA, deve-se ter total precisão em relação ao controle de obstáculos que invadam a Superfície do Segmento Visual, sob pena de tornar o aeródromo inviável para a aviação comercial. Tal situação causaria sérios prejuízos à população atendida pelo aeroporto cuja VSS fosse violada.

Abaixo está representado a área abrangida pela VSS relacionada aos códigos de pista.

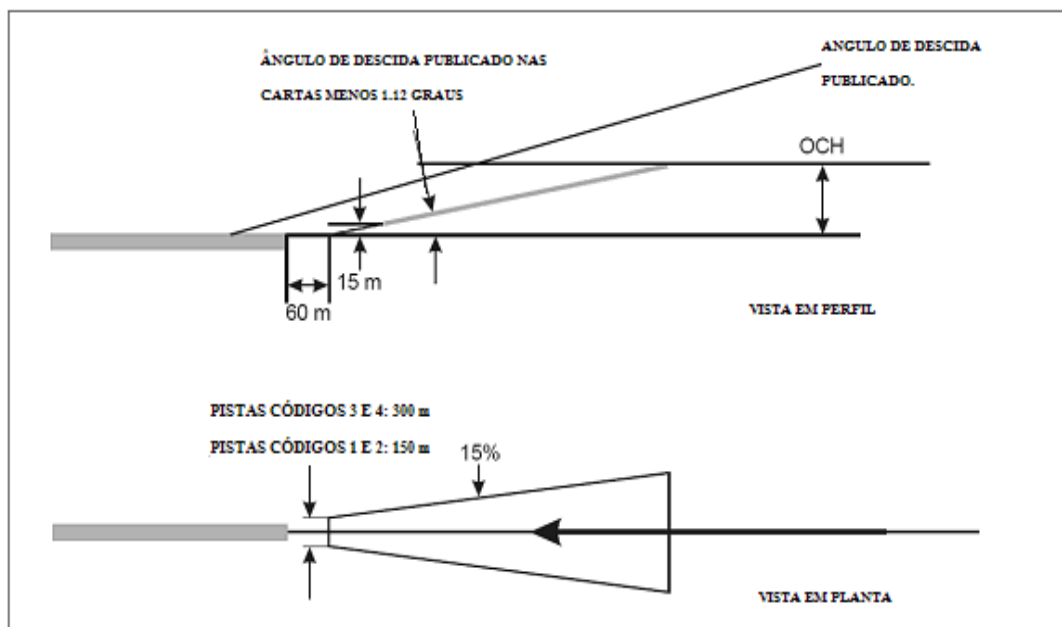


FIGURA 08 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VSS

ADAPTADO DE INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, DOC 8168 – PANS-OPS (2006)

2.10. SATÉLITES

A órbita de um satélite define o seu caminho e também varia em função de sua altitude, sua orientação e de sua rotação em relação à Terra. Os satélites de órbita geoestacionária, os quais se situam em altitudes extremas, captam informações de uma mesma porção do globo terrestre realizando suas órbitas em velocidades iguais às da rotação da Terra. Isso permite que

eles coletam informações constantemente sobre áreas especificadas em terra pelos operadores. Os satélites geoestacionários são, usualmente, utilizados para coleta de dados meteorológicos e de telecomunicações. Os demais satélites seguem a órbita norte-sul. Essa órbita cobre uma faixa da superfície terrestre sempre ao mesmo horário do dia.

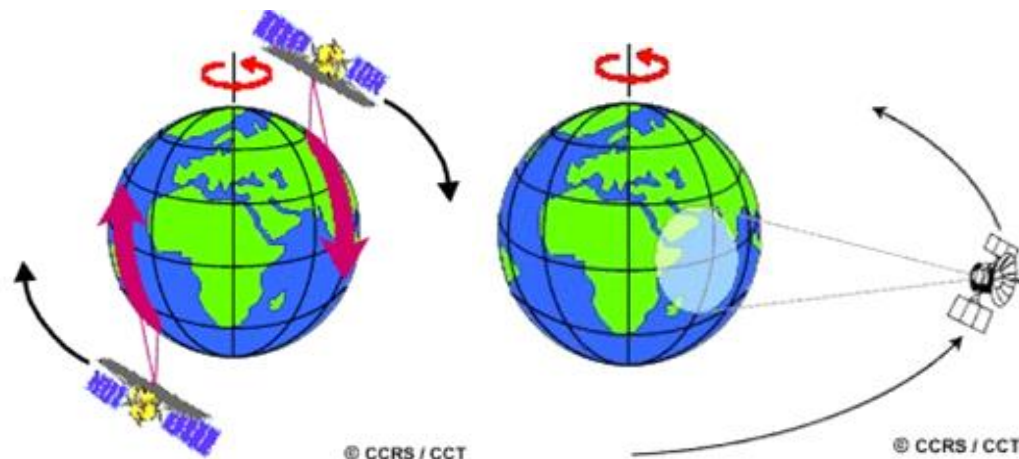


FIGURA 09 – ÓRBITAS SATELITAIS. (Fundamentals of Remote Sensing)

2.11. RESOLUÇÃO

Em sensoriamento remoto, imagens multiespectrais são imagens definidas por quatro (4) tipos de resolução, são elas:

- Resolução Espacial;
- Resolução Espectral;
- Resolução Radiométrica;
- Resolução Temporal.

2.11.1. Resolução Espacial

Conforme CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING (2005), a resolução espacial de uma imagem feita por um sensor de varredura refere-se ao tamanho da menor feição no terreno possível de ser distinguida nas imagens geradas. Quanto menor o objeto reconhecível, melhor é a resolução espacial.

Primeiramente, a resolução espacial de um sensor depende do seu IFOV (*Instantaneous Field Of View – Campo de visão instantâneo*). O IFOV é o cone de visibilidade do sensor e estabelece a área na superfície da Terra que é “vista” a certa altitude em certo momento. A

célula de resolução, determinada pela multiplicação do IFOV pela distância entre o sensor e o solo, determina a máxima resolução espacial de um sensor.

Os satélites comerciais mais comuns de alta resolução espacial são o IKONOS II, o QUICK BIRD e o GEOEYE-1.

A seguir as principais características dos satélites comerciais:

CARACTERÍSTICA	IKONOS	QUICK BIRD	GEOEYE-1
ALTITUDE ORBITAL	681 km	450 km	681 km
TEMPO DE REVISITA	APROXIMADAMENTE 3 DIAS	1 A 3,5 DIAS, DEPENDENDO DA LATITUDE	MENOS DE 3 DIAS
RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA	11 BITS	11 BITS	11 BITS
RESOLUÇÃO ESPACIAL	0,82 M (PANCROMÁTICA) 3.2 M (MULTIESPECTRAL)	0,61 M A 0,72 M (PANCROMÁTICA) 2.44 M A 2.88 M (MULTI ESPECTRAL)	0,41 M (PANCROMÁTICA) 1.65 M (MULTI ESPECTRAL)
FAIXA ESPECTRAL	PANCROMÁTICO: 450-900 nm	PANCROMÁTICO: 450-900 nm	PANCROMÁTICO: 450-800 nm
	AZUL: 450-520 nm	AZUL: 450-520 nm	AZUL: 450-510 nm
	VERDE: 520-600 nm	VERDE: 520-600 nm	VERDE: 510-580 nm
	VERMELHO: 630-690 nm	VERMELHO: 630-690 nm	VERMELHO: 655-690 nm
	INFRA VERMELHO PRÓX: 760-900 nm	INFRA VERMELHO PROXIMO: 760-900 nm	INFRA VERMELHO PROX: 780-920 nm

TABELA 06 – CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES

2.11.2. Resolução Espectral

A imagem produzida no processo de sensoriamento remoto, chamado de imageamento, ocorre pelo registro da energia eletromagnética emitida pelo Sol e refletida pela superfície da Terra. Uma das características da energia eletromagnética é o comprimento de onda e o agrupamento dos diversos comprimentos no espectro eletromagnético (Fig. 12).

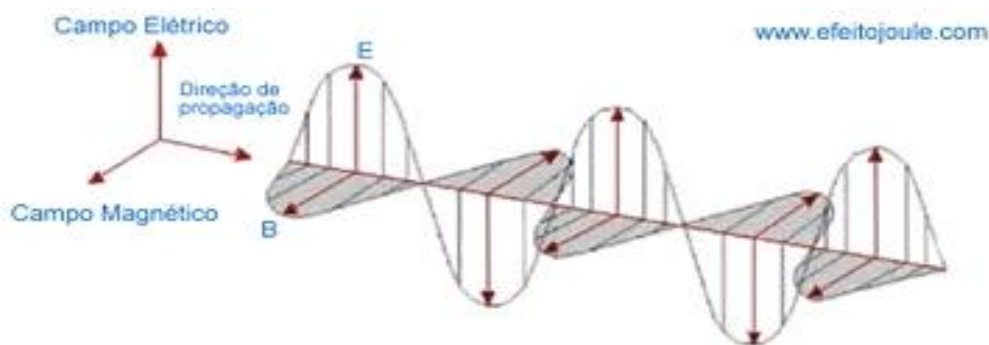


FIGURA 10 – ONDA ELETROMAGNÉTICA

O espectro eletromagnético abrange intervalos que variam dos menores comprimentos, como os Raios Gama, aos maiores, como as ondas de rádio e ondas longas.

A única região do espectro que é visível aos nossos olhos é a região do "visível", formado 12 por cores específicas, diferenciadas por seus comprimentos.

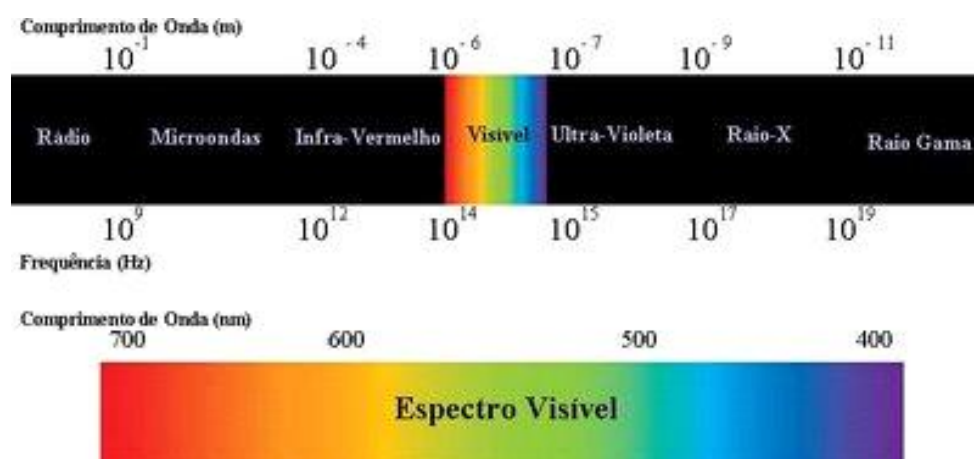


FIGURA 11 – ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E ESPECTRO VISÍVEL

A resolução espectral refere-se à melhor ou à pior identificação dos alvos nas imagens, em função da largura das bandas espectrais em que o sensor esteja operando (MOREIRA, 2001). Quanto menor a largura das faixas do sensor, melhor é sua resolução espectral. Se os detectores de um sensor operam em mais de uma faixa espectral, o sistema é chamado multiespectral ou hiperespectral. Nele a radiação eletromagnética proveniente dos alvos é registrada em várias faixas espectrais. Abaixo o sistema sensor dos satélites *Landsat* (sensor TM), o qual possui 07 (sete) bandas espectrais listadas a seguir:

Banda	Intervalo espectral (μm)
1	(0,45 - 0,52)
2	(0,52 - 0,60)
3	(0,63 - 0,69)
4	(0,76 - 0,90)
5	(1,55 - 1,75)
6	(10,4 - 12,5)
7	(2,08 - 2,35)

TABELA 07 – BANDAS ESPECTRAIS DO SENSOR TM – LANDSAT 5

2.11.3. Resolução Radiométrica:

Resolução radiométrica de um sensor está relacionada à sua sensibilidade e à intensidade da radiação eletromagnética captada por ele. Essa resolução descreve a capacidade de se diferenciar mínimas quantidades de energia. Quanto maior a resolução radiométrica de um sensor, mais sensível ele é para detectar pequenas diferenças de energia refletida ou emitida.

Os valores de intensidade da radiação eletromagnética registrada por um sensor são representados em níveis de cinza que variam de preto (valor de intensidade igual a zero) e branco (valor da máxima intensidade). Assim, a quantidade de níveis de cinza de uma imagem determina o seu detalhamento. O número de níveis de cinza binário, representado por bits, o qual é expresso na forma de potência de base 2 (2^n , onde n é o número de bits). O resultado da potência (2^n) representa o número de níveis de cinza de uma imagem (MOREIRA, 2001).

Uma imagem de 2 bits possui 4 níveis de cinza enquanto uma imagem de 8 bits possui 256 níveis de cinza. Assim, alvos de diversas refletâncias em uma imagem de 2 bits serão agrupados em somente 4 níveis de cinza. Portanto, quanto maior for o número de níveis de cinza, melhor será a resolução radiométrica e maior será a capacidade de distinção de detalhes entre diferentes feições nas imagens.

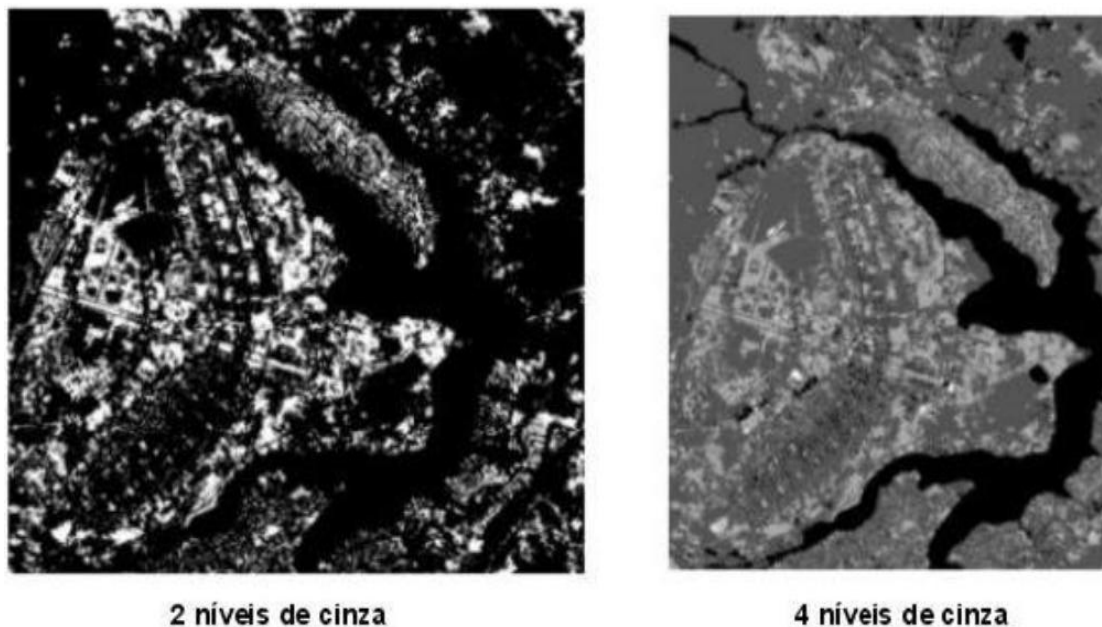


FIGURA 12 – DIFERENÇA NO DETALHAMENTO ENTRE IMAGENS COM 2 E 4 NÍVEIS DE CINZA (MOREIRA 2001)

2.11.4. Resolução Temporal

Define a periodicidade na qual um sensor consegue obter imagens do mesmo local. Essa característica varia em função do tempo de revisita e do tamanho da faixa imageada.

Alguns satélites geoestacionários produzem imagens do mesmo local várias vezes ao dia. São fundamentais para acompanhar a evolução de fenômenos meteorológicos.

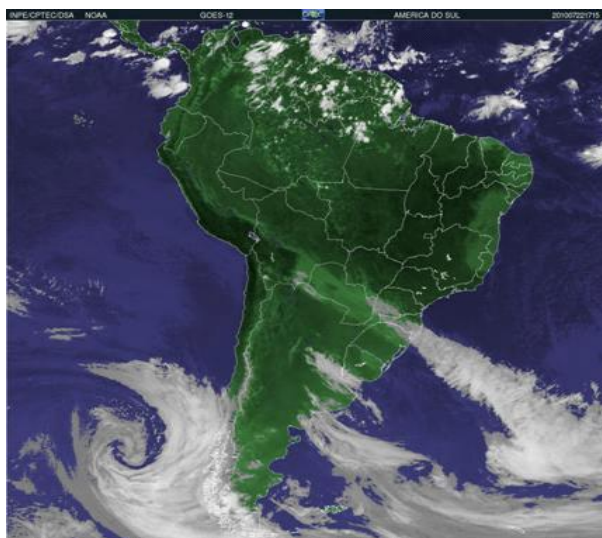


FIGURA 13 – IMAGEM DO SATÉLITE GOES

O processo de aquisição de imagens de satélite de alta resolução pode demorar bem mais tempo que o tempo de passagem do satélite (a maior parte dos satélites comerciais que produzem imagens com pixel inferior a 1 m possui tempo de revisita inferior a sete dias), pois o imageamento da porção da superfície da Terra dependerá da cobertura de nuvens na área de estudo, no momento da passagem do satélite.

2.12. CORREÇÕES GEOMÉTRICAS

O CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING (2005) define que o objetivo das correções geométricas é compensar distorções nas imagens para melhor representar o mundo real durante o processo de imageamento. Uma imagem será considerada geometricamente corrigida, se possuir um sistema de coordenadas cartográficas da área a qual está representando.

A relação entre os sistemas de coordenadas (mapas X imagem), chamada de modelo de geometria orbital, pode ser calculada através do conhecimento dos parâmetros geométricos da órbita do satélite e de outras variáveis ou através da definição de pontos de controle no terreno, os quais devem ser reconhecíveis tanto no mapa (ou no terreno) como na imagem.

2.12.1. Modelos de correção de erros sistemáticos

Este tipo de correção é aplicado pelos operadores dos satélites, com base em informações técnicas dos mesmos, como atitude, altitude e velocidade da plataforma. Esses dados não são disponibilizados para o usuário das imagens e normalmente as mesmas já foram submetidas a essa correção quando fornecidas pelos operadores dos satélites. Porém, como as distorções envolvidas no imageamento não envolvem o sistema de projeção de interesse do usuário, não possuem precisão cartográfica (ISHIKAWA, 2001). Em função dessa baixa precisão há necessidade de fazer uma correção mais refinada, o que comumente é realizado pelo uso de pontos de controle.

2.12.2. Correção Baseada em Pontos de Controle

Esta técnica envolve a identificação de coordenadas de pontos de controle (*ground control points – GCPs*) bem distinguíveis na imagem (linha e coluna), e a transposição deles para suas verdadeiras posições em relação a coordenadas geográficas (latitude e longitude). As coordenadas geográficas devem ser coletadas e sua exatidão varia em função do tamanho do pixel e da acurácia da imagem desejada. Para imagens de alta resolução, visando atingir-se a melhor acurácia possível, devem-se coletar as coordenadas com receptores GPS topográficos ou geodésicos. Já em imagens com pixels maiores de média e baixa resolução espacial, pode-se utilizar mapas com escalas correspondentes ao tipo de trabalho desejado para a coleta das coordenadas dos pontos de controle. Deve-se, no entanto, atentar para a compatibilidade entre o tamanho do pixel, a escala do mapa e a escala desejada na imagem corrigida.

Conforme o CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING (2005), uma vez que vários pontos de controle bem distribuídos forem identificados, as correções geométricas são procedidas através de polinômios estabelecidos em função dos parâmetros de transformação entre as coordenadas de origem e as coordenadas de destino. A Figura 22 representa a correlação entre sistemas de coordenadas de origem e de destino.

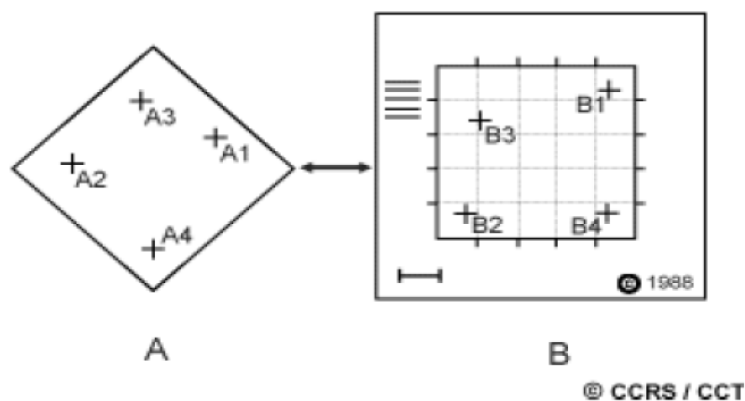


FIGURA 14 – PROCESSO CORREÇÃO GEOMÉTRICA BASEADA EM PONTOS DE CONTROLE - FONTE: CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING (2005)

2.12.3. Georreferenciamento:

O georreferenciamento é uma correção geométrica que transforma um sistema raster (linhas, colunas) para um sistema raster (referenciado a Terra - coordenadas E, N). Neste sentido, é necessário o conhecimento da relação matemática existente entre a imagem e o terreno. Essa relação é dada através de parâmetros de transformação que podem ser determinados por pontos de controle. Nesse sentido, pode-se afirmar que o georreferenciamento é a etapa do processo de correções geométricas através do qual se estabelece um sistema de coordenadas referenciado à Terra, sendo realizado pelos processos de correções geométricas, descritos nos itens anteriores.

2.12.4. Ortorretificação

Ortorretificação é o processo de correção geométrica baseada em modelo fotogramétrico e em modelo de elevação do terreno, o qual transforma imagens com perspectiva central (com os raios de luz dos diferentes pontos imageados, passando por um só ponto: o centro de perspectiva) em imagens em perspectiva ortogonal (com os raios ortogonais projetados a partir da região imageada). Segundo ZANARDI (2006, apud MARTINS, 2010) é através desse processo que a distorção radial e os efeitos relativos ao relevo na região imageada são eliminados.

O caminho mais eficiente de se ortorretificar uma imagem de satélite é incluir um Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT) no processo de correção geométrica. Os operadores dos satélites fornecem junto com as imagens, parâmetros que permitem a ortorretificação pelo próprio cliente. Ao invés de abrir o modelo de geometria do sensor e fornecer os parâmetros orbitais (efemérides e atitude), os operadores fornecem coeficientes de polinômios racionais (RPC – *Rational Polynomial Coefficients*).

O modelo de ortorretificação por polinômios racionais, relaciona cada ponto da imagem ortorretificada com um ponto da imagem geometricamente corrigida, por meio dos RPC's.

2.13. Modelo Digital de Terreno SRTM

De acordo com ROCHA (2002, apud MARTINS, 2010) os Modelos Digitais do Terreno (MDT) são representações de informações específicas que acompanham os dados sobre localização da área imageada. Representam, matematicamente e computacionalmente, a ocorrência de um determinado fenômeno espacialmente distribuído numa região limitada da superfície terrestre. Eles podem ser utilizados para demonstração de eventos, como ocorrências de dados climatológicos ou informações sobre elevação do terreno. No caso dos dados de elevação, esses modelos chamam-se também Modelos Digitais de Elevação do Terreno (MDET) e, que

segundo, dentre as diversas utilidades para os Modelos Digitais de Elevação do Terreno, está o processo de ortorretificação de imagens.

A aquisição dos dados para a elaboração do Modelo Digital de Elevação do Terreno pode ser feita pelos seguintes métodos:

- levantamentos de campo;
- digitalização de mapas;
- medidas fotogramétricas a partir de modelos estereoscópicos e ;
- dados altimétricos adquiridos de GPS, aviões, satélites e radares.

Utilizarei neste trabalho dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) como Modelo Digital de Elevação do Terreno. Uma missão liderada pela NASA, em parceria com as agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI). A altitude de pontos no terreno é obtida através da medição da diferença de fase entre duas imagens radar sobre um mesmo local na Terra.

2.14. Sistemas Geodésicos de Referência

Três superfícies são fundamentais para se entender o que é um sistema geodésico de referência, são elas:

- A superfície física da terra, ao longo da qual são realizadas as medidas topográficas;
- A superfície do modelo geométrico, por vezes denominada superfície de referência, sobre a qual são efetuados os cálculos geodésicos, que na grande maioria das vezes é o elipsóide de revolução;
- E o Geóide, que é uma superfície equipotencial do campo da gravidade, especificamente, aquele que mais se aproxima do “nível médio dos oceanos”.

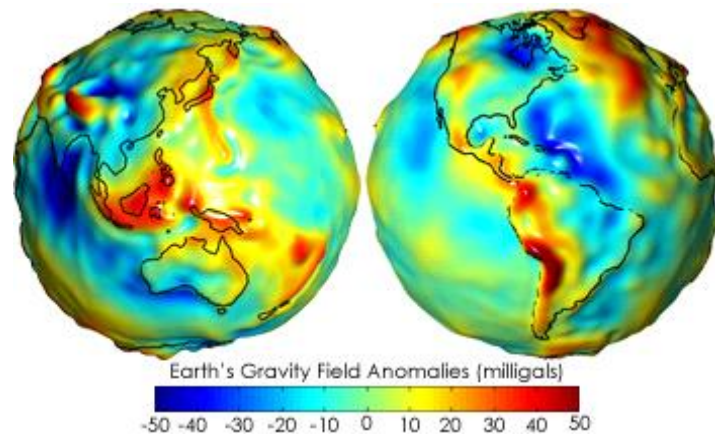


FIGURA 15 – GEÓIDE – ANOMALIAS DO CAMPO GRAVITACIONAL DA TERRA -
FONTE: NASA - 2011

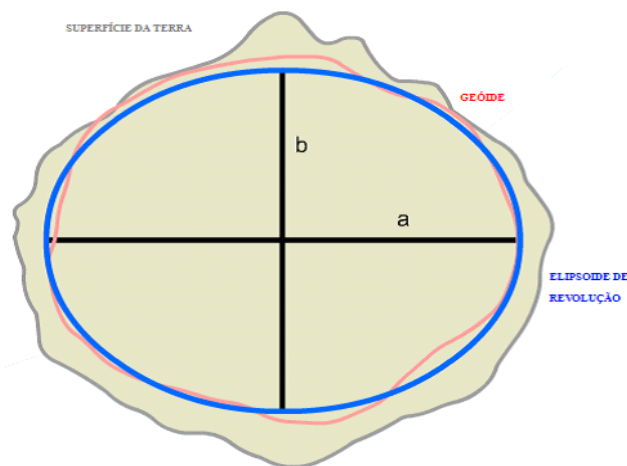


FIGURA 16 – GEÓIDE, ELIPSÓIDE DE REVOLUÇÃO E SUPERFÍCIE DA TERRA
FONTE: SITE DO IBGE - 2011

O Geóide, em função de suas deformações, não pode ser reproduzido por uma fórmula matemática. Então criou-se uma fórmula que representasse a aproximação mais fiel da forma e dimensão da Terra: o Elipsóide de Revolução. Desta forma, foram estabelecidos vários elipsóides, relacionados aos países e regiões, cada qual com suas próprias definições. Então, para cada país ou região se padronizou um sistema de coordenadas referido a um elipsóide, definindo assim, seu próprio Sistema Geodésico de Referência, os quais são materializados pelo DATUM: um ponto que determina a sua orientação. Quando este ponto localiza-se na superfície da Terra, os Sistemas Geodésicos de Referência são chamados Topocêntricos (ex: SAD 69-South American Datum 1969).

O WGS84 e o SIRGAS 2000 são os Sistemas Geodésicos de Referência mais atuais, e tem sua orientação no centro de massa da Terra. Eles são mais utilizados pelos Sistemas Globais de Navegação Por Satélite – GNSS / Global Navigation Satellite System.

2.15. GPS

O GPS permite que um usuário, em qualquer local da superfície terrestre, ou próximo a esta, tenha disponível, no mínimo quatro satélites para rastrear, indicando seu posicionamento em tempo real. Além disso, o GPS pode ser utilizado sob quaisquer condições climáticas.

O GPS mede as distâncias entre o usuário e quatro satélites. Após o levantamento dessas coordenadas dos satélites relacionadas a um sistema de referência, é possível, então, calcular as coordenadas da antena do GPS do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites. Geometricamente, apenas três distâncias, de planos diferentes, seriam suficientes.

O sistema GPS foi posto em uso no dia 27 de abril de 1985, com 24 satélites. Em junho de 2007, havia 30 satélites em órbita no sistema.

2.15.1. Características dos Sinais do GPS

Segundo MONICO (2007, apud MARTINS, 2010) define que, atualmente, cada satélite GPS transmite duas ondas portadoras, chamadas L1 e L2. Elas são geradas na frequência fundamental de 10,23 MHz, a qual é multiplicada por 154 e 120, respectivamente. Assim, as frequências (L) e os correspondentes comprimentos de onda são:

- L1 = 1575,42 MHz e $\lambda = 19$ cm;
- L2 = 1227,60 MHz e $\lambda = 24$ cm.

Essas frequências, geradas simultaneamente, permitem aos usuários, que seja feita a correção de grande parte dos efeitos causados pela ionosfera.

2.15.2. Erros envolvidos nas observáveis GPS:

As observáveis GPS estão sujeitas a erros sistemáticos, aleatórios e grosseiros, assim como todas as observáveis envolvidas nos processos de medidas.

Erros sistemáticos podem ser parametrizados, reduzidos ou até eliminados com técnicas apropriadas de observação. Os erros aleatórios não apresentam qualquer relação funcional com as medidas e são, em geral, as discrepâncias restantes nas observações, depois que os erros grosseiros e sistemáticos forem eliminados. Conforme MONICO (2007, apud MARTINS, 2010) os erros envolvidos no posicionamento pelo GPS de acordo com suas fontes, podem vir de fontes como: os satélites, a propagação do sinal, o receptor/antena e a própria estação.

FONTES	ERROS
SATÉLITE	ERRO NA ÓRBITA
	ERRO NO RELÓGIO

	RELATIVIDADE
	ATRASSO ENTRE DUAS PORTADOREAS NO <i>HARDWARE</i> DO SATÉLITE
	CENTRO DE FASE DA ANTENA DO SATÉLITE
PROPAGAÇÃO DO SINAL	FASE <i>WIND-UP</i>
	REFRAÇÃO TROPOSFÉRICA
	REFRAÇÃO IONOSFÉRICA
	PERDAS DE CICLOS
	MULTICAMINHOS OU SINAIS REFLETIDOS
	ROTAÇÃO DA TERRA
RECEPTOR/ANTENA	ERRO DO RELÓGIO
	ERRO ENTRE OS CANAIS
	CANTRO DE FASE DA ANTENA DO RECEPTOR
	ATRASSO ENTRE AS DUAS PORTADORAS NO <i>HARDWARE</i> DO RECEPTOR
	FASE <i>WIND-UP</i>
ESTAÇÃO (alguns erros são, na verdade, efeitos geodinâmicos, os quais devem ser corrigidos)	ERRO NAS COORDENADAS
	MULTICAMINHOS OU SINAIS REFLETIDOS
	MARÉS TERRESTRES
	MOVIMENTO DO PÓLO
	CARGA OCEÂNICA
	PRESSÃO DA ATMOSFERA

TABELA 08 - FONTES DE ERROS ENVOLVIDOS NA PROPAGAÇÃO DOS SINAIS GPS - FONTE: MONICO (2007)

2.15.3. Ajustamento de Redes GPS

De acordo com DA SILVA & MONICO (2007, apud MARTINS, 2010), o ajustamento feito pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) pode ser executado aplicando-se o método paramétrico, através do modelo das equações de observações; o método dos correlatos, através do modelo das equações de condição ou aplicando-se o método combinado. O método paramétrico é o mais comumente utilizado para se ajustar redes GPS.

2.16. Método de Posicionamento Relativo

Neste trabalho, foi utilizado o Método de Posicionamento Relativo, que segundo MONICO (2007, apud. MARTINS, 2010) é quando as coordenadas determinadas estão relacionadas a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. O objeto pode estar em repouso ou em movimento, o que gera um complemento à classificação com respeito ao referencial adotado. Trata-se de um posicionamento cinemático.

No posicionamento relativo, um ponto tem sua posição determinada com relação à posição de outros, de coordenadas conhecidas, as quais devem estar referenciadas ao WGS84, ou em um sistema compatível (SIRGAS2000, ITRF2000, ITRF2005 ou IGS 05). Neste caso, os elementos da linha base (linha que liga a estação de referência à estação de interesse), ou seja, ΔX , ΔY e ΔZ , são estimados e, quando acrescidos às coordenadas da estação-base ou de referência, proporcionam as coordenadas da estação desejada.

O usuário tem que dispor de dois ou mais receptores. No entanto, com o advento dos chamados Sistemas de Controle Ativos (SCA), que tem como exemplo a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC. Dispondo de apenas um receptor, o usuário se posiciona acessando os dados de uma ou mais estações pertencentes ao SCA, e introduzindo o seu sistema de referência via coordenadas das estações de referência. O posicionamento relativo pode ser: estático, estático-rápido (usado neste trabalho), semicinemático e cinemático.

No posicionamento relativo dois ou mais receptores rastreiam, ao mesmo tempo, pelo menos dois satélites comuns. Nos casos em que se tem as duas observáveis, os resultados são melhores em termos de acurácia. O período de tempo de rastreamento pode durar de, no mínimo 20 minutos, até algumas horas. Os casos envolvendo períodos curtos de ocupação, até 20 minutos, são chamados de posicionamento estático rápido. No posicionamento relativo estático é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência (L1 e L2) nas redes geodésicas em que as linhas-base envolvidas forem longas (maiores que 15 Km) e a precisão requerida for melhor que 1 ppm.

Como neste trabalho objetiva-se a máxima acurácia, será adotado este tipo de posicionamento, com ocupação mínima de 30 minutos em cada estação, tendo duas estações de referência, uma L1/L2, da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) e outra, com Receptor L1, instalado sobre Marco Geodésico estabelecido pelo ICA – Instituto de Cartografia Aeronáutica, dentro do aeródromo. Os dados dos Marcos Geodésicos implantados pelo ICA estão apresentados em lista de marcos geodésicos daquele Instituto no Aeroporto utilizado para estudo, constante do ANEXO.

2.17. Arquivos RINEX

O arquivo RINEX (Receiver Independent Exchange Format), dialoga com dados coletados por vários modelos e marcas de receptores. Assim, qualquer receptor que colete, armazene e permita a extração de dados GPS registrados, será capaz de gravar dados no formato RINEX e assim, todos os softwares de processamento de dados GPS serão capazes de interpretar esse tipo de arquivo.

2.18. RBMC

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, criada e mantida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE é composta por receptores de dupla frequência (L1/L2), os quais rastreiam continuamente marcos geodésicos de coordenadas bem definidas. Conforme o IBGE, antes da RBMC, o usuário interessado em obter as coordenadas geodésicas de um ponto qualquer em território nacional, através do uso de GPS, era obrigado a utilizar dois receptores, um locado no ponto de seu interesse e outro num marco do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) próximo, o qual funciona como o ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade do usuário imobilizar um receptor em um ponto.

A RBMC possui receptores de alto desempenho que produzem observações de grande qualidade e confiabilidade.

Para obterem-se os dados da RBMC e os arquivos RINEX referentes ao(s) dia(s) escolhido(s), basta acessar cadastrar-se no Sítio de Internet do IBGE, através do seguinte endereço:

http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/download/tela_inicial.php?tipo=8.

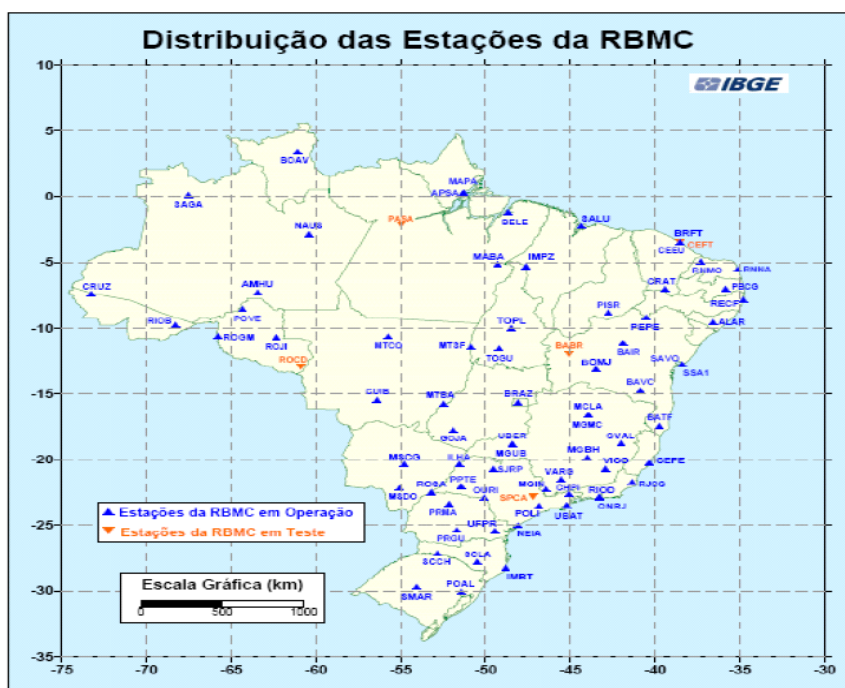


FIGURA 17 – DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES RBMC NO BRASIL

FONTE: IBGE (2011)

3. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

3.1. Objetivos

O presente trabalho de especialização tem como objetivo geral sistematizar o uso de imagens de satélite de alta resolução na produção de cartas imagens utilizadas na gestão de áreas aeroportuárias.

3.2. Objetivos Específicos

- Definir a fonte de informação necessária a elaboração de cartas imagens utilizadas no gerenciamento de áreas aeroportuárias;
- Elaborar cartas-imagens dos Planos Básicos e Específicos de Zona de Proteção de Aeródromo, Área de Segurança Aeroportuária – ASA, Planos de Zoneamento de Ruído, Plano Básico de Gerenciamento de Risco Aviário e Superfície do Segmento Visual - VSS

3.3. Justificativa

A gerência de áreas aeroportuárias e de seu entorno se estabelece através de uma relação de diálogo e negociações entre o Comando da Aeronáutica, as autoridades municipais, estaduais e os administradores de aeroportos. Diante disso, a divisão de responsabilidades de cada parte se torna, muitas vezes, confusa, gerando mal entendidos e dificultando a gestão das referidas áreas.

Ao Comando da Aeronáutica (Comandos Aéreos Regionais – COMAR) cabe fiscalizar e impedir que se construa ou implante qualquer obstáculo de forma irregular e violador dos gabaritos definidos pelos Planos de Zona de Proteção de aeródromo. Às autoridades municipais e estaduais cabe a tarefa de controlar o crescimento urbano e as novas implantações no entorno dos aeroportos, pois através dos planos diretores e das Leis de Uso do Solo, estas autoridades devem controlar qualquer tipo de uso e ocupação do solo. Aos administradores de Aeroportos, por sua vez, compete controlar as implantações internas aos sítios aeroportuários. Porém, devido ao tipo de atividade desenvolvida em aeroportos, seus administradores estão obrigados a possuir uma maior conexão com as normas de controle de obstáculos no entorno aeroportuário.

No entanto, apesar de tantos fatores envolvidos no processo de gestão das áreas aeroportuárias e seu entorno, ainda há a problemática da gerência/controle do crescimento urbano ao redor dos aeroportos. Nesse contexto, este trabalho pretende sistematizar o uso de imagens de satélites de alta resolução, aliado ao geoprocessamento, na gestão de áreas aeroportuárias e seu entorno, ferramentas que se apresentam como uma alternativa eficaz na administração dessas áreas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da metodologia descrita no item 4.2 foram utilizados equipamentos e softwares. Através dos mesmos foram associados trabalhos de campo a processamentos e análises em laboratório.

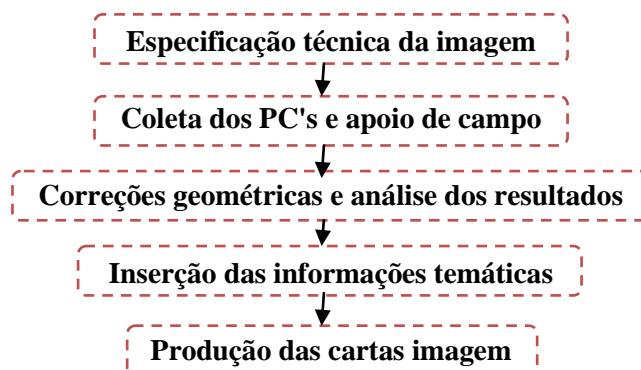
4.1. MATERIAIS UTILIZADOS

Foram utilizados uma imagem de satélite de alta resolução, 02 (dois) GPS L1 e respectivos acessórios, softwares de processamento de dados GPS, ajustamento de redes, processamento digital de imagens, cartografia digital e de elaboração de Sistemas de Informações Geográficas, além de um notebook para integração e processamento dos dados e veículo para deslocamento entre os locais selecionados como pontos de controle. Os materiais utilizados estão listados detalhadamente abaixo:

- a) 01 (uma) Imagem de alta resolução WORLDVIEW, datada de 05 de julho de 2010;
- b) 01 (uma) Imagem de Satélite LANDSAT, do ano de 2010;
- c) 01 (um) Notebook dual core, com 2 GB de memória RAM e 120 GB de HD;
- d) Aplicativo RSI ENVI;
- e) Aplicativo ESRI – Arc GIS;
- f) Aplicativo CONVERT TO RINEX 2.0.3.0
- g) Aplicativo Data Transfer 1.52;
- h) Aplicativo TGOOffice – Trimble Geomatic Office;
- i) 01 (um) par de receptores GPS Topográficos - L1, marca TRIMBLE, modelo R3;
- j) 01 (um) receptor GPS Geodésico – L1/L2, marca TRIMBLE, modelo 5700;
- k) 03 (três) Tripés com 03 (três) bases nivelantes;
- l) 01 (uma) Trena;
- m) 01 (uma) Máquina fotográfica;
- n) 01 (um) Automóvel.

4.2. METODOLOGIA

A execução do trabalho seguiu a sequência de eventos relacionada no esquema a seguir. O esquema é um fluxograma que visa à representação simplificada das etapas para produção das cartas imagens do Aeródromo de Brasília.



4.2.1. Especificação Técnica da Imagem

Dentre os principais itens constantes da especificação técnica para a imagem necessária à produção das cartas imagem de aeródromos, destaca-se:

- Tamanho máximo de pixel 61cm;
- Resolução radiométrica mínima 11bits;
- Bandas espectrais separadas em Sistema Geodésico de Referência SIRGAS e outro em SAD 692000;
- Cobertura de nuvens igual ou inferior a 1%;
- Arquivo de Coeficientes dos Polinômios Racionais (RPC - *Rational Polynomial Coefficient*, ou similar;
- Composição colorida georreferenciada, em dois arquivos, sendo um em SIRGAS 2000 e outro em SAD 69;
- Imageamento ocorrido em período igual ou inferior a 12 (doze) meses da data do contrato de compra;

- A área descrita deverá ser representada por imagem de apenas um sensor. Caso a área definida para uma determinada região, seja abrangida em parte, por cena de um sensor, e outra parte complementar por cena de outro sensor, o mosaico dessas duas imagens não poderá ser utilizado;
- As fornecidas em mídia (CD ou DVD), nos quais deverão constar a imagem original em bandas espectrais separadas com seu respectivo arquivo RPC.

4.2.1.1. Área do estudo

Após a definição do Aeroporto Internacional de Brasília / Presidente Juscelino Kubitschek como o local para o desenvolvimento deste trabalho seguiu-se a definição do tamanho da imagem a ser adquirida. Levando-se em consideração que este trabalho tem por objetivo gerar uma ferramenta de baixo custo de investimento e de fácil e ágil aplicação para a utilização de imagens de alta resolução no gerenciamento de zonas de proteção de aeródromos, definiu-se a abrangência da área de estudo em função do critério das necessidades operacionais e que ao mesmo tempo não represente desperdício de recursos. Essa preocupação está presente, tendo em vista que o valor de uma imagem de satélite de alta resolução varia conforme a área da mesma. A definição da área levou em consideração os procedimentos de pouso das aeronaves, pois, nesses procedimentos, os aviões estão mais sujeitos aos riscos causados por obstáculos.

Após especificação técnica, e ocorrido todo o processo de licitação, foi adquirida uma Imagem WORLDVIEW, datada de 05 de julho de 2010.

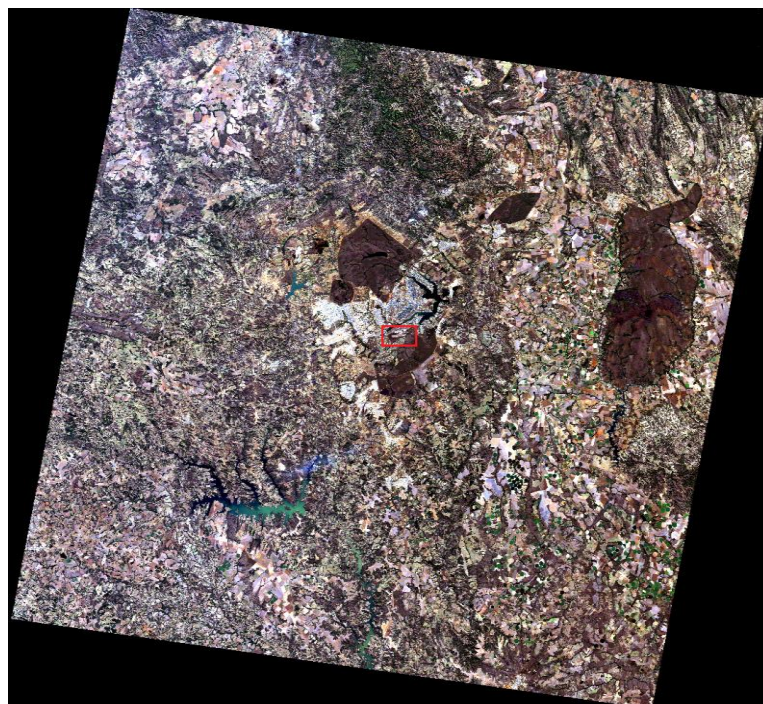


FIGURA 18 – COMPOSIÇÃO RGB - 321 DA IMAGEM WORLDVIEW COM A ÁREA SELECIONADA PARA O ESTUDO EM VERMELHO

A área da imagem deste estudo situa-se no Distrito Federal e corresponde ao Aeroporto Internacional de Brasília e seu entorno. Possui 77 Km², e é delimitada pelo polígono formado pelos quatro vértices abaixo especificados, em coordenadas geográficas, no Sistema Geodésico de Referência WGS84:

- 1) 15° 50' 33,7994"S 47° 51' 52,2206"W
- 2) 15° 54' 03,6619"S 47° 51' 37,5089"W
- 3) 15° 54' 29,1755"S 47° 58' 22,0288"W
- 4) 15° 51' 00,2246"S 47° 58' 36,0436"W

O processamento da imagem foi realizado com o uso do aplicativo RSI ENVI 4.3, através do qual foram selecionadas as 03 (três) bandas espectrais da imagem adquirida, utilizadas para a composição colorida RGB - 321. A imagem resultante está representada pela Figura 33:



FIGURA 19 – IMAGEM RECORTADA DENTRO DAS COORDENADAS DELIMITADORAS DOS 77 KM² - COMPOSIÇÃO COLORIDA – RGB 321

4.2.2. Coleta dos PC's e apoio de campo

Considerando-se que qualquer técnica de levantamento e medição envolve erros, sejam eles erros aleatórios, sistemáticos ou grosseiros e considerando-se que este trabalho objetiva a implantação de um modelo 2D, analisou-se o erro horizontal máximo a ser considerado aceitável em função de sua influência na análise de rampas e na determinação da altitude

máxima permitida para implantações nas superfícies limitadoras de obstáculos. Dessa forma, considerou-se a rampa de 1/5, pois sendo esta rampa a de menor denominador admitido, ela será a que sofrerá maior influência em função do valor de um erro inserido no denominador (MARTINS, 2010). Sendo assim, levando-se em consideração essa rampa, a menos restritiva e aquela cujo erro horizontal resultará em maior erro vertical na determinação da altura do obstáculo e considerando-se que qualquer levantamento envolve erros, estabeleceu-se um erro vertical limite de 0,6 m e a partir dele, chegou-se ao valor de 3 m de erro horizontal ($0,6 = X/50 \Rightarrow X = 3$ m). Em função dos denominadores maiores, as outras rampas são afetadas com erros verticais menores, por exemplo, em uma Rampa 1/50, o mesmo erro horizontal de 3 m resultará em um erro vertical na determinação da altura máxima de apenas 6 cm. Ressalta-se que o erro de 3 m é o máximo estipulado por este estudo e que este trabalho busca o menor erro possível.

Os pontos de apoio em campo devem ser escolhidos pela sua facilidade de identificação no terreno e os mesmos devem ser coletados com receptores GPS, objetivando a máxima acurácia nas coordenadas. A técnica de coleta com receptores GPS e processamento dos dados coletados define a qualidade das coordenadas dos pontos de apoio de campo.

Sendo assim, adotou-se a técnica de coleta de coordenadas através do posicionamento *fast static*, utilizando-se como base um marco geodésico implantado pelo Instituto de Cartografia Aeronáutica – ICA no Sítio Aeroportuário do Aeroporto Internacional de Brasília/Pres. Juscelino Kubitschek. Para cada ponto coletado, foi instalado um GPS Geodésico – L1/L2 como base sobre o marco geodésico estabelecido pelo ICA e outro dois GPS Topográficos L1 e L2 sobre os pontos de interesse, com tempo de rastreamento de 30 minutos.

Aplicando-se a equação de Pereira (1978), adaptada por Rocha (2002, apud MARTINS, 2010), foram inseridos os valores de tamanho de pixel e tamanho da área da imagem, estabeleceu-se o parâmetro de $k = 1/3$ vezes o valor do pixel, ou seja, uma proporção entre desvio padrão e média amostral de 1/3 do tamanho do pixel e um erro amostral relativo de 12%. Considerando-se uma expectativa de um intervalo de confiança de 90%, chegou-se ao valor de 20,46 pontos, que arredondados para o valor superior mais próximo, foi determinada a quantidade de 21 pontos de apoio em campo para o georreferenciamento da imagem. Esses valores de erro amostral, proporção entre valor de desvio padrão e média amostral e intervalo de confiança foram estabelecidos em função da técnica de coleta de pontos de controle a ser aplicada e em função da disponibilidade de tempo e do custo envolvido na coleta de pontos de controle.

Para o estudo do Aeroporto Juscelino Kubitschek, foram estabelecidos 22 pontos, com coletas de coordenadas por período mínimo de 30 minutos, considerando-se o tempo de deslocamento entre um ponto e outro. Foi adotado o Sistema Geodésico de Referência WGS84.

Após a coleta dos dados, foram extraídos os arquivos de registros de dados de coleta, chamados “RINEX”, para o processamento.

Depois de coletados os pontos, os mesmos foram transformados para arquivos RINEX, através do aplicativo CONVERT TO RINEX e analisados e corrigidos os erros de imageamento nos sinais emitidos pelos satélites pelo software do próprio fabricante dos aparelhos GPS TRIMBLE (TGOoffice). Fixados e corrigidos, os pontos são exportados em formatos que possam ser lidos pelo software ENVI e aplicados nos processos de georreferenciamento e ortorretificação da imagem de alta resolução.

O levantamento dos pontos de apoio foi realizado nos dias 27/06/2011 (manhã e tarde), 28/06/2011 (manhã e tarde), e 29/06/2011 (manhã e tarde).

Abaixo estão listados os dados dos pontos de apoio em campo após o processamento:

PONTO	Direção N (m)	Erro N	Direção E (m)	Erro L	Elevação (m)
BR01	8245283,483	0,007	181892,493	0,007	1073,204
BR02	8243053,314	0,011	182350,972	0,013	1039,103
BR03	8241570,666	0,013	182267,287	0,012	1066,073
BR04	8239196,762	0,014	181799,712	0,012	1141,122
BR05	8240266,419	0,012	186019,156	0,012	1055,665
BR06	8241949,037	0,011	185453,489	0,009	1061,064
BR07	8243398,217	0,05	187145,438	0,036	1057,825
BR08	8244205,61	0,08	192244,684	0,344	1018,007
BR09	8242775,597	0,063	192650,044	0,363	1093,33
BR10	8243080,922	0,014	184141,252	0,014	1043,426
BR11	8245263,216	0,006	184262,067	0,005	1037,712
BR12	8244693,68	0,007	187035,957	0,007	1030,307
BR13 (base)	8242216,328	0,003	188141,661	0,003	1042,777
BR 14	8240015,937	0,017	187322,273	0,019	1088,03
BR 15	8243565,052	0,014	188979,835	0,017	1054,043
BR 16	8245321,093	0,009	189107,311	0,008	1036,863
BR 17	8245161,109	0,012	191858,226	0,01	1028,804
BR 18	8242543,88	0,005	188919,87	0,006	1021,401
BR 19	8244105,864	0,011	186854,103	0,011	1049,132
BR 20	8243236,347	0,036	188233,101	0,027	1055,534
BR 21	8243292,166	0,032	186173,075	0,026	1056,781
BR 22	8243340,585	0,018	187909,502	0,017	1055,62

TABELA 09 – COORDENADAS DOS PONTOS DE APOIO EM CAMPO

Definido o número de pontos necessários, visando a distribuição o mais homogênea possível de pontos de apoio sobre a imagem, a mesma foi dividida em vinte quadrantes,

procurando-se dentro do possível, densificar um número maior de pontos nas proximidades do aeroporto. A seguir o mapa de trabalho para a coleta de pontos no Aeroporto de Brasília e entorno, com os pontos denominados de BR01 (ponto 1), BR02 (ponto 2), e assim sucessivamente. No mapa constam também alguns equipamentos de navegação aérea importantes para o estudo.



FIGURA 20 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE DA IMAGEM DO AEROPORTO PRES. JUSCELINO KUBITSCHECK

4.2.3. Correções Geométricas e Análise dos Resultados

Em função da dificuldade de obtenção de modelos digitais de elevação com equidistância vertical das curvas de nível de um metro e visando utilizar uma solução gratuita e também considerando-se que, por questão de segurança operacional, as áreas das proximidades dos aeroportos são planas e assim não sofrem grandes distorções radiais devido ao relevo, optou-se pela utilização do modelo digital de elevação do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Assim, foi realizado o download dos arquivos “.hgt”, no Sítio de INTERNET da NASA, para que, após integração dos mesmos, eles fizessem parte do processo de ortorretificação da imagem.

O georreferenciamento foi executado juntamente com a ortorretificação através do Software RSI ENVI, utilizando-se o Modelo Digital de Elevação do SRTM, o arquivo RPC fornecido juntamente com a imagem de satélite e os 21 pontos de controle, com suas respectivas altitudes. A realização do georreferenciamento juntamente com a ortorretificação torna-se vantajosa devido ao fato de que os Pontos de Controle de Solo são utilizados como injunções no processo de ortorretificação.

No processo de análise geométrica, foi feita a comparação entre as coordenadas dos pontos obtidas pelo GPS com as coordenadas dos mesmos pontos lidas na imagem após o processo de ortorretificação.

Na tabela a seguir constam as comparações entre as coordenadas, a média e o desvio padrão das diferenças observadas. Pode-se considerar que as coordenadas da imagem ortorretificada apresentam um erro médio de 1,42 m, com desvio padrão de 0,89.

ESTAÇÃO	GPS		IMAGEM		DIFERENÇA	MÉDIA (m)	DESVIO PADRÃO (m)	VARIÂNCIA (m)
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)				
BR01	181892,493	8245283,483	181895,000	8245282,000	2,913	1,427	0,895	0,801
BR02	182350,972	8243053,314	182351,500	8243053,000	0,614			
BR03	182267,287	8241570,666	182271,000	8241570,000	3,772			
BR04	181799,712	8239196,762	181799,000	8239197,000	0,751			
BR05	186019,156	8240266,419	186021,000	8240266,000	1,891			
BR06	185453,489	8241949,037	185456,000	8241948,000	2,717			
BR07	187145,438	8243398,217	187146,500	8243398,000	1,084			
BR08	192244,684	8244205,610	192243,000	8244206,500	1,905			
BR09	192650,044	8242775,597	192650,000	8242774,500	1,098			
BR10	184141,252	8243080,922	184141,500	8243081,500	0,629			
BR11	184262,067	8245263,216	184262,000	8245264,000	0,787			
BR12	187035,957	8244693,680	187037,000	8244694,000	1,091			
BR13 (base)	188141,661	8242216,328	188142,000	8242216,500	0,380			

BR 14	187322,273	8240015,937	187321,000	8240016,000	1,275			
BR 15	188979,835	8243565,052	188979,500	8243566,000	1,005			
BR 16	189107,311	8245321,093	189105,000	8245321,000	2,313			
BR 17	191858,226	8245161,109	191856,000	8245161,000	2,229			
BR 18	188919,870	8242543,880	188921,000	8242544,000	1,136			
BR 19	186854,103	8244105,864	186854,500	8244105,500	0,539			
BR 20	188233,101	8243236,347	188233,500	8243236,000	0,529			
BR 21	186173,075	8243292,166	186174,500	8243291,500	1,573			
BR 22	187909,502	8243340,585	187910,500	8243340,000	1,157			

TABELA 10 – ESTIMATIVA DE ERROS NAS COORDENADAS DA IMAGEM

Segundo Rocha (2002, apud MARTINS, 2010), considerando-se os valores de média e desvio padrão calculados, pode-se estimar, através da tabela de distribuição normal, os valores de erro, considerando-se o intervalo de confiança de 90%. Na tabela de distribuição normal, o valor correspondente a 0,90 é 1,29.

Tendo como base a amostra de pontos analisados, estima-se que, com um intervalo de confiança de 90% o erro nas coordenadas na imagem, após georreferenciamento e ortorretificação é de 2.58 m. Ressalta-se que os pontos utilizados para análise das coordenadas após as correções geométricas e redistribuição dos pixels foram os mesmos pontos de controle de solo utilizados nos processos de georreferenciamento e ortorretificação.

4.2.4. Inserção das Informações Temáticas

4.2.4.1. PEZPA – Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo

O PEZPA do Aeroporto de Brasília/Pres. Juscelino Kubitschek foi elaborado pelo COMAR e definido na Portaria Nº71/DGCEA, de 20 de maio de 2005 e, segundo o Plano Específico de Zona de Proteção Aeroportuária, possui os seguintes componentes:

- cabeceiras 11/29, 11R/29L e 11/29 (pista projetada);
- faixas de pista 11/29, 11R/29L e 11/29 (faixa projetada);
- áreas de aproximação 11, 29, 11R, 29L, 11 (pista projetada) e 29 (pista projetada);
- áreas de transição 1, 2, 3 (pista projetada) e 4 (pista projetada);
- área de implantação restrita VOR/DME BRS;
- 18 áreas horizontais;e
- 39 áreas intermediárias.

4.2.4.1.1. Cabeceiras

Existem quatro cabeceiras no Aeródromo de Brasília, referentes às duas pistas do aeródromo. São elas: cabeceiras 11 e 29 (pista principal) e cabeceiras 11R/29L (pista secundária). Há uma previsão de ampliação da pista principal (11/29) em 100 metros (projetada), fato que mudará alguns parâmetros do PEZPA.

4.2.4.1.2. Faixas de Pistas

A localização e características das pistas do Aeródromo de Brasília estão ilustradas na tabela abaixo:

PISTAS	11/29		11R/29L	
COMPRIMENTO	3200 m		2486 m	
LARGURA	45 m		23 m	
ELEVAÇÃO	1060,40 m		1060,40 m	
CABECEIRA	11	29	11R	29L
LATITUDE	15° 51' 47" S	15° 51' 40" S	15° 51' 53" S	15° 51' 47" S
LONGITUDE	047° 55' 38" W	047° 53' 50" W	047° 55' 12" W	047° 53' 48" W
ALTITUDE	1050,45 m	1060,42 m	1050,45 m	1060,40 m
ZONA DE PARADA "STOPWAY"	-	-	830 m x 23 m	-
PISTAS	11/29 (projetada)			
COMPRIMENTO	3300 m			
LARGURA	45 m			
ELEVAÇÃO	1060,40 m			
CABECEIRA	11		29	
LATITUDE	15° 52' 51" S		15° 52' 43" S	
LONGITUDE	047° 56' 48" W		047° 54' 44" W	
ALTITUDE	1063,50 m		1039,50 m	

TABELA 11 – CARACTERÍSTICAS DAS PISTAS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA

a) Faixa de Pista 11/29

Área de forma retangular, a qual envolve a Pista de Pouso 11/29, e tem, em cada ponto, a altitude do ponto mais próximo situado no eixo da Pista.

- comprimento da faixa: 3320 m, composta de 3200 m referentes ao comprimento da Pista, acrescidos de um prolongamento de 60 m para cada cabeceira, nos quais é mantida a altitude das respectivas cabeceiras;

- largura da faixa: 300 m, sendo 150 m para cada lado do eixo da Pista.

b) Faixa de Pista 11R/29L

Área de forma retangular, a qual envolve a Pista de Pouso 11R/29L, e tem, em cada ponto, a altitude do ponto mais próximo situado no eixo da Pista.

- comprimento da faixa: 3436 m, composta de 2486 m referentes ao comprimento da Pista, e 830 m referentes à zona de parada da Pista 29L (cabeceira 11R), acrescidos de um prolongamento de 60 m para cada cabeceira, nos quais é mantida a altitude da respectivas cabeceiras;

- largura da faixa: 300 m, sendo 150 m para cada lado do eixo da Pista.

c) Faixa de Pista 11/29 (Pista Projetada)

Área de forma retangular, a qual envolve a Pista de Pouso 11/29, e tem, em cada ponto, a altitude do ponto mais próximo situado no eixo da Pista.

- comprimento da faixa: 3420 m, composta de 3300 m referentes ao comprimento da Pista, acrescidos de um prolongamento de 60 m para cada cabeceira, nos quais é mantida a altitude das respectivas cabeceiras;

- largura da faixa: 300 m, sendo 150 m para cada lado do eixo da Pista.

4.2.4.1.3 Áreas de Aproximação

a) Área de Aproximação 11

Estende-se no prolongamento da Pista 29 e divide-se em duas seções, com forma trapezoidal.

- 1ª Seção em Rampa de 1/50

- Base menor: afastada 60 m da cabeceira 11 e na mesma altitude desta (1050,53 m);
- Base maior: afastada 3000 m da base menor da 1ª Seção, com um desnível de 50 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- 2ª Seção em Rampa de 1/40

- Base menor: justaposta à base maior da 1ª Seção e na mesma altitude desta (1110 m);

- Base maior: afastada 680 m da base menor da 2ª Seção, com um desnível de 67 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);
- Limites Laterais do Trapézio: têm abertura angular de 9° em relação ao eixo da Pista, a partir das extremidades da base menor da 1ª Seção, justapondo-se às Áreas de Transição 1 e 2.

b) Área de Aproximação 29

Estende-se no prolongamento da Pista 11 e divide-se em duas seções, com forma trapezoidal.

- 1ª Seção em Rampa de 1/50
 - Base menor: afastada 60 m da cabeceira 29 e na mesma altitude desta (1060,40 m);
 - Base maior: afastada 3000 m da base menor da 1ª Seção, com um desnível de 60 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);
- 2ª Seção em Rampa de 1/40
 - Base menor: justaposta à base maior da 1ª Seção e na mesma altitude desta (1120 m);
 - Base maior: afastada 280 m da base menor da 2ª Seção, com um desnível de 67 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);
- Limites Laterais do Trapézio: têm abertura angular de 9° em relação ao eixo da Pista, a partir das extremidades da base menor da 1ª Seção, justapondo-se às Áreas de Transição 1 e 2.

c) Área de Aproximação 11R

Estende-se no prolongamento da Pista 29L e divide-se em duas seções, com forma trapezoidal.

- 1ª Seção em Rampa de 1/50
 - Base menor: afastada 60 m da cabeceira 11R e na mesma altitude desta (1050,53 m);
 - Base maior: afastada 3000 m da base menor da 1ª Seção, com um desnível de 50 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- 2ª Seção em Rampa de 1/40

- Base menor: justaposta à base maior da 1ª Seção e na mesma altitude desta (1110 m);
- Base maior: afastada 680 m da base menor da 2ª Seção, com um desnível de 67 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- Limites Laterais do Trapézio: têm abertura angular de 9° em relação ao eixo da Pista, a partir das extremidades da base menor da 1ª Seção, justapondo-se às Áreas de Transição 1 e 2.

d) Área de Aproximação 29L

Estende-se no prolongamento da Pista 11R e divide-se em duas seções, com forma trapezoidal.

- 1ª Seção em Rampa de 1/50

- Base menor: afastada 60 m da cabeceira 29 e na mesma altitude desta (1060,40 m);
- Base maior: afastada 3000 m da base menor da 1ª Seção, com um desnível de 60 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- 2ª Seção em Rampa de 1/40

- Base menor: justaposta à base maior da 1ª Seção e na mesma altitude desta (1120 m);
- Base maior: afastada 280 m da base menor da 2ª Seção, com um desnível de 67 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- Limites Laterais do Trapézio: têm abertura angular de 9° em relação ao eixo da Pista, a partir das extremidades da base menor da 1ª Seção, justapondo-se às Áreas de Transição 1 e 2.

e) Área de Aproximação 11 (Pista Projetada)

Estende-se no prolongamento da Pista 29 e divide-se em duas seções, com forma trapezoidal.

- 1ª Seção em Rampa de 1/50

- Base menor: afastada 60 m da cabeceira 11 e na mesma altitude desta (1050,53 m);

- Base maior: afastada 3000 m da base menor da 1ª Seção, com um desnível de 63 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- 2ª Seção em Rampa de 1/40

- Base menor: justaposta à base maior da 1ª Seção e na mesma altitude desta (1123 m);
- Base maior: afastada 160 m da base menor da 2ª Seção, com um desnível de 67 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- Limites Laterais do Trapézio: têm abertura angular de 9° em relação ao eixo da Pista, a partir das extremidades da base menor da 1ª Seção, justapondo-se às Áreas de Transição 3 e 4.

f) Área de Aproximação 29 (Pista Projetada)

Estende-se no prolongamento da Pista 11 e divide-se em duas seções, com forma trapezoidal.

- 1ª Seção em Rampa de 1/50

- Base menor: afastada 60 m da cabeceira 29 e na mesma altitude desta (1039,50 m);
- Base maior: afastada 3000 m da base menor da 1ª Seção, com um desnível de 39 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- 2ª Seção em Rampa de 1/40

- Base menor: justaposta à base maior da 1ª Seção e na mesma altitude desta (1099 m);
- Base maior: afastada 1120 m da base menor da 2ª Seção, com um desnível de 67 m em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m);

- Limites Laterais do Trapézio: têm abertura angular de 9° em relação ao eixo da Pista, a partir das extremidades da base menor da 1ª Seção, justapondo-se às Áreas de Transição 3 e 4.

4.2.4.1.4. Áreas de Transição

a) Área de Transição 1

Estende-se no sentido do afastamento lateral da Faixa de Pista 11/29, em rampa de 1/7.

- Limites Internos: justapostos ao lado Norte da Faixa de Pista 11/29, e às Áreas de Aproximação 11 e 29, nas mesmas altitudes destas;
- Limites externos: na altitude de 1127 m, com um desnível de 67 m, em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m).

b) Área de Transição 2

Estende-se no sentido do afastamento lateral da Faixa de Pista 11R/29L, em rampa de 1/7.

- Limites Internos: justapostos ao lado Sul da Faixa de Pista 11R/29L, e às Áreas de Aproximação 11 e 29, nas mesmas altitudes destas;
- Limites externos: na altitude de 1127 m, com um desnível de 67 m, em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m).

c) Área de Transição 3 (Pista Projetada)

Estende-se no sentido do afastamento lateral da Faixa de Pista 11/29 (Projetada), em rampa de 1/7.

- Limites Internos: justapostos ao lado Norte da Faixa de Pista 11/29 (Projetada), e às Áreas de Aproximação 11 e 29 (Projetada), nas mesmas altitudes destas;
- Limites externos: na altitude de 1127 m, com um desnível de 67 m, em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m).

d) Área de Transição 4 (Pista Projetada)

Estende-se no sentido do afastamento lateral da Faixa de Pista 11/29 (Projetada), em rampa de 1/7.

- Limites Internos: justapostos ao lado Sul da Faixa de Pista 11/29 (Projetada), e às Áreas de Aproximação 11 e 29 (Projetada), nas mesmas altitudes destas;
- Limites externos: na altitude de 1127 m, com um desnível de 67 m, em relação à elevação do Aeródromo (1060,40 m).

4.2.4.1.5 Área de Proteção do VOR/DME

- Área de Implantação Proibida: área de forma circular plana, com raio de 100 m a partir do centro da base do equipamento e na mesma altitude da referida base (1222 m);

- Área de Implantação Restrita: área de forma de coroa circular, a qual se estende em rampa de 1/50 em concordância com as Áreas Horizontais e Intermediárias, conforme a Carta do Plano;
- Limites Internos: justapostos à Área de Implantação Proibida, na mesma altitude desta (1222 m);
- Limites Externos: afastados 15000 m dos limites internos na altitude de 1522 m, com desnível de 462 m em relação do Aeródromo (1600 m).

4.2.4.1.6. Áreas Horizontais

Ao total existem 18 (dezoito) Áreas Horizontais, com formas irregulares, cujos contornos estão definidos na Carta do Plano, conforme os dados na tabela abaixo:

ÁREA HORIZONTAL	ALTITUDE (m)	DESNÍVEL (m)
1	1127	67
2	1164	104
3	1173	113
4	1258	198
5	1380	320
6	1164	104
7	1170	110
8	1231	171
9	1371	311
10	1180	120
11	1210	150
12	1219	159
13	1219	159
14	1371	311
15	1280	220
16	1311	251
17	1402	342
18	1402	342

TABELA 12 – ÁREAS HORIZONTAIS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE
BRASÍLIA

4.2.4.1.7. Áreas Intermediárias

São 39 (trinta e nove) as referidas áreas. Possuem formas irregulares, cujos contornos são definidos pela Carta do Plano, a qual estabelece a transição, entre Áreas Horizontais adjacentes, partindo dos limites externos da área horizontal de menor altitude, até atingir a próxima Área Horizontal de maior altitude.

4.2.4.2. Cadastro ICA – Instituto de Cartografia da Aeronáutica

O ICA levantou vários elementos no Aeródromo de Brasília, entre instrumentos de auxílio à navegação aérea, cabeceira e implantações (torres, caixas d'água, árvores, antenas, prédios, entre outros). Vide ANEXO.

Os auxílios à navegação aérea do Aeródromo de Brasília/Pres. Juscelino Kubitschek estão melhor representados na tabela abaixo:

AUXÍLIO		LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE DA BASE	ALTITUDE DO TOPO	CABECEIRA
ALSF-1		–	–	–	–	11
VOR/DME/BR		15°52'24”S	048°01'15”W	1222,40 m	1230,78 m	–
NDB	IR	15°51'50”S	047°56'13”W	1034,53 m	1049,84 m	–
	BRS	15°52'09”S	048°01'16”W	1215,68 m	1258,29 m	–
	CH	15°51'37”S	047°53'05”W	1023,44 m	1076,08 m	–
LLZ/DME IND	15°51'48”S		047°55'45”W	1049,93 m	1052,13 m	29
GLIDE SLOPE	15°51'37”S		047°54'01”W	1059,93 m	–	29
LOCALIZADOR IBR	15°51'40”S		047°53'40”W	1061,52 m	1063,90 m	11
GLIDE SLOPE	15°51'43”S		047°55'24”W	1051,25 m	–	11
MARCADOR MÉDIO	15°51'50”S		047°53'13”W	1034,22 m	1040,23 m	11
MARCADOR EXTERNO	15°52'09”S		048°01'14”W	1221,68 m	1224,08 m	11
RADAR TA-10	15°51'25”S		047°54'12”W	-	1089,06 m	–
RADAR TRS 2230	15°58'41”S		048°01'22”W	1273,25 m,	1292,00 m	–
PAPI	–		–	–	–	11 e 29

TABELA 13 – AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO AÉREA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA.

4.2.4.3. Curvas de Ruído

As curvas de ruído fazem parte do Plano Zona Proteção de Ruído – PZPR, e são estudos fornecidos pelo Ministério da Aeronáutica. No caso de Brasília, o Ministério aprovou, através da Portaria 629, de maio de 1984, um Plano **Específico** de Zoneamento de Ruído, estabelecido em função da medição de decibéis das pistas do referido aeródromo em suas operações de decolagem e aterrissagem. Apesar do Plano ser de 1984, ele ainda está em vigor.



FIGURA 21 – PLANO ESPECÍFICO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA EM VIGOR.

4.2.4.4. ASA – Área de Segurança Aeroportuária e PBGRA – Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário

A ASA – Área de Segurança Aeroportuária corresponde a um círculo de raio de 20 km, e o PBGRA – Plano Básico de Gerenciamento de Risco Aviário a um círculo de raio de 9 km (setor interno ou núcleo da AGRA – Área de Gerenciamento de Risco Aviário) e outro de 20 km (setor externo da AGRA), dentro do qual se deve prever a retirada de qualquer elemento atrativo de pássaros (árvores frutíferas e de flores, plantações, lixões, etc.). Todos os raios são medidos a partir do ponto médio dos eixos das pistas.

4.2.4.5. Base Cartográfica do IBGE

Adquirida no link do IBGE:

http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm

4.2.4.6. Imagem de Alta Resolução

A imagem de satélite de alta resolução do Aeroporto de Brasília/Pres. Juscelino Kubitschek foi adquirida pela INFRAERO, através de pregão eletrônico. Os critérios e requisitos referentes à aquisição de imagens de alta resolução estão descritos nos memoriais descritivos referentes aos processos de aquisição de 2010 e 2011 são os seguintes:

- tamanho máximo de pixel: 61 cm;
- resolução radiométrica mínima: 11 bits;
- bandas espectrais separadas em Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000;
- Cobertura de nuvens igual ou inferior a 1%;

- Arquivo de Coeficientes dos Polinômios Racionais (RPC ou similar);
- Composição colorida georreferenciada, em dois arquivos, sendo um em SIRGAS 2000 e outro em SAD 69;
- Imageamento ocorrido em período igual ou inferior a 12 meses da data do contrato de compra;
- Cada área descrita deverá ser apresentada por imagem de apenas um sensor;
- As imagens deverão ser fornecidas em mídia (CD ou DVD);
- Deverão constar os seguintes dados em cada pasta: Imagem original em bandas separadas e Arquivo RPC.

Abrangência da área da imagem determinada considerando-se o critério de Zona de Proteção de Aeródromo (duas milhas náuticas além de cada cabeceira e uma milha náutica para cada lado do eixo da pista) e o critério de abrangência das curvas de ruído, que foi determinado, caso a caso, em função das curvas de ruído em vigor e do planejamento de expansão de cada aeroporto. Em 2011 foi mantido o critério de ZPA e foram estabelecidos dois parâmetros para curvas de ruído (10x6 km e 15x10 km).

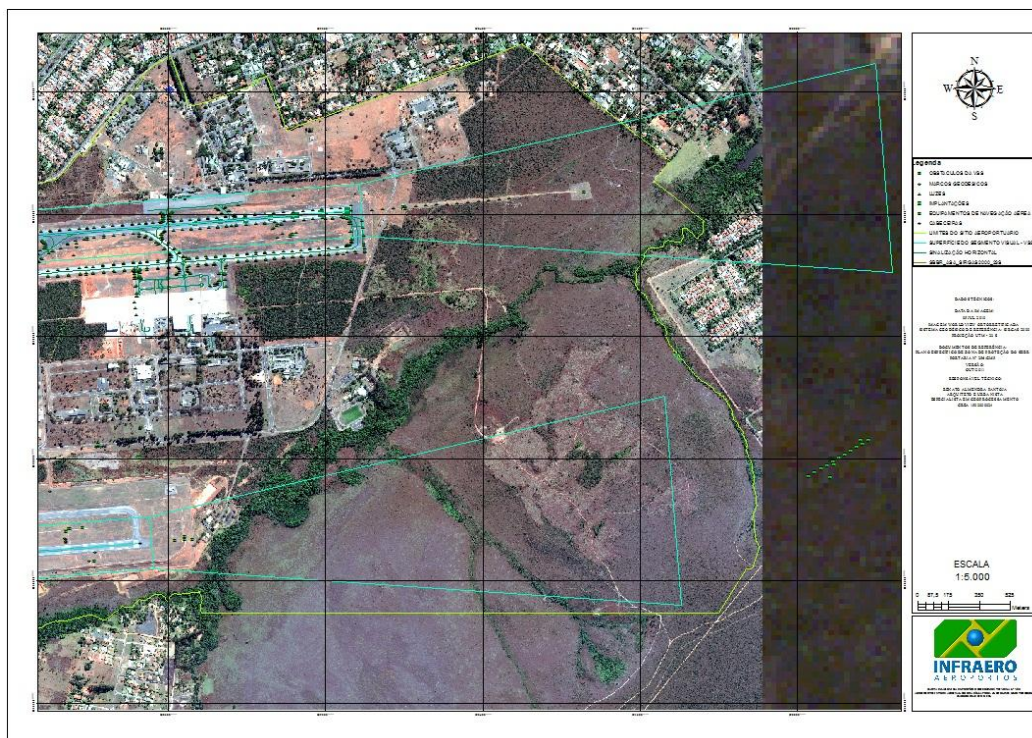
As principais demandas a serem atendidas pela utilização de imagens de alta resolução referem-se ao controle de uso do solo, no que diz respeito à implantação de obstáculos no Plano de Zona de Proteção de Aeródromos e as instalações urbanas dentro da área de abrangência das curvas de ruído.

Para tanto, é necessário que seja atingida uma qualidade geométrica (coordenadas e medidas) elevada e que possa ser determinada. Nesse sentido, são aplicados os processos de georreferenciamento (inserção do sistema de coordenadas escolhido) e ortorretificação (correção das deformações de tamanho dos pixels).

O processo de georreferenciamento e ortorretificação ocorre através da seleção de pontos de controle (identificáveis no solo e no terreno), coleta de coordenadas em campo, processamento de dados de GPS e processamento da imagem através do aplicativo ENVI, utilizando-se a imagem bruta, as coordenadas dos pontos de controle de solo e um modelo digital de elevação, obtidos nos sites da internet do INPE/TOPODATA ou da NASA/SRTM.

4.2.4.7. Curvas de Nível

As curvas de níveis foram geradas através do aplicativo ENVI, através de um arquivo de modelo digital de elevação de terreno SRTM, obtido no site da NASA.



5.2 Carta Imagem do Plano de Gerenciamento de Risco Aviário - PBGRA



5.3 Carta Imagem da Área de Segurança Aeroportuária - ASA



FIGURA 25 – CARTA IMAGEM DA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA – ASA
– ESCALA 1:50.000

5.4 Carta Imagem do Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo - PEZPA

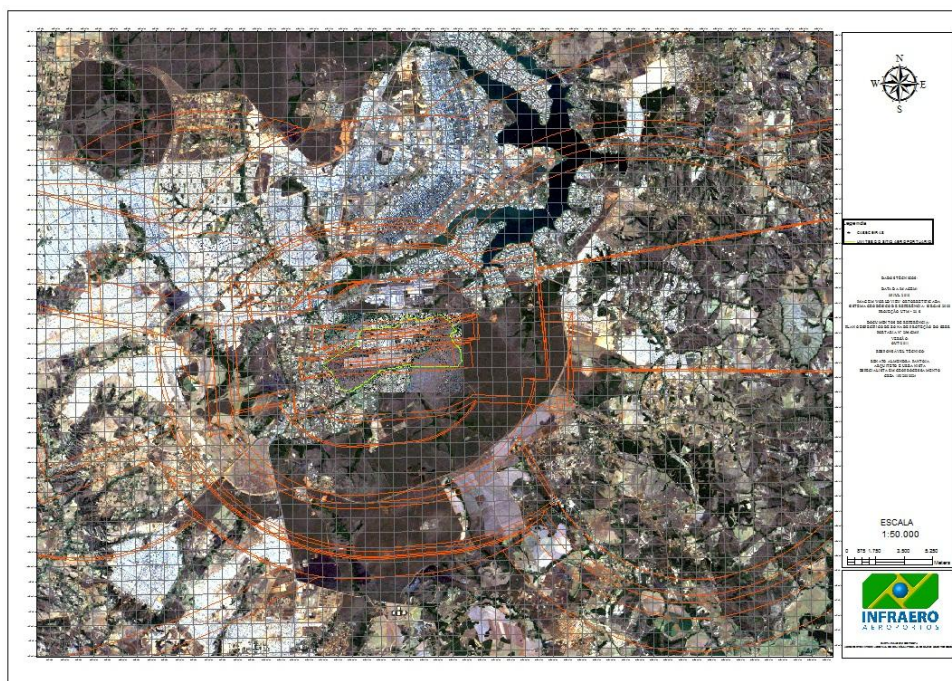


FIGURA 26 – CARTA IMAGEM DO PLANO ESPECÍFICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE
AERÓDROMO - PEZPA – ESCALA 1:50.000

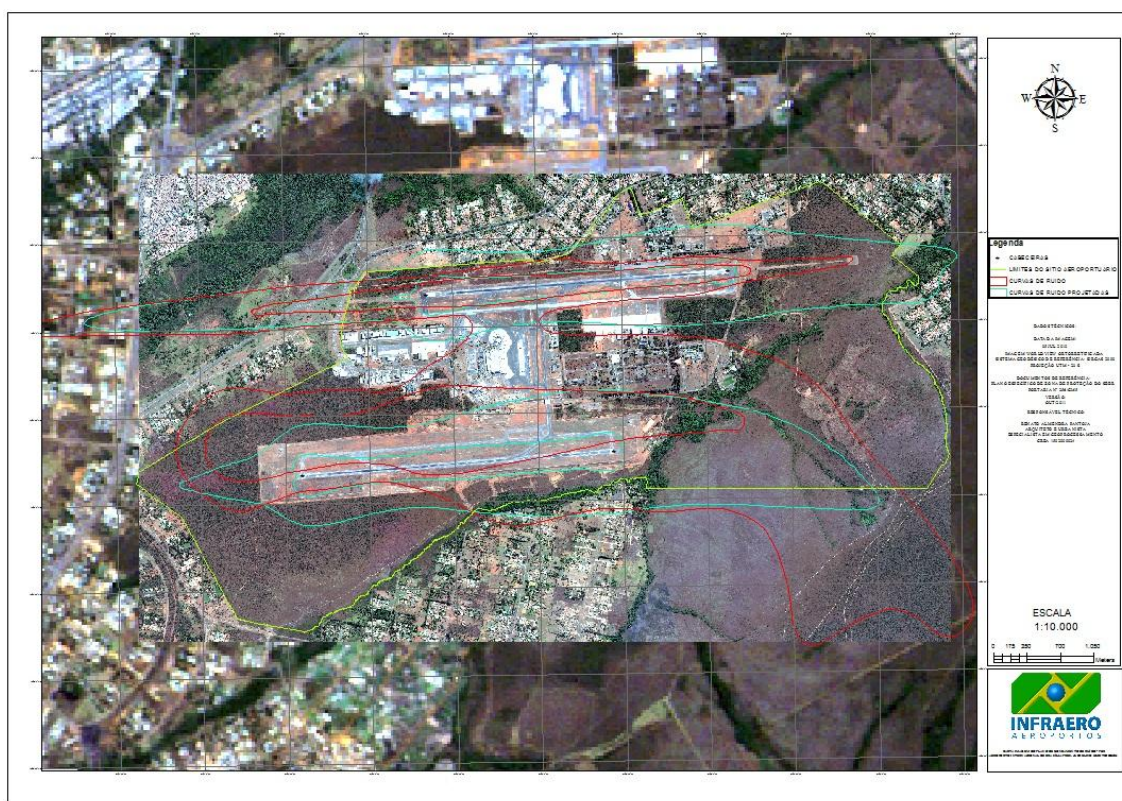


FIGURA 27 – CARTA IMAGEM DO PLANO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO - PZR –
ESCALA 1:10.000.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o processamento e aplicação de correções geométricas na imagem de alta resolução utilizada neste estudo, verificou-se que o erro horizontal estimado de 2,58 m nas coordenadas da imagem ortorretificada é tolerável dentro da maior parte dos parâmetros estabelecidos pelas superfícies limitadoras de obstáculos. O menor ângulo vertical é de 1/5, o que significa que, a cada 5 m na horizontal, a superfície limitadora sobe 1 m. Considerando-se o erro horizontal (2,58 m), este ângulo vertical teria uma margem de erro vertical de aproximadamente 0,516 m ($2,58/5$). A área mais crítica, é a Área de Aproximação, pois em grande parte dos casos, possui um ângulo vertical de 1/50, o que significa que, a cada 50 m de afastamento horizontal, a superfície limitadora sobe 1 m. Considerando-se o mesmo erro horizontal nas coordenadas, nesta área crítica, as limitações verticais calculadas a partir de coordenadas de obstáculos teriam um erro de $(2,58/50)$ 0,0516 m.

A Carta Imagem do Plano Específico de Zona de Proteção do Aeroporto Internacional de Brasília/Pres. Juscelino Kubitschek foi elaborada em tamanho A0, em escala 1:10.000,

visando abranger as áreas de estudo e no maior tamanho de papel imprimível por uma Plotter contém o maior nível de detalhamento possível.

Devido a sua facilidade de transporte e manuseio, a Carta Imagem do Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo resultou em grande ganho na divulgação e compreensão das limitações para implantações no entorno dos aeroportos, pois sua leitura se faz de forma rápida e prática, facilitando o entendimento das informações nela contidas.

Através do uso de imagens de satélites de alta resolução, tornou-se possível a consulta de informações cadastradas de forma interativa, com visualização e possibilidade de medição de distâncias e determinação de coordenadas de objetos de interesse, além do cadastro de novas informações e produção de mapas temáticos.

7. CONCLUSÃO

Os resultados alcançados com as correções geométricas da imagem de satélite de alta resolução demonstraram precisão nas medidas, em comparação com imagens disponibilizadas gratuitamente na WEB, pois não há garantias de uma qualidade adequada de medidas ou acurácia nas coordenadas geográficas em um mosaico de imagens que não passou pelos devidos processos de georreferenciamento e ortorretificação. Por outro lado, o processamento da imagem garante um alto nível de qualidade que torna viável a aplicação dessa ferramenta para a produção cartográfica de cartas imagens utilizadas no gerenciamento de aeródromos. Principalmente quando se necessita identificar, a partir de uma posição geográfica, o limite de altitude para determinada implantação, pois essas determinações podem ser realizadas instantaneamente sobre a imagem, sem o envolvimento de custos. Caso haja necessidade de realização de levantamento por topografia clássica para tal determinação, há necessidade de contratação de uma empresa de topografia, o que demandará tempo para a contratação e para a execução dos levantamentos, além do custo dos serviços de topografia.

Desta forma, o uso de uma ferramenta que identifique rápida e facilmente as limitações de implantações existentes no entorno dos aeródromos, através de uma técnica que possibilite a análise rápida e precisa sobre novas implantações, se mostra como uma ferramenta excelente para a gestão de áreas aeroportuárias.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRP, Report 39 – Airport Cooperative Reserch Program – Recommended Guidelines for the Collection and Use of Geospatially Referenced Data for Airfield Pavement Management – Transportation Research Board, Washington, D.C., 2010, 115p.;

BRASIL, Lei 8.666, de 21 de junho de 1993;

BRASIL, Portaria 1.141/GM-5, de 08 de dezembro de 1987;

BRASIL, Portaria 256/GM-5, de 13 de maio de 2011;

BRASIL, Portaria N.º 71/DGCEA, de 20 de maio de 2005 – Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo de Brasília/Presidente Juscelino Kubitscheck;

BRASIL, Resolução N. 4/1995 - CONAMA – Áreas de Segurança Aeroportuária – ASA;

CÂMARA, Gilberto; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica - INPE – 2001- 260p

CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING – Fundamentals of Remote Sensing – 2005 – 258p.;

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION -DOC 8168 – PANS-OPS - Construction of Visual and Instrument Flight Procedures – Canada – 2006 – 783p;

ISHIKAWA, M. I. Potencialidade de Uso de Imagens IKONOS/GEO para Aplicações em Áreas Urbanas Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001. 82 p.

MARTINS, J. L. F, Utilização de Imagens de Alta resolução para Gerenciamento de Zonas de Proteção de Aeródromos (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEP SRM – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010. 106 p.

MONICO, João Francisco Galera – Posicionamento pelo GNSS – Descrição, fundamentos e aplicações – 2ª. Edição – Editora UNESP – 2007- 476p;

MOREIRA, Mauricio Alves – Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação – INPE – 2001- 250p;

ROCHA. R., - Exatidão Cartográfica Para As Cartas Digitais Urbanas. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, SC. 2002, 128p;

ZANARDI, Rafael – Geração de Modelo Digital de Terreno a Partir de Par Estereoscópico do Sensor CCD do Satélite CBERS 2B e Controle de Qualidade das Informações Altimétricas – Dissertação de Mestrado - UFRGS - 2006 - 94p.

Sítio de Internet da Agência Espacial Européia – ESA: http://www.esa.int/esaCP/SEM9F1JTYRF_Portugal_1.html; Acesso em setembro de 2011;

Sítio de Internet da DIGITAL GLOBE: www.digitalglobe.com; Acesso em setembro de 2011;

Sítio de Internet da GEOEYE: www.geoeye.com; Acesso em setembro de 2011; 105

Sítio de Internet do IBGE – Apresentações – “O que é”: <http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlasescolar/apresentacoes/oquee.swf>; Acesso em setembro de 2011;

Sítio de Internet do SRTM – NASA: <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2>; Acesso em setembro de 2011;

9. ANEXOS

9.1. Cadastro de Levantamentos do ICA

Descrição do Ponto	Natureza do Ponto	Altitude Base	AltitudeTopo	GEO WGS84 LATITUDE	GEO WGS84 LONGITUDE	DATUM Vertical
DME IND canal 30X	Aux- Navegação	1044,12	1050,38	15° 51' 48,9195''	047° 55' 46,6558''	IMBITUBA
NDB CH 240 KHz	Aux- Navegação	1023,44	1076,08	15° 51' 38,9538''	047° 53' 07,0384''	IMBITUBA
RADAR TA-10	Aux- Navegação	0,00	1089,06	15° 51' 26,9526''	047° 54' 13,5659''	IMBITUBA
RADAR TRS 2230 (GAMA)	Aux- Navegação	1273,25	1292,00	15° 58' 42,5361''	048° 01' 23,4942''	IMBITUBA
Ant.WAAS (Laje do Cindacta)	Aux- Navegação	1067,12	0,00	15° 51' 27,7751''	047° 54' 15,6299''	IMBITUBA
Torre ao lado do Cindacta	Aux- Navegação	1054,12	1089,16	15° 51' 28,7835''	047° 54' 15,6292''	IMBITUBA
THD DO GLIDE IBR	Aux- Navegação	1048,85	0,00	15° 51' 44,3852''	047° 55' 25,4080''	IMBITUBA
ANTENA VHF (TWR)	Aux- Navegação	1097,18	1100,85	15° 52' 10,5586''	047° 55' 16,3622''	IMBITUBA
BIRUTA	Aux- Navegação	0,00	1080,12	15° 51' 56,6264''	047° 54' 44,8759''	IMBITUBA
FAROL ABN	Aux- Navegação	0,00	1074,15	15° 51' 56,6064''	047° 54' 44,9139''	IMBITUBA
GLIDE SLOPE IBR 335.0 MHz	Aux- Navegação	1048,57	1060,69	15° 51' 44,1045''	047° 55' 26,0339''	IMBITUBA
GLIDE SLOPE IND 332.0 MHz	Aux- Navegação	1057,25	1066,43	15° 51' 46,2094''	047° 54' 03,1158''	IMBITUBA
LOCALIZER IBR 110.3 MHz	Aux- Navegação	1061,09	0,00	15° 51' 41,2877''	047° 53' 41,8764''	IMBITUBA
LOCALIZER IND 109.3 MHz	Aux- Navegação	1049,48	0,00	15° 51' 49,3443''	047° 55' 46,5417''	IMBITUBA
MARCADOR EXTERNO IBR 75.0 MHz	Aux- Navegação	1214,73	1223,24	15° 52' 10,7331''	048° 01' 15,7921''	IMBITUBA
MARCADOR MÉDIO IBR 75.0 MHz	Aux- Navegação	1034,07	1039,85	15° 51' 51,1762''	047° 56' 14,9541''	IMBITUBA
NDB BRS 340 KHz	Aux- Navegação	1216,06	1257,95	15° 52' 10,8228''	048° 01' 17,8889''	IMBITUBA
NDB IR 280 KHz	Aux- Navegação	1034,31	1049,70	15° 51' 51,1328''	047° 56' 14,1316''	IMBITUBA
ANEMOMETRO 1	Aux- Navegação	1051,70	1061,98	15° 52' 50,9289''	047° 55' 41,9430''	IMBITUBA

ANEMÔMETRO 2	Aux- Navegação	1043,52	1051,51	15° 52' 40,9775''	047° 54' 47,5551''	IMBITUBA
ANEMÔMETRO 3	Aux- Navegação	1043,83	1054,07	15° 52' 40,3998''	047° 54' 46,9775''	IMBITUBA
ANEMOMETRO 4	Aux- Navegação	1049,95	1060,22	15° 52' 42,6869''	047° 55' 23,2436''	IMBITUBA
ANEMOMETRO 5	Aux- Navegação	1052,63	1060,60	15° 52' 44,3831''	047° 55' 43,2678''	IMBITUBA
PLUVIOMETRO	Aux- Navegação	1051,64	0,00	15° 52' 50,9173''	047° 55' 41,7698''	IMBITUBA
RVR 1 RECEPTOR 11R/29L	Aux- Navegação	1050,77	1053,51	15° 52' 51,0938''	047° 55' 39,4473''	IMBITUBA
RVR 1 TRANSMISSOR 11R/29L	Aux- Navegação	1051,59	1054,28	15° 52' 51,2334''	047° 55' 41,9279''	IMBITUBA
RVR 2 RECEPTOR 11R/29L	Aux- Navegação	1050,04	1052,59	15° 52' 42,7284''	047° 55' 23,4225''	IMBITUBA
RVR 2 TRANSMISSOR 11R/29L	Aux- Navegação	1050,07	1052,63	15° 52' 42,8927''	047° 55' 25,9408''	IMBITUBA
RVR 3 RECEPTOR 11R/29L	Aux- Navegação	1043,32	1045,99	15° 52' 40,2388''	047° 54' 44,3017''	IMBITUBA
RVR 3 TRANSMISSOR 11R/29L	Aux- Navegação	1043,49	1046,49	15° 52' 40,4036''	047° 54' 46,8109''	IMBITUBA
TERMOMETRO	Aux- Navegação	1051,69	0,00	15° 52' 50,9455''	047° 55' 42,1118''	IMBITUBA
TETÔMETRO CAB 11R	Aux- Navegação	1067,04	0,00	15° 52' 51,0276''	047° 56' 33,5920''	IMBITUBA
TETÔMETRO CAB 29L	Aux- Navegação	1036,41	0,00	15° 52' 42,8560''	047° 54' 26,5909''	IMBITUBA
DVOR (Taguatinga)	Aux- Navegação	1221,67	1230,46	15° 52' 20,6969''	048° 01' 18,2196''	IMBITUBA
DME do LLZ (CAB 11R)	Aux- Navegação	1043,70	1046,74	15° 52' 42,0645''	047° 54' 24,6887''	IMBITUBA
DME do LLZ (CAB 29L)	Aux- Navegação	1066,52	1075,08	15° 52' 53,4216''	047° 56' 33,0109''	IMBITUBA
GS (CAB 11R)	Aux- Navegação	1060,64	1075,73	15° 52' 53,5555''	047° 56' 10,9487''	IMBITUBA
GS (CAB 29L)	Aux- Navegação	1042,92	0,00	15° 52' 45,6992''	047° 54' 43,2124''	IMBITUBA
IM (CAB 11R)	Aux- Navegação	1067,84	1071,85	15° 52' 51,0793''	047° 56' 34,2904''	IMBITUBA
IM (CAB 29L)	Aux- Navegação	1024,75	1028,85	15° 52' 42,6582''	047° 54' 23,2531''	IMBITUBA
LLZ (CAB 11R)	Aux- Navegação	1041,77	1044,03	15° 52' 42,7490''	047° 54' 24,6955''	IMBITUBA

LLZ (CAB 29L)	Aux- Navegação	1067,56	1069,95	15° 52' 51,0182''	047° 56' 33,3228''	IMBITUBA
CAB-11 L	Cabeceira	1050,45	0,00	15° 51' 48,8676''	047° 55' 39,1960''	IMBITUBA
CAB-29 R	Cabeceira	1060,42	0,00	15° 51' 41,9472''	047° 53' 51,8896''	IMBITUBA
CAB-11 R	Cabeceira	1065,80	0,00	15° 52' 50,4161''	047° 56' 23,9398''	IMBITUBA
CAB-29 L	Cabeceira	1041,67	0,00	15° 52' 43,3024''	047° 54' 33,2795''	IMBITUBA
370-ANT. GAMA	Implantação	0,00	1266,68	15° 59' 15,8135''	047° 59' 23,8831''	IMBITUBA
371-COLEGIO MARISTA	Implantação	0,00	1041,25	15° 50' 11,5178''	047° 54' 57,3611''	IMBITUBA
372- CONGRESSO NACIONAL	Implantação	0,00	1142,91	15° 47' 58,6164''	047° 51' 48,7131''	IMBITUBA
373-CX. D'AGUA DISBRAV	Implantação	0,00	1068,76	15° 52' 16,4934''	047° 55' 55,5509''	IMBITUBA
374-HANGAR WASTON	Implantação	0,00	1058,92	15° 52' 03,5405''	047° 56' 05,5623''	IMBITUBA
375-PALACIO BURUTI	Implantação	0,00	1206,87	15° 52' 27,3903''	047° 54' 33,1888''	IMBITUBA
376-PARK. SHOPPING	Implantação	0,00	1097,30	15° 50' 07,1342''	047° 57' 16,5934''	IMBITUBA
002 TORRE DE TV	Implantação	0,00	1341,70	15° 47' 26,4502''	047° 53' 34,8024''	IMBITUBA
003 BANCO CENTRAL	Implantação	0,00	1196,72	15° 48' 12,1372''	047° 53' 07,4755''	IMBITUBA
008 HANGAR VEJA-3	Implantação	0,00	1064,10	15° 52' 01,1765''	047° 55' 54,7728''	IMBITUBA
009 TORRE BOMBEIRO	Implantação	0,00	1117,23	15° 50' 04,2986''	047° 56' 11,7684''	IMBITUBA
011 GALPÃO BRATA I	Implantação	0,00	1068,12	15° 52' 01,1204''	047° 55' 53,1789''	IMBITUBA
012 AEROTÁXI-I	Implantação	0,00	1065,26	15° 52' 01,0580''	047° 55' 47,6998''	IMBITUBA
013 GALPÃO	Implantação	0,00	1067,17	15° 52' 02,7424''	047° 55' 44,1699''	IMBITUBA
014 GALPÃO LIDER-1	Implantação	0,00	1065,22	15° 51' 59,9695''	047° 55' 37,9322''	IMBITUBA
027 GALPÃO TAM-3	Implantação	0,00	1066,56	15° 52' 01,4136''	047° 55' 58,6482''	IMBITUBA
030 TANQUE BR	Implantação	0,00	1068,16	15° 52' 00,9034''	047° 54' 55,3799''	IMBITUBA

046 TORRE ESAF	Implantação	0,00	1171,71	15° 51' 59,4616''	047° 49' 58,2166''	IMBITUBA
048 CAIXA D'ÁGUA	Implantação	0,00	1182,89	15° 52' 17,2578''	047° 49' 16,3662''	IMBITUBA
066 POSTE	Implantação	0,00	1236,17	15° 52' 37,6608''	048° 01' 13,9031''	IMBITUBA
071 TORRE TV BRASÍLIA	Implantação	0,00	1213,43	15° 47' 47,2492''	047° 53' 30,2806''	IMBITUBA
072 TORRE RADIO OK FM	Implantação	0,00	1211,42	15° 47' 55,9964''	047° 53' 36,7338''	IMBITUBA
073 TORRE EMBRATEL	Implantação	0,00	1189,94	15° 47' 47,1117''	047° 53' 20,4896''	IMBITUBA
074 TORRE CELULAR	Implantação	0,00	1179,43	15° 47' 48,5359''	047° 53' 13,4985''	IMBITUBA
076 BANCO BRB	Implantação	0,00	1159,31	15° 47' 51,4280''	047° 52' 58,8947''	IMBITUBA
078 CEF	Implantação	0,00	1180,45	15° 48' 10,1126''	047° 53' 01,1979''	IMBITUBA
082 PREDIO	Implantação	0,00	1228,99	15° 52' 05,9156''	048° 01' 33,8552''	IMBITUBA
083 REFLETORES	Implantação	0,00	1241,01	15° 51' 59,5152''	048° 01' 35,9514''	IMBITUBA
084 CAIXA D'ÁGUA	Implantação	0,00	1241,25	15° 51' 11,4363''	048° 02' 21,1874''	IMBITUBA
085 TORRES A.T.	Implantação	0,00	1238,60	15° 51' 00,2874''	048° 01' 56,9432''	IMBITUBA
089 TORRE RADIO JP	Implantação	0,00	1285,86	15° 50' 04,3048''	048° 03' 01,6104''	IMBITUBA
091 TORRE TELEBRASÍLIA	Implantação	0,00	1356,64	15° 48' 57,1313''	048° 06' 23,2524''	IMBITUBA
094 TORRE A.T.	Implantação	0,00	1286,75	15° 47' 37,1731''	048° 03' 10,0394''	IMBITUBA
095 TORRE FURNAS	Implantação	0,00	1318,09	15° 46' 24,5944''	048° 02' 40,5616''	IMBITUBA
106 CX D'ÁGUA	Implantação	0,00	1185,36	15° 51' 59,1961''	047° 49' 27,2927''	IMBITUBA
107 TORRE PM	Implantação	0,00	1188,18	15° 52' 10,5788''	047° 49' 23,2954''	IMBITUBA
108 TORRE TVA	Implantação	0,00	1197,78	15° 52' 10,6697''	047° 49' 11,1881''	IMBITUBA
109 ASSEMBLÉIA DE DEUS	Implantação	0,00	1176,34	15° 52' 13,7850''	047° 49' 17,9695''	IMBITUBA
110 CASA BRANCA	Implantação	0,00	1174,57	15° 52' 06,1334''	047° 49' 15,8207''	IMBITUBA
120 GRUPO DE ÁRVORES	Implantação	0,00	1079,30	15° 52' 09,5102''	047° 56' 24,9288''	IMBITUBA

122 VIA ARAGUAIA	Implantação	0,00	1226,06	15° 52' 52,3012''	042° 00' 41,3762''	IMBITUBA
129 TORRE RAD. BRASÍLIA	Implantação	0,00	1321,56	15° 47' 29,1734''	048° 02' 48,7660''	IMBITUBA
207 CX. D'ÁGUA	Implantação	0,00	1248,98	15° 52' 00,6176''	042° 01' 45,2632''	IMBITUBA
208 PREDIO	Implantação	0,00	1252,10	15° 50' 25,4548''	042° 02' 22,4803''	IMBITUBA
210 ANTENA CELULAR	Implantação	0,00	1189,62	15° 48' 08,6835''	047° 56' 43,3067''	IMBITUBA
211 SILO	Implantação	0,00	1166,74	15° 47' 48,0723''	047° 57' 06,6240''	IMBITUBA
213 EUCALIPTO	Implantação	0,00	1083,91	15° 52' 57,2198''	047° 57' 21,4875''	IMBITUBA
215 EUCALIPTO	Implantação	0,00	1099,13	15° 53' 09,0098''	047° 57' 06,4553''	IMBITUBA
216 CONJ. DE ÁRVORES	Implantação	0,00	1105,40	15° 53' 10,6508''	047° 57' 04,1474''	IMBITUBA
218 CONJ. EUCALÍPTOS	Implantação	0,00	1107,59	15° 53' 17,9359''	047° 57' 42,8883''	IMBITUBA
219 EUCALÍPTO	Implantação	0,00	1089,75	15° 53' 02,8355''	047° 57' 23,5714''	IMBITUBA
220 ÁRVORE	Implantação	0,00	1084,86	15° 52' 58,0710''	047° 57' 21,0521''	IMBITUBA
221 TORRE CELULAR	Implantação	0,00	1206,21	15° 52' 00,8879''	047° 48' 55,6222''	IMBITUBA
222 TORRE CELULAR	Implantação	0,00	1207,65	15° 51' 54,0100''	047° 48' 51,3483''	IMBITUBA
223 ÁRVORE	Implantação	0,00	1070,96	15° 52' 24,8788''	047° 54' 41,1163''	IMBITUBA
226 TORRE RAD. ATIVIDADE	Implantação	0,00	1381,14	15° 57' 23,2178''	042° 01' 21,0993''	IMBITUBA
227 CX. D'ÁGUA	Implantação	0,00	1288,33	15° 57' 49,7990''	042° 01' 23,3946''	IMBITUBA
228 TORRE CELULAR	Implantação	0,00	1308,83	15° 57' 54,4391''	042° 01' 25,5519''	IMBITUBA
229 TORRE	Implantação	0,00	1353,73	15° 58' 17,3017''	042° 01' 15,8252''	IMBITUBA
230 RADAR	Implantação	0,00	1303,03	15° 58' 17,6029''	042° 01' 16,3803''	IMBITUBA
231 TORRE TVA	Implantação	0,00	1292,03	15° 57' 42,2019''	042° 01' 36,3585''	IMBITUBA
232 TORRE CEL	Implantação	0,00	1305,48	15° 58' 01,5309''	042° 01' 52,3345''	IMBITUBA
233 ARMAZEM	Implantação	0,00	1253,59	15° 56' 01,0542''	042° 02' 44,9745''	IMBITUBA

235 FÁBRICA	Implantação	0,00	1276,87	15° 55' 41,4515''	042° 02' 50,0306''	IMBITUBA
237 TORRE RAD. PLANALTO	Implantação	0,00	1309,55	15° 55' 50,1075''	042° 02' 30,2056''	IMBITUBA
239 TORRES DNER	Implantação	0,00	1299,68	15° 58' 40,9201''	047° 59' 28,0733''	IMBITUBA
240 CX D'ÁGUA	Implantação	0,00	1277,81	15° 59' 26,5362''	047° 59' 36,6861''	IMBITUBA
242 TORRE P.R.F.	Implantação	0,00	1294,99	15° 58' 55,2704''	047° 59' 19,1413''	IMBITUBA
243 CX. D'ÁGUA	Implantação	0,00	1274,95	15° 59' 58,7045''	047° 59' 29,5507''	IMBITUBA
244 TORRE MARINHA	Implantação	0,00	1246,83	15° 59' 47,2476''	047° 53' 57,0706''	IMBITUBA
245 ANTENA FM	Implantação	0,00	1360,46	16° 01' 28,9057''	047° 58' 54,5937''	IMBITUBA
246 TORRE CELULAR	Implantação	0,00	1310,27	16° 01' 33,3587''	047° 58' 52,7238''	IMBITUBA
247 TORRE CEL	Implantação	0,00	1326,99	16° 01' 27,3271''	047° 58' 57,3998''	IMBITUBA
248 TORRE CEL	Implantação	0,00	1304,40	16° 00' 22,4271''	047° 59' 48,5337''	IMBITUBA
249 TORRE CEB	Implantação	0,00	1279,33	16° 00' 56,7255''	048° 00' 45,7172''	IMBITUBA
250 TORRE 3ª DP	Implantação	0,00	1276,90	16° 00' 24,4865''	048° 00' 08,4841''	IMBITUBA
251-TORRE CELULAR	Implantação	0,00	1168,19	15° 49' 43,3151''	047° 48' 39,5905''	IMBITUBA
252-PRÉDIO	Implantação	0,00	1247,30	15° 52' 07,8481''	042° 01' 46,4197''	IMBITUBA
253-JARDIM BOTÂNICO	Implantação	0,00	1181,61	15° 58' 02,7122''	047° 54' 15,3981''	IMBITUBA
254-TORRE PRESIDIO PAPU	Implantação	0,00	1185,63	15° 51' 59,1713''	047° 49' 27,1538''	IMBITUBA
255-ÁRVORE (OBST. NA CAB11R)	Implantação	0,00	1082,03	15° 52' 54,3119''	047° 56' 39,4239''	IMBITUBA
256-ÁRVORE (OBST. NA CAB11R)	Implantação	0,00	1082,03	15° 52' 54,3119''	047° 56' 39,4239''	IMBITUBA
257-ÁRVORE (OBST. NA CAB11R)	Implantação	0,00	1084,48	15° 52' 50,1859''	047° 56' 41,9241''	IMBITUBA
258- ÁRVORE+A34 (OBST. NA CAB11R)	Implantação	0,00	1084,48	15° 52' 50,1859''	047° 56' 41,9241''	IMBITUBA

260	Implantação	0,00	1238,54	15° 52' 40,7665''	048° 01' 23,4869''	IMBITUBA
260	Implantação	0,00	1238,54	15° 52' 40,7665''	048° 01' 23,4869''	IMBITUBA
261	Implantação	0,00	1234,47	15° 52' 46,6885''	048° 01' 03,4248''	IMBITUBA
261	Implantação	0,00	1234,47	15° 52' 46,6885''	048° 01' 03,4248''	IMBITUBA
262	Implantação	0,00	1229,29	15° 52' 56,1645''	048° 00' 55,6839''	IMBITUBA
262	Implantação	0,00	1229,29	15° 52' 56,1645''	048° 00' 55,6839''	IMBITUBA
263	Implantação	0,00	1241,36	15° 52' 57,7750''	048° 00' 52,9046''	IMBITUBA
263	Implantação	0,00	1241,36	15° 52' 57,7750''	048° 00' 52,9046''	IMBITUBA
264	Implantação	0,00	1228,52	15° 52' 43,8997''	048° 00' 56,2260''	IMBITUBA
264	Implantação	0,00	1228,52	15° 52' 43,8997''	048° 00' 56,2260''	IMBITUBA
265	Implantação	0,00	1231,83	15° 52' 52,5879''	048° 00' 42,1017''	IMBITUBA
265	Implantação	0,00	1231,83	15° 52' 52,5879''	048° 00' 42,1017''	IMBITUBA
266	Implantação	0,00	1231,62	15° 52' 33,6311''	048° 01' 01,8091''	IMBITUBA
266	Implantação	0,00	1231,62	15° 52' 33,6311''	048° 01' 01,8091''	IMBITUBA
267	Implantação	0,00	1237,52	15° 52' 33,9456''	048° 01' 25,3405''	IMBITUBA
267	Implantação	0,00	1237,52	15° 52' 33,9456''	048° 01' 25,3405''	IMBITUBA
268	Implantação	0,00	1236,90	15° 52' 34,9932''	048° 01' 18,0284''	IMBITUBA
268	Implantação	0,00	1236,90	15° 52' 34,9932''	048° 01' 18,0284''	IMBITUBA
269	Implantação	0,00	1236,28	15° 52' 36,0302''	048° 01' 10,7172''	IMBITUBA
269	Implantação	0,00	1236,28	15° 52' 36,0302''	048° 01' 10,7172''	IMBITUBA
270	Implantação	0,00	1235,26	15° 52' 36,9226''	048° 01' 04,4081''	IMBITUBA
270	Implantação	0,00	1235,26	15° 52' 36,9226''	048° 01' 04,4081''	IMBITUBA
271	Implantação	0,00	1230,99	15° 52' 29,3761''	048° 01' 07,1458''	IMBITUBA
271	Implantação	0,00	1230,99	15° 52' 29,3761''	048° 01' 07,1458''	IMBITUBA
272	Implantação	0,00	1234,28	15° 52'	048° 00'	IMBITUBA

				37,9108''	57,4189''	
272	Implantação	0,00	1234,28	15° 52' 37,9108''	048° 00' 57,4189''	IMBITUBA
274	Implantação	0,00	1230,35	15° 52' 38,8940''	048° 00' 50,3923''	IMBITUBA
274	Implantação	0,00	1230,35	15° 52' 38,8940''	048° 00' 50,3923''	IMBITUBA
275	Implantação	0,00	1226,59	15° 52' 39,1905''	048° 00' 45,0936''	IMBITUBA
275	Implantação	0,00	1226,59	15° 52' 39,1905''	048° 00' 45,0936''	IMBITUBA
276	Implantação	0,00	1220,80	15° 52' 39,4818''	048° 00' 39,6759''	IMBITUBA
276	Implantação	0,00	1220,80	15° 52' 39,4818''	048° 00' 39,6759''	IMBITUBA
277	Implantação	0,00	1215,44	15° 52' 39,0262''	048° 00' 34,3683''	IMBITUBA
277	Implantação	0,00	1215,44	15° 52' 39,0262''	048° 00' 34,3683''	IMBITUBA
279	Implantação	0,00	1238,05	15° 52' 53,4366''	048° 00' 44,2747''	IMBITUBA
279	Implantação	0,00	1238,05	15° 52' 53,4366''	048° 00' 44,2747''	IMBITUBA
280	Implantação	0,00	1238,46	15° 52' 53,2149''	048° 00' 43,6688''	IMBITUBA
280	Implantação	0,00	1238,46	15° 52' 53,2149''	048° 00' 43,6688''	IMBITUBA
281	Implantação	0,00	1245,64	15° 52' 53,0560''	048° 00' 43,3373''	IMBITUBA
281	Implantação	0,00	1245,64	15° 52' 53,0560''	048° 00' 43,3373''	IMBITUBA
282	Implantação	0,00	1238,37	15° 52' 52,7184''	048° 00' 42,4620''	IMBITUBA
282	Implantação	0,00	1238,37	15° 52' 52,7184''	048° 00' 42,4620''	IMBITUBA
283	Implantação	0,00	1238,50	15° 52' 52,5918''	048° 00' 42,0991''	IMBITUBA
283	Implantação	0,00	1238,50	15° 52' 52,5918''	048° 00' 42,0991''	IMBITUBA
284	Implantação	0,00	1238,34	15° 52' 52,3429''	048° 00' 41,5082''	IMBITUBA
284	Implantação	0,00	1238,34	15° 52' 52,3429''	048° 00' 41,5082''	IMBITUBA
285	Implantação	0,00	1228,25	15° 52' 51,6107''	048° 00' 40,0742''	IMBITUBA
285	Implantação	0,00	1228,25	15° 52' 51,6107''	048° 00' 40,0742''	IMBITUBA
286	Implantação	0,00	1206,81	15° 52' 38,5251''	048° 00' 28,6812''	IMBITUBA

286	Implantação	0,00	1206,81	15° 52' 38,5251''	048° 00' 28,6812''	IMBITUBA
287	Implantação	0,00	1197,41	15° 52' 37,8869''	048° 00' 21,4834''	IMBITUBA
287	Implantação	0,00	1197,41	15° 52' 37,8869''	048° 00' 21,4834''	IMBITUBA
288	Implantação	0,00	1223,34	15° 52' 45,1607''	048° 00' 38,5891''	IMBITUBA
288	Implantação	0,00	1223,34	15° 52' 45,1607''	048° 00' 38,5891''	IMBITUBA
292	Implantação	0,00	1199,07	15° 52' 41,7161''	048° 00' 15,3476''	IMBITUBA
292	Implantação	0,00	1199,07	15° 52' 41,7161''	048° 00' 15,3476''	IMBITUBA
293	Implantação	0,00	1186,72	15° 52' 37,3156''	048° 00' 14,8514''	IMBITUBA
293	Implantação	0,00	1186,72	15° 52' 37,3156''	048° 00' 14,8514''	IMBITUBA
294	Implantação	0,00	1179,89	15° 52' 36,7795''	048° 00' 08,7964''	IMBITUBA
294	Implantação	0,00	1179,89	15° 52' 36,7795''	048° 00' 08,7964''	IMBITUBA
296	Implantação	0,00	1221,31	15° 51' 48,2953''	048° 00' 31,5164''	IMBITUBA
296	Implantação	0,00	1221,31	15° 51' 48,2953''	048° 00' 31,5164''	IMBITUBA
297	Implantação	0,00	1206,63	15° 51' 40,6931''	048° 00' 29,3156''	IMBITUBA
297	Implantação	0,00	1206,63	15° 51' 40,6931''	048° 00' 29,3156''	IMBITUBA
298	Implantação	0,00	1162,06	15° 51' 35,9268''	047° 59' 49,6270''	IMBITUBA
298	Implantação	0,00	1162,06	15° 51' 35,9268''	047° 59' 49,6270''	IMBITUBA
301	Implantação	0,00	1169,76	15° 52' 36,1086''	048° 00' 01,1110''	IMBITUBA
302	Implantação	0,00	1164,91	15° 52' 35,5736''	047° 59' 55,2273''	IMBITUBA
303	Implantação	0,00	1161,75	15° 52' 35,0296''	047° 59' 49,0220''	IMBITUBA
304	Implantação	0,00	1159,93	15° 52' 34,5586''	047° 59' 43,7898''	IMBITUBA
304	Implantação	0,00	1159,93	15° 52' 34,5586''	047° 59' 43,7898''	IMBITUBA
305	Implantação	0,00	1148,90	15° 52' 34,2314''	047° 59' 36,7846''	IMBITUBA
306	Implantação	0,00	1142,09	15° 52' 33,9562''	047° 59' 31,8633''	IMBITUBA
307	Implantação	0,00	1191,00	15° 51'	048° 00'	IMBITUBA

				12,5360''	03,3898''	
308	Implantação	0,00	1187,87	15° 51' 10,6392''	048° 00' 02,3066''	IMBITUBA
310	Implantação	0,00	1155,30	15° 52' 33,8083''	047° 59' 43,8593''	IMBITUBA
310	Implantação	0,00	1155,30	15° 52' 33,8083''	047° 59' 43,8593''	IMBITUBA
311	Implantação	0,00	1147,60	15° 52' 33,0800''	047° 59' 40,7259''	IMBITUBA
312	Implantação	0,00	1141,34	15° 52' 32,4248''	047° 59' 33,7918''	IMBITUBA
314	Implantação	0,00	1152,61	15° 52' 14,6794''	047° 59' 23,1348''	IMBITUBA
315	Implantação	0,00	1141,17	15° 51' 59,4799''	047° 59' 10,0524''	IMBITUBA
318	Implantação	0,00	1133,94	15° 53' 10,2326''	047° 58' 58,1412''	IMBITUBA
319	Implantação	0,00	1103,85	15° 51' 44,2794''	047° 57' 38,2696''	IMBITUBA
320	Implantação	0,00	1095,08	15° 52' 13,1430''	047° 58' 00,1171''	IMBITUBA
320	Implantação	0,00	1095,08	15° 52' 13,1430''	047° 58' 00,1171''	IMBITUBA
321	Implantação	0,00	1095,79	15° 52' 13,8172''	047° 57' 57,6499''	IMBITUBA
322	Implantação	0,00	1083,88	15° 52' 14,8482''	047° 57' 59,2083''	IMBITUBA
323	Implantação	0,00	1084,85	15° 52' 15,2715''	047° 57' 58,4911''	IMBITUBA
324	Implantação	0,00	1168,20	15° 51' 53,9268''	047° 49' 06,4800''	IMBITUBA
325	Implantação	0,00	1207,36	15° 51' 54,4141''	047° 48' 50,7507''	IMBITUBA
326	Implantação	0,00	1204,32	15° 52' 01,0453''	047° 48' 55,5720''	IMBITUBA
327	Implantação	0,00	1197,50	15° 52' 10,6392''	047° 49' 11,0876''	IMBITUBA
327	Implantação	0,00	1197,50	15° 52' 10,6392''	047° 49' 11,0876''	IMBITUBA
328	Implantação	0,00	1190,35	15° 52' 06,6580''	047° 49' 15,2818''	IMBITUBA
328	Implantação	0,00	1190,35	15° 52' 06,6580''	047° 49' 15,2818''	IMBITUBA
329	Implantação	0,00	1191,28	15° 52' 09,1158''	047° 49' 16,7107''	IMBITUBA
330	Implantação	0,00	1187,36	15° 52' 10,0533''	047° 49' 23,4033''	IMBITUBA
331	Implantação	0,00	1190,53	15° 51' 59,1316''	047° 49' 27,1537''	IMBITUBA

332	Implantação	0,00	1182,94	15° 51' 58,1285''	047° 49' 21,4368''	IMBITUBA
332	Implantação	0,00	1182,94	15° 51' 58,1285''	047° 49' 21,4368''	IMBITUBA
333	Implantação	0,00	1175,43	15° 51' 46,6090''	047° 49' 15,6578''	IMBITUBA
334	Implantação	0,00	1165,03	15° 51' 52,8013''	047° 49' 15,6573''	IMBITUBA
335	Implantação	0,00	1173,70	15° 52' 04,5428''	047° 49' 17,8704''	IMBITUBA
336	Implantação	0,00	1161,87	15° 52' 05,8153''	047° 49' 18,2694''	IMBITUBA
336	Implantação	0,00	1161,87	15° 52' 05,8153''	047° 49' 18,2694''	IMBITUBA
337	Implantação	0,00	1176,09	15° 52' 09,5357''	047° 49' 19,3911''	IMBITUBA
338	Implantação	0,00	1176,49	15° 52' 12,0411''	047° 49' 20,1115''	IMBITUBA
339	Implantação	0,00	1177,16	15° 52' 15,8354''	047° 49' 21,0774''	IMBITUBA
340	Implantação	0,00	1172,42	15° 52' 02,0560''	047° 49' 17,0924''	IMBITUBA
341	Implantação	0,00	1169,11	15° 51' 58,2952''	047° 49' 15,9524''	IMBITUBA
342	Implantação	0,00	1166,03	15° 51' 53,4636''	047° 49' 14,4848''	IMBITUBA
343	Implantação	0,00	1162,22	15° 51' 49,1029''	047° 49' 13,1480''	IMBITUBA
344	Implantação	0,00	1163,55	15° 51' 53,3246''	047° 49' 15,5662''	IMBITUBA
345	Implantação	0,00	1193,58	15° 52' 01,5873''	047° 49' 14,3201''	IMBITUBA
346	Implantação	0,00	1094,34	15° 52' 32,6380''	047° 52' 24,6258''	IMBITUBA
347	Implantação	0,00	1095,90	15° 52' 31,9392''	047° 52' 23,3912''	IMBITUBA
348	Implantação	0,00	1097,23	15° 52' 31,2318''	047° 52' 22,1598''	IMBITUBA
349	Implantação	0,00	1096,67	15° 52' 30,5683''	047° 52' 20,9586''	IMBITUBA
350	Implantação	0,00	1098,45	15° 52' 29,9464''	047° 52' 19,9024''	IMBITUBA
351	Implantação	0,00	1099,02	15° 52' 29,2711''	047° 52' 18,7360''	IMBITUBA
352	Implantação	0,00	1106,84	15° 52' 30,4236''	047° 52' 19,5944''	IMBITUBA
353	Implantação	0,00	1099,96	15° 52' 32,7827''	047° 52' 20,4609''	IMBITUBA
354	Implantação	0,00	1099,33	15° 52'	047° 52'	IMBITUBA

				28,6021''	17,5753''	
355	Implantação	0,00	1099,43	15° 52' 27,9367''	047° 52' 16,4161''	IMBITUBA
356	Implantação	0,00	1099,74	15° 52' 27,2742''	047° 52' 15,2599''	IMBITUBA
357	Implantação	0,00	1099,14	15° 52' 26,6094''	047° 52' 14,1051''	IMBITUBA
358	Implantação	0,00	1098,32	15° 52' 25,9428''	047° 52' 12,9411''	IMBITUBA
358	Implantação	0,00	1098,32	15° 52' 25,9428''	047° 52' 12,9411''	IMBITUBA
359	Implantação	0,00	1109,52	15° 52' 25,9167''	047° 52' 14,3942''	IMBITUBA

9.2 Cartas Imagem