

MAPEAMENTO DAS REGIÕES DA ÁREA DE INSTRUÇÃO BÁSICA DO ESQUADRÃO DE VOO A VELA QUE PROPICIAM A FORMAÇÃO DE TÉRMICAS COM BASE NO TIPO DE TERRENO¹

MAPPING OF THE REGIONS OF THE BASIC INSTRUCTION AREA OF THE SAILING FLIGHT SQUADRON THAT PROVIDE THE FORMATION OF THERMALS BASED ON THE TYPE OF TERRAIN

Letícia Bichoff Coelho²
Marcus Vinicius de Araújo Lima³

RESUMO

As correntes de ar ascendentes chamadas de térmicas são utilizadas desde os primórdios pelas aves de rapina planadoras para ascender aos céus. Essa técnica é empregada também pelos pilotos de planadores ao redor do mundo, inclusive pelos tripulantes do Esquadrão de Voo a Vela (EVV) da Academia da Força Aérea (AFA), em Pirassununga-SP. É imprescindível para quem pilota esse tipo de aeronave identificar quais lugares são propícios para a ocorrência das mesmas a fim de ganhar altura e manter-se em voo. Por isso, este trabalho possui como objetivo fornecer uma base de dados para o EVV por meio de confecção de mapas de calor das áreas mais propícias para a formação de térmicas com fundamento nos tipos diversos de cobertura do terreno. Foram analisadas quais as características de cobertura de solo que favorecem essa ocorrência por meio de leitura de artigos científicos, livros e trabalhos de conclusão de curso sobre meteorologia, geologia e assuntos relacionados a pilotagem de aeronaves sem motor. Com os resultados da pesquisa foram confeccionados: dois mapas de calor, com base em visualização de imagens de satélite, da área de instrução básica do EVV, indicando quais regiões possuem terrenos mais propícios para a formação de térmicas; e, dois mapas de calor com os dados de observação de aves rapinantes do relatório do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes (CENIPA). Findada a comparação, deseja-se que este trabalho seja utilizado como uma forma de consulta e estudo para os tripulantes do Esquadrão de Voo a Vela para que possam aprimorar seus conhecimentos técnicos sobre formação de térmicas e entender quais terrenos são mais propícios para a formação das mesmas em determinado horário do dia, bem como que este seja utilizado de forma mais prática nas operações no setor Echo ou competições de voo a vela.

Palavras chave: Planadores; Térmicas; Tipos de terreno; Voo a vela; Aves rapinantes.

¹Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV) da Academia da Força Aérea.

²Cadete Aviadora do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024)

³Bacharelado em Matemática (1993), Mestrado em Matemática Aplicada (1997), Doutor em Matemática (2001) pela Universidade Federal de São Carlos. Academia da Força Aérea. E-mail: marcusmval@fab.mil.br

ABSTRACT

Ascending air currents called thermals have been used since ancient times by gliding birds of prey to ascend to the skies. This technique is also used by glider pilots around the world, including the crew of the Sailing Flight Squadron of the Air Force Academy, in Pirassununga-SP. It is essential for anyone who pilots this type of aircraft to identify which places are suitable for them to occur in order to gain height and remain in flight. Therefore, this work aims to provide a database for the EVV by creating heat maps of the areas most prone to the formation of thermals based on the different types of land cover. The soil cover characteristics that favor this occurrence were analyzed by reading scientific articles, books and course completion works on meteorology, geology and subjects related to piloting engineless aircraft. With the research results, the following were created: two heat maps, based on satellite image visualization, of the EVV basic instruction area, indicating which regions have terrain most suitable for the formation of thermals; and, two heat maps with bird of prey observation data from the Accident Investigation and Prevention Center report. Once the comparison is complete, it is hoped that this work will be used as a form of consultation and study for the crew of the Sailing Flight Squadron so that they can improve their technical knowledge about the formation of thermals and understand which terrains are most suitable for the formation of thermals. same at a certain time of the day, as well as for it to be used in a more practical way in operations in the Echo sector or sailing competitions.

Keywords: Gliders; Thermal; Types of terrain; Sailing flight; Birds of prey.

INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea (AFA), segundo o Manual do Cadete da Aeronáutica (Brasil, 2023), é uma instituição de ensino pertencente à Força Aérea Brasileira (FAB) e sediada na cidade de Pirassununga- SP, que tem como objetivo formar os futuros oficiais da aeronáutica, fornecendo o ensino superior necessário para os quadros de Aviação, Intendência e Infantaria. Dentre as atividades que o cadete pode executar está a participação no Esquadrão de Voo a Vela (EVV), que atualmente faz uso de três tipos de planadores: o DG-1000, o Duo Discus e o Discus CS.

Planadores são aeronaves sem motor com características semelhantes às de um avião, mantendo estrutura e configurações aerodinâmicas parecidas com essa, porém, que conseguem manter-se em voo ganhando altura por meio da utilização de correntes ascendentes chamadas de térmicas. Essa técnica de ascender aos céus já era usada desde os primórdios pelas rapinantes planadoras, ou seja, aves de rapina que utilizam-se do voo planado, mantendo as asas esticadas para ganhar sustentação de forma a não perder tanta energia batendo as asas.

Embora na aviação em geral a proximidade com pássaros possa ser considerada indesejada, pois afeta a segurança devido ao risco de colisão em voo, para os pilotos que utilizam as mesmas

técnicas que as aves planadoras, é desejoso encontrá-las e voar próximo das mesmas, visto que trata-se de um grande indício de que existam térmicas nas proximidades. De acordo com Nardi e Silva (2021), além das nuvens, a presença de urubus girando sem bater as asas é um ótimo indicativo de uma ascendente.

Para o piloto de planador, é primordial que, além de buscar por nuvens e aves que indiquem a presença de térmicas, entenda quais terrenos são propícios para a formação dessas correntes de ar, entendendo quais características da superfície terrestre favorecem a incidência e intensidade das mesmas. Na escolha destas superfícies, é interessante ressaltar que o ângulo e a intensidade de incidência solar varia durante o dia e que, segundo Sahin (2012) quanto maior o ângulo da radiação solar, mais quente fica a superfície atingida e, conforme ele fica menor, o aquecimento também diminui. Ou seja, os horários em que o Sol está mais alto no céu (maior ângulo) são os horários em que o solo é mais aquecido, já em momentos próximos ao amanhecer e ao entardecer quando o Sol está mais próximo da linha do horizonte (menores ângulos), esse aquecimento é reduzido. Com base nessas afirmações, percebe-se que, características que são consideradas não tão ideais para o período da manhã, são boas para o fim da tarde, quando o solo já está absorvendo menos quantidade de calor.

Devido a dificuldades do piloto iniciante na fase de aperfeiçoamento em encontrar as térmicas durante o voo de pendura, ou seja, os voos mais longos em que o piloto tem que ganhar altura para navegar, a pesquisa em questão utiliza referenciais teóricos sobre meteorologia para pilotos de planadores, geologia e técnicas de centragem de térmicas como fonte de estudo para ter embasamento e responder a seguinte questão: Quais regiões da área de instrução básica do setor Echo do Esquadrão de Voo a Vela possuem terrenos propícios para a formação de térmicas?

Com o resultado da pesquisa bibliográfica tem-se como objetivo geral mapear as regiões da área de instrução básica do Esquadrão de Voo a Vela que possuem terrenos propícios para a formação de térmicas. Dentro deste, destacam-se também os objetivos específicos: identificar quais características do terreno propiciam sua formação, identificar visualmente através de análise de imagens de satélite quais as regiões apresentam características favoráveis para a ocorrência das térmicas e realizar o mapeamento da incidências de aves de espécies de urubus e carcarás.

Com as regiões selecionadas, foram elaborados dois mapas de calor que indicam quais regiões possuem terrenos mais propícios para a formação de térmicas, analisando o horário térmico (de dez horas às dezesseis horas) e o período após o horário térmico (das dezesseis horas até o pôr do sol). Como comparação foram confeccionados também, dois mapas de calor baseados em dados

quantitativos de avistamento de aves de rapina do relatório do CENIPA. Os dados para a confecção do mapeamento de incidência de aves planadoras foram filtrados de planilhas disponibilizadas pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes, restringindo a altura de desligamento dos planadores, área de estudo e espécies da região, urubus e carcarás. O artigo em questão visa facilitar a visualização dos pilotos básicos do Esquadrão em encontrar e entender quais locais têm maior possibilidades de haver correntes ascendentes.

Findada a análise dos locais cujo terreno apresenta condições propícias para formação de térmicas, espera-se que essa sirva de fonte de estudo para os tripulantes do EVV para a realização de voos de pendura, voos mais longos em que o piloto tem que atingir mais altura para iniciar a navegação para pontos mais distantes, e auxilie-os a encontrar as superfícies em que seja recorrente a ascensão de correntes de ar.

1 DESENVOLVIMENTO

1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Reichmann (1975), entender as térmicas é de suma importância para os tripulantes de planadores do Esquadrão de voo a vela da Academia da Força Aérea, visto que os mesmos utilizam-se de correntes de ar no núcleo delas para ascender aos céus.

Esta técnica utilizada pelos tripulantes do EVV para se manterem em voo não se trata de uma ideia original, mas de algo já utilizado por algumas aves de rapina chamadas aves planadoras. Elas utilizam as correntes de ar ascendentes para ganhar altura. Podendo, segundo Willian Menq (2016), algumas espécies como o urubu-de-cabeça-preta, realizar voo planado em grandes alturas e percorrer dezenas de quilômetros em busca de alimentos.

De acordo com o Aeroclub de Bebedouro (2016), a natureza deixa indicativos de térmicas, desde a formação de nuvens (pelo processo de subida do ar quente) até o voo de aves como os urubus (que se mantêm voando sem bater as asas, pois estão dentro de cone ascendente das correntes de ar. Desse modo, na prática o piloto pode observar o local onde existem urubus e se direcionar para suas proximidades, pois ali existem térmicas. (Nardi; Silva, 2021, p. 66)

Tem-se, portanto, que um fator que indica a possível ocorrência de térmicas no local é a presença desse tipo de aves. Na área em estudo é notória a recorrência das mesmas por meio do banco de dados da Unidade Aérea das fichas de Cenipa 15 (Figura 1). Segundo o Programa de Gerenciamento de Risco de Fauna (PGRF) da AFA (2022) as espécies de aves com mais incidência no setor Echo são o urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*) e o carcará (*Caracara plancus*).

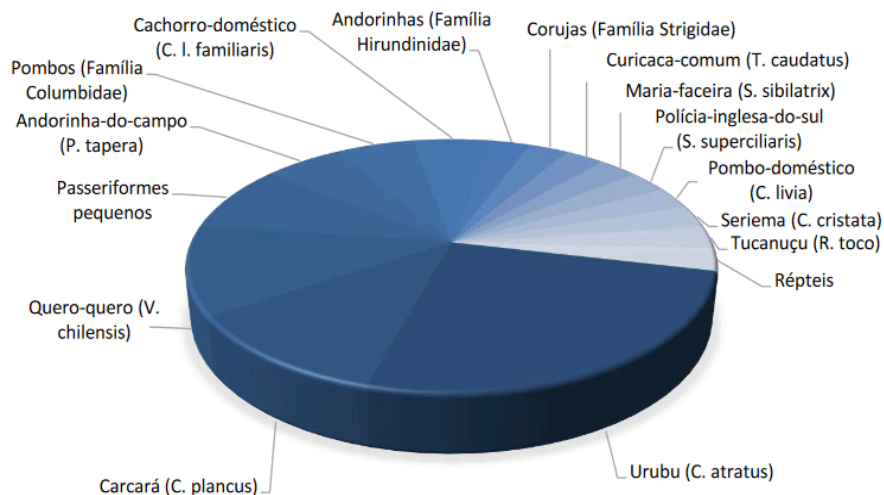


Figura 1 Número de colisões com cada espécie no Setor E da AFA.
Fonte: Programa de Gerenciamento de Risco de Fauna, 2022

Analisando os reportes online na plataforma riscodefaua.net, utilizada pelos tripulantes da Academia da Força Aérea, que engloba os reportes de risco de fauna da região de toda a área de instrução da AFA de fevereiro de 2023 a fevereiro de 2024, percebe-se uma acentuada existência de risco de fauna em regiões que coincidem com as regiões de maior incidência de térmicas percebidas na prática pelos tripulantes do EVV. Importante salientar que essas regiões em que são mais comuns a presença das correntes ascendentes são de conhecimento de todos os tripulantes que percebem a presença das mesmas na prática durante os treinamentos de voos de pendura. Durante as instruções de voo no período térmico, voos em que os alunos aprendem a usar as correntes ascendentes para subirem, os instrutores orientam os pilotos básicos (1P) a se direcionarem para tais regiões de forma que encontrem as correntes ascendentes mais facilmente. Todo esse treinamento ocorre na fase de aperfeiçoamento (AP), na qual o 1P aprende a forma correta de girar em uma térmica, segundo o

PIMO, Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA (2023), concluir essa fase é um pré-requisito para a realização de voos horário térmico.

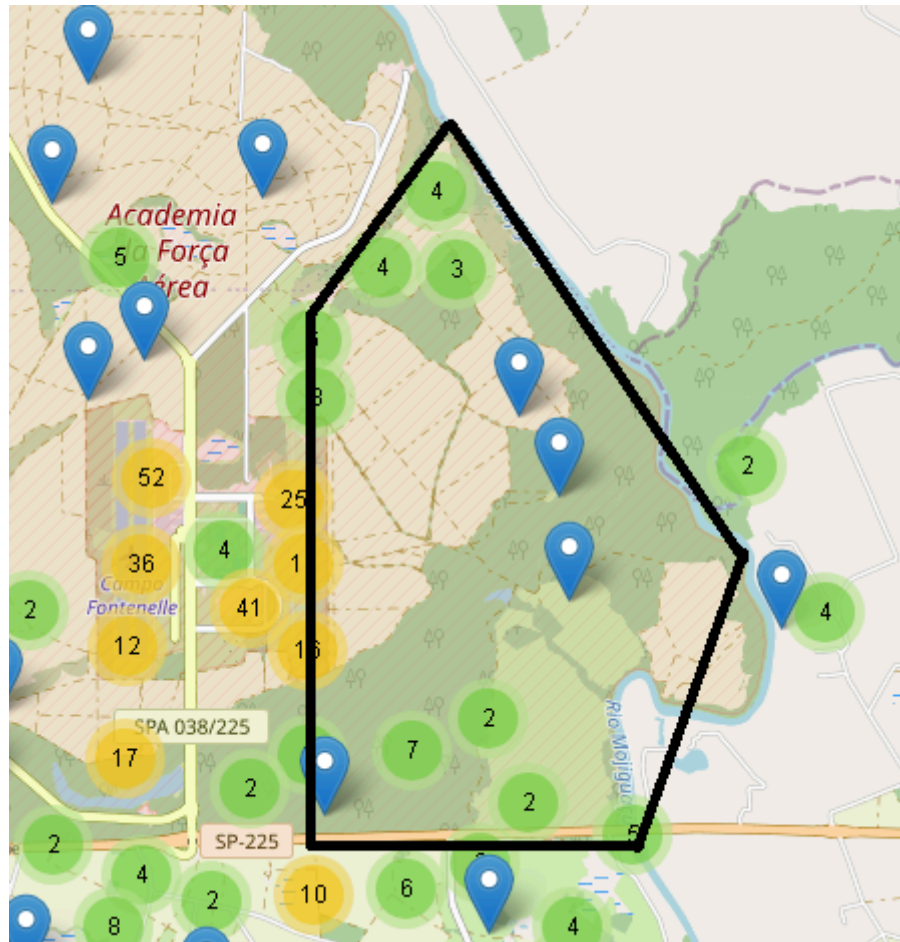


Figura 2 Registros de risco de fauna na área de instrução básica do EVV
Fonte: Riscodafauna.net

Interpretando a Figura 2, segundo a plataforma Riscodafauna.net, os ícones azuis representam um avistamento de uma ave ou um grupo de aves, já os círculos em verde e amarelo com um numeral dentro, indica que naquele ponto foram observados essa quantidade de avistamentos. Baseado ainda na Figura 2, registros de risco de fauna na área de instrução básica do EVV, percebe-se que os locais de maior incidência aviária coincidem com algumas regiões em que é comum observar os giros de térmicas dos planadores, sendo elas: Mapa do Brasil (região mais a norte do mapa, cuja vegetação possui o formato de um mapa do Brasil na horizontal), Fazenda Pedra Branca, Proximidades da pista do setor echo e proximidades da estrada SP-225. Vale ressaltar

que tais regiões também aparecem com frequência nos registros de voos de planadores feitos pelos tripulantes conforme orienta o PIMO (2023), pois todos os voos com duração igual ou superior a 30 minutos são gravados e lançados no site www.onlinecontest.org.

É imprescindível para o piloto de planador, além de identificar tais lugares, entender como se formam as correntes de ar ascendentes e o porquê determinadas regiões são propícias para a formação de térmicas. De acordo com a Federal Aviation Administration (FAA) (2013) é essencial um estudo prévio da teoria para conseguir, durante o voo, desenvolver e aplicar as habilidades e conhecimentos necessários.

Segundo Dennis Pagen (2002), a energia solar que atinge a Terra por meio de raios ultravioletas é absorvida pela superfície e transformada, pelas moléculas sólidas, em radiação infravermelha, que se transmite em forma de calor para o ar sobrejacente, aquecendo-o até que seja formada uma grande bolha, com o tempo essa atinge determinado grau de saturação e se desprende do solo. Como o ar aquecido aumentou seu volume, devido ao maior espaçamento que se deu entre as moléculas, sua densidade por consequência diminuirá e dará início ao ciclo de circulação do ar.

O ar de menor densidade sobe em forma de uma coluna, caracterizando a formação das térmicas. Segundo Reichmann (1975), na parte mais central ao redor do núcleo o ar sobe com mais velocidade e os planadores conseguem integrar uma razão de subida maior que a da periferia da termal. Ao redor da coluna está a região de ar descendente, ou seja, o ar de maior densidade que está descendo para próximo da superfície.

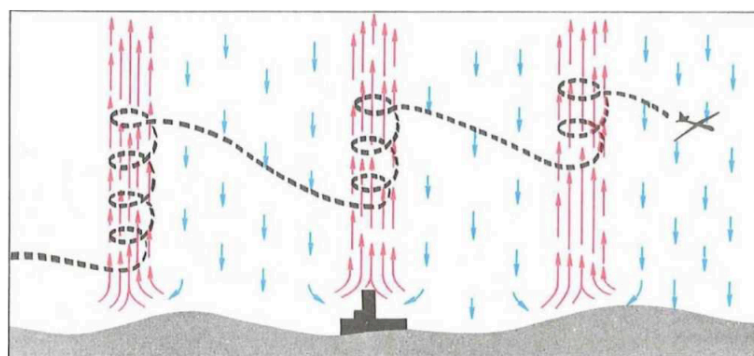


Figura 3 Regiões descendentes e ascendentes.

Fonte: Kardong, (1999).

O ar atmosférico é aquecido pela irradiação do solo, diferenciando-se, portanto, pelo tipo de cobertura presente neste, pois absorvem diferentes quantidades de energia solar, fazendo com que o

ambiente que possua maior índice de absorção irradie menos calor para a atmosfera e aqueça mais o ar próximo à superfície. Conforme Gadd (2001), as superfícies se diferenciam e existem aquelas que possuem maior potencial de geração de térmicas, por exemplo o período final da safra de uma plantação de cereais, arbustos secos e até mesmo terrenos rochosos, embora este demore mais tempo para aquecer.

De acordo com Gartland (2010), o ar próximo ao solo e que será aquecido por esse é influenciado pelas características do terreno. Os claros refletem grande parte do calor e guardam pouco para si, não aquecendo tanto o solo, os úmidos absorvem o calor para a profundidade, sendo portanto, os terrenos secos e escuros os ideais para serem geradores de térmicas, como campos arados, asfalto e pedras.

Algumas superfícies refletem em vez de absorver o calor radiante. Grama e plantas usam a radiação azul e vermelha do espectro solar para fotossíntese, mas refletem as faixas intermediárias verde de comprimento de onda. Superfícies cobertas com neve 30 ou gelo refletem entre 40 e 90% da radiação incidente, enquanto que uma superfície escura pode refletir somente 10 a 15% do calor radiante recebido. (Wallington, 1961, p.182)

Sendo assim percebe-se que as características presentes no solo como tipo de vegetação, cor e umidade são fatores que influenciam a temperatura da superfície terrestre e definem a intensidade e o período do dia em que elas ocorrerão e serão mais fortes. Segundo Oliveira (2005), a cobertura do solo e a quantidade de sombreamento influenciam diretamente na temperatura e umidade do local.

Segundo Pillar (1995), a quantidade de radiação absorvida é afetada pela cor do solo, sendo assim, solos de cor clara absorvem menos do que solos escuros. Ainda, segundo o mesmo autor, quanto mais úmido o solo, mais lento é o seu aquecimento, isso ocorre porque o calor específico da água é maior do que o dos minerais do solo. No mesmo sentido, solos arenosos, aquecem mais numa tarde de verão do que os solos argilosos.

De acordo com Machado (2022) da Confederação Brasileira de Voo Livre, em regiões mais planas, como no caso da área em estudo, é de extrema importância identificar os gatilhos da térmica, ou seja, alterações no terreno que causem perturbações no fluxo de vento, gerando variações de pressão e fazendo com que o ar aquecido próximo à superfície desprenda-se do solo e inicie sua ascensão, dando início ao ciclo.

Dentre esses gatilhos destaca-se, segundo Pagen (1992), o vento causado por algum objeto que se movimenta no solo, como um veículo em uma estrada. Outro fator de extrema relevância é o

gatilho causado por diferença de contraste de terreno, ou seja, quando dois terrenos que possuem densidade e temperaturas diferentes estão lado a lado, nesse caso, o ar frio escorre por debaixo do ar quente, fazendo com que esse se desprenda do solo.

Com base em tais afirmações, foram analisadas imagens de satélite obtidas com a ferramenta Google Maps, onde foi possível identificar quais regiões da área de instrução básica do Esquadrão de Voo a Vela contém características propícias para a formação de térmicas. De acordo com Ferreira (2004) o sensoriamento remoto fornece dados de cobertura do solo com rapidez na coleta, auxiliando no monitoramento da superfície terrestre.

Agrega-se que, segundo Reichmann (1975), o processo de formação de ascendentes se diferencia no período da manhã e no período da tarde, já que determinadas condições de terreno são consideradas propícias para o início do período térmico, como campos arados e áreas asfaltadas, e outras são melhores aproveitadas no fim do período térmico, quando a superfície já está esfriando, como vegetação de florestas mais densas. Segundo o Manual de Procedimentos do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (2024), o período térmico se enquadra desde as dez horas até dezesseis horas.

1.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DO OBJETO DE ESTUDO

Para a confecção do trabalho foram utilizados referenciais teóricos que serviram de embasamento para o estudo de quais características do terreno são propícias para que as térmicas se formem, destacando-se livros e artigos sobre meteorologia para o voo térmico, geologia e teorias de voo de planadores e parapentes.

Foram coletados dados de relatórios de risco de fauna que continham a quantidade de ocorrência de visualização de aves na área em estudo. Para a obtenção desses dados foram utilizados o mapa de risco do site www.riscodefauna.net e os gráficos confeccionados com base nos reportes de fauna das Fichas CENIPA 15, formulário de coleta de informação de risco aviário.

Com a pesquisa efetuada, foram confeccionados dois mapas de calor com imagens de satélites provenientes das ferramentas Google Maps, Google Planilhas e Looker Studio, um mapa para o período térmico e outro para o período entre as dezesseis horas e o pôr do sol. Analisando quais os principais pontos da área de instrução básica do EVV possuem características que favoreçam a formação de térmicas para o respectivo período.

Para a confecção do mapa foi realizada uma análise visual das imagens de satélite das regiões que apresentavam características propícias para o respectivo período. Com esses pontos demarcados no mapa foram coletadas as coordenadas geográficas dos mesmos. Após a coleta, as coordenadas foram agrupadas em uma tabela do google planilhas onde continham a identificação de cada ponto. Com a tabela completa, foi utilizada a ferramenta do Google Looker Studio para criar um mapa de calor dos pontos selecionados.

Após a análise e mapeamento com coordenadas de pontos definidos visualmente nas imagens de satélite com base no tipo de terreno, foram confeccionados outros dois mapas de incidência de aves planadoras (diversas espécies de urubus e carcarás), com as coordenadas e coleta de dados de planilhas de incidência aviária disponibilizadas pelo CENIPA nos anos de 2022 e 2023. Para a confecção dos mapas foi utilizada novamente a ferramenta Google Looker Studio.

1.3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada será a área de instrução básica do esquadrão de voo a vela, onde ocorre o desligamento do cabo que conecta o planador ao Ipanema G-19, entre 600 e 800 metros, segundo o PIMO (2023).

Os limites laterais da área de instrução básica são delimitados pelo Manual de Procedimentos do Esquadrão de Voo a Vela (2021) e essa é definida como a região que se enquadra dentro do polígono imaginário que liga os pontos: Pista do setor Echo, Fazenda Pedra Branca, Rio Mogi-guaçu, Estrada de Aguaí e Pista do setor Echo.



Figura 4 Área de Instrução Básica do Esquadrão de Voo a Vela da Academia da Força Aérea

.Fonte: Manual de Procedimentos do Esquadrão de Voo a Vela 2021.

1.4 RESULTADO E DISCUSSÃO

1.4.1 Principais regiões para o período térmico

Baseado em estudos bibliográficos citados anteriormente percebe-se que para o período térmico compreendido entre as dez e dezesseis horas as melhores regiões são aquelas que propiciam que o ar seja aquecido mais facilmente (figura 5). Destaca-se, portanto, segundo Pagen (2002) lugares com campos arados e áreas pavimentadas, como estradas. Vale ressaltar ainda que regiões que permitam o fluxo de veículos facilita a formação de gatilhos para que a térmica se desprenda mais facilmente devido a alterações de vento, outro fator a ser levado em consideração são os limites de vegetação, como uma floresta e um arado, que devido a diferença de temperatura e densidade do ar, faz com que o ar frio se desloque para mais próximo da superfície, fazendo com que o ar quente se desprenda do solo e suba devido a diferença de densidade, que faz com que o ar frio desça e o ar quente ascenda.

Segundo Gartland (2010), o asfalto é um material de cor escura, de alta absorção de energia e elevada condutividade e efusividade, ou seja, a velocidade que um determinado material absorve ou libera calor. Com base nessa análise destacam-se as regiões próximas à estrada de Aguai e à Pista do setor Echo, ambas constituídas por esse material. Além de sua composição é importante salientar que em ambos os casos são regiões que facilitam a ocorrência de gatilho por variação de vento, a primeira devido ao movimento constante de carros e caminhões e a segunda pelo próprio movimento do Ipanema em decolagens e pousos.

Vale ressaltar ainda que, segundo a FAA (2013), arados e plantações, onde o solo apresenta tonalidade mais clara e amarelada, facilitam a formação de térmicas devido à alta exposição solar. Outras regiões de destaque são as que possuem grande contraste de cobertura vegetal lado a lado, destacando-se a diferença da temperatura do ar entre florestas e campos arados, presentes em diversos pontos no mapa, porém são mais evidenciadas nas regiões demarcadas próximo à floresta do mapa do Brasil e o arado a whiskey da mesma, a divisa entre a região de arado ao sul da área e a floresta ao norte dela e as áreas com arado próximo a curva do rio Mogi-Guaçu (Figura 5).



Figura 5 Regiões que propiciam a formação de correntes ascendentes no período térmico

Fonte: Elaboração própria.

Em complemento, o mapeamento de incidência de aves planadoras (Figura 6) demonstra maior quantidade de avistamentos em locais próximos à pista e à estrada de Aguai, que vão de encontro com os terrenos selecionados anteriormente. Já, em contrapartida, foi observada uma quantidade maior de pontos não demarcados no mapa acima, região delimitada pela Final da cabeceira 02R, área delimitada entre a cabeceira da pista 02R e a estrada de Aguai. Em ambos os casos existem alguns fatores a serem levados em consideração, em regiões de tráfego e próximos à pista é mais comum ter maior número de reporte de aves, devido ao maior fluxo de aeronaves que avistam as aves mais facilmente em regiões mais próximas a sua trajetória de voo. Como exemplo se destaca o percurso de tráfego da aeronave T-25, das quais originam-se o maior número de reportes e consequentemente, são as regiões onde houveram mais avistamentos (Brasil, 2024). Outro ponto a ser analisado é a altura em que a aeronave está no determinado ponto do tráfego, sendo mais comum avistar essas aves ainda em alturas baixas quando estão procurando ascendentes, destacando-se portanto as regiões e que as aeronaves voam em altitudes menores, na Final e aproximação para o pouso (áreas no prolongamento da pista).



Figura 6 Regiões em que foram avistadas aves planadoras no período térmico no ano de 2022 e 2023.

Fonte: Elaboração própria.

1.4.2 Principais regiões após o período térmico

Os terrenos mais úmidos, como lagoas e florestas demoram mais para se aquecer durante o dia, levando mais tempo, conseqüentemente, para que o ar adjacente seja aquecido. A saturação desse ar só ocorre mais próximo ao período final da tarde, após o terreno ter sido aquecido durante todo o dia.

De acordo com Reichmann (1975), superfícies com formações distintas absorvem uma quantidade desigual de radiação solar, diferenciando-se, portanto, nas capacidades de reter e liberar calor. Com o mencionado fundamento é possível encontrar, após o período térmico, correntes ascendentes sobre florestas, terrenos escuros e úmidos, mesmo após as térmicas sobre campos arados e regiões mais secas já terem terminado seu ciclo.

Na área em estudo encontra-se esse tipo cobertura vegetal onde a floresta é mais densa e absorve energia no decorrer do dia, fazendo com que o ar próximo à superfície se desprenda apenas ao final da tarde. Outros pontos ideais para procurar térmicas ao final do dia são regiões próximas a lagoas, que, da mesma forma que as florestas, absorvem calor durante todo o dia.

Destacam-se, portanto, as áreas de floresta mais densa que cruzam a área de instrução básica, e outros pontos com lagoas como a Lagoa da Fazenda Pedra Branca, a Lagoa do Varjão e a lagoa próxima à ponte do rio Mogi-Guaçu (Figura 7).



Figura 7 Regiões que propiciam a formação de correntes ascendentes após o período térmico

Fonte: Elaboração própria.

Foi realizado também o mapeamento de incidência aviária após o período térmico (Figura 8), percebe-se porém que devido ao baixo número de avistamentos reportados dentro da área de instrução nesse período (a partir de 16 horas até o pôr do sol), o mapa a seguir não poderá ser usado como fonte de comparação fidedigna. Percebe-se porém a presença dos mesmos fatores contribuintes citados no período térmico, pontos coincidentes com o tráfego da aeronave T-25.

Outro fator a ser analisado é que com a diminuição do ângulo de incidência solar, no período próximo ao pôr do sol, as térmicas perdem sua intensidade, e a observação e incidência de pássaros rapinantes diminuem, sendo mais comum a presença dos mesmos em momentos mais quentes do dia, durante o período térmico (Figura 6).



Figura 8 Regiões em que foram avistadas aves planadoras após o período térmico no ano de 2022 e 2023.

Fonte: Elaboração própria.

1.4.3 Análise geral dos períodos

Após realizar a análise e o mapeamento das regiões da área de instrução básica do esquadrão de Voo a Vela que propiciam a formação de térmicas com base no tipo de terreno, foi constatado que essas coincidem com os locais em que se teve maior quantidade de avistamento de aves coletados no site riscodefauna.net em registros de maio de 2023 a maio de 2024 (Figura 2), período disponibilizado pela plataforma online.

Destacaram-se para o período térmico as regiões próximas à pista do setor Echo e próximas à estrada de Aguaí. Outras áreas evidenciadas foram as superfícies em que se observam os limites entre arado e florestas densas, como o exemplo a whiskey do mapa do Brasil, região de vegetação densa na parte superior da área, demarcada no mapa e que apresenta número elevado de avistamentos de aves.

Após o período térmico, destacaram-se as regiões de floresta densa que cruza a área de instrução e os pontos onde percebe-se a presença de lagoas, como a Lagoa da Fazenda Pedra Branca, a Lagoa do Varjão e a lagoa próxima à ponte do rio Mogi-Guaçu.

Com a análise do mapeamento percebe-se, por intermédio dos registros de risco de fauna, que as características de terreno, consideradas na pesquisa bibliográfica, que favorecem a formação de térmicas indicam os lugares em que realmente percebe-se a presença delas por meio da grande incidência de números de aves. Já se comparado com o mapeamento realizado com a plataforma Google Looker Studio dos locais em que tiveram avistamento de aves planadoras nos anos de 2022 e 2023 percebe-se uma discrepância ao comparar ambos os mapas, tais mapas não excluem a possibilidade de que naquele lugar existam térmicas em determinado período, serve apenas como um direcionamento para o piloto saber quais regiões são mais prováveis a sua ocorrência, não analisando fatores como vento que desloca a térmica verticalmente e outros fatores meteorológicos. Vale ressaltar ainda o baixo número de reporte para após período térmico e o fato de as regiões com maiores avistamentos coincidirem com o tráfego da aeronave T-25 e pontos em que sobrevoam a alturas mais baixas.

O mapeamento realizado oferece uma fonte de estudo para os tripulantes do Esquadrão de Voo a Vela, sobre quais terrenos são ideais para formação das térmicas em diferentes períodos do dia. O trabalho em questão visa, portanto, fornecer um mapeamento da área de instrução básica para que os cadetes participantes do EVV possam aprimorar o conhecimento a respeito de como as térmicas se formam e em quais tipos de terreno e em qual período do dia elas são mais intensas.

Dessa forma, visa facilitar a tomada de decisão durante a realização de voos de pendura, demonstrando previamente quais regiões são mais propícias para encontrar correntes ascendentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, foram estudadas as características de terreno que propiciam a formação de térmicas em relação com as espécies que fazem uso de correntes ascendentes para manter-se em voo. Com os resultados obtidos e dados coletados foram realizados dois tipos de mapeamento de calor, um para as regiões com terrenos propícios, outro para os avistamentos de planadoras, analisando dois períodos diferentes do dia, térmico e pós térmico.

Primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e científica que serviu de base para a escolha das coordenadas do terreno mapeado. Analisando condições propícias para diferentes períodos do dia, dividindo em período térmico, onde o sol ainda propicia o aquecimento do solo e o período após esse, quando o sol já não aquece o solo, momento em que inicia o seu resfriamento.

Posteriormente foram analisadas as espécies de aves planadoras e coletados dados do site riscodefauna.net (Figura 2) e planilhas disponibilizadas pela plataforma online do CENIPA, que filtrados os horários, as espécies planadoras presentes na área analisada (diferentes espécies de urubus e carcarás) e a região em estudo ofereceram uma comparação da presença dessas aves (Figuras 6 e 8). Com as coordenadas de avistamento deste tipo específico de aves, indicadoras de correntes ascendentes, foi confeccionado dois mapas de calor, que serviram como ferramenta de comparação das regiões selecionadas de acordo com o terreno.

Os resultados obtidos com a comparação desses dois mapas revelaram que em sua maioria as regiões estudadas nas referências bibliográficas coincidem com a maioria dos avistamentos de aves planadoras, porém que alguns pontos necessitam ser analisados. Dentre esses, destaca-se a maior incidência de avistamento de aves em regiões de tráfego do Segundo Esquadrão de Instrução Aérea, ficando a grande parte da área em estudo sem dados substanciais para que fosse realizado tal comparação, acrescidos ainda pelo baixo número de reporte de aves por parte do Esquadrão de Voo a Vela, sendo a maior parte por tripulantes do 2º EIA

Outro fator a ser discutido em relação a defasagem das regiões nos mapeamentos realizados é que o único fator analisado para o mapeamento das possíveis regiões com incidência de térmicas foi a formação do terreno, como cobertura vegetal e material, como florestas, lagoas ou estradas.

Sendo, portanto, desconsiderado outros fatores que afetam as térmicas como intensidade e direção do vento, que deslocam as térmicas e outros fatores meteorológicos e geológicos como a formação de nuvens de pressão e relevo do terreno. Sendo como sugestão para demais pesquisas analisar a influência desses fatores para a formação de térmicas e a incidência de aves planadoras.

Dessa forma, este trabalho abordou uma pesquisa e análise de quais regiões possibilitam a formação de térmicas, efetuando uma comparação com a incidência das aves planadoras, que balizam as correntes ascendentes durante seus voos. Com os mapas de calor apresentados, espera-se que o tripulante do EVV identifique mais rapidamente os locais que possivelmente possua térmicas, aplicando a teoria na prática e efetuando voos mais duradouros e proveitosos, bem como, que as informações coletadas sirvam como fonte de pesquisa para os integrantes do Esquadrão de Voo a Vela.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da defesa. Comando da Aeronáutica. **Manual de Procedimentos do Esquadrão de Voo a Vela**. 2021.

BRASIL. Ministério da defesa. Comando da Aeronáutica. **Programa de Gerenciamento de Risco de Fauna (PGRF)**. 2022.

BRASIL. Ministério da defesa. Comando da Aeronáutica. **Manual do Cadete 2023**.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA 2023**. 2023.

BRASIL. Ministério da defesa. Comando da Aeronáutica. **Manual de Procedimentos do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea**. 2024.

BRASIL. Ministério da defesa. Comando da Aeronáutica. **Manual de Procedimentos do Segundo Esquadrão de Instrução Aérea 2024**. 2024.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Glider Handbook**. FAA, 2013. Disponível em: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/glider_handbook/. Acesso em: 29 set. 2023.

FERREIRA, N. J. et. al. **Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, 271p.

GADD, W. **Térmicas: Coletores, Disparadores e Gatilhos**. [S. l.: s. n.], 2001.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

KARDONG, K. E; MARTINEZ, F. P. **Vertebrados: anatomía comparada, función, evolución**. 4ª Edição. McGraw-Hill / Interamericana de España, 2007.

MACHADO, L. **Entendendo as Térmicas**. Confederação Brasileira de Voo Livre, 2022.

Disponível em:

<https://www.cbvl.esp.br/noticias/entendendo-as-termicas/#:~:text=As%20t%C3%A9rmicas%20s%C3%A3o%20de%20natureza,padr%C3%A3o%20de%20circula%C3%A7%C3%A3o%20relativamente%20persistente>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MENQ, W. **Aves de rapina da Mata Atlântica**. Aves de Rapina Brasil, 2016. Disponível em: http://avesderapinabrasil.com.br/arquivo/artigos/avesderapina_mataatlantica.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

NARDI, L. E.; SILVA, T. A. da . **INFLUÊNCIA DO VOO A VELA NO DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES PARA PILOTAGEM DE AERONAVES DE ASA FIXA**. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 59–80, 2021. Disponível em: <https://rbac.cia.emnuvens.com.br/revista/article/view/43>. Acesso em: 14 set. 2023.

PAGEN, D. **Understanding the sky: a sport pilot's guide to flying conditions**. United States of America: First Edition, 1992.

PAGEN, D. **Hang Gliding: Thermal Lore - part 1**, 2002.

PILLAR, Valério de Patta. **Clima e Vegetação**. Departamento de Botânica, UFRGS, 1995. Disponível em:

http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/Arquivos/Reprints&Manuscripts/RevisoesEcologiaVegetal/6_Clima_95Nov07.pdf . Acesso em: 10 mar. 2024.

OLIVEIRA, M. L. R.; COSTA, H.A.; SCHAEFER, L. M.; CARLOS, E. G. r. **Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal**, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000400015>. Acesso em: 18 out. 2023.

REICHMANN, H. **Cross-country soaring (streckensegelflug)**: a handbook for performance and competition soaring. Thomson Publications, 1975.

ŞAHİN, M. **Modelling of air temperature using remote sensing and artificial neural network in Turkey**, 2012. Advances in space research, 50(7), 973-985.

WALLINGTON, C. E. **Meteorologia para pilotos de planador**. 3º edição. Arrowsmith, Bristol, 1961.