

LEVANTAMENTO DE PERÍODOS FAVORÁVEIS AO VOO DE PLANADOR COM BASE EM SONDAGENS ATMOSFÉRICAS NA REGIÃO DE PIRASSUNUNGA

SURVEY OF FAVORABLE PERIODS FOR GLIDER FLIGHTS BASED ON ATMOSPHERIC SOUNDINGS IN THE PIRASSUNUNGA REGION

Guilherme Teixeira Carvalho Almeida¹

Antonio Luiz Ferrari²

Douglas Henrique Queiroz de Carvalho³

RESUMO

A presente pesquisa visa determinar, com base no histórico da atmosfera na região, quais épocas do ano são mais favoráveis ao voo de planador na Academia da Força Aérea. Adotará uma abordagem exploratória para obter maior familiaridade com o problema, descrevendo a natureza do voo planado, as técnicas para interpretar diagramas meteorológicos e obtendo sondagens atmosféricas do tipo Skew-T log-P. A justificativa para essa pesquisa reside na importância do estudo meteorológico, que garante maior segurança e eficiência nas operações do Esquadrão de Voo a Vela. Além disso, será analisado o impacto ambiental resultante. O objetivo geral é determinar os fatores atmosféricos relevantes para o voo de planador na região de Pirassununga, bem como analisar a variação desses índices ao longo dos anos. O método de análise compreende a pesquisa documental, com a utilização de técnicas de interpretação de diagramas de sondagem para comparar os períodos e interpretar os resultados.

Palavras-chave: Voo planado; meteorologia; sondagens atmosféricas.

¹ Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024).

² Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1976) e mestrado em Bioengenharia pela Universidade de São Paulo (1988). Atualmente é professor do magistério superior da aeronáutica lotado na Academia da Força Aérea e doutor em Ciências da Engenharia Ambiental no CRHEA/EESC/USP, defesa realizada em 04/10/2012 e homologação em 29/10/2012. Pós-doutor pelo Departamento de Ciências Básicas do FZEA- USP - Campus de Pirassununga/SP em 13/11/2014.

³ Possui graduação em Física pela Universidade Federal de São João Del-Rei (2007). Possui mestrado em Física e Química na área de Materiais pela Universidade Federal de São João Del-Rei(2011) . Tem experiência na área de Física e Química, com ênfase em Teoria Quântica de Materiais, atuando principalmente nos seguintes temas: Estudos Teórico e Experimental de Filmes Finos de SnO₂. Atualmente é aluno de doutorado em Ciências de Materiais no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/ CNEN).

ABSTRACT

The present research aims to determine, based on the atmospheric history of the region, which times of the year are most favorable for glider flights at the Air Force Academy. It will adopt an exploratory approach to gain greater familiarity with the problem, describing the nature of glider flight, the techniques for interpreting meteorological diagrams, and obtaining atmospheric soundings of the Skew-T log-P type. The justification for this research lies in the importance of meteorological studies, which ensure greater safety and efficiency in the operations of the Glider Flight Squadron. Additionally, the environmental impact resulting from these activities will be analyzed. The general objective is to determine the relevant atmospheric factors for glider flights in the Pirassununga region, as well as to analyze the variation of these indices over the years. The analysis method comprises documentary research, using sounding diagram interpretation techniques to compare periods and interpret the results.

Keywords: Soaring; meteorology; atmospheric soundings.

INTRODUÇÃO

O Esquadrão de Voo a Vela (EVV) da Academia da Força Aérea tem como missão despertar e desenvolver nos cadetes a vocação à carreira militar aeronáutica, por meio do aprimoramento dos atributos de pilotagem, conhecimentos da ciência aeronáutica, liderança e responsabilidade. O voo de planador desempenhado pelo EVV é uma atividade voluntária realizada aos fins de semana pelos Cadetes da Academia da Força Aérea (AFA). Além de aprimorar a capacidade de pilotagem e a familiaridade com a cultura aeronáutica, o voo a vela apresenta uma oportunidade para os cadetes terem contato com a atividade aérea antes de ingressarem nos Esquadrões de Instrução Aérea, podendo portanto obter um melhor preparo para as atividades curriculares de voo presentes no Curso de Formação de Oficiais Aviadores.

As missões realizadas no EVV podem ser divididas em três categorias: missões não térmicas, missões de pendura e missões de navegação. Cada uma dessas categorias de missão conta com uma gama de características específicas e todas elas são importantes para a formação dos pilotos.

As missões não térmicas são aquelas realizadas para os alunos aprenderem a pilotar o planador. São missões de curta duração, em torno de 20 minutos, nas quais são realizados exercícios para que o aluno treine sua pilotagem e obtenha a proficiência psicomotora e a capacidade de julgamento necessária para ser um piloto de planador.

Missões de pendura ou permanência são missões de grande duração, com pelo menos 50 minutos de voo, nas quais os pilotos treinam sua capacidade de voar aproveitando a energia fornecida pelas correntes térmicas ascendentes, obtendo também as marcas necessárias para a progressão operacional do piloto. Nessa fase de missões, a necessidade de utilizar a atmosfera como força motriz desperta a curiosidade do piloto a respeito dos fenômenos meteorológicos. As missões de pendura representam a maior parte das horas de voo feitas pelo Esquadrão, e portanto, as que necessitam de mais atenção em relação ao planejamento.

Missão de navegações são missões de voo em distância, que representam a menor parte das missões realizadas pelo EVV, já que são efetuadas apenas pelos pilotos mais experientes, e dependem de uma série de condições para serem autorizadas.

Para a realização de missões não térmicas, basta que o aeródromo da AFA esteja operando sob condições mínimas de voo visual. Estas condições são determinadas por dois fatores que representam a visibilidade no aeródromo: a visibilidade horizontal e o teto, ou seja, a altura, acima

do solo ou água, da base da mais baixa camada de nuvens, abaixo de 6 mil metros (20 mil pés) e que cubra mais da metade do céu (“DECEA» Glossário”, [s.d.]). Para que as condições sejam consideradas como dentro dos mínimos visuais, a visibilidade horizontal deverá ser maior ou igual a 5.000 m, e o teto (se houver) igual ou superior a 1.500 ft (Brasil, 2006). Para que o voo de pendaria ocorra, no entanto, há mais fatores envolvidos e nem sempre ele é possível, por isso, esses fatores são o foco desta pesquisa.

A utilização de planadores pela sociedade tem uma importância relevante, seja para fins bélicos, como no início da era da aviação, quanto para práticas desportivas, que é o que acontece atualmente. A instrução em planadores para pilotos que não têm muita experiência torna-se uma ferramenta primordial para melhorar o desempenho desses pilotos e um auxílio para a segurança de voo. O estudo de situações de risco e o desmembramento dessas situações seria um instrumento relevante para a tomada de decisão por todos os praticantes dessa atividade, seja militar ou não.

O voo planado difere do voo em aeronaves motorizadas em muitos aspectos. Um deles é a intensidade na qual está sujeito às condições atmosféricas, uma vez que o planador não possui força motriz própria, e o fator que o permite permanecer em voo é a própria atmosfera. Nesse contexto, é crucial entender as condições que favorecem ou limitam o voo de planador, a fim de garantir a segurança e a eficácia das operações do EVV. Portanto, a presente pesquisa buscará identificar quais períodos do ano apresentam as melhores condições atmosféricas para a prática do voo de planador, levando em consideração fatores como índices atmosféricos, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

Na AFA, para conduzir a operação e lançar os planadores ao ar, utiliza-se a aeronave rebocadora EMB-201 R Ipanema, de designação militar G-19. Originalmente concebida como uma aeronave agrícola, foi desenvolvida no CTA (Centro Técnico Aeroespacial – São José dos Campos, SP) de acordo com as especificações do Ministério da Agricultura. Com o início das atividades da EMBRAER em 2 de janeiro de 1970, o projeto foi transferido para essa empresa. A Força Aérea Brasileira utiliza as aeronaves EMB-201 R (G-19) “Ipanema” (produzidas especialmente para rebocar planadores) em missões do Clube de Voo a Vela da Academia da Força Aérea Brasileira desde 1976. O exemplar em exposição (matrícula FAB 0151) foi desativado e entregue ao Museu Aeroespacial em 2011 (“Ipanema - EMB-201 R | EMBRAER - MUSAL”, [s.d.]).

A relevância deste estudo reside na sua aplicabilidade direta para o EVV. O conhecimento de quais meses do ano costumam apresentar melhores condições para o voo, atualmente, é empírico entre os pilotos, com base na experiência, já que não se mantém documentado o registro das

condições de cada mês aqui na AFA. Através da identificação dos períodos mais favoráveis ao voo de planador, espera-se otimizar o planejamento das atividades, proporcionando um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e maximizando as oportunidades de treinamento para os cadetes, já que as horas disponíveis para a aeronave rebocadora são limitadas, e o planejamento de quando serão utilizadas mais ou menos horas por dia é essencial para o melhor rendimento da operação. Além disso, o conhecimento adquirido poderá servir como base para a elaboração de diretrizes e recomendações específicas para o voo a vela no âmbito da AFA.

Diante do exposto, a presente pesquisa visa responder à seguinte pergunta: "**Quais períodos do ano apresentam as melhores condições atmosféricas para o voo de planador no contexto do Esquadrão de Voo a Vela da Academia da Força Aérea?**" Essa pergunta orientará a estratégia de pesquisa e a coleta de dados necessários para o desenvolvimento do estudo.

Existe entre os pilotos o conhecimento empírico, advindo da experiência e da observação, de que o período mais favorável seja aquele compreendido entre os últimos 4 meses do ano. Inicialmente, esta é a hipótese a ser levada adiante nesta pesquisa. Após a análise e tratamento estatístico dos dados obtidos, será possível atestar a veracidade desta hipótese.

OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Através dos números obtidos após a análise dos diagramas *Skew-T*, determinar quais meses do ano, historicamente, apresentam uma meteorologia mais propícia para voos longos de planador.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Esta pesquisa tem ainda, como objetivos específicos, identificar um ou mais índices atmosféricos relevantes para a determinação das condições favoráveis ao voo de pendura, considerando sua aplicabilidade no contexto do EVV, bem como analisar os dados de sondagens atmosféricas históricas do tipo *Skew-T log-P* da região de Pirassununga - São Paulo, buscando identificar padrões e tendências que influenciam a favorabilidade ao voo de planador.

Por fim, comparar historicamente cada um dos 12 períodos mensais dos cinco últimos anos para determinar o grau de favorabilidade ao voo de planador segundo o resultado obtido, verificando se há variações significativas ao longo do ano.

DESENVOLVIMENTO

3.1 REFERENCIAL TEÓRICO

É importante lembrar que o voo planado como conhecido foi um produto tanto de avanços tecnológicos, quanto do entendimento do fenômeno meteorológico. A interação entre a meteorologia, pilotagem, engenharia e design de planadores evoluiu ao longo do século XX, levando a avanços significativos no esporte e na tecnologia.

Em 1911, Orville Wright realizou um voo planado de quase dez minutos contra um vento de 64 km/h em Kitty Hawk, Carolina do Norte. Esse voo foi possível graças à escolha do local pelo seu irmão, Wilbur, que baseou-se em análises da velocidade média dos ventos na região, efetuadas por estações meteorológicas próximas (Crouch, 1991). Uma década depois, em 1921, em meio às restrições do Tratado de Versailles, pilotos alemães competiram com seus planadores, visando voar apesar da proibição da fabricação de aviões motorizados pela Alemanha, e dobraram o recorde de permanência em voo de Wright. Em 1922, o piloto Arthur Martens, seguindo os conselhos de Walter Georgii, meteorologista alemão, procurou voar acima da face da montanha que estava virada para o vento, conseguindo subir 108 m acima do Wasserkuppe e permaneceu em voo durante uma hora e seis minutos (Welch, 1980). A notícia do evento se espalhou por toda a Europa, incentivando pessoas de muitos países a participarem de competições.

A contribuição da meteorologia para o voo planado não parou por aí. Engenheiros e pilotos continuaram aprofundando seus conhecimentos sobre as condições meteorológicas ideais para o voo planado, descobrindo, dentre outras coisas, a vantagem de voar em nuvens e tempestades.

As correntes térmicas já eram encontradas por volovelistas desde os primeiros voos, mas sem que eles compreendessem suas causas e características. Foi o designer e piloto de planadores Alexander Lippisch que, em 1928, introduziu um instrumento chamado variômetro, que indicava as variações de altitude com base em mudanças na pressão atmosférica. Com o uso desse instrumento, o piloto Robert Kronfeld conseguiu localizar as correntes térmicas e voar em círculos dentro delas, alcançando distâncias cada vez maiores (Simons, 2001).

Além disso, os pilotos e meteorologistas compreenderam que as características da topografia influenciam a formação das térmicas. A formação de nuvens cumulus, que muitas vezes indicam a presença de térmicas, ocorre com mais frequência acima de vales amplos com corpos d'água, encostas de montanhas aquecidas pelo sol, pântanos e outras áreas propensas à produção de vapor d'água, além de campos abertos e prados (Lee, 2012).

Com o tempo, as observações feitas a partir de voos de planadores continuaram a fornecer novas descobertas e contribuir para o conhecimento sobre as condições atmosféricas e como elas influenciam o voo planado. Mas, havia limites para o quanto de informação útil um piloto voando com um único planador poderia coletar. Por isso, em 1931, Georgii pediu ao designer Alexander Lippisch que criasse um planador especial, capaz de carregar, além do piloto, dois passageiros ou um técnico e um conjunto significativo de equipamentos científicos. A aeronave foi batizada *Urubu*, e utilizada extensivamente como observatório atmosférico para estudo das térmicas (SIMONS, 1986).

Para incentivar a colaboração internacional no estudo do voo planado, Georgii, em 14 de junho de 1930, propôs a criação da "Internationale Studienkommission für den Motorlosen Flug" (Comissão Internacional de Estudos sobre o Voo Sem Motor), também conhecida como ISTUS. Essa comissão, presidida pelo meteorologista alemão, tinha como uma de suas principais tarefas promover o estudo da atmosfera em relação ao voo planado. Após a Segunda Guerra Mundial, os esforços de restabelecimento dessa organização levaram ao surgimento da "Organisation Scientifique et Technique Internationale du Vol à Voile" (Organização Científica e Técnica Internacional para o Voo Planado), ou OSTIV, que manteve o estudo da meteorologia do voo planado como um objetivo crítico (Zanrosso, 1996).

O conhecimento dos fenômenos meteorológicos e do funcionamento da atmosfera é fundamental para os pilotos de todo tipo de aeronave. Para os de planador, em especial, como não dispõem de meios próprios de propulsão, sua manutenção em voo depende exclusivamente do comportamento do meio no qual estão voando.

A meteorologia pode ser definida como a ciência ou conjunto de ciências que têm como campo de estudo a atmosfera terrestre e os fenômenos que nela ocorrem. Para Blair (1964): "Meteorologia é a ciência da atmosfera e seus fenômenos – aqueles fenômenos que nós chamamos, em conjunto, de tempo." Sonnemaker (2012) divide essa ciência em dois ramos: meteorologia pura,

que é o estudo da meteorologia dirigido para o campo de pesquisa e meteorologia aplicada, que se define como o estudo da meteorologia dirigido para os diversos ramos de atividade humana.

Dentro da meteorologia aplicada encontra-se a meteorologia aeronáutica, que, segundo Sonnemaker (2012), “é o estudo dos fenômenos de tempo que ocorrem na atmosfera, visando à economia e a segurança do voo”, e por sua vez é a principal área de pesquisa deste trabalho, em conjunto com o estudo de quais fatores atmosféricos são os mais importantes para o voo planado.

A Meteorologia é uma ciência intimamente relacionada com a atmosfera e seus fenômenos. De um restrito ponto de vista científico, a Meteorologia é extremamente complicada. Entretanto, como um piloto não precisa ser engenheiro aeronáutico para voar, tampouco precisa ser meteorologista para tirar vantagens de certos fatos relacionados com o tempo. Para as atividades do piloto, os fatores relacionados com o tempo, podem ser tratados sem se recorrer à Matemática, utilizando-se somente as formas descritivas. (Brasil, 1966).

Para realizar um estudo científico sobre o comportamento atmosférico em determinado momento e lugar é necessário, segundo Blair (1964), conhecer “as propriedades e condições físicas mais importantes do ar”, que segundo esse autor são: temperatura do ar, pressão atmosférica, direção e velocidade de deslocamento do ar, umidade do ar, nebulosidade e precipitação.

A corrida para digitalizar os dados meteorológicos começou nos Estados Unidos na década de 1960, quando meteorologistas começaram a utilizar computadores mainframe para analisar as leituras do céu transmitidas por radiossondas. Com o tempo, os computadores pessoais foram adotados, permitindo que as análises fossem realizadas por apenas uma pessoa. Em 1992, o físico suíço Olivier Liechti desenvolveu o algoritmo "ALPTHERM", que usava perfis verticais de radiossondas para modelar a convecção atmosférica em uma região geográfica (Liechti; Neining, 2005).

Para os pilotos, o algoritmo ALPTHERM forneceu informações sobre o momento ideal para decolar e pousar, bem como a altura e a intensidade das térmicas esperadas ao longo de um determinado percurso. O algoritmo correlacionava dados como a altura da convecção, a altitude da base das nuvens e a taxa de sustentação da região com as características de planeio do tipo de planador que o piloto pretendia voar.

Em meados de 2005, o algoritmo de Liechti foi incorporado ao programa TopTask Competition, usado por meteorologistas para prever as condições de voo planado em várias regiões da Europa e Escandinávia. O programa baseava-se nos dados meteorológicos fornecidos para desenvolver planos de voo para planadores e prever as velocidades de realização das tarefas durante

as competições de voo a vela. Os pilotos relataram que metade das previsões do TopTask Competition variava de boas a excelentes (Hindman et al., 2007).

Além disso, vários meteorologistas desenvolveram programas e sites que permitem aos pilotos o acesso instantâneo a informações meteorológicas detalhadas e precisas para planejar voos mais seguros e eficientes em várias regiões ao redor do mundo. Outras pesquisas também já foram desenvolvidas no sentido de falar sobre ou analisar a micrometeorologia para o voo visual.

3.2 MÉTODOS DE ANÁLISE

Nesta pesquisa, será adotada uma abordagem que combina diferentes tipos de pesquisa e procedimentos técnicos para analisar a relação entre as condições meteorológicas e o voo de planador na região de Pirassununga.

Quanto aos fins, a presente pesquisa pode ser classificada como exploratória. A revisão bibliográfica permitirá explorar o conhecimento existente sobre os fatores que influenciam o voo de planador, de forma condizente com a classificação proposta por Gil (2002). A coleta de dados meteorológicos e a análise estatística subsequente permitirão observar as variações e tendências das condições meteorológicas ao longo do tempo na região de Pirassununga, bem como comparar os diferentes períodos.

Quanto aos meios, o método de análise compreende uma pesquisa bibliográfica, para revisão da literatura acerca do voo de planador, e uma pesquisa documental, por meio da obtenção de sondagens atmosféricas do tipo Skew-T log-P da região de Pirassununga junto a diversos institutos meteorológicos, coincidindo com a descrição proposta por Gil (2002). A pesquisa bibliográfica fornecerá embasamento teórico e informações consolidadas sobre os fatores a serem considerados na escala e sua importância. Já a pesquisa documental fornecerá dados empíricos essenciais para a análise dos índices ao longo dos anos na região.

3.2.1 DIAGRAMA DE SONDAGEM ATMOSFÉRICA *SKEW-T LOG-P*

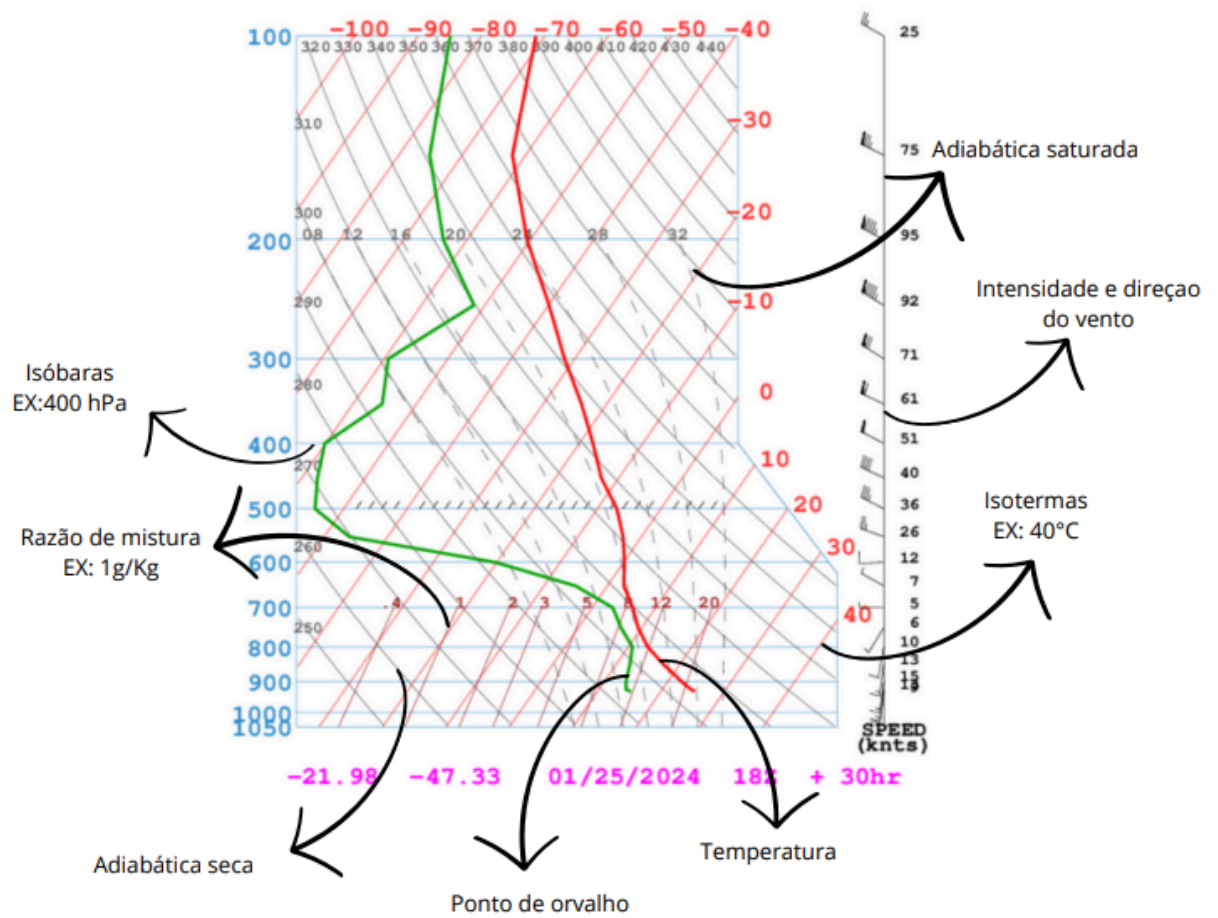
O diagrama *Skew-T Log-P*, também conhecido apenas como *Skew-T*, é um diagrama de sondagem atmosférica que pode ser obtido a partir de balões meteorológicos ou por meio de satélites e representa um perfil vertical da atmosfera em determinada região num dado horário. Segundo a definição constante no site do Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos, “O

Skew-T Log-P oferece um retrato quase instantâneo da atmosfera da superfície até o nível de cerca de 100 mbar.”.

O *Skew-T* consiste em um diagrama que apresenta linhas fixas de isóbaras, isotérmicas, linhas de adiabática seca, adiabática de saturação e razão de mistura ao fundo do gráfico. “O *skew-T, log-P* (...) tem como coordenadas a temperatura (linhas inclinadas) e o logaritmo natural da pressão” (Varejão-Silva, 2006). A parte variável do diagrama são as linhas de temperatura de bulbo seco, que reflete a temperatura do ar, e a temperatura de bulbo úmido, referente à temperatura do ponto de orvalho. O gráfico também apresenta a direção e intensidade do vento nas variadas altitudes.

Na figura abaixo, pode-se observar um diagrama *Skew-T* representando a vertical do aeródromo da AFA (SBYS) no dia 31 de julho de 2018, às 15h UTC (12h horário de Brasília). Nesta representação, observa-se a temperatura do ar representada pela linha vermelha e a temperatura do ponto de orvalho representada pela linha verde, ambas no centro do gráfico.

Figura 1 Diagrama Skew-T Log-P e legenda



O diagrama *Skew-T Log-P* é composto por diversos elementos inter-relacionados.

Fonte: <https://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php>

3.2.2 VARIÁVEIS DE UMIDADE

Muitas variáveis podem ser obtidas através da leitura do diagrama. As variáveis utilizadas, assim como a forma de obtê-las no diagrama, segundo Alcântara (1969), serão apresentadas a seguir.

3.2.2.1 Razão de mistura (w) (g/Kg)

É a razão da massa de vapor (M_v) e massa de ar seco (M_d). $w = M_v / M_d$. Para uma dada pressão, ler o valor da razão de mistura que cruza a linha da Temperatura do ponto de orvalho (T_d). Na Figura 2, por exemplo, T_d em 700 hPa é -13°C , e o valor da razão de mistura é 2,0 g/Kg.

3.2.2.2 Razão de mistura saturada (w_s) (g/Kg)

É a razão de mistura que uma amostra de ar teria se estivesse saturada. Para uma dada pressão, ler o valor da razão de mistura que cruza a linha de T . Na Figura 2, por exemplo, T em 700 hPa é -5°C , e o valor da razão de mistura de saturação é 3,8 g/Kg.

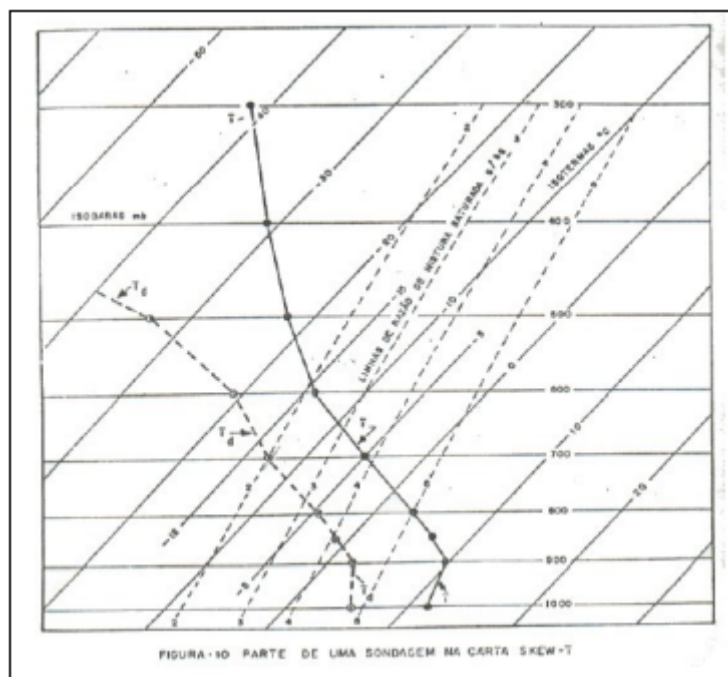


Figura 2 Determinação w e w_s através do Diagrama SkewT-LogP (Silva. 2009)

3.2.3 NÍVEIS DE CONDENSAÇÃO

Novamente, diferentes tipos de níveis de condensação podem ser observados no diagrama para aquela determinada condição atmosférica e horário. À presente pesquisa, interessa o nível de condensação a seguir.

3.2.3.1 *Nível de Condensação por Levantamento (NCL)*

Altura da base das nuvens. Altura na qual uma parcela de ar se torna saturada quando é levantada adiabaticamente. No Esquadrão de Voo a Vela, é proibido o voo dentro de nuvens, portanto só se voa abaixo delas. Assim, a altura da base das nuvens se torna determinante para o alcance da operação naquele dia. Encontra-se na intersecção da linha de ws que passa por T_d , com a adiábática seca que passa por T à superfície. A Figura 3 mostra a determinação do NCL a partir do diagrama Skew-T.

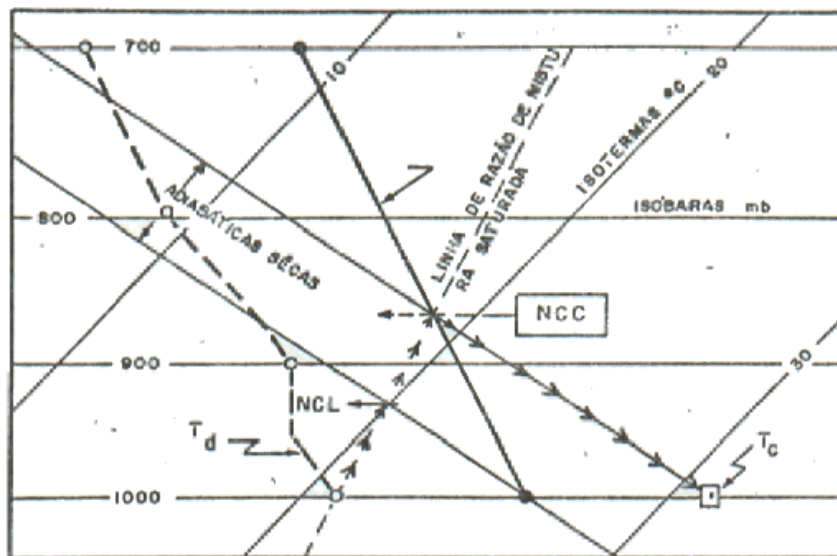


Figura 3 Determinação de NCC e NCL através do Diagrama SkewT-LogP (Silva, 2009)

Esta será a técnica utilizada para encontrar o topo das térmicas na presente pesquisa, utilizando os diagramas

3.2.4 RESULTADOS PARCIAIS

Através da análise dos diagramas *Skew-T* do primeiro sábado de cada mês dos anos 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023, bem como registros de leituras meteorológicas obtidas no site meteostat (“Pirassununga | História do Tempo”, [s.d.]) foi possível a obtenção dos seguintes dados:

		temperatura máxima (°C)	pressão atmosférica (hPa)	ventos médios (km/h)	topo das térmicas (m de altura)
2019	jan	30	1015,9	11,5	856
	fev	35	1015,1	6,3	1.551
	mar	26	1016,9	8,5	480
	abr	31	1015,7	9,9	953
	mai	28	1018,4	5,7	1050
	jun	28	1015,7	7,4	990
	jul	15	1023,6	4,8	N/A
	ago	14	1022,1	16,2	N/A
	set	30	1021,6	10	1.696
	out	33	1013	9,3	2.244
	nov	31	1014,8	7,5	1.918
	dez	29	1013,4	15,5	856
2020	jan	27	1010,4	9,5	647
	fev	27	1016,9	5,3	647
	mar	29	1014,4	9,3	1.348
	abr	29	1014,3	6,9	800
	mai	29	1014,5	9,9	1.348
	jun	27	1019	7,9	850
	jul	25	1019,1	5,1	2.190
	ago	28	1024,1	8,5	2.615
	set	35	1018,8	8,4	3.200
	out	39	1015,1	10,8	3.600
	nov	35	1017,8	11,8	3.290
	dez	32	1015,8	10,6	1.320
2021	jan	28	1013,3	6,2	1.040
	fev	31	1009,8	10,4	1.000
	mar	26	1011,9	10,9	620
	abr	32	1015,6	9,9	1.865
	mai	26	1020,9	6,2	1.500
	jun	29	1020,4	8,3	2.320
	jul	26	1023,2	4,9	1.865
	ago	27	1023,4	8,8	2190
	set	34	1014,7	5,4	2.930
	out	25	1013,4	8,9	1.550
	nov	34	1011,8	10,3	2.580
	dez	32	1015	10	1.990

		temperatura máxima (°C)	pressão atmosférica (hPa)	ventos médios (km/h)	topo das térmicas (m de altura)
2022	jan	27	1010,7	9,7	835
	fev	24	1014,1	7,3	N/A
	mar	33	1014,8	5,9	1.025
	abr	25	1018,4	11,7	660
	mai	27	1020,6	12	1.250
	jun	25	1020,8	9,7	1.350
	jul	29	1020,8	9,2	2.000
	ago	30	1015,8	9,6	1.800
	set	33	1016,5	13,1	1.850
	out	29	1017,6	7,7	2.450
	nov	26	1018,1	13,4	2.750
	dez	31	1012,2	8,3	1.650
2023	jan	24	1015,5	20,7	810
	fev	30	1015,2	10,1	950
	mar	30	1016,2	12	1.150
	abr	28	1014,3	5,6	1.450
	mai	30	1019,2	5	1760
	jun	25	1020,7	5,5	1.350
	jul	25	1021,6	5,8	900
	ago	31	1020,4	5,8	1.050
	set	32	1015,5	15,7	1.900
	out	35	1014,2	14,7	1.900
	nov	30	1011,6	12,5	1.900
	dez	33	1013,2	6,3	2.130

Foram realizadas as seguintes etapas de desenvolvimento:

3.3 REVISÃO DOCUMENTAL

Para obter informações sobre as condições meteorológicas na região de Pirassununga, foram considerados diferentes institutos meteorológicos para obter as sondagens atmosféricas do tipo Skew-T log-P. Quem melhor pôde atender a proposta da pesquisa dentro do período pretendido foi a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), instituição ligada ao governo dos EUA que conduz, entre outros tipos de atividades, pesquisas ligadas a ecossistemas, clima e água. A NOAA disponibiliza, em seu site, sondagens atmosféricas obtidas através de satélites meteorológicos. Esses dados são de domínio público e foram utilizados para análise.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com base nos dados já apresentados, foi calculada a média de topo das térmicas utilizando o software R. Foi escolhido este índice pois é o que permite a permanência do planador em voo e, portanto, influencia diretamente na possibilidade ou não de serem realizados voos de pendura longos.

3.4.1 PREPARAÇÃO DOS DADOS

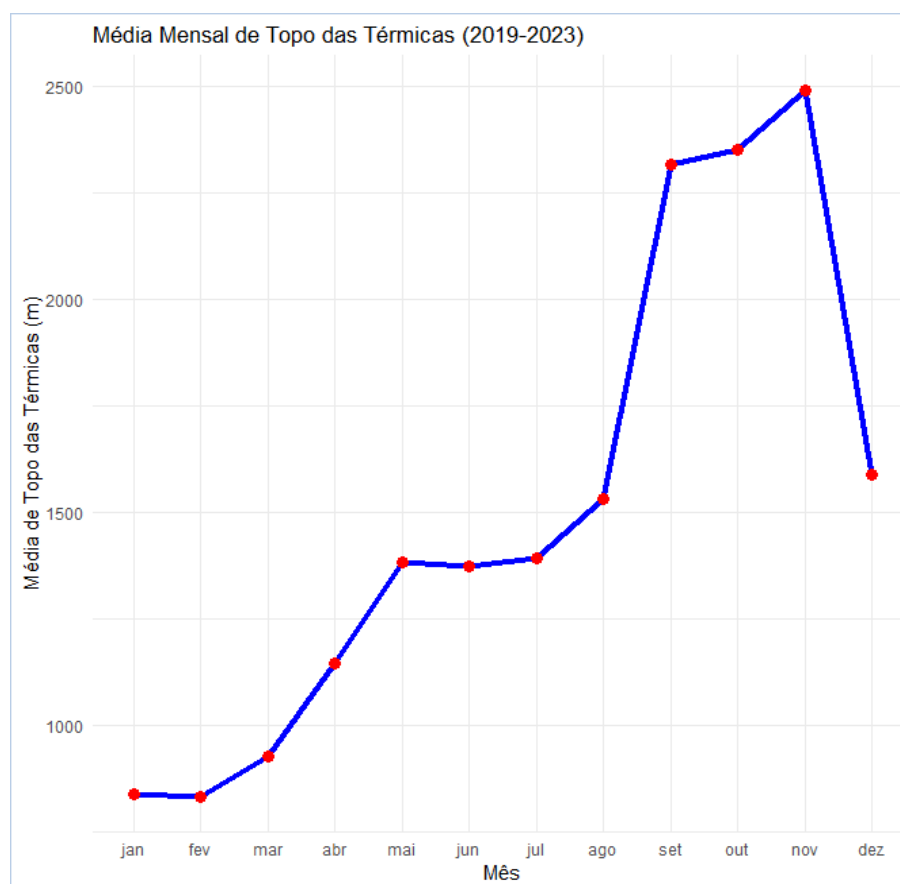
Para o cálculo das médias foi utilizado o software R. Os dados foram inseridos no R manualmente para cada ano.

3.4.2 CÁLCULO DAS MÉDIAS MENSAIS

Após a inserção dos dados, os dados foram combinados em um único data frame para facilitar o cálculo das médias mensais. Utilizamos as funções do pacote `'dplyr'` para agrupar os dados por mês e calcular as médias simples.

3.4.3 VISUALIZAÇÃO DOS DADOS

Para a visualização das médias mensais dos topos das térmicas, utilizamos o pacote `'ggplot2'`. Este pacote é amplamente utilizado para a criação de gráficos estatísticos devido à sua flexibilidade e poder de customização.

Gráfico 1 Média do topo das térmicas de cada mês

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gráfico gerado exibe a média mensal dos topos das térmicas de janeiro a dezembro, calculada a partir dos dados dos anos de 2019 a 2023. Observamos que os meses de setembro, outubro e novembro apresentaram uma média consideravelmente maior de altitude das térmicas em comparação com os outros meses do ano.

Esses resultados coincidem com o conhecimento empírico adquirido pelos pilotos, que frequentemente relatam melhores condições de voo durante esse período. Com base nessa análise, pode-se concluir que vale mais a pena alocar um número maior de horas de voo disponíveis para os meses de setembro, outubro e novembro, já que, provavelmente, será possível realizar voos de pendura mais longos e eficientes devido às condições térmicas mais favoráveis.

A utilização do software R para manipulação dos dados e criação de gráficos demonstrou ser uma abordagem eficaz para a análise meteorológica. A visualização das médias mensais dos topos das térmicas proporciona uma ferramenta valiosa para pilotos e planejadores de voos, auxiliando na escolha das melhores épocas do ano para a prática do voo de planador.

Essa metodologia pode ser replicada para outros períodos, analisando mais dados e aprofundando-se mais em quais outros fatores influenciam na capacidade operacional do EVV.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F.;CAMARGO, A.B. **Manual de Análise do Diagrama Skew-T/Log-P**. Brasília, Ministério da Aeronáutica, MMA-DR-105-07, Jul. 1969

BLAIR, T. A. **Meteorologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1964.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **ICA 100-12: regras do ar e serviços de tráfego aéreo**. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Folheto do Comando da Aeronáutica (FCA) 105-2**, de 17 jan. 2017. Código Meteorológico TAF. Boletim do Comando da Aeronáutica nº 041, de 14 mar. 2017.

BRAZ, Lucas Alexandre Nunes. **ACIDENTES COM PLANADORES NO CVV-AFA: Uma análise dos motivos e causas que levaram a acidentes com planadores no Clube de Voo a Vela da Academia da Força Aérea**. 2011. 103 f. Monografia (Graduação) - Academia da Força Aérea, Pirassununga, 2011.

CROUCH, T. **The bishop's boys: A life of Wilbur and Orville Wright**. **Business Horizons**, 1 jan. 1991.

DECEA. **Glossário**. Disponível em:

<https://www.decea.mil.br/index.cfm?i=utilidades&p=glossario&single=2355#:~:text=Departamento%20de>. Acesso em: 23 mai. 2024.

EMBRAER - MUSAL. Disponível em:

<https://www2.fab.mil.br/musal/index.php/aeronaves-em-exposicao/55-avioes/299-201-ipanema>.

Acesso em: 23 mai. 2024.

GIL, Antônio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HINDMAN, E. et al. A Meteorological System for Planning and Analyzing Soaring Flights in Colorado USA. **Technical Soaring**, v. 31, n. 3, p. 68–78, 2007.

LEE, R. Know the Sky: A History of Interaction between Meteorology and Soaring. **Technical Soaring**, v. 36, n. 4, 2012.

LIECHTI, O.; NEININGER, B. ALPTHERM - A PC-based Model for Atmospheric Convection over Complex Topography. **Technical Soaring**, v. 29, n. 2, p. 55–62, 2005.

LOPES, Carolina Foganholo. Desenvolvimento do voo a vela no Brasil por meio de estratégias de marketing. **Ciências Aeronáuticas - Universidade do Sul de Santa Catarina Virtual**, 2019.

MATHEUS CUNHA, Silva da. **Manual técnico da aeronave DG1000: A importância de uma tradução adequada**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais Aviadores) - Academia da Força Aérea, 2020. 135 p.

MINISTÉRIO DA DEFESA, Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea.

MAPRO EVV: Manual de Procedimentos da Esquadilha de Voo a Vela. São Paulo, SP [s. n.], 2021. 54 p.

NEUMANN, J. Rugard. **Manual de Voo a Vela Para instrutores e Alunos**. 2 ed. ASA, 2011. 149 p.

SILVA, Maria Cristina Lemos. **Apostila: Diagrama Termodinâmico (Skew-T)**, São Paulo, 2009. Disponível em http://dca.iag.usp.br/material/fgoncalv/aca324/apostila_diagrama.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.

SIMONS, M. Martin Simons Sailplanes: **Saiplanes**. Volume 1 1920-1945: BD 1. [s.l.] Equip Verlag, 2001.

SIMONS, M. **The World's Vintage Sailplanes 1908-45**. Melbourne: Kookaburra Technical Publications Pty. Ltd., 1986.

SONNEMAKER, J. B. **Meteorologia**. 31. ed. São Paulo: ASA, 2012.

TEIXEIRA DE SOUZA, F. et al. **Guia prático Diagrama Skew-T**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: https://meteorologia.unifei.edu.br/produtos/skewt/src/Manual_Informativo.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2. Recife, PB, 2006.

WEINHOLTZ, F. W. **Moderno Vôo de Distância em Planadores**. [s.l.] ASA, 2002.

WELCH, A. **The Story Of Gliding**. Second Edition ed. [s.l.] John Murray, 1980.

ZANROSSO, G. **History and Evolution of the Glider**. [s.l.] Egida, 1996.