

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AERONÁUTICAS



**ABORDAGEM SOBRE AS CORRENTES DE JATO NAS AEROVIAS UZ38 E
UM540: DESAFIOS PARA A NAVEGAÇÃO AÉREA E O PLANEJAMENTO DE
VOO**

LUCAS SANTOS RODRIGUES DE PAULA

GOIÂNIA
2023

LUCAS SANTOS RODRIGUES DE PAULA

**ABORDAGEM SOBRE AS CORRENTES DE JATO NAS AEROVIAS UZ38 E
UM540: DESAFIOS PARA A NAVEGAÇÃO AÉREA E O PLANEJAMENTO DE
VOO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Orientadora:

Prof.^a Esp. Tammyse Araújo da Silva.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Anna Paula Bechepeche.

Prof. Me. Raul Francé Monteiro.

GOIÂNIA
2023

ABORDAGEM SOBRE AS CORRENTES DE JATO NAS AEROVIAS UZ38 E UM540: DESAFIOS PARA A NAVEGAÇÃO AÉREA E O PLANEJAMENTO DE VOO

Lucas Santos Rodrigues de Paula¹

Tammyse Araújo da Silva²

RESUMO

Este estudo investiga as correntes de jato, ventos intensos com potencial para induzir turbulência e influenciar a aviação em altitudes elevadas, incluindo setores comerciais e executivos. No âmbito científico, discute-se atualmente a interação entre as correntes de jato e as mudanças climáticas, sugerindo-se possíveis alterações na trajetória desses fenômenos, particularmente no Hemisfério Sul. O objetivo central da pesquisa é analisar o comportamento das correntes de jato no Hemisfério Sul com impacto nas rotas aéreas UZ38 e UM540. Foram utilizadas cartas meteorológicas SIGWX da América, disponíveis na Redemet, durante o período de 2013 a 2023, considerando o horário de 00 UTC. A metodologia empregada no estudo é de natureza básica, com a utilização de procedimentos bibliográficos e documentais, com foco na coleta de dados em uma área específica. Resultados mostram aumento nas correntes de jato e turbulências nos últimos três anos, com maior ocorrência em junho, julho, agosto e setembro, tendo sido analisados velocidade (predominantemente 100kt), direção (majoritariamente de NW para SE) e nível de voo (mais frequente FL390). Esses achados indicam que voos nessas rotas podem enfrentar desafios relacionados à velocidade e à direção do vento, especialmente em situações de Clear Air Turbulence (CAT), ou Turbulência de Ar Claro. Conclui-se que um planejamento de voo cauteloso é essencial para evitar áreas de correntes de jato que possam impactar negativamente as operações aéreas. Sugerem-se estudos futuros para avaliar estratégias de voo em horários com menor presença de correntes de jato, visando otimizar rotas e garantir a segurança das operações aéreas.

Palavras-chave: Correntes de Jato. Turbulência de Céu Claro. Aerovias. Meteorologia Aeronáutica. Planejamento de Voo.

¹ Graduando em Ciências Aeronáuticas, PUC/GO. Licença de piloto privado. Licença de comissário de bordo. E-mail: lucassantosrodrigues064@gmail.com.

² Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Graduada em Ciências Aeronáuticas pela UnisulVirtual. Professora da Escola Politécnica e de Artes no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. EC-PREV pelo CENIPA. Credenciada no SGSO pela Anac e pela Infraero. E-mail: tammyse@hotmail.com, tammyse@pucgoias.edu.br.

APPROACH ON JET STREAMS ON UZ38 AND UM540 AIRWAYS: CHALLENGES FOR AIR NAVIGATION AND FLIGHT PLANNING

ABSTRACT

This study investigates jet streams, strong winds with the potential to induce turbulence and influence aviation at high altitudes, including commercial and executive sectors. Within the scientific community, there is currently a discussion on the interaction between jet streams and climate change, suggesting possible alterations in the trajectory of these phenomena, particularly in the Southern Hemisphere. The main objective of the research is to analyze the behavior of jet streams in the Southern Hemisphere impacting air routes UZ38 and UM540. SIGWX meteorological charts from the Americas, available on Redemet, were used during the period from 2013 to 2023, considering the 00 UTC time. The methodology employed in the study is of a basic nature, using bibliographical and documentary procedures, focusing on data collection in a specific area. Results show an increase in jet streams and turbulence over the last three years, with a higher occurrence in June, July, August, and September. Speed (predominantly 100 knots), direction (mostly from NW to SE), and flight level (most frequent at FL390) were analyzed. These findings indicate that flights on these routes may face challenges related to wind speed and direction, especially in Clear Air Turbulence (CAT) situations. It is concluded that cautious flight planning is essential to avoid areas of jet streams that may negatively impact air operations. Future studies are suggested to evaluate flight strategies during times with lower jet stream presence, aiming to optimize routes and ensure the safety of air operations.

Keywords: Jet Streams. Clear Air Turbulence. Air Routes. Aeronautical Meteorology. Flight Planning.

1 INTRODUÇÃO

As correntes de jato, ventos intensos localizados em torno de 30.000 pés de altitude, estão frequentemente associadas à turbulência atmosférica, resultado de flutuações de pressão e temperatura do ar (Souza, 2014a). A turbulência em ar claro (CAT) próxima a essas correntes representa sérios riscos à aviação (Lyra, Chan, Dereczynsk, 2007).

Neste contexto, é crucial investigar as condições das correntes de jato e das CATs nas rotas aéreas nacionais UZ38 e UM540, essenciais para as regiões Sul e Sudeste do Brasil. Além disso, a pesquisa busca fornecer um panorama das

correntes de jato, considerando sua relação com as mudanças climáticas e o impacto na navegação aérea. A discussão sobre a turbulência em ar claro complementa a abordagem, ao passo que o estabelecimento de um monitoramento ao longo das rotas Sul-Sudeste e Sudeste-Sul reforça a relevância do estudo.

A metodologia adotada, de natureza básica e abordagem qualitativa, lança mão de procedimentos bibliográficos e documentais. As fontes incluem livros especializados em meteorologia, Google Acadêmico, Periódico Capes e Redemet.

A estrutura da pesquisa, dividida em quatro seções – além desta introdutória e das considerações finais –, propicia uma compreensão gradual do tema. A revisão teórica inicial explora os fundamentos das correntes de jato, enquanto a descrição da metodologia oferece *insights* sobre a abordagem utilizada. Os resultados apresentados na terceira seção são discutidos na seção posterior, a quarta, proporcionando uma análise aprofundada. As considerações finais encerram a pesquisa, ressaltando a importância do mapeamento das correntes de jato para identificar épocas críticas, direções e velocidades predominantes, bem como a possibilidade de medidas protetivas em virtude de aumento da frequência desses fenômenos ao longo de uma década.

2 REVISÃO TEÓRICA

Em regiões de elevada altitude na atmosfera, próximo à tropopausa, uma área específica é identificada, onde a componente sazonal do vento proveniente do oeste atinge seus valores máximos. A intensidade dessa componente aumenta em função da altitude devido aos gradientes de temperatura presentes de norte a sul. Este fluxo atmosférico, ao atingir seus valores máximos, é comumente conhecido como corrente de jato, ou, simplesmente, jato (Ferreira, 2006). Embora as correntes de jato tradicionalmente apresentem um fluxo contínuo na direção geral de oeste para leste, a sua atual fragmentação é sem precedentes,

possivelmente atribuída às mudanças climáticas e à influência do El Niño³ (Mazuco, 2023).

Essa fragmentação sem precedentes, frisa-se, das correntes de jato não apenas ressalta a complexidade dos padrões atmosféricos, mas também destaca sua importância significativa na aviação. Em particular, a corrente de jato desempenha um papel crucial na definição de rotas de voos, especialmente em voos realizados em altitudes elevadas por aeronaves comerciais e jatos executivos. Durante o planejamento desses voos, a análise da presença de correntes de jato ao longo da rota é fundamental, dado o impacto direto na duração do voo e, conseqüentemente, no planejamento do abastecimento de combustível (Bianchini, 2020). Nesse contexto, torna-se imprescindível o uso de sistemas de monitoramento de variáveis climáticas para compreender os padrões de mudança do tempo e do clima associados a esses fenômenos, permitindo a tomada de decisões estratégicas (Silva *et al.*, 2015).

Considerando essas particularidades da corrente de jato, esta seção tem como objetivo oferecer uma visão abrangente desse fenômeno meteorológico e climático.

2.1 CORRENTE DE JATO: CONCEITO, FORMAÇÃO E FENÔMENOS ASSOCIADOS

As correntes de jato representam faixas estreitas de ventos intensos, localizadas em torno de 30.000 pés⁴ de altitude⁵, predominando de oeste para leste. Entretanto, essas correntes frequentemente oscilam para os hemisférios norte e sul, acompanhando as zonas de transição entre as células de circulação atmosférica⁶ e adotando uma trajetória sinuosa (Noaa, 2023). Esses cinturões de

³ A fase El Niño do fenômeno acoplado ENOS refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente do que a condição média histórica climatológica (INPE, 2023a).

⁴ Cerca de 9.100 metros. Esta equivalência significa que 1.000 pés correspondem a aproximadamente 300 metros.

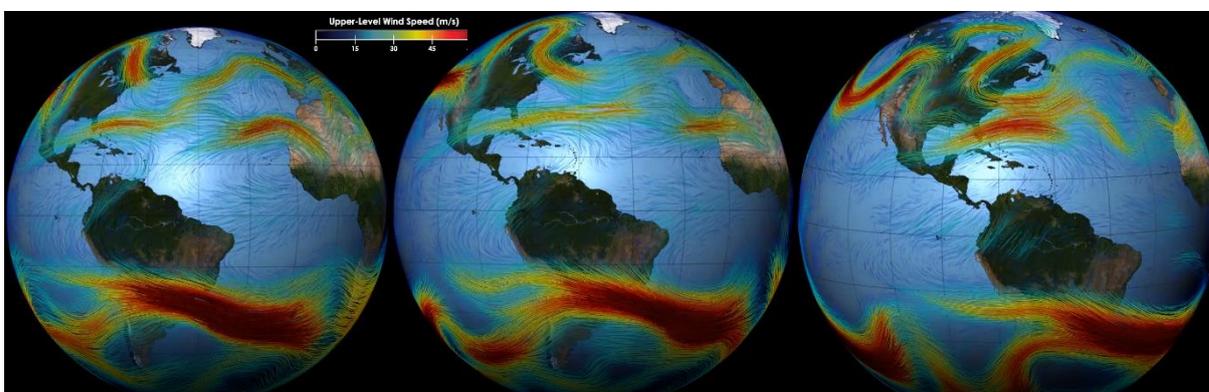
⁵ Trata-se da distância vertical entre um objeto na atmosfera e o nível do mar (Sonnermaker, 2017).

⁶ A célula de Hadley é causada pelo intenso aquecimento solar no Equador, causando ascensão do ar que, na alta troposfera, desloca-se em direção aos polos da Terra, em ambos os hemisférios

vento são subdivididos em dois fluxos para cada hemisfério, conhecidos como jato polar e jato subtropical (NASA, s.d.).

A complexidade dos movimentos sinuosos das correntes de jato é evidenciada pela Figura 1 (janeiro de 1988), que ilustra esses padrões nos dois hemisférios. A representação gráfica destaca os fluxos mais rápidos em vermelho e os mais lentos em azul, permitindo a identificação visual dos vales (excursões para o sul) e cristas (excursões para o norte) nesse fenômeno (Rodda, 2019).

Figura 1 – Visão global das correntes de jato polares e subtropicais



Fonte: adaptada de PBS Learning Media; Nasa Science Share the Science, s.d.

Ferreira (2006) aprofunda o entendimento sobre a formação das correntes de jato, destacando que estas surgem devido à diferença de temperatura entre as massas de ar polar e tropical. Para Escobar (2009) *apud* Lima (2019), esse conflito resulta em segmentos de alta velocidade, causando turbulência e cisalhamento vertical. São dois os tipos principais de correntes de jato: o jato subtropical (JST) (acima de 13.000 metros, entre as latitudes 20°S a 40°S), mantendo relativa estabilidade em sua posição sazonal, e o jato polar (JP) (entre 8.000 e 10.000

e, nas proximidade das latitudes 20 e 35 graus, encontra-se com a de Ferrel. Na de Ferrel, os ventos das latitudes 20 e 35 graus se dirigem em direção ao polo devido à força de Coriolis, originando os ventos de oeste na região das latitudes médias. Na medida em que o ar viaja na direção dos polos, converge-se, próximo da latitude 60 graus, com o ar frio que se move dos polos em direção ao Equador, encontrando-se com a célula de ar polar que é causada pelo ar que se ascende em 60 graus de latitude, produzindo uma corrente superficial na direção do equador, sendo desviada também pela força de coriolis (força causada devido à rotação da Terra) (Ynoue *et al.*, s.d.).

metros), altamente mutável em sua localização diária sobre uma ampla faixa de latitudes médias e subtropicais (entre 30° e 70°S).

A velocidade mínima para considerar um vento intenso como corrente de jato varia nas interpretações de diferentes estudiosos. Geer (2013) estabelece um limite de 50 nós (KT)⁷, enquanto Bianchini (2020) sugere que a intensidade deve superar 60 nós. Além disso, as dimensões mínimas consideradas para efeito de correntes de jato incluem 2778 km de comprimento, 370 km de largura e 1.5 km de espessura, associadas a nuvens do tipo Cirrus⁸. Algumas correntes podem induzir turbulência de céu claro (CAT), especialmente nas proximidades do núcleo da corrente de jato (Bianchini, 2020). Notavelmente, a dissipação de uma corrente de jato ocorre após 24 horas no máximo em um mesmo ponto na superfície terrestre (Sonnemaker, 2017).

A compreensão da turbulência associada às correntes de jato é essencial. Mello (2016) define a turbulência como um movimento ou perturbação na atmosfera, caracterizado pela alteração da orientação e da velocidade do vento. Esse fenômeno resulta das flutuações de pressão e temperatura em uma massa de ar. A avaliação da intensidade da turbulência para Ellrod, Lester e Ehernberger, (2003) frequentemente baseia-se nas variações na aceleração vertical em relação à aceleração padrão da gravidade (1 g).

A CAT é uma forma não convectiva de turbulência que ocorre em áreas sem nuvens na troposfera, fora da Camada Limite Planetária (CPL), ou camada limite atmosférica. Ela está associada à corrente de jato, pois o cisalhamento dos ventos vertical e horizontal está relacionado a esse fenômeno (Molarin, 2013). A intensidade da turbulência de céu claro não possui características específicas, sendo variável e diretamente proporcional à velocidade das correntes de jato. As

⁷ Knot, equivale a 1,852 km/h.

⁸ As Cirros fazem parte de uma família composta por nuvens altas com extensões horizontais localizadas entre 15 e 100 Km, no interior de regiões com fortes movimentos convectivos. São classificadas em três espécies: cirros, cirro-cúmulos e cirro-estratos, que possuem uma mesma formação e altitude em comum e têm, quanto às suas formas e origem, pequenas diferenças. Quanto à sua constituição, são quase que exclusivamente compostas por cristais de gelo e gotículas d'água fortemente super-resfriadas com temperaturas que atingem valores de -60°C (Sassen; Starr; Uttal, 1989 *apud* Pereira, Ceballos, 2004).

áreas turbulentas e o tempo de ocorrência apresentam dimensões variáveis (Souza, 2014b).

Em síntese, as correntes de jato desempenham um papel significativo nos padrões atmosféricos, influenciando não apenas a dinâmica do vento em altitudes elevadas, mas também impactando a aviação. A compreensão desses fenômenos requer uma análise cuidadosa de sua formação, características e efeitos, destacando a importância de monitoramento e previsão precisos para garantir a segurança e eficiência de operações aéreas.

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A RELAÇÃO COM CORRENTES DE JATO

O termo "mudanças climáticas" refere-se à modificação no estado do clima, detectável por meio de análises estatísticas, e resulta de variações na média e/ou variância de suas características. Essas alterações persistem por décadas, tendo origem em processos naturais internos, influências externas ou transformações antropogênicas⁹ na composição atmosférica e no uso da terra (IPCC, 2007, citado por Carvalho; Machado; Meirelles, 2011).

Diante desse cenário, o clima global enfrenta transformações marcantes, destacando-se o aumento da temperatura na atmosfera e nos oceanos, a elevação do nível médio do mar, a perda de massa nas camadas de gelo da Groenlândia e Antártida, e a acidificação dos mares. Essas mudanças, mais proeminentes nas últimas quatro décadas do que em milênios anteriores, estão, em boa parte, relacionadas à atividade humana (Schouw, Pauli, 2023).

As evidências científicas apontam que a maior parte do aumento na temperatura global desde meados do século XX é atribuível ao aumento nas concentrações de gases de efeito estufa, resultado de atividades humanas. Essa mudança tem implicações substanciais nos sistemas físicos e biológicos devido ao aquecimento do ar (IPCC, 2007 *apud* Valverde, Marengo, 2010).

⁹ As mudanças climáticas antropogênicas são aquelas induzidas pela atividade humana e estão relacionadas ao aumento das emissões de gases de efeito estufa provenientes da combustão de combustíveis fósseis (nos setores automobilístico e industrial, bem como em usinas termelétricas), incêndios florestais, desflorestamento, decomposição de resíduos, entre outros fatores (Inpe, 2023b).

Na esteira das transformações antropogênicas, a influência humana na mudança climática se manifesta enfraquecendo a diferença de temperatura entre o norte e o sul do planeta. O aquecimento rápido no Ártico, chamado de amplificação do Ártico, desempenha um papel importante nesse enfraquecimento em direção aos polos. Ao mesmo tempo, há resfriamento na camada de ar acima do Polo Sul e aquecimento na camada superior do ar sobre regiões tropicais, impulsionando a intensificação da corrente de jato (Stendel *et al.*, 2021). Essas mudanças complexas mostram que diferentes fatores estão conectados e afetam o clima e as correntes de jato.

Assim, no contexto das mudanças climáticas, a corrente de jato em latitudes médias de ambos os hemisférios é influenciada pela diferença de temperatura entre os polos frios e os trópicos quentes. Modelos climáticos e observações por satélite indicam mudanças nessa variação de temperatura. Ao nível do solo, ela diminui devido ao aquecimento polar relacionado ao derretimento do gelo marinho, mas, nos níveis de cruzeiro de voo, aumenta devido ao resfriamento na estratosfera inferior (Pumpel, Williams, 2016).

Toda essa compreensão é crucial para avaliar como as mudanças climáticas no Brasil afetam as correntes de jatos do hemisfério sul, impactando não só o clima local, mas também as dinâmicas globais das correntes de jato e os fenômenos atmosféricos em larga escala.

No âmbito climático, as alterações nos padrões de extremos de curto e longo prazos podem ser comparáveis aos extremos de precipitação e temperatura observados, por exemplo, na América do Sul, como os períodos de estiagem na Amazônia em 2005 (Marengo *et al.*, 2007 *apud* Valverde; Marengo, 2010). No Hemisfério Sul, é altamente provável que a atividade humana tenha desempenhado um papel na alteração da posição da corrente de jato extratropical em direção aos polos durante o verão austral (IPCC, 2021).

Por estas razões, monitorar as correntes de jato no Brasil em meio às mudanças climáticas é essencial para a aviação, impactando nas rotas e eficiência dos voos.

2.3 EFEITOS DA CORRENTE DE JATO NA NAVEGAÇÃO AÉREA

As correntes de jato, predominantes nas altitudes frequentemente utilizadas por aeronaves comerciais, têm um impacto significativo nas operações aéreas devido às suas elevadas velocidades. Isso requer uma atenção especial das companhias aéreas, pois a orientação do fluxo de ar em relação à aeronave pode variar, influenciando seu desempenho (Alves Junior, 2017).

Ao planejar voos em rota, é crucial considerar as diversas intensidades e direções dos ventos ao longo do trajeto. A evitação de correntes de jato intensas é essencial devido à necessidade de lidar com diferentes padrões de vento, sendo este um dos fatores a serem considerados. O consumo de combustível também está diretamente ligado às condições do vento, enfatizando-se a importância de um planejamento cuidadoso das rotas e altitudes para otimizar os resultados (PEER, 2003 *apud* Alves Junior, 2017).

Além disso, alterações na direção predominante do vento podem resultar em aumentos nos ventos cruzados, impactando procedimentos e operações (Eurocontrol, 2018). Mudanças nos padrões de vento nas correntes de jato também podem influenciar rotas de voo ideais, tempos de viagem e consumo de combustível. O aumento do cisalhamento dentro dessas correntes em altitudes de cruzeiro pode, ainda, diminuir a estabilidade atmosférica, aumentando a probabilidade de turbulência em ar claro (Pumpel, Williams, 2016).

Assim, o aumento da turbulência em ar claro é uma preocupação crescente na aviação, afetando a experiência dos passageiros e tendo implicações significativas na indústria. Em virtude disso, as mudanças nos tempos e rotas de voos transatlânticos são uma resposta necessária e direta a essa turbulência, buscando garantir voos mais seguros e confortáveis (Eurocontrol, 2018).

Durante o voo de cruzeiro, a aeronave percorre aerovias que compõem trajetos aéreos, configurados como corredores dentro de Áreas de Controle (Ministério da Defesa, 2016 *apud* Bispo, 2022). Esses trajetos são abertos para voos em diferentes altitudes, com limites definidos horizontal e verticalmente. As

(Ferreira, 2006). Os *sites* da Redemet e da Noaa oferecem acesso a essas imagens, essenciais para a aviação. A Redemet, mantida pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), é o canal oficial do Comando da Aeronáutica (COMAER) para disseminar informações meteorológicas, fornecendo acesso eficaz e confiável. Ao utilizar o geoposicionamento, ela simplifica a localização em mapas climáticos para detectar eventos que impactam a navegação aérea (DECEA, 2022). A Redemet ainda disponibiliza as cartas meteorológicas, inclusive a SIGWX PROG. A elaboração de cartas de previsão envolve duas abordagens: a preferencial baseia-se em campos de modelos numéricos de previsão climática, ao passo que a segunda é manual, menos precisa e mais trabalhosa (COMAER, 2013).

As cartas SIGWX são elaboradas a partir da análise de várias fontes, incluindo cartas de altitude, diagramas adiabáticos e cartas auxiliares. Essas análises fornecem informações cruciais sobre sistemas frontais, teto baixo, precipitação, áreas de baixa pressão, trovoadas, corrente de jato, condições de turbulência (associadas a corrente de jato), rajadas de vento, ocorrências de gelo em aeronaves, entre outros fenômenos (COMAER, 2013). Essas cartas são, portanto, fundamentais para o planejamento meteorológico, contribuindo para a segurança e eficiência da navegação aérea. Dessa forma, a integração efetiva dessas ferramentas é essencial para garantir a tomada de decisões informadas e a segurança durante as operações aéreas.

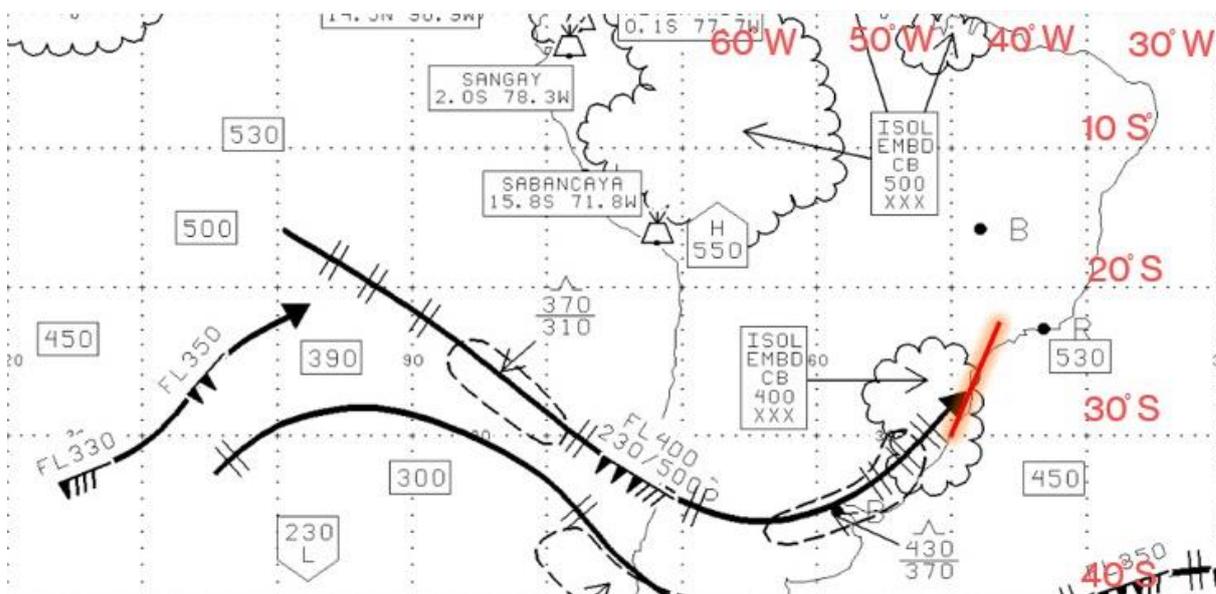
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo visa examinar a progressão das correntes de jato e das CATs no hemisfério sul e seu impacto nas rotas aéreas do Sudeste brasileiro ao longo de 10 anos e meio, usando as cartas SIGWX PROG da América. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa em um estudo básico, envolvendo procedimentos bibliográficos e documentais.

Os objetos da pesquisa incluem a incidência da corrente de jato na região Sudeste do Brasil e as aerovias UZ38 e UM540. Diferentes fontes, como livros

especializados em meteorologia, Google Acadêmico, Periódico Capes e Redemet, foram consultadas. A carta SIGWX PROG da Redemet, especificamente a SIGWX norte-americana (FL250 ao 630) das 00 horas UTC, foi escolhida como a principal fonte para análise, frisa-se, de 10 anos e meio, de janeiro de 2013 a junho de 2023, conforme delimitado na Figura 3.

Figura 3 – Seleção da área da pesquisa



Fonte: adaptado de Redemet (2023).

A delimitação em vermelho na Figura 3, representando as Aerovias UZ38 e UM540, foi escolhida como a área de foco para a coleta de dados nesta pesquisa. Nos critérios de inclusão, consideraram-se a velocidade da corrente de jato entre FL 250 e FL 420, a presença da corrente sobre a linha, a velocidade e a direção predominante da Jet Stream e a existência de turbulência de céu claro.

Em relação aos critérios de exclusão, estabeleceu-se que, na área demarcada na carta, a ausência de corrente de jato sobre ou acima da linha FL 420 não será considerada para os propósitos da pesquisa. Essa seleção criteriosa visa concentrar a análise em condições específicas da corrente de jato dentro da região delimitada, proporcionando uma abordagem mais precisa e direcionada à investigação dos fenômenos meteorológicos pertinentes.

4 RESULTADOS

Os resultados sugerem que houve um aumento potencial na ocorrência das correntes de jato e das CATs, afetando as rotas das aerovias UZ38 e UM540 na região Sudeste brasileira.

4.1 MAPEAMENTO DE CORRENTES DE JATO E DAS CATS UTILIZANDO AS CARTAS SIGWX PROG DE JANEIRO DE 2013 A JUNHO DE 2023

Mediante a seleção e posterior análise das cartas SIGWX para o período e horário escolhidos, foi possível criar tabelas que apresentam a frequência mensal das correntes de jato, abrangendo todos os dias do mês. Um exemplo é a Tabela 1, que exibe dados catalogados para janeiro de 2013, incluindo a velocidade da corrente de jato, o nível de voo predominante, a direção da corrente, a quantidade em cada dia do mês e a presença de turbulência de céu claro, conforme detalhado a seguir:

Tabela 1 – Resultado da frequência de corrente de jatos na região das aerovias UZ38 e UM540 no mês de janeiro de 2013

Dias	CAT	Quantidade de JET no dia	Nível (FL)	Velocidade (KT)	Direção
1	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
2	Ausente	1	410	90	O>L
3	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
4	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
5	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
6	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
7	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
8	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
9	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
10	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
11	Ausente	1	390	90	N>SE
	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
13	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
14	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
15	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
16	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
17	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

18	Ausente	1	400	90	SO>NE
19	Ausente	1	390	100	SO>NE
20	1	1	390	110	SO>NE
21	Ausente	1	400	90	SO>NE
22	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
23	1	1	400	100	NO>SE
24	Ausente	1	410	100	NO>SE
25	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
26	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
27	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
28	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
29	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
30	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
31	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Freq.	2	8	390/400	90	SO>NE

Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Ao analisar a Tabela 1, nota-se que, dos 31 dias de janeiro de 2013, dois apresentaram CAT e oito registraram correntes de jato, sendo que em apenas dois dias ambos os fenômenos ocorreram simultaneamente. Quando as correntes de jato ocorreram, os níveis de voo mais frequentes foram FL390 e FL400 (com repetição igual). A velocidade mais comum desses fenômenos durante o período foi 90kt, com uma predominância da direção da corrente de sudeste para nordeste.

Para os demais meses de 2013, aplicou-se o mesmo método, consolidando os dados na tabela anual. A Tabela 2 exhibe a frequência anual das correntes de jato em 2013, com base nas informações coletadas.

Tabela 2 – Resultado da frequência de corrente de jatos na região das aerovias UZ38 e UM540 no ano de 2013

Meses	CAT	Quantidade de Jets no mês	Nível (FL)	Velocidade (KT)	Direção
Jan	2	8	390/400	90	SO>NE
Fev	Ausente	2	330/410	110/90	S>NE/NO>SE
Mar	Ausente	11	390	100	NO>SE/O>L
Abr	1	13	400	90	O>L
Mai	3	20	400	100/110/120	O>L
Jun	4	20	390/400	90/130/140	O>L
Jul	3	16	390	90	NO>SE
Ago	3	17	390	100	O>L
Set	Ausente	11	350	100	O>L
Out	3	19	390	100	O>L
Nov	1	4	390	100	O>L
Dez	1	9	410	90	SO>NE
Freq.	21	150	390	90/100	O>L

Fonte: elaborada pelos autores (2023).

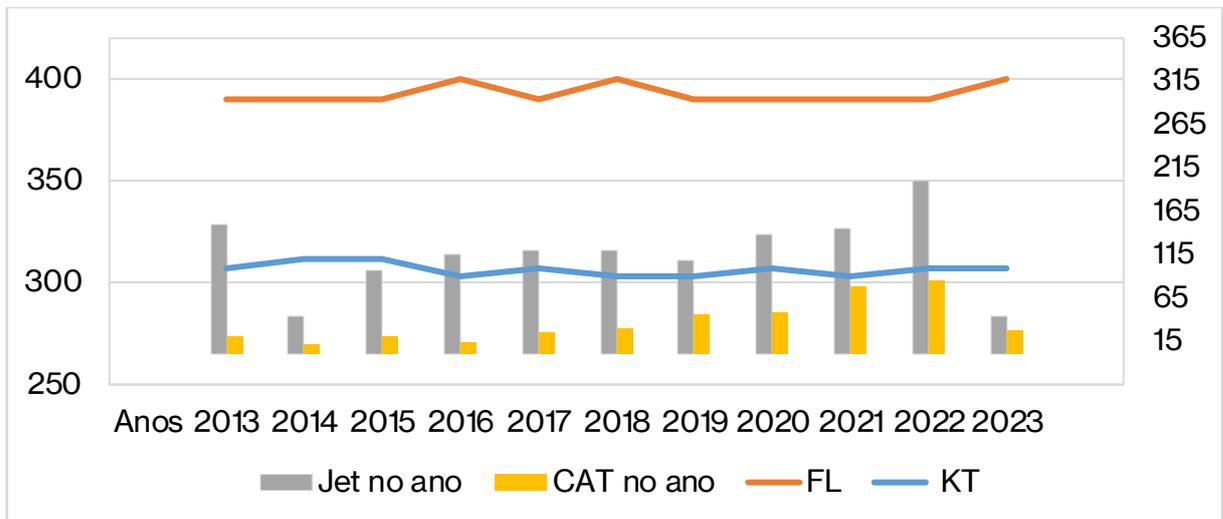
A Tabela 2 resume os 12 meses de 2013, destacando que, dos 365 dias do ano, houve turbulência de céu claro em 21 dias, corrente de jato em 150 dias e ausência em 215 dias. Ao analisar o FL mais frequente, identificou-se o FL390. A velocidade predominante repetiu-se entre 90 e 100 nós, apontando para a direção predominante das correntes de jato de oeste para leste.

Seguindo o modelo das Tabelas 1 e 2, os demais anos e meses foram catalogados da mesma forma. Os autores elaboraram 126 tabelas referentes aos meses de 2013 a 2023.1, agrupadas em 11 tabelas anuais, sendo que a de 2023 foi contabilizada até junho, resultando numa defasagem no total anual. É fundamental destacar que, em 2014, entre 15 de fevereiro e 31 de julho, as informações necessárias não foram coletadas devido a uma deficiência no site Redemet, gerando uma discrepância no resultado. Em resumo, os dados de 2014 e 2023 apresentam uma imprecisão em relação aos outros anos.

Com base nos dados dos últimos 10 anos e meio, foi possível criar o Gráfico

1.

Gráfico 1 – Resultado da frequência de corrente de jatos desde o ano de 2013 a junho de 2023



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Com base nos dados apresentados no Gráfico 1, observa-se um aumento significativo das correntes de jato e das turbulências de céu claro nos últimos 10 anos, com destaque para 2020, 2021 e 2022. Analisando esses anos, nota-se que, em 2020, houve 139 correntes de jato e 48 CATs, com uma tendência de aumento contínuo em 2023. Em relação aos níveis de voo, observa-se pouca variação ao longo dos anos e, tendo oscilado a FL400 apenas em 2016, 2018 e 2023. Quanto à velocidade predominante das correntes de jato, a velocidade de 100 nós preponderou ao longo dos 11 anos.

Sobre a direção predominante do vento ao longo dos anos mapeados, a Tabela resume os dados, indicando que, de 2013 a 2017, a principal direção do vento foi de oeste para leste. Já de 2018 a 2023, a predominância é diferente. Assim, observa-se que a direção predominante do vento foi de noroeste para sudeste, totalizando 6 anos de predominância.

Tabela 3 – Resultado da frequência da direção das correntes de jatos entre os anos de 2013 e 2023

Ano	Direção
2013	O>L
2014	O>L
2015	O>L
2016	O>L
2017	O>L
2018	NW>SE
2019	NW>SE
2020	NW>SE
2021	NW>SE
2022	NW>SE
2023	NW>SE
Freq.	NW>SE

Fonte: elaborada pelos autores (2023).

4.2 INTERPRETAÇÃO CRÍTICA DOS ACHADOS: CONSIDERAÇÕES SOBRE CORRENTES DE JATO, CATS E PADRÕES DE VENTO AO LONGO DE 10 ANOS

O minucioso levantamento e a detida análise dos dados do mapeamento proporcionaram uma confirmação consistente das características das correntes de jato previamente descritas por Bianchini (2020) e Souza (2014). Ao explorar variáveis como velocidade, direção média e altitude, observou-se uma coesão entre as correntes de jato subtropicais que fluem nas latitudes médias, conforme salienta Ferreira (2006), e a área estudada. Ao mesmo tempo, confirma-se a altitude desses fluxos em torno de 40.000 pés, distância média indicada por Souza (2014b).

Dito de outro modo, Ferreira (2006) ressalta que as correntes de jato são tipicamente encontradas nas médias latitudes, abrangendo altitudes que variam de 22 mil pés a 49 mil pés. Por sua vez, Souza (2014b) especifica que as correntes de jato tropicais têm sua posição em torno de 40.000 pés. A aplicação do mapeamento na região de estudo revelou uma conformidade marcante com essas descrições, identificando o nível de voo predominante como FL390. Esses

resultados oferecem uma visão detalhada da altimetria dessas correntes na região específica, corroborando as informações fornecidas pelos pesquisadores citados.

No que diz respeito à velocidade média das correntes de jato ao longo dos anos mapeados, mantiveram-se em 100 nós, valor esse que, segundo Bianchini (2020), deve exceder 60KT e, conforme Souza (2014b), pode atingir médias de 150KT. Essa consistência reflete-se não apenas nos dados mapeados, mas também na coesão com as correntes de jato catalogadas, reforçando a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Os resultados obtidos confirmam, ainda, que as correntes de jato são mais intensas durante o inverno, com maior frequência entre junho e setembro. Essa sazonalidade é respaldada por Ynoue *et al.* (s.d.), que destaca a elevada velocidade média dessas correntes durante o inverno. No verão, observa-se uma redução para quase a metade desse valor, atribuída à variação sazonal do gradiente de temperatura, mais pronunciado no inverno e em latitudes médias. Essa análise temporal proporciona uma compreensão mais clara das variações sazonais nas características das correntes de jato na região em estudo.

Nesse sentido, vale ponderar, conforme as observações de Mello (2016), que as turbulências de céu claro são eventos que podem ocorrer em qualquer época do ano. No entanto, torna-se evidente, com maior riqueza de detalhes, que as turbulências originadas das correntes de jato são mais proeminentes durante os períodos de outono e inverno. Esse dado específico revela que muitas das correntes de jato identificadas na pesquisa desencadearam turbulências de céu claro, resultando em um total de 411 CATs associadas a essas correntes de alta velocidade. Aprofundar a análise desses eventos sazonais contribui para uma compreensão mais precisa e detalhada das condições atmosféricas na região em questão.

Conforme apontado por Souza (2014b), as correntes de jato no Brasil percorrem as regiões Sul e Sudeste, apresentando uma direção média predominantemente a sudoeste. No entanto, Sonnemaker (2017) destaca que, globalmente, a prevalência dessas correntes é de oeste para leste, assumindo formas sinuosas. Vale ressaltar que, ao contornar o litoral, a direção sudoeste

prevalece. Os dados resultantes do mapeamento durante o período de 2013 a 2017 indicam que a direção das correntes de jato nas aerovias era predominantemente de oeste para leste. Entretanto, uma mudança expressiva ocorrida no período subsequente, de 2018 a 2023, evidencia uma nova orientação desses fluxos de ar, agora direcionando-se predominantemente do noroeste para o sudeste. Esse nível mais detalhado de análise acrescenta nuances significativas à compreensão das dinâmicas das correntes de jato na região específica.

Bianchini (2020) ressalta a importância de uma análise minuciosa das correntes de jato ao planejar voos em altitudes elevadas. Esse cuidado torna-se fundamental para otimizar a duração do voo e a eficiência no abastecimento de combustível. Nesse contexto, é imperativo observar os horários com menor incidência de correntes de jato, buscando, assim, reduzir os custos significativos associados ao consumo de combustível. Aprofundar a atenção nesses detalhes durante o planejamento contribui para uma gestão mais eficiente dos recursos aéreos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa abordou as correntes de jato e as turbulências de céu claro por elas geradas nas aerovias UZ38 e UM540, abrangendo as regiões Sul e Sudeste do Brasil. O estudo visou analisar e mapear as correntes de jato nessas áreas, utilizando dados da Redemet e cartas SIGWX norte-americanas das 00UTC para o período compreendido entre janeiro de 2013 e junho de 2023, totalizando 10 anos e meio.

Os resultados revelaram um aumento nos últimos três anos (2020, 2021, 2022) na ocorrência diária de correntes de jato e CATs na região demarcada. As variáveis FL390, velocidade de 100kt e direção noroeste-sudeste predominaram ao longo dos anos catalogados, interferindo diretamente sobre as rotas investigadas. Os meses com maior incidência foram junho, julho, agosto e setembro em todos os anos.

O mapeamento evidenciou o aumento das correntes de jato e turbulências de céu claro, bem como a direção predominante, velocidade e nível de voo prevalentes. Confirmou-se a intensificação desses fenômenos no inverno, mantendo a predominância oeste-leste em alguns anos, com velocidade superior a 60 nós, entre outras características.

Como sugestão, propõe-se a investigação de medidas preventivas para que se possa evitar correntes de jato e turbulências de céu claro nas aerovias UZ38 e UM540, essenciais à aviação nacional. Adicionalmente, a análise de um horário alternativo à carta SIGWX das 00 UTC pode ser explorada, considerando o aumento das correntes de jato nesse período identificado na pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES JUNIOR, S. F. A. **Adversidades meteorológicas nos custos e na segurança de uma empresa aérea**. Monografia (Bacharel em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8362/1/SIDNEI_AD2.pdf. Acesso em: 20 set. 2023.

BIANCHINI, D. **Meteorologia para pilotos**. 4. ed. São Paulo: Bianch, 2020.

BISPO, E. C. **Mapeamento das condições meteorológicas adversas nas rotas Brasil-Europa da ZCIT com base nas cartas SIGWX de 2012 a 2021**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4320/1/Emily%20Christini%20Neves%20Bispo.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

COMANDO DA AERONÁUTICA (COMAER). **MCA 105-12**: manual de centros meteorológicos. 2013. Disponível em: file:///E:/CAER/8%C2%BA%20SEMESTRE/TCC%202/mca_105_12_2014_modifica%C3%A7ao.pdf. Acesso em: 30 set. 2023.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Conheça a Redemet Lite, a versão mobile da Redemet**. 2022. Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=conheca-a-redemet-lite-a-versao-mobile-da-redemet. Acesso em: 26 set. 2023.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **AISWEB**: Carta de rota H2. 2023. Disponível em: https://aisweb.decea.mil.br/cartas/rotas/sbxx_enrc-h1_enrc_20231102.pdf?CFID=3b151e61-39eb-4729-bec2-d3405b54dcd9&CFTOKEN=0. Acesso em: 01 out. 2023.

ELLROD, G. P.; LESTER, P. F.; EHERNBERGER, L. J. Clear air turbulence. **Encyclopedia of Atmospheric Sciences**, p.393-403, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279435691_CLEAR_AIR_TURBULENCE. Acesso em: 3 set. 2023.

ESCOBAR, G. Tempo e clima no Brasil. Jatos de altos níveis. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 463p., 2009. In: LIMA, M. de P. **Circulação atmosférica associada aos extremos secos e chuvosos em Uberlândia-MG**. 2019. Trabalho Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28423/7/Circula%c3%a7%c3%a3oAtmosf%c3%a9ricaAssociada.pdf>. Acesso em: 3 set. 2023.

EUROCONTROL. **European aviation in 2040 Annex 2 adapting aviation to a changing climate**. 2018. Disponível em: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/challenges-of-growth-annex-2-01102018.pdf>. Acesso em: 16 set. 2023.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

GEER, I. W. Glossary of weather and climate. In: Bulletin of the American Meteorological Society, v. 94, 1936-1937, 2013. In: SHAFFIER, S. et al. Climatic analysis of effective jet streams frequency on extreme precipitations in west of Iran. **Journal of Water and Climate Change**, Yazd, Iran, 28 maio. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347567146_Climatic_analysis_of_effective_jet_streams_frequency_on_extreme_precipitations_in_west_of_Iran. Acesso em: 3 set. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Condições atuais do Enos**: caracterização do El-Niño. 2023a. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 7 out. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Perguntas Frequentes**. 2023b. Disponível em: <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=9#:~:text=As%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas%20antropog%C3%AAnicas%2C%20ou,desmatamento%2C%20decomposi%C3%A7%C3%A3o%20de%20lixo%20etc>. Acesso em: 16 set. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC): Climate Change 2007: The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Brussels, February 2007. *In*: VALVERDE, M. C.; MARENGO, J. A. Mudanças na circulação atmosférica sobre a América do Sul para cenários futuros de clima projetados pelos modelos globais do IPCC AR4. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 125-145, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/vfTZP6Zk4485HdT5dGvLJxQ/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 1 set. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 7 jul. 2007. *In*: CARVALHO, J. L. R. de, MACHADO, M. N. da M., MEIRELLES, A. de M. Mudanças climáticas e aquecimento global: implicações na gestão estratégica de empresas do setor siderúrgico de Minas Gerais. **Cadernos Ebape**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 220-244, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/TQyvntvs8xJNTBTv4vqTsgp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 7 set. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC): Mudança do clima 2021: A base científica. Suíça. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/IPCC_mudanca2.pdf. Acesso em: 20 set. 2023.

LYRA, A. de A., CHAN, C. S., DEREZYNSKI, C. P. Indicadores de turbulência a partir de previsões do modelo regional ETA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, n. 2, p. 161-182, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/NFtKybw9LCdYnv8chPJ8Rfk/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 7 out. 2023.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; DE OLIVEIRA R.; CAMARGO, H.; OYAMA, M.; ALVES, L.; BROWN, F. The Drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, v. 21, p. 495-516, 2007. *In*: VALVERDE, M. C.; MARENGO, J. A. Mudanças na circulação atmosférica sobre a América do Sul para cenários futuros de clima projetados pelos modelos globais do IPCC AR4. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 125 - 145, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/vfTZP6Zk4485HdT5dGvLJxQ/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 1 set. 2023.

MAZUCO, J. **Correntes de ar fazem a atmosfera da Terra parecer obra de Van Gogh**. Tecmundo, 2023. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/ciencia/265714-correntes-ar-atmosfera-terra-parecer-obra-van-gogh.htm>. Acesso em: 7 out. 2023.

MELLO, I. B. F. de. **Turbulência descomplicada**: um guia para pilotos. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/meteorologia->

aeronautica/arquivos/GUIAPARAPILOTOSTURBULENCIA.pdf. Acesso em: 27 ago. 2023.

MINISTÉRIO DA DEFESA. COMANDO DA AERONÁUTICA. ICA 100-12: regras do ar. 2016. Disponível em:

<http://publicacoes.decea.mil.br/api/api/publications/pdf/502>. Acesso em: 26 abr. 2022. *In*: BISPO, E. C. **Mapeamento das condições meteorológicas adversas nas rotas Brasil-Europa da ZCIT com base nas cartas SIGWX de 2012 a 2021**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) –Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4320/1/Emily%20OChristini%20Neves%20Bispo.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

MOLARIN, K. **Case study of CAT over the North Atlantic Ocean**. 2013.

Disponível em:

http://www.misu.su.se/polopoly_fs/1.173661.1396620998!/menu/standard/file/master2013_Molarin.pdf. Acesso em: 26 ago. 2023.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA)/ NASA SCIENCE SHARE THE SCIENCE. **Jet Streams**. s.d. Disponível em:

<https://science.nasa.gov/jet-streams>. Acesso em: 20 ago. 2023.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **The jet stream**. 2023. Disponível em: <https://www.noaa.gov/jetstream/global/jet-stream>. Acesso em: 8 set. 2023.

PBS LEARNING MEDIA. **Global view of polar and subtropical jet streams**. *In*: NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA)/ NASA SCIENCE SHARE THE SCIENCE. s.d. Disponível em:

<https://www.pbslearningmedia.org/resource/buac17-68-sci-ess-nasajetstream/jet-streams/#.Xr10V9NKhBw>. Acesso em: 20 ago. 2023.

PEER, C. An evaluation of weather parameters causing aircraft departure and arrival delays at Vienna International Airport. 2003. Tese (Mestrado em Ciências Naturais) – Leopold Franzes Universität Innsbruck. Innsbruck. 2003. *In*: ALVES JUNIOR, S. F. A. **Adversidades meteorológicas nos custos e na segurança de uma empresa aérea**. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017. Disponível em:

https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8362/1/SIDNEI_AD2.pdf. Acesso em: 20 set. 2023.

PUMPEL, D. H.; WILLIAMS, D. P. **Chapter 7 the impacts of climate change on aviation: scientific challenges and adaptation pathways**. 2016. Disponível em:

https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2016/ENVReport2016_pg205-207.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

REDE DE METEOROLOGIA DO COMANDO DA AERONÁUTICA (REDEMET).

Cartas meteorológicas: SIGWX PROG. 2023. Disponível em:

<https://www.redemet.aer.mil.br/>. Acesso em: 24 set. 2023.

RODDA, C. **Gravity wave emission from jet systems in the differentially heated rotating annulus experiment.** Tese (Doutorado em Engenharia) – Faculdade de

Engenharia Mecânica, Elétrica e Energia Sistemas da Universidade Técnica de Brandemburgo Cottbus-Senftenberg, 2019. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/337632762_Gravity_wave_emission_from_jet_systems_in_the_differentially_heated_rotating_annulus_experiment.

Acesso em: 23 ago. 2023.

SASSEN, K.; STARR, D. O'C.; UTTAL, T. Mesoscale and microscale structure of cirrus clouds: three case studies. *J. of Atmospheric Sciences*. 44: 371-396. 1989.

In: PEREIRA, R. C. G., CABALLOS, J. C. **Uma análise de propriedades radiativas de nuvens cirros no Nordeste usando imagens multiespectrais de meteosat-5.**

2004. Disponível em: [http://mtc-](http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.29.10.32/doc/Pereira_Uma%20analise%20de%20propriedades%20radiativas.pdf)

[m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.29.10.32/doc/Pereira_Uma](http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.29.10.32/doc/Pereira_Uma%20analise%20de%20propriedades%20radiativas.pdf)

[a%20analise%20de%20propriedades%20radiativas.pdf](http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.29.10.32/doc/Pereira_Uma%20analise%20de%20propriedades%20radiativas.pdf). Acesso em: 26 ago. 2023.

SCHOUW, W.; PAULI, PROF. G. **The jet stream and climate change.** 2023.

Disponível em:

https://d197for5662m48.cloudfront.net/documents/publicationstatus/66880/preprint_pdf/722eea6baca4b33313a7012a2327075c.pdf. Acesso em: 1 set. 2023.

SILVA, R. B. *et al.* Estações meteorológicas de código aberto: um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 1505, 2015. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/Wfzn8wJVbPssRc9WpYKdxPF/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 7 out. 2023.

SONNERMAKER, J. B. **Meteorologia:** PP-PC-IFR-PLA. 32 ed. São Paulo: ASA, Jan. 2017.

SOUZA, W. B. de. **Meteorologia para aviação:** piloto comercial. Brasília: Autor independente, 2014b.

SOUZA, W. B. de. **Meteorologia para aviação:** piloto privado. Brasília: Autor independente, 2014a.

STENDEL, M.; FRANCIS, J. WHITE, R.; WILLIAMS, P. D.; WOOLLINGS, T. **Chapter 15:** the jet stream and climate change. **Elsevier eBooks**, p. 327–357, 1 jan. 2021.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128215753000153>
. Acesso em: 9 set. 2023.

YNOUE, R. Y. et al. Circulação Geral da Atmosfera. **Licenciatura em Ciências**, São Paulo, USP, p. 1-29, s.d. Disponível em:
https://midia.atp.usp.br/plc/plc0009/impressos/plc0009_08.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.



PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1909 - Setor Universitário
Cidade Postal 98 - CEP 74605-910
Goiânia - Goiás - Brasil
Fone: (62) 3098-1000
www.pucgoias.edu.br e reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n.º 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Lucas Santos Rodrigues de Paula
do Curso de Ciências Aeronáuticas, matrícula 2020.L.0047.0040-4
telefone: (61) 38831-2357 e-mail lucassantosrodrigues054@gmail.com
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n.º 9.610/98 (Lei
dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás)
a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Abrordagem sobre as correntes de jato nas aeronaves
U238 e um540: Desafios para a navegação aérea e
o planejamento de voo., gratuitamente, sem ressarcimento dos
direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio
eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF);
Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV,
AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a
título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 14 de Dezembro de 2023.

Assinatura do autor: 

Nome completo do autor: Lucas Santos Rodrigues de Paula.

Assinatura do professor-orientador: 

Nome completo do professor-orientador: Tammise Araújo da Silva