



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

**MATHEOS BRASIL PAIVA DE OLIVEIRA, Cap Av**

**Peso e balanceamento da aeronave C-98A: uma questão de segurança.**

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

**MATHEOS BRASIL PAIVA DE OLIVEIRA, Cap Av**

**Peso e balanceamento da aeronave C-98A: uma questão de segurança.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Emprego da Força Aérea.  
Orientador: Edivaldo Pires de Figueiredo, Ten Cel Esp Sup Tec.

Rio de Janeiro

2022

**MATHEOS BRASIL PAIVA DE OLIVEIRA, Cap Av**

**Peso e Balanceamento da aeronave C-98A: uma questão de segurança.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da  
Aeronáutica.

Aprovado por:

---

Edivaldo Pires de **Figueiredo**, Ten Cel Esp Sup Tec  
EAOAR

---

**Wellington** Azevedo dos Santos, Maj Inf  
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

## RESUMO

O Cessna Grand Caravan C-98A é um avião monomotor utilizado pela Força Aérea Brasileira (FAB) para transporte de pessoal e carga, cujas características de peso e balanceamento são fundamentais para a segurança de voo. Isso foi comprovado em 2011, quando um C-98A sofreu um acidente classificado como perda de controle em voo, no qual o balanceamento da aeronave foi fator contribuinte. Assim, este ensaio acadêmico defende a tese de que a adoção de um protocolo de peso e balanceamento, antes do voo, potencializará a segurança das operações da aeronave C-98A. Como primeiro argumento, vislumbra-se que o potencial de perda de controle em voo será reduzido, uma vez que o posicionamento do cg será precisamente aferido e respeitado. O segundo argumento defende que as chances de colisão da cauda da aeronave com o solo serão mitigadas nas missões com transporte de carga. Diante dos recursos tecnológicos disponíveis atualmente, como *tablets* e *smartphones*, há parecer viável de que os cálculos necessários possam ser rapidamente realizados. Com um protocolo obrigatório e padronizado, além maximizar a segurança, cada Esquadrão Aéreo operador poderá reconfigurar rapidamente os seus C-98A, com a remoção dos assentos de passageiros, mantendo-se as condições ideais de peso e balanceamento. Isso possibilitará a ampliação do apoio prestado pela aeronave, a qual poderá transportar mais carga em menos voos, resultando em menores custos, inclusive em ações cívico-sociais nas regiões de acesso remoto do interior do Brasil, contribuindo para a integração nacional e fortalecendo a imagem do Comando da Aeronáutica.

**Palavras-chave:** Peso e Balanceamento. Cessna Grand Caravan (C208B). Segurança de Voo. Centro de Gravidade. C-98A.

## 1 INTRODUÇÃO

O Cessna Grand Caravan (C208B), designado na Força Aérea Brasileira (FAB) como C-98A, é um avião monomotor utilizado em Ações de Transporte Aéreo Logístico para deslocar material e pessoal, a fim de atender necessidades por meio de pouso, carga e descarga (BRASIL, 2020a). A aeronave foi pilotada pelo autor ao longo de uma década, em dois Esquadrões Aéreos da FAB, em diferentes versões.

A Coletânea de Táticas, Técnicas e Procedimentos da Aeronave C-98A é a Norma do Comando de Preparo NOPREP/TTP/22, a qual padroniza a operação da aeronave na FAB, com base no manual do fabricante. A referida Norma determina que verificar o peso e o balanceamento da aeronave, antes de cada decolagem, é um dever do comandante e do mecânico da tripulação (BRASIL, 2022).

O peso total do avião é a força resultante da soma dos pesos de seus componentes, pessoal e material embarcado, os quais agem no ponto denominado centro de gravidade (cg). A posição do cg é muito importante, pois tem grande influência na estabilidade, equilíbrio e controle do avião (SAINTIVE, 2017).

Para calcular e alocar a posição do cg, o manual do C-98A disponibiliza um formulário de peso e balanceamento, denominado *Weight and Balance Record*, além de um gráfico cartesiano com os limites de cg, chamado *Center of Gravity Limits*. Por meio desses recursos, é possível verificar se os limites de balanceamento estão sendo respeitados. Contudo, a utilização de tais meios não consta explícita e padronizada na NOPREP/TTP/22, apresentando-se como uma oportunidade de melhoria.

É importante ressaltar que a posição do cg possui estreita relação com uma operação segura e eficiente, evitando a perda de controle em voo e garantindo a salvaguarda de vidas humanas, do material aeronáutico, da missão e da imagem do Comando da Aeronáutica.

Em agosto de 2011, o C-98A FAB 2735 sofreu um acidente classificado como perda de controle em voo e a completa destruição da aeronave vitimou oito pessoas (BRASIL, 2014). Perdas de controle em voo podem resultar em acidentes graves e costumam deixar pouquíssimos sobreviventes.

Quando uma aeronave opera fora dos limites do cg, maximizam-se as chances de acidentes, especialmente quando, já em voo, encontram outros fatores contribuintes, tais como eventos meteorológicos adversos e deslocamentos inadvertidos de carga, os quais potencializam a probabilidade de perda de controle.

Diante do contexto supramencionado, considerando os meios tecnológicos atuais, os quais otimizam operações matemáticas para calcular o cg, este ensaio acadêmico defende a tese de que a adoção de um protocolo de peso e balanceamento, antes do voo, potencializará a segurança das operações da aeronave C-98A.

Para tanto, serão considerados dois argumentos. O primeiro é que o potencial de perda de controle em voo será reduzido, uma vez que, caso adotado o referido protocolo, as tripulações certificar-se-ão de que o posicionamento do cg atende aos limites especificados pelo fabricante da aeronave.

Também é possível argumentar que as chances de colisão da cauda da aeronave com o solo serão mitigadas, especialmente nas missões com transporte de carga, se as tripulações agirem ao aplicarem um procedimento padronizado.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Como premissa a este ensaio, é importante ressaltar que o Comando de Preparo (COMPREP) busca intensificar a conscientização do efetivo para um comportamento participativo e proativo para a segurança de voo, de forma a perseguir a meta de zero acidentes e ocorrências de solo (BRASIL, 2020b).

Saintive esclarece:

A expressão peso e balanceamento refere-se às operações necessárias à determinação do peso máximo com o qual o avião poderá decolar, da carga que poderá transportar, bem como sua distribuição pelos diversos compartimentos do avião, de forma a manter os pesos e cg dentro dos limites especificados pelo fabricante (SAINTIVE, 2017, p. 29).

Ainda, para Suzano (2011, p. 98), “a finalidade principal do controle do peso e do balanceamento das aeronaves é a segurança e a maior eficiência durante o voo”.

Segundo o Manual de Investigação do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), os formulários de peso e balanceamento raramente são utilizados em aeronaves leves (BRASIL, 2019).

Isso se deve, também, ao fato de que o preenchimento manual do formulário de peso e balanceamento, como o do C-98A, requer uma série de cálculos matemáticos que demandam tempo superior ao previsto para as atividades pré voo: uma hora. Caso os cálculos sejam automatizados por meio de dispositivos eletrônicos, como *tablets* e *smartphones*, podem ser realizados em menos de 5 minutos, tornando o procedimento viável.

Em congruência, Brenner (2019) afirma que o avião é similar a uma gangorra, podendo sentar-se na própria cauda durante o processo de embarque e desembarque de passageiros, carregamento e descarregamento de cargas, pela variação da posição do cg.

Ainda segundo o autor, o termo “envelope de voo”, ou apenas “envelope”, é dado em função do desenho em gráfico cartesiano que delimita as posições previstas para o cg. A aeronave deverá voar sempre com o cg dentro daquelas linhas, as quais formam um polígono fechado, disposto em gráfico cartesiano.

## **2.1 Redução do potencial de perda de controle em voo**

Segundo a NOPREP/TTP/22, apesar de homologada pelo fabricante para a operação com apenas um piloto, a tripulação mínima consiste em dois pilotos e um mecânico de voo (BRASIL, 2022). Essa padronização acarreta consequências perigosas para o balanceamento da aeronave, o que pode ser evidenciado quando o C-98A voa com apenas três tripulantes, sem passageiros e carga, com os tanques de combustível abastecidos em sua capacidade máxima.

Nessa situação, a posição do cg extrapola o limite dianteiro e fica na estação de 189 polegadas, para aproximadamente 8000 libras de peso. Segundo o manual da aeronave, página 2-13, a estação prevista para tal peso é a de 193,37 polegadas, ou superior. Tal defasagem constitui uma situação de erro de 16% de limite excedido do envelope, potencializando a probabilidade de perda de controle em voo. As tripulações não realizam um protocolo padronizado e desconhecem essa situação de risco.

Se o cg ficar à frente do limite dianteiro, haverá deterioração da efetividade dos controles do avião, exigindo maiores esforços do piloto ao atuar em comandos pesados. Em casos extremos, mesmo com todo o esforço, o piloto não conseguirá colocar o avião em condições de decolagem ou de aterragem por falta de comando no profundo (SAINTIVE, 2017). Isso pode ser evitado, por meio da utilização do formulário de peso e balanceamento do C-98A.

A título de exemplo, vale ressaltar o acidente do C-98A, FAB 2735, em 2011. Conforme o Relatório Final A-301M/CENIPA/2014 (BRASIL, 2014), já ostensivo pelo decurso do lapso temporal previsto na Lei de Acesso à Informação (BRASIL, 2011), a ocorrência foi classificada como perda de controle em voo.

É possível considerar que a perda de desempenho, ocasionada pela formação de gelo no profundor, foi potencializada pelo desbalanceamento, o que resultou na perda de controle quando em curva e a destruição total do FAB 2735 (BRASIL, 2014).

Segundo o “*Weight and balance handbook*” (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2016), manual de peso e balanceamento padronizado pela Administração Federal de Aviação estadunidense, com o cg além do limite dianteiro, o comando do profundor não possuirá a autoridade adequada para controlar o avião, inclusive na fase de pouso, o que potencializa a probabilidade de perda de controle.

Acrescenta Brenner (2019), que serão excedidos os limites de carga máxima sobre as asas, a cauda e o estabilizador horizontal. Condições que também potencializam a perda de controle em voo e impactam na preservação do material.

Nesse contexto, há uma série de impactos na segurança, os quais elevam o potencial de perda de controle, ao se operar a aeronave com o cg além do limite dianteiro, o que ocorre quando um C-98A voa sem passageiros e carga, totalmente abastecido. Isso não ocorre por negligência, mas por desconhecimento, consequente da falta de um protocolo de cálculo de peso e balanceamento padronizado. Doutrina.

Uma vez explicitada e implantada uma doutrina mandatária de realização de um protocolo de peso e balanceamento padronizado, o cg do C-98A poderá ser calculado de maneira uniformizada e a sua posição encontrada de forma precisa no gráfico que dispõe os limites de posicionamento do cg, o *Center of Gravity Limits*.

Caso encontrem inadequações e os limites estejam sendo extrapolados, as tripulações poderão atuar de forma proativa e consciente para reduzir o potencial de perda de controle em voo, eventualmente variando o posicionamento das cargas e passageiros, bem como a própria quantidade de combustível a bordo, respeitada a doutrina prevista de abastecimento.

Dessa forma, resta evidenciado que a adoção de um protocolo de peso e balanceamento, antes do voo, potencializará a segurança das operações da aeronave C-98A.

## **2.2 Redução do potencial de colisão da cauda da aeronave com o solo**

A aeronave C-98A pode transportar carga e pessoal em um mesmo compartimento. Na parte traseira do avião, atrás dos assentos dos passageiros,

existem duas áreas para alocar materiais, denominadas “*Cabin Cargo Zone 4*” e “*Cabin Cargo Zone 5*”, para este ensaio, serão chamadas de “zona 4” e “zona 5”.

O avião dispõe de um pau-de-carga, que é uma haste metálica vertical, similar a uma perna de tripé, instalada abaixo da traseira da aeronave, para evitar uma colisão da cauda com o terreno, com a aeronave estática, denominada *tail tipping* (BRENNER, 2018). Após a partida do motor, o mecânico de voo remove o pau-de-carga e embarca, transitando pelas zonas 4 e 5. Nesse momento, o peso na traseira do veículo aumenta e o limite traseiro do cg pode extrapolar sem que o pau-de-carga esteja instalado, favorecendo o *tail tipping*. As tripulações desconhecem o risco de colisão da cauda com o solo, por não executarem um protocolo padronizado de peso e balanceamento.

Se um C-98A for alocado para transportar 450 kg de material bélico de Anápolis para o Campo de Provas Brigadeiro Veloso, com 225 kg de material distribuído igualmente nas zonas 4 e 5, apresentará o cg na área sombreada do gráfico *Center of Gravity Limits*. O cg só pode ficar nessa posição se for precisamente calculado, sob risco de danos e fatalidades. (CESSNA AIRCRAFT COMPANY, 2008). Isso também não ocorre por negligência, mas por falta de um protocolo de peso e balanceamento padronizado. Uma possibilidade de aperfeiçoamento da doutrina.

Ainda nesse exemplo, no momento de desembarque do mecânico, após o pouso no destino, a posição de limite traseiro do cg será extrapolada, caso este militar transite com apenas 70 kg, de seu próprio peso, na zona 5, a qual dá acesso à escada de desembarque. Essa situação aumentará as chances de *tail tipping*, uma vez que o pau-de-carga ainda não estará instalado. Um protocolo padronizado pode evitar isso, propiciando uma distribuição alternativa de cargas e passageiros, antes da decolagem.

Segundo Saintive (2017), a condição de cg atrás do limite traseiro aumenta a possibilidade de choque da cauda com o solo não apenas com a aeronave estática, mas também na decolagem e na aterragem, denominada *tailstrike*.

O mais importante é que se pode reduzir o potencial de colisão da cauda com o solo. Para isso, é necessário conhecer a posição precisa do cg, e a única forma de conhecê-la é por meio de um protocolo padronizado de peso e balanceamento. Naturalmente, o referido protocolo precisa ser baseado na documentação técnica do fabricante.

Dessa forma, a adoção de um protocolo de peso e balanceamento, antes do voo, potencializará a segurança das operações da aeronave C-98A.

### 3 CONCLUSÃO

O Cessna Grand Caravan C-98A é um avião monomotor utilizado pela Força Aérea Brasileira (FAB), o qual foi operado pelo autor ao longo de uma década. A experiência propiciada tornou possível ao autor identificar um potencial de aperfeiçoamento doutrinário com impacto direto na segurança das operações.

Argumentou-se que a redução do potencial de perda de controle em voo é possível, uma vez que em determinadas condições, comuns à operação dos C-98A na FAB, são realizados voos com o centro de gravidade (cg) além da posição prevista como limite dianteiro, determinado pela fabricante da aeronave.

Ademais, argumentou-se que as chances de colisão da cauda da aeronave com o solo serão mitigadas, uma vez que o limite traseiro da posição do cg pode facilmente extrapolar o valor determinado pelo fabricante, em condições comuns à rotina operacional da frota de C-98A da FAB, especialmente no transporte de carga.

Tais situações, de não atendimento aos limites estabelecidos pelo fabricante, não ocorrem por negligência e não constituem violações intencionais em atentado das tripulações contra sua própria segurança, mas por desconhecimento.

Nesse contexto, em virtude da lacuna doutrinária observada, defende-se a tese de que a adoção de um protocolo de peso e balanceamento, antes do voo, potencializará a segurança das operações da aeronave C-98A.

Diante dos recursos tecnológicos disponíveis no contexto atual, como *tablets* e *smartphones*, existe parecer viável para que os cálculos necessários sejam rapidamente realizados.

Com um protocolo padronizado, além maximizar a segurança e a preservação do material, cada Esquadrão Aéreo operador poderá reconfigurar rapidamente os seus C-98A, por meio da remoção dos assentos de passageiros, mantendo-se as condições previstas como ideais ao peso e balanceamento das aeronaves.

A eventual reconfiguração interna dos C-98A potencializará o apoio prestado pelas aeronaves, as quais poderão transportar maior peso e volume de carga em menos voos do que se estivessem repletas de assentos, resultando em menores custos, inclusive em ações cívico-sociais nas regiões de acesso remoto do interior do Brasil, contribuindo para a integração nacional e fortalecendo a imagem do Comando da Aeronáutica.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 701/SPOG-33, de 6 de janeiro de 2022. Coletânea de táticas, técnicas e procedimentos da aeronave C-98A (NOPREP/TTP/22). **Publicado no BCA nº 8, de 12 de janeiro de 2022.**

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Concepção estratégica – Força Aérea 100 (DCA 11-45). **Publicado no BCA nº 180, de 15 de outubro de 2018.**

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 1.225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Doutrina básica da Força Aérea Brasileira – Volume 2. (DCA 1-1). **Publicado no BCA nº 205, de 12 de novembro de 2020a.**

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Lei de acesso à informação. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, ano 148, nº 221-A, p. 1. 2011. PL5228/2009.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria CENIPA nº 17/DOP-SDINV-SER, de 07 de dezembro de 2017. Manual de investigação do SIPAER (MCA 3-6). **Publicado no BCA nº 205, de 11 de novembro de 2019.**

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 273/COMPREP, de 30 de julho de 2021. Programa de prevenção de acidentes aeronáuticos do Comando de Preparo (ICA 3-8). **Publicado no BCA nº 205, de 12 de novembro de 2020b.**

BRASIL. Comando da Aeronáutica. CENIPA. **Relatório Final A-301M/CENIPA/2014.** Brasília, DF. 2014.

BRENNER, Thiago. **Aircraft performance weight and balance.** 2 ed. Rio Grande do Sul: Independente, 2019.

CESSNA AIRCRAFT COMPANY. **Information manual Grand Caravan model 208 B G1000.** Wichita, KA. EUA, 2008.

SAINTIVE, Newton Soler. **Performance de aviões a jato – Peso e balanceamento.** 14 ed. São Paulo: Asa, 2017.

SUZANO, Márcio Alves. **Conhecimentos gerais de aeronaves.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration. **Weight and balance handbook (FAA-H-8083-1B).** EUA, 2016.