



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2020

REINALDO **FERRAZ** DE OLIVEIRA CASTILHA, Cap Av

**Ganhos advindos do aumento da tolerância à força G nos pilotos  
de caça da FAB visando o F-39 GRIPEN NG**

Rio de Janeiro

2020

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2020

REINALDO **FERRAZ** DE OLIVEIRA CASTILHA, Cap Av

**Ganhos advindos do aumento da tolerância à força G nos pilotos  
de caça da FAB visando o F-39 GRIPEN NG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de MBA em Gestão Pública com ênfase em Gestão de Projetos e Processos.

Área de Concentração: Emprego da Força Aérea

Orientador: Cap Av Gonçalves

Rio de Janeiro

2020

REINALDO **FERRAZ** DE OLIVEIRA CASTILHA, Cap Av

**Ganhos advindos do aumento da tolerância à força G nos pilotos  
de caça da FAB visando o F-39 GRIPEN NG**

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

Aprovado por:

---

Eduardo Utzig Silva – Ten Cel Av  
EAOAR

---

Marcelo Viegas Neves – Ten Cel QOEA Esp Fot  
EAOAR

---

Hélio Gonçalves Sousa Neto – Cap Av  
EAOAR

Rio de Janeiro  
Julho 2020

## RESUMO

A evolução ocorrida nas aeronaves de caça tornou o homem um dos elos mais frágeis no sucesso da missão, principalmente com relação à resistência à força G. Muitos acidentes e incidentes aéreos ocorreram e continuam ocorrendo por esse motivo. Existem técnicas e exercícios que aumentam a tolerância à força G, como as MEV executadas em centrífugas humanas e o treinamento físico anaeróbio. Porém, tais técnicas devem ser padronizadas e sistematizadas, bem como o piloto deve conhecer o funcionamento do seu organismo e entender o porquê de realizar cada treinamento. Com o recebimento do F-39 pela FAB, essas técnicas e treinamentos tornam-se primordiais. Nesse ensejo, esse Ensaio defende que o aumento da tolerância à força "G" no piloto de caça contribui positivamente na segurança de voo e no seu desempenho operacional, com vistas à chegada do F-39 Gripen NG na FAB. Por esses motivos, será primordial um treinamento padronizado das MEV em centrífugas, algo que atualmente a FAB não possui. A execução correta dessas MEV acarretará uma maior resistência à força G, além de aumentar a segurança de voo nos Esquadrões. Também será necessário que o piloto entenda o porquê de executar um treinamento físico com foco anaeróbio, ficando mais motivado para tal e apresentando com isso o melhor rendimento em sua resistência à força G. Com pilotos mais bem preparados para o cumprimento da missão, a FAB e o Brasil terão seu poder dissuasório amplificado e projetado perante as demais nações.

**Palavras-chave:** Força G. Treinamento físico. Manobras de esforço voluntário. G-LOC. Centrífuga.

## 1 INTRODUÇÃO

As grandes melhorias ocorridas nas aeronaves de combate após a Segunda Guerra Mundial, principalmente relacionadas ao máximo G sustentado, tornaram o ser humano como um dos fatores limitantes no sucesso do combate, fato que levou a inúmeros estudos sobre os efeitos e consequências das altas cargas G na fisiologia humana, e também sobre como aumentar a tolerância do corpo humano às mesmas.

A força G é um dos maiores estresses físicos sofridos pelo piloto de caça durante um voo de combate. Segundo estudo realizado nos Estados Unidos, mais de 10% dos pilotos de caça reportaram ter passado por uma situação de perda de consciência em voo associada à carga G, também conhecida como G-LOC. (BALLDIN, 2002). Outra pesquisa mostrou que o G-LOC foi a causa de 05 acidentes (03 fatais) e de 152 incidentes, entre 2001 e 2011 (FIELD, 2014).

Existem técnicas e exercícios físicos que fazem com que o corpo humano aumente seu limite de tolerância à carga G. As mais conhecidas são as manobras de esforço voluntário (MEV), que são treinadas em centrífuga humana (e que a FAB ainda não possui), e os exercícios anaeróbios, que podem ser treinados em qualquer lugar. Porém, antes de realizar esses treinamentos, é necessário que o piloto entenda como seu corpo se comporta quando submetido à altas cargas G e porque ele necessita executar tais manobras. Também é necessário que todas as etapas desses treinamentos sejam padronizadas e sistematizadas, de forma a produzirem resultados mais eficientes e sólidos nos pilotos, algo que atualmente não existe na FAB. Tudo isso demanda uma solução à curto prazo devido ao recebimento do Gripen pela FAB.

Nesse ensejo, esse Ensaio defende que o aumento da tolerância à força "G" no piloto de caça contribui positivamente na segurança de voo e no seu desempenho operacional, com vistas à chegada do F-39 Gripen NG na FAB.

Dessa forma, argumenta-se que, num futuro próximo, as atuais aeronaves de caça de alta performance da FAB (F-5M e A-1M) serão substituídas pelo F-39 Gripen NG, aeronave enquadrada na classe 9G (tipo de avião que alcança 9 vezes a força da gravidade durante manobras). Para tal, será de suma importância a sistematização e padronização do treinamento das MEV pelos pilotos que voarão o F-39, fato que ainda não ocorre e nem é exigido pela FAB para as atuais aeronaves de caça (da

classe 7G), pois sem treinamento o ser humano pode perder completamente a consciência em menos de 3 segundos quando exposto à 9G (BALLDIN, 2002).

Outro argumento consiste no fato de que a compreensão pelo piloto de caça da mecânica dos fluídos corporais, em especial da corrente sanguínea, faz com que ele entenda o porquê de seguir um programa de treinamento físico mais focado na atividade anaeróbia, em detrimento da aeróbia, ocasionando o aumento da tolerância a força G, conforme diversos estudos já publicados por pesquisadores nessa área.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Necessidade da padronização e sistematização do treinamento das MEV**

Mesmo com a evolução das aeronaves de caça e dos seus armamentos, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, que levaram o combate para além do alcance visual, as principais forças aéreas do mundo, incluindo a FAB, continuam treinando seus pilotos para o combate à curta distância. Tal fato deve-se, entre outros fatores: à baixa probabilidade de acerto do míssil de médio/longo alcance, por limitações do próprio equipamento (na Guerra do Golfo, por exemplo, a probabilidade de sucesso de um míssil além do alcance visual foi de apenas 18%); falha material do equipamento (míssil e/ou radar da aeronave); e a dificuldade em se ter certeza da identificação positiva da aeronave alvo antes do lançamento, de modo a evitar o fogo amigo (HIGBY, 2005).

A ocorrência de um ou mais fatores relacionados acima pode levar as aeronaves oponentes a aproximarem-se de tal forma que acabem entrando numa situação de combate à curta distância, também conhecido como combate dentro do alcance visual, aonde a proficiência nas manobras, associadas ao emprego de mísseis de curto alcance e/ou armamento de cano, tornam-se fatores preponderantes no êxito do combate. Essas manobras ofensivas e defensivas, na maioria das vezes, impõem ao corpo do piloto de caça uma grande carga G por longos períodos.

O treinamento dessas missões faz parte da rotina do piloto de caça da FAB, sendo balizado através de legislação específica, emitida anualmente pelo COMPREP. Dessa forma, eles estão expostos à variadas cargas G, dependendo do tipo da aeronave que pilotam. Por exemplo, o A-29 Super Tucano manobra com até 6G, enquanto o A-1M e o F-5M manobram com até 7G. Porém, com a chegada do F-39

Gripen NG a partir de 2021, para substituir toda a frota de A-1M e F-5M (BRASIL, 2018), os pilotos estarão expostos a cargas de até 9G ao executarem esse treinamento.

Esse incremento no máximo G da aeronave vai demandar dos pilotos um treinamento adequado de técnicas de respiração e contração da musculatura (FIELD, 2014), algo que até então não é ensinado de forma padronizada e sistematizada pela FAB. Além disso, até o momento não existe em operação na FAB uma centrífuga específica para treinamento das Manobras de Esforço Voluntário (MEV). Atualmente esse treinamento é realizado na Suécia pelos pilotos da FAB que já foram selecionados para o Gripen.

As MEV consistem, basicamente, do controle da respiração em conjunto com a contração das musculaturas abdominais e periféricas. Quando são executadas da forma correta, essas manobras trazem um ganho substancial na resistência à força G (PARK et al., 2015). Porém, para treiná-las da forma correta é necessário estar num ambiente que simule as altas cargas G encontradas no voo de combate (BATEMAN, 2006), vindo daí a necessidade de se possuir uma centrífuga humana. Outro ganho indireto que a centrífuga traria seria a criação de um banco de dados de desempenho dos pilotos através dos resultados colhidos, gerando novos conhecimentos sobre esse tema e, conseqüentemente, aperfeiçoando os protocolos de execução das MEV.

Com a sistematização e padronização desse treinamento para os pilotos de caça da FAB, ocorrerá um aumento da resistência à carga G em todos eles, ocasionando, conseqüentemente, um incremento na segurança de voo nos Esquadrões da FAB que operarão o F-39 Gripen NG. Tal condição deve-se ao fato de que, nas situações de extremo estresse físico experimentadas durante o voo de combate, o piloto mais resistente e, conseqüentemente, mais longe da zona de G-LOC, possui uma maior velocidade de raciocínio sobre as decisões que devem ser tomadas, além de ter um maior discernimento sobre até que ponto a manobra que está realizando pode, ou não, colocar em risco a sua vida e a de outros pilotos dentro da mesma arena de combate.

Também, com o treinamento específico na centrífuga, o piloto será capaz de identificar os seus limites e os sintomas que indicam a proximidade da situação de G-LOC, o que é um ganho substancial na segurança de voo. Isso deve-se ao fato de que

o piloto de caça, ao conhecer os seus limites, manobrará o seu avião de forma mais ponderada, acarretando uma menor chance de perder a consciência em voo. Como na maioria das vezes ele pilotará sozinho o avião nos voos de combate, caso ele perca a consciência durante as manobras não haverá ninguém para comandar a sua aeronave, o que poderá ocasionar um acidente. Tal situação já ocorreu inúmeras vezes, e continua ocorrendo, na história da aviação de caça de diversos países (FIELD, 2014).

## **2.2 Consequências do treino aeróbio e anaeróbio no desempenho do piloto de caça**

Outra questão importante que também deve ser levada em consideração é a necessidade do piloto de caça entender o que se passa na fisiologia do seu organismo durante a execução de manobras com altas cargas G, para que o mesmo compreenda exatamente o porquê de se executar cada exercício físico específico, bem como a importância das Manobras de Esforço Voluntário (FIELD, 2014).

A atividade física, por si só, é algo que naturalmente exige uma motivação constante para se obter um bom rendimento. Quando ela é voltada para se obter uma melhora no rendimento operacional da atividade aérea, o fato do piloto entender que cada módulo de exercício físico que está realizando tem uma ligação direta com o seu desempenho em voo, é fator suficiente para se inferir que o mesmo terá uma motivação maior do que se apenas executasse tal exercício sem esses conhecimentos (BATEMAN, 2006). Com isso, ele o executa de forma mais efetiva e assídua, ocasionando um ganho maior na resistência às cargas G.

Avançando para a parte prática do treinamento físico, surge a seguinte questão: devem ser treinados mais os exercícios aeróbios ou anaeróbios? Diversos profissionais de medicina aeroespacial estudaram e testaram, ao longo de décadas, diversas possibilidades de treinamentos específicos para os pilotos de caça, de forma a aumentar sua resistência à força G. A conclusão da grande maioria foi a de que o treinamento anaeróbio, comprovadamente, auxilia numa maior resistência à força G frente o treinamento aeróbio. Tal fato deve-se ao treinamento anaeróbio conduzir à algumas modificações fisiológicas, como o aumento da atividade do sistema simpático, hipertrofia de fibras de contração rápida, diminuição na densidade capilar

do músculo e capacidade aumentada em tolerar as cargas do exercício (TESCH; BALLDIN,1984).

Com isso, entendemos a importância do treinamento anaeróbio para o piloto que está exposto constantemente à ambientes com altas cargas G, onde é necessário que o organismo incremente a pressão arterial através de uma musculatura desenvolvida e de um maior tônus simpático (GUIMARÃES, 2006). Ainda segundo Guimarães (2006, p. 45), “conforme o músculo se hipertrofia, ele incrementa sua área, mantendo constante o número de vasos capilares. Isto gera, proporcionalmente, uma menor quantidade de vasos para o sangue se acumular”.

Porém não significa que o piloto de caça deva abandonar totalmente o treino aeróbio. De acordo com Balldin (1984 apud GUIMARÃES, 2006), o treinamento aeróbio diminui o tempo de recuperação dos músculos envolvidos nas manobras anti-G, além de auxiliar na manutenção de uma composição corporal ideal e da saúde do sistema cardiovascular de seu praticante. A ressalva que deve ser feita, segundo Burton (1986 apud GUIMARÃES, 2006), é que ele deve envolver grandes grupos musculares, ter frequência de, no máximo, quatro vezes por semana e não ultrapassar um volume de 22 km semanais.

Por último, também associadas ao treinamento físico, e com sua execução facilitada pelo mesmo, encontram-se as MEV, já citadas no tópico anterior. Para que o piloto de caça aprenda tais Manobras de forma adequada e duradoura, é exigido um grande desgaste físico do mesmo a cada execução. Dessa forma, pode-se inferir que o piloto com melhor preparação física sofrerá menos desgaste e conseguirá executá-las por mais tempo em relação à um piloto menos preparado fisicamente.

Dessa forma, o piloto de caça ao melhorar sua resistência à força G através de exercícios físicos focados na atividade anaeróbia, associados às manobras de esforço voluntário, terá vantagem numa arena de combate visual frente ao oponente com menor resistência, por conseguir levar sua aeronave ao limite sem desmaiar, melhorando a performance nas curvas e no posicionamento para efetuar o tiro míssil ou canhão. Apesar do engajamento entre aeronaves de caça em combate visual ser cada vez menos provável no ambiente de combate aéreo moderno, ele não pode ser totalmente descartado (HIGBY, 2005), indo ao encontro do que o COMPREP entende como importante para o treinamento atual dos seus pilotos de caça.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi discorrido que, com a grande evolução das aeronaves de caça nas últimas décadas, o homem passou a ser um dos elos mais frágeis e limitados desse meio, principalmente no que diz respeito à sua resistência frente a força G. Nessa questão, ficou evidente a importância de preparar os pilotos para as aeronaves da classe 9G, visto os diversos casos de incidentes e acidentes aéreos ocasionados pela perda de consciência devido à alta carga G (G-LOC).

Com isso, argumentou-se que, devido a iminente chegada do F-39 Gripen NG nos Esquadrões de Caça da FAB, será necessário padronizar e sistematizar o treinamento das MEV, em conjunto com a aquisição de uma centrífuga humana. Esse treinamento auxiliará sobremaneira o desenvolvimento e massificação das técnicas de respiração e contração da musculatura, além de gerar novos dados práticos de desempenho dos pilotos, que poderão ser utilizados na atualização dos protocolos de execução das MEV. O treinamento das MEV na centrífuga também trará um ganho na segurança de voo, na medida em que o piloto consegue identificar os sintomas do G-LOC, bem como os limites do seu corpo.

Outro argumento importante levantado foi a relação entre a compreensão pelo piloto de caça de sua dinâmica fisiológica com o aumento da motivação na execução do treinamento físico. Nesse mesmo tema, também foi demonstrado as diferenças entre o treinamento aeróbio e anaeróbio em relação ao desempenho do piloto de caça frente à força G, concluindo que o treino anaeróbio apresenta mais ganho em relação ao treino aeróbio, porém ambos executados em sua devida proporção são benéficos, garantindo um incremento na resistência à força G e no desempenho operacional.

Dessa forma, é possível evidenciar que o aumento da tolerância à força "G" no piloto de caça contribui positivamente na segurança de voo e no seu desempenho operacional, com vistas à chegada do F-39 Gripen NG na FAB.

De maneira mais ampla, na medida em que se têm pilotos mais bem preparados e motivados para o cumprimento da missão, a Força Aérea Brasileira e a Nação terão seu poder dissuasório amplificado e projetado perante as demais nações, podendo ser demonstrado tanto durante a execução de treinamentos em exercícios conjuntos com Forças amigas, bem como em situações de conflito real.

## REFERÊNCIAS

- BALLDIN, U. I. Acceleration effects on fighter pilots. *In: PANDOLF, K. B.; BURR, R. E. Medical aspect of harsh environments*. Washington: [s. n.], v. 2, p. 1014-1027, 2002.
- BATEMAN, W. A.; JACOBS, I.; BUICK, F. Physical conditioning to enhance +Gz tolerance: issues and current understanding. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, [s. l.: s. n.], vol. 77, nº 6, p. 573-580, jun. 2006.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, n. 222, 20 dez. 2018.
- FIELD, B. M. **G-awareness for aircrew**. Air Force Pamphlet 11-419. [s. l.: s. n.]. Dez. 2014. Disponível em:  
[https://static.e-publishing.af.mil/production/1/af\\_a3\\_5/publication/afpam11-419/afpam11-419.pdf](https://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3_5/publication/afpam11-419/afpam11-419.pdf) Acesso em 26 mar. 2020.
- GUIMARÃES, A. O. B. A influência do treinamento aeróbio e anaeróbio na performance do piloto de caça. **Revista de Educação Física**, Natal, [s. n.], nº133, p. 43-48, mar. 2006.
- HIGBY, P. **Promise and Reality: Beyond Visual Range (BVR) Air-to-Air Combat**. Montgomery, AL. [s. n.], 2005. Disponível em:  
<https://pt.scribd.com/document/228584161/Promise-and-Reality-Beyond-Visual-Range-BVR-Air-To-Air-Combat>. Acesso em 26 mar 2020.
- PARK, M., et al. Unpredictability of Fighter Pilots' G Duration Tolerance by Anthropometric and Physiological Characteristics. **Aerospace Medicine and Human Performance**, [s. l.: s. n.], vol. 86, nº 4, p. 397-401, abr. 2015.
- TESCH, P.A.; BALLDIN, U.I. Muscle fiber type composition and G-tolerance. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, [s. l.: s. n.], vol 55, nº 11, p. 1000-1003, nov. 1984.