



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
2/2023

**FLÁVIO GOMES DINIZ**, Cap Esp Arm

**Desempenho do calorímetro na revalidação de munições de alto calibre na  
Força Aérea Brasileira**

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
2/2023

**FLÁVIO** GOMES DINIZ, Cap Esp Arm

**Desempenho do calorímetro na revalidação de munições de alto calibre na  
Força Aérea Brasileira**

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: Ciência, Tecnologia e Informação.

Orientador: Bruno **BITENCOURT** Carvalho de Oliveira, Maj Int

Rio de Janeiro

2023

**FLÁVIO GOMES DINIZ**, Cap Esp Arm

**Desempenho do calorímetro na revalidação de munições de alto calibre na  
Força Aérea Brasileira**

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

Aprovado por:

---

**Pedro Nolasco** Duarte, Maj Av  
EAOAR

---

**Bruno Bitencourt** Carvalho de Oliveira, Maj Int  
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

## RESUMO

O Parque de Material Bélico do Rio de Janeiro (PAMB-RJ) é a Organização Militar (OM) que tem a função de prestar assistência técnica para todas as outras OM da Força Aérea Brasileira (FAB), no que tange a material bélico, sobretudo munições de alto calibre. Nesse contexto, verificou-se, ao longo dos anos, o dispêndio de recursos públicos ao realizar a tarefa de revalidação dessas munições, utilizando bloco térmico. Essa inquietação foi a mola propulsora para o início deste trabalho, o qual irá comprovar que o calorímetro de alto fluxo (HFC) é mais eficiente e confiável. A eficiência do HFC será demonstrada através de comparativo de gastos entre o próprio HFC e o B. Como resultado, aumenta-se a eficácia, que será comprovada por meio de uma tabela, na qual mostra que a taxa de revalidação supera a taxa de vencimento, tornando possível revalidarmos as munições antes de expirar o prazo de validade. Além disso, a confiabilidade do HFC fica evidente por utilizar uma metodologia de análise, a qual disponibiliza um resultado que não depende da interpretação do operador, fortalecendo que o uso do calorímetro, em substituição ao bloco térmico promove um ganho na revalidação de munições de alto calibre na FAB. A conclusão deste estudo serve como ponto de partida para estender as revalidações para outros calibres utilizados na FAB, proporcionando economia de recursos públicos.

**Palavras-chave:** Revalidação. Economicidade. Eficácia. Confiabilidade

## 1 INTRODUÇÃO

Munição é um artefato bélico acionado por um propelente (pólvora), cuja utilização implica em seu consumo. O propelente tem a propriedade de poder transformar sua energia química em mecânica, impulsionando o projétil para frente.

O propelente possui um tempo de vida útil. No aspecto químico, pode-se afirmar que o propelente venceu, somente quando ocorreu mudança nas características químicas iniciais do fabricante, resultando na queda do desempenho da queima da pólvora, devido à evaporação de seus elementos estabilizadores.

A maioria dos produtos explosivos se decompõe quimicamente, mesmo em condições normais de armazenagem e de transporte, ainda que lentamente, o que diminui a sua estabilidade química, e aumenta a sensibilidade aos estímulos mecânicos, térmicos ou elétricos, maximizando o risco de autoignição acidental.

Quando se atinge a data de validade da munição, ela é submetida ao processo de revalidação por meio de ensaios químicos, em que, por muitas vezes, fica constatado que as características químicas da pólvora não foram modificadas, o que permite a revalidação da munição, sem a necessidade do descarte e gasto de recursos públicos na aquisição de munição nova.

Nesse contexto, o Parque de Material Bélico do Rio de Janeiro (PAMB-RJ), como elo permanente do Sistema de Material Bélico, é responsável por revalidar todos os lotes de munições utilizadas no âmbito da FAB. Para executar tal tarefa, são utilizados o bloco térmico (BT), e o HFC (calorímetro de alto fluxo), com vistas à constante busca do princípio da economicidade, conforme norma constitucional.

Nessa esteira, ao confrontarmos o desempenho obtido no uso do BT com o HFC na revalidação de munições, é possível perceber oportunidades de alcançar o menor custo e maior confiabilidade.

Diante desse quadro, este trabalho defende que o uso do calorímetro, em substituição ao bloco térmico promove uma otimização na revalidação de munições de alto calibre na FAB.

Como fundamento da temática proposta, é possível afirmar que o HFC é mais eficiente que o BT, pois proporciona uma maior extensão do prazo de validade.

Argumenta-se que o HFC é mais confiável, por ser um equipamento totalmente eletrônico, o que reduz a suscetibilidade a erros de leitura do operador, já que não depende da acuidade visual humana. Além disso, o HFC não utiliza

materiais sujeitos à contaminação, o que reforça sua confiabilidade como método de revalidação de munições.

## 2 DESENVOLVIMENTO

O processo de revalidação de munição na FAB compreende os testes químicos e os testes de funcionamento. Os testes químicos podem ser executados através de dois métodos: os BT, que requer três testes químicos (Prova alemã, Prova de Bergmann-Junk, e Prova de armazenamento), e o HFC.

A diferença mais significativa entre os dois métodos é o tempo de vida útil que pode ser concedido ao lote no caso de aprovação. Para o BT, o tempo de validade é de dois anos (BRASIL, 2018), enquanto para o HFC, o prazo pode ser estendido para dez anos (TNO, 2020).

Em uma visão técnica, ambos os métodos simulam, o envelhecimento do propelente por meio de aquecimento, mas diferem na análise deste envelhecimento.

### 2.1 Eficiência dos testes

A busca pelo princípio da economicidade na gestão de recursos públicos é uma obrigação de qualquer administrador público. Assim, podemos afirmar que:

[...] O princípio constitucional da economicidade é a norma constitucional que obriga o administrador público a perseguir o menor custo na aquisição de insumos e serviços para a administração, e buscar tempestivamente, a maior quantidade, e a melhor qualidade dos serviços prestados pela administração. (LIMA, 2008, p.30).

Com base nessa premissa, busca-se a eficiência, por meio de melhoria nos processos de linha de produção, visando alcançar os resultados esperados com o menor custo possível, aproveitando ao máximo os recursos disponíveis, sem comprometer a qualidade. Castro (2015, p. 36), define eficiência como “[...] a capacidade de produzir um efeito real e ou específico, a obtenção de resultados com o mínimo de perdas, erros, dispêndios, e tempo nas tarefas e trabalho”.

Na persecução da economicidade, o PAMB-RJ analisou o processo de revalidação do HFC e do BT. Apesar do manual do equipamento informar ele é capaz de revalidar os lotes por dez anos, o HFC utilizado no PAMB-RJ possui um

software que permite a revalidação por oito anos, enquanto o BT revalida por apenas dois anos. Desta forma, em um período de oito anos, um lote seria revalidado apenas uma vez pelo HFC, em vez de ser revalidado por quatro vezes no BT. Essa diferença resulta em uma economia substancial no processo de revalidação, alinhando-se aos objetivos elencado na DCA 11-118 (BRASIL, 2022), sobretudo no que tange aos esforços da correta gerência do ciclo de vida de armamento e sistemas d'armas, no tempo necessário para garantir a prontidão operacional, e conseqüente capacidade dissuasória, quando aumentamos a disponibilidade do uso de munições de alto calibre nas aeronaves de alerta de defesa aérea.

Para demonstrar a redução de gastos proporcionada pelo HFC, em comparação com o BT, foi calculada a economia que o HFC proporcionaria na revalidação de vinte lotes, considerando o gasto com munição que é destruída durante o ensaio.

Podemos utilizar como exemplo o CARTUCHO 20 mm EXERCÍCIO, M55A2, que foi fabricado no ano de 2000 e possui validade no Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS) até 2022. Após a sua fabricação, esse cartucho teve um período de validade inicial de dez anos (de 2000 até 2010). A partir de 2010 até o ano de 2022, precisaria passar por seis revalidações pelo BT, visto que as revalidações por esse método são bienais, e são doze anos entre o vencimento previsto pelo fabricante, e o vencimento após as seis revalidações feitas pelo PAMB-RJ. Nesse método ocorreu o consumo de cinquenta cartuchos por seis vezes (nº de revalidações), no valor unitário de R\$ 101,22, totalizando R\$ 30.366,00. Se o mesmo processo de revalidação tivesse sido feito no HFC, de 2010 até 2022, o mesmo lote precisaria passar por duas revalidações no calorímetro, gerando um gasto com amostras de R\$ 10.122,00 (cinquenta cartuchos x R\$ 101,22 x duas revalidações). Ao final dessa análise, e utilizando o mesmo raciocínio para todas as munições de alto calibre, podemos chegar a uma economia de R\$ 511.189,50.

Em conseqüência disso houve também o aumento da eficácia no processo de revalidação, visto que o PAMB-RJ analisou a taxa de vencimento dos lotes versus a taxa de revalidação. Foi feito um comparativo entre a situação atual do laboratório, que testa 60 lotes por ano (40 testes no calorímetro + 20 testes nos BT), e o cenário da compra de um segundo HFC, que alteraria a produção do laboratório para oitenta lotes testados (40 x 2) por ano.

De acordo com a Tabela 1, a FAB possui um total acumulado de 283 lotes vencidos até o final de 2022. Os vencimentos entre 1º de janeiro e 31 de dezembro de cada ano (2023 a 2031) estão apresentados na mesma tabela. Para a montagem da tabela a seguir, foram considerados que todos os lotes são aprovados nos testes e que o HFC fornece uma sobrevida máxima aos lotes, de oito anos.

**Tabela 1** – Uso do HFC e do BT, Para os Lotes da FAB (2023-2031)

Total de lotes vencidos na FAB						
	Ano	Qtt lotes vencidos	Situação atual		Nova situação	
			Qtt lotes vencidos acumulado	1. calorímetro + 1 bloco térmico	Qtt lotes vencidos acumulado	2. calorímetros
Somatório de lotes vencidos até 2022	2022	283	283 – 60	283 – 60 = 223	283	283-80 = 203
Lotes que vencerão em 2023	2023	32	223 + 32	223 + 32 - 60 = 195	203 + 32	203+32-80 = 155
Lotes que vencerão em 2024	2024	52	195 + 52	195 + 52 – 60 + 20 = 207	155 + 52	155+52-80 = 127
Lotes que vencerão em 2025	2025	21	207 + 21	207 + 21 – 60 + 20 = 188	127 + 21	127+21-80 = 68
Lotes que vencerão em 2026	2026	6	188 + 6	188 + 6 – 60 + 20 = 154	68 + 6	68+6-80 = -6
Lotes que vencerão em 2027	2027	11	154 + 11	154 + 11 – 60 + 20 = 125	-6+11	-6+11-80 = -75
Lotes que vencerão em 2028	2028	9	125 + 9	125 + 9 – 60 + 20 = 94	-75 + 9	-75+9-80 = -146
Lotes que vencerão em 2029	2029	3	94 + 3	94 + 3 – 60 + 20 = 57	-146 + 3	-146+3-80 = -223
Lotes que vencerão em 2030	2030	6	57 + 6	57 + 6 – 60 + 40 + 20 = 63	-223 + 6+80	-223+6+80-80 = -217
Lotes que vencerão em 2031	2031	16	63 + 16	63 + 16 – 60 + 40 + 20 = 79	-217+16+80	-217+16+80-80 = -201

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

Partindo da primeira linha da tabela, que indica a quantidade de 283 lotes vencidos (situação atual – início de 2022), testam-se 60 lotes, resultando ao final de 2022, em 223 lotes vencidos. No ano de 2023, trinta e dois lotes vencerão, somando-se 223 vencidos do ano anterior (2022). Esses lotes contribuirão para aumentar o nº de lotes vencidos ao longo de todo o ano de 2023, ao mesmo tempo em que 60 lotes serão testados no mesmo ano.

Ao final de 2023, após todas as revalidações, a FAB terá 195 lotes vencidos. Para o ano de 2024, temos a quantidade inicial de 195 lotes vencidos do ano anterior (2023), somando-se aos 52 lotes que vencerão em 2024, e subtraindo-se 60 outros lotes que serão testados, e acrescentando 20 lotes (que foram revalidados em 2022 pelo BT, com validade de dois anos, e vencerão em 2024), que voltarão a vencer, compondo o nº total de lotes vencidos.

O raciocínio para a situação de dois calorímetros é o mesmo do anterior, com a diferença que a cada ano oitenta lotes são revalidados, e ao final de oito anos (2030 e 2031), oitenta lotes voltarão a vencer, contribuindo para o total de lotes expirados da FAB.

As quantidades negativas representam que, nestes anos, é possível ter a superação da taxa de revalidação quando comparada à taxa de vencimento. Isso significa que não haverá lotes vencidos, pois os lotes poderão ser testados para revalidação antes de expirar o prazo, comprovando, assim, que a eficácia resultou da eficiência no processo de revalidação.

## 2.2 Confiabilidade dos testes

As análises realizadas nos BT avaliam os subprodutos do envelhecimento térmico do propelente, e dependem da avaliação visual do operador. De acordo com Rodrigues (2019), para revalidar um lote, a munição é submetida a três ensaios: Prova alemã, Prova de Bergmann-Junk, e Prova de armazenamento. Em cada um desses ensaios, o resultado é baseado na análise colorimétrica dos vapores emitidos ou nas mudanças de cores das soluções (reagentes químicos) avaliadas, por meio de titulação. Cada um dos ensaios gera uma nota, e o somatório total delas indica se o lote está apto ou não para ser revalidado.

Osawa, Gonçalves e Ragazzi (2006) no trabalho sobre titulação potenciométrica citam que os limites de intervalo do pH de viragem dos indicadores dependem de interpretação do operador. Nesse caso, os erros de acuidade visual interferem na análise colorimétrica dos vapores e das soluções (nas titulações).

Além disso, os reagentes químicos estão sujeitos à contaminação, podendo gerar resultados imprecisos. Nesse método, é utilizada uma balança para medir a massa do propelente a ser revalidado, o que pode apresentar erros de leitura devido às fontes de incertezas. Para Carmona e Pereira (2006, p. 1):

[...] toda medição, também sofre a influência de várias fontes de incerteza, seja do ambiente, do operador, do sistema de medição, do processo de medição, da cadeia de referências e mesmo da própria definição inadequada daquilo que se pretende medir, o mensurando.

Assim, fica evidente que essa metodologia está sujeita a incertezas, podendo resultar em erros de medição, o que torna esse método menos confiável.

Briones (2017), em seu estudo, demonstra a metodologia utilizada no uso do HFC. É possível notar que esse equipamento, diferente do BT, não utiliza reagentes químicos, colorimetria e balanças. Logo, o HFC é menos suscetível a erros na revalidação, sendo assim mais confiável, pois apresenta resultados mais fidedignos.

### **3 CONCLUSÃO**

O princípio da economicidade, que é um pilar do princípio da eficiência, tem sido uma das metas de qualquer militar ou servidor público na Administração pública direta e indireta. A economicidade é entendida como a execução de uma tarefa com o menor custo possível, sem comprometer a qualidade.

Nesse escopo, em estudos realizados no PAMB-RJ, constatou-se que na revalidação de munições, o uso do HFC gera menos gastos de dinheiro público, e conseqüentemente, verifica-se o aumento de sua eficácia ao revalidar as munições por oito anos, em vez de dois anos, tornando o gasto quatro vezes menor.

Além disso, como o HFC, por ser um equipamento eletrônico, não utiliza reagentes químicos (susceptível à contaminação), nem balanças (susceptível às incertezas de medidas), e a análise dos resultados independe da interpretação do operador, tudo isso acarreta resultados mais fidedignos, aumentando a confiabilidade.

Dessa forma, o uso do calorímetro, em substituição ao bloco térmico promove uma otimização na revalidação de munições de alto calibre na FAB.

Por fim, com base nos aspectos apresentados, defendo o uso do calorímetro, em substituição ao Bloco térmico, por revalidar as munições de alto calibre por oito anos. Ademais, como o HFC apresenta resultados mais confiáveis, minimizam-se os riscos de acidentes em autoignições, aumenta-se a segurança de voo, e reduzem-se as margens de erro no cálculo do tempo de vida útil após nova revalidação.

Destaca-se que nesse estudo, em uma visão mais futurista, a economia de dinheiro público na revalidação de munições de baixo calibre, viabiliza a realocação desses recursos para serem destinados em outras áreas, tais como vida vegetativa, infraestrutura, manutenção e aquisições diversas. Vale dizer, que o HFC, posteriormente, poderá ser utilizado na revalidação de munições de baixo calibre.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Exército Brasileiro. Comando Logístico. **Manual T9 – 1903. Armazenamento, Conservação, Transporte e Destruição de Munições, Explosivos e Artíficos**. Brasília: Exército Brasileiro, Boletim do Exército n. 034 de 23 de agosto de 2018, 122 páginas. Disponível em: <http://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/9467>. Acesso em: 09 jun. 2023.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER Nº 405/GC3, DE 7 DE NOVEMBRO DE 2022. Aprova a Diretriz de Planejamento Institucional - DCA 11-118. **Boletim do Comando da Aeronáutica** n. 208, de 09 nov. de 2022. Disponível em: <https://apl1.sti.fab.mil.br/sisbca/visualizar.php>. Acesso em: 21 jun. 2023
- BRIONES, Tétis do Vale Pereira Nascimento. **Novos critérios para avaliação da vida útil de propelentes de base dupla empregados em motores de foguete**. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/9128/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20T%C3%A9tis%20Briones%202017.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2023.
- CARMONA, Ricardo Luís da Rocha; PEREIRA, Milton. Fontes de incerteza em medições de massa. *In*: **CONGRESSO E FEIRA DA QUALIDADE EM METROLOGIA**, 2006, São Paulo. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Luis-Carmona/publication/235947530\\_Fontes\\_de\\_Incerteza\\_em\\_Medicoes\\_de\\_Massa/links/00b49514a06091670f000000/Fontes-de-Incerteza-em-Medicoes-de-Massa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Luis-Carmona/publication/235947530_Fontes_de_Incerteza_em_Medicoes_de_Massa/links/00b49514a06091670f000000/Fontes-de-Incerteza-em-Medicoes-de-Massa.pdf). Acesso em: 21 jun. 2023
- CASTRO, João Pedro Marques. **Princípios da boa administração, eficiência e economicidade**. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Direito Administrativo) - Escola de Direito / Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2015. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/41167/1/Jo%c3%a3o%20Pedro%20Marques%20e%20Castro.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023
- LIMA, Gustavo Massa Ferreira. **O princípio constitucional da economicidade e o controle do desempenho da administração pública exercido pelos tribunais de contas**. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação de Direito, Centro de Ciências Jurídicas / Faculdade de Direito do Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/4715/1/arquivo6225\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/4715/1/arquivo6225_1.pdf). Acesso em: 10 jun. 2023.
- OSAWA, Cibele Cristina; GONÇALVES, Lireny Ap Guaraldo; RAGAZZI, Sidnei. Titulação potenciométrica aplicada na exportação de gorduras livres de óleos e vitaminas comestíveis. **Química Nova**, v. 29, p. 593-599, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/9Pk8nCmX7Q5m7fXGwXLpbBS/?lang=pt>. Acesso em: 09 jun. 2023.

RODRIGUES, Rodrigo Leonard Barboza. **Estudo de composições ambientalmente seguras para propelentes à base de nitrocelulose**. 2019. 167 f. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: [https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/ensino-e-pesquisa/copy\\_of\\_defesa-e-academia/concurso-de-dissertacoes-e-teses-sobre-defesa-nacional-cdtdn/premio-tiradentes-2013-2020/arquivos/doutorado/2-estudo-de-composicoes-de-propelentes-ambientalmente-seguras-para-propelentes-a-base-de-nitrocelulose.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/ensino-e-pesquisa/copy_of_defesa-e-academia/concurso-de-dissertacoes-e-teses-sobre-defesa-nacional-cdtdn/premio-tiradentes-2013-2020/arquivos/doutorado/2-estudo-de-composicoes-de-propelentes-ambientalmente-seguras-para-propelentes-a-base-de-nitrocelulose.pdf). Acesso em: 09 jun. 2023.

TNO innovation for life. **Manual de Operação HFC**. Holanda. 2020, v 5.0, parte IV, 55 páginas.