



Assinado com Assinatura Eletrônica (Lei 14.063/2020 | Regulamento 910/2014/EC)
Hash SHA256 do original: 4f75dc59d2458b4c0425cb005592c0d9a5a4327f6607eeab71c8a162452f3f54
Link de validação: <https://valida.ae/820527303d4571c7f9edbd057957e87f6d17e3f307cffc5a>

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTONIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE

ÉRIC BRAZÃO E SILVA TAVARES

**GESTÃO DA QUALIDADE NA FABRICAÇÃO DE MUNIÇÕES:
CONFIABILIDADE, SEGURANÇA E RASTREABILIDADE NA
INDÚSTRIA DE DEFESA**

LINS/SP
1º SEMESTRE/2026



Validador



Assinado com Assinatura Eletrônica (Lei 14.063/2020 | Regulamento 910/2014/EC)
Hash SHA256 do original: 4f75dc59d2458b4c0425cb005592c0d9a5a4327f6607eeab71c8a162452f3f54
Link de validação: <https://valida.ae/820527303d4571c7f9edbd057957e87f6d17e3f307cfc5a>

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTONIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE

ÉRIC BRAZÃO E SILVA TAVARES

**GESTÃO DA QUALIDADE NA FABRICAÇÃO DE MUNIÇÕES:
CONFIABILIDADE, SEGURANÇA E RASTREABILIDADE NA
INDÚSTRIA DE DEFESA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Tecnologia de Lins para a obtenção
do título de Tecnólogo em Gestão da Qualidade.

Orientador: Prof. Me. Moacir José Teixeira.

LINS/SP
1º SEMESTRE/2026



Validador



Tavares, Éric Brazão e Silva

T231g Gestão da qualidade na fabricação de munições: Confiabilidade, segurança e rastreabilidade na indústria de defesa / Éric Brazão e Silva Tavares. — Lins, 2026.

21f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão da Qualidade) — Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio Seabra: Lins, 2026.

Orientador(a): Me. Moacir José Teixeira

1. gestão da qualidade. 2. munições. 3. indústria de defesa. 4. confiabilidade. 5. rastreabilidade. I. Teixeira, Moacir José. II. Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio Seabra. III. Título.

CDD 658.562

Gerada automaticamente pelo módulo web de ficha catalográfica da FATEC Lins
mediante dados fornecidos pelo(a) autor(a).





Assinado com Assinatura Eletrônica (Lei 14.063/2020 | Regulamento 910/2014/EC)
Hash SHA256 do original: 4f75dc59d2458b4c0425cb005592c0d9a5a4327f6607eeab71c8a162452f3f54
Link de validação: <https://valida.ae/820527303d4571c7f9edbf057957e87f6d17e3f307cfc5a>

ÉRIC BRAZÃO E SILVA TAVARES

**GESTÃO DA QUALIDADE NA FABRICAÇÃO DE MUNIÇÕES:
CONFIABILIDADE, SEGURANÇA E RASTREABILIDADE NA INDÚSTRIA DE
DEFESA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Tecnologia de Lins como parte dos
requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em
Gestão da qualidade sob orientação do Prof. Me.
Moacir José Teixeira.

Data de aprovação: ____/____/____


Assinado eletronicamente por
Moacir José Teixeira
Data: 01/07/2026 15:31
#8bbda259756211f1818d42010a2b6021

Prof. Me. Moacir José Teixeira


Assinado eletronicamente por
Fernando Augusto Garcia Muzzi
Data: 01/07/2026 15:33
#8b71e917756211f1818d42010a2b6021

Prof. Dr. Fernando Augusto Garcia Muzzi


Assinado eletronicamente por
Maiko Galdino Arantes
Data: 01/07/2026 12:48
#8b7b2f2c756211f1818d42010a2b6021

Prof. Me. Maiko Galdino Arantes

Validador





SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO	5
2 DESENVOLVIMENTO	5
2.1 GESTÃO DA QUALIDADE: ORIGEM, EVOLUÇÃO, PRINCÍPIOS, FERRAMENTAS E CERTIFICAÇÃO	5
2.2 MUNIÇÃO: HISTÓRIA, CONCEITO E COMPOSIÇÃO	7
2.3 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE DEFESA	8
2.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MUNIÇÕES	8
2.5 QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE MUNIÇÕES	9
2.5.1 Propriedades Químicas dos Explosivos	10
2.5.2 Precisão Dimensional dos Componentes Metálicos	10
2.5.3 Estabilidade da Carga Propelente	10
2.5.4 Desempenho Balístico do Projétil	10
2.6 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS NA PRODUÇÃO DE MUNIÇÕES	11
2.6.1 Exemplo prático de aplicação do CEP na produção de munições	11
2.7 CONFIABILIDADE E DESEMPENHO NA PRODUÇÃO DE MUNIÇÕES	13
2.8 TESTES BALÍSTICOS NA GARANTIA DA QUALIDADE	13
2.9 GESTÃO DE RISCOS NA PRODUÇÃO DE MUNIÇÕES	14
2.10 RASTREABILIDADE E GESTÃO DE LOTES	14
3 METODOLOGIA	16
3.1 TIPO DE PESQUISA	16
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
3.3 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE E APRESENTAÇÃO	16
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	17
5 CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

GESTÃO DA QUALIDADE NA FABRICAÇÃO DE MUNIÇÕES: CONFIABILIDADE, SEGURANÇA E RASTREABILIDADE NA INDÚSTRIA DE DEFESA

Éric Brazão e Silva Tavares¹
Me. Moacir José Teixeira²

¹Acadêmicos do Curso de Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia de Lins
Prof. Antônio Seabra – Fatec, Lins – SP, Brasil

²Docente do Curso de Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia De Lins
Prof. Antônio Seabra – Fatec, Lins – SP, Brasil

RESUMO

A indústria de defesa caracteriza-se por altos níveis de exigência em relação à confiabilidade, segurança e rastreabilidade dos processos produtivos. Entre os produtos fabricados nesse setor, as munições representam um componente crítico para o desempenho operacional das forças armadas e para a segurança de operadores e equipamentos. Nesse contexto, a gestão da qualidade torna-se um elemento fundamental para garantir que todos os processos de produção atendam aos requisitos técnicos e normativos estabelecidos por organismos internacionais. O presente estudo tem como objetivo analisar a influência da gestão da qualidade na fabricação de munições, destacando os métodos de controle de processos, inspeção técnica e testes balísticos, e rastreabilidade de lotes utilizados na indústria de defesa. A metodologia adotada possui abordagem qualitativa, com caráter descritivo e exploratório, fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental de normas técnicas e publicações científicas relacionadas à gestão da qualidade e à produção de munições na indústria de defesa. Os resultados demonstram que a implementação de sistemas estruturados de gestão da qualidade, como ISO 9001 e padrões militares NATO AQAP, contribuem significativamente para a redução de falhas produtivas, aumento da confiabilidade do produto e melhoria da segurança operacional. Conclui-se que a gestão da qualidade representa um fator estratégico para garantir a eficiência da indústria de defesa e a confiabilidade dos sistemas militares.

Palavras-chave: gestão da qualidade; munições; indústria de defesa; confiabilidade; rastreabilidade.

ABSTRACT

The defense industry is characterized by high levels of demand regarding the reliability, safety, and traceability of production processes. Among the products manufactured in this sector, ammunition represents a critical component for the operational performance of the armed forces and for the safety of operators and equipment. In this context, quality management becomes a fundamental element to ensure that all production processes meet the technical and regulatory requirements established by international organizations. This study aims to analyze the influence of quality management on ammunition manufacturing, highlighting the methods of process control, technical inspection and ballistic testing, and batch traceability used in the

defense industry. The methodology adopted has a qualitative approach, with a descriptive and exploratory character, based on a literature review and document analysis of technical standards and scientific publications related to quality management and ammunition production in the defense industry. The results demonstrate that the implementation of structured quality management systems, such as ISO 9001 and NATO AQAP military standards, significantly contributes to the reduction of production failures, increased product reliability, and improved operational safety. It is concluded that quality management represents a strategic factor in ensuring the efficiency of the defense industry and the reliability of military systems.

Keywords: *quality management; ammunition; defense industry; reliability; traceability.*

1 INTRODUÇÃO

A indústria de defesa apresenta características produtivas diferenciadas quando comparada a outros setores industriais, principalmente devido ao impacto estratégico de seus produtos e ao rigor técnico exigido nos processos de fabricação. Nesse cenário, a produção de munições exige elevados níveis de controle de qualidade para garantir segurança operacional, confiabilidade balística e conformidade com normas internacionais (UNITED NATIONS, 2015).

Segundo Montgomery (2020), a gestão da qualidade constitui um conjunto de práticas organizacionais destinadas a garantir que produtos e serviços atendam a requisitos previamente estabelecidos, envolvendo planejamento, controle e melhoria contínua dos processos produtivos.

No contexto da indústria militar, a gestão da qualidade assume um papel relevante, pois falhas de produção podem comprometer operações estratégicas ou gerar riscos para operadores e equipamentos (SAS, 2010).

A produção de munições envolve processos industriais que incluem engenharia de materiais, química de explosivos, metalurgia e controle balístico, exigindo sistemas de gestão que garantem a confiabilidade do produto (UNODA, 2015).

O objetivo geral desse artigo visa analisar a influência da gestão da qualidade na fabricação de munições e sua contribuição para a confiabilidade e segurança operacional dos produtos produzidos na indústria de defesa, e os objetivos específicos buscam identificar os principais sistemas de gestão da qualidade aplicados na indústria de defesa, analisar os processos de controle de qualidade utilizados na fabricação de munições, descrever a importância da rastreabilidade na indústria.

Além disso, o estudo se justifica por contribuir para ampliar o conhecimento acadêmico sobre a aplicação da gestão da qualidade em um setor industrial estratégico, evidenciando sua relevância para a eficiência produtiva e para a confiabilidade dos sistemas utilizados na indústria de defesa.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 GESTÃO DA QUALIDADE: ORIGEM, EVOLUÇÃO, PRINCÍPIOS, FERRAMENTAS E CERTIFICAÇÃO

A gestão da qualidade pode ser definida como o conjunto de atividades destinadas a direcionar e controlar uma organização no que diz respeito à qualidade (ISO, 2015). Segundo Juran (1999), a qualidade é entendida como a adequação ao uso, ou seja, a capacidade de um produto atender às necessidades do usuário final.

Deming (2000) destaca que sistemas eficazes de gestão da qualidade devem estar baseados em melhoria contínua, controle estatístico de processos e liderança.

Sua origem associada à Revolução Industrial, quando a produção em massa exigiu maior controle sobre os processos produtivos. Inicialmente, a qualidade era assegurada por meio da inspeção final dos produtos, prática que visava identificar defeitos após a fabricação (Garvin, 2002).

Com o avanço da produção industrial, surgiram métodos mais sistemáticos de controle, como o Controle Estatístico de Processos (CEP), desenvolvido por Walter Andrew Shewhart na década de 1920, que introduziu o uso de ferramentas estatísticas para monitorar a variabilidade dos processos (Shewhart, 1931). Essa abordagem representou uma mudança significativa, pois passou a focar na prevenção de falhas, e não apenas na sua detecção.

A evolução da gestão da qualidade pode ser compreendida em diferentes fases históricas. Segundo Garvin (2002), essas fases incluem: Inspeção, Controle Estatístico, Garantia da Qualidade, Gestão da Qualidade Total (TQM) e a fase atual que é a Qualidade Digital/Indústria 4.0.

No período pós-Segunda Guerra Mundial, destacam-se as contribuições de William Edwards Deming e Joseph Moses Juran, que promoveram a disseminação de conceitos modernos de qualidade, especialmente no Japão. Deming (2000) enfatizou a importância da melhoria contínua e do controle estatístico, enquanto Juran (1999) introduziu o conceito de “adequação ao uso”, ampliando a visão de qualidade para além da conformidade técnica.

Posteriormente, a gestão da qualidade total consolidou-se como uma abordagem estratégica, envolvendo toda a organização na busca pela excelência e pela satisfação do cliente (Oakland, 2014).

Os princípios da gestão da qualidade foram formalizados pela *International Organization for Standardization* na norma ISO 9001:2015. Esses princípios orientam a implementação de sistemas eficazes de gestão e incluem: i) Foco no cliente, visando atender e superar suas expectativas (ISO, 2015); ii) Liderança, responsável por estabelecer unidade de propósito e direção (Deming, 2000); iii) Engajamento das pessoas, fundamental para o desempenho organizacional (Juran, 1999); iv) Abordagem de processos, que permite maior eficiência e controle (ISO, 2015); v) Melhoria contínua, essencial para a sustentabilidade organizacional (Deming, 2000); vi) Tomada de decisão baseada em evidências, apoiada em dados confiáveis (Montgomery, 2020); vii) Gestão de relacionamento, envolvendo partes interessadas (ISO, 2015). Esses princípios demonstram que a qualidade deve ser integrada à cultura organizacional, sendo responsabilidade de todos os níveis hierárquicos.

A gestão da qualidade utiliza diversas ferramentas para análise, controle e melhoria de processos. Entre as principais, destacam-se: i) Controle Estatístico de Processo (CEP): permite monitorar a variabilidade e identificar causas especiais de variação (Montgomery, 2020); ii) Ciclo PDCA: método iterativo de melhoria contínua (Deming, 2000); iii) Diagrama de Ishikawa: utilizado para análise de causas de problemas (Ishikawa, 1985); iv) Histograma: ferramenta para análise da distribuição de dados (Montgomery, 2020); v) Folha de verificação: coleta estruturada de dados (Oakland, 2014); vi) Gráfico de Pareto: priorização de problemas com base no princípio 80/20 (Juran, 1999); vii) Fluxogramas: representação visual de processos (Slack et al., 2009).

Essas ferramentas são amplamente utilizadas para melhorar a eficiência operacional, reduzir desperdícios e aumentar a confiabilidade dos processos produtivos.

As certificações de qualidade são mecanismos que comprovam a conformidade de uma organização com normas internacionais reconhecidas. A principal certificação é a ISO 9001, desenvolvida pela *International Organization For Standardization*, que estabelece requisitos para sistemas de gestão da qualidade (ISO, 2015).

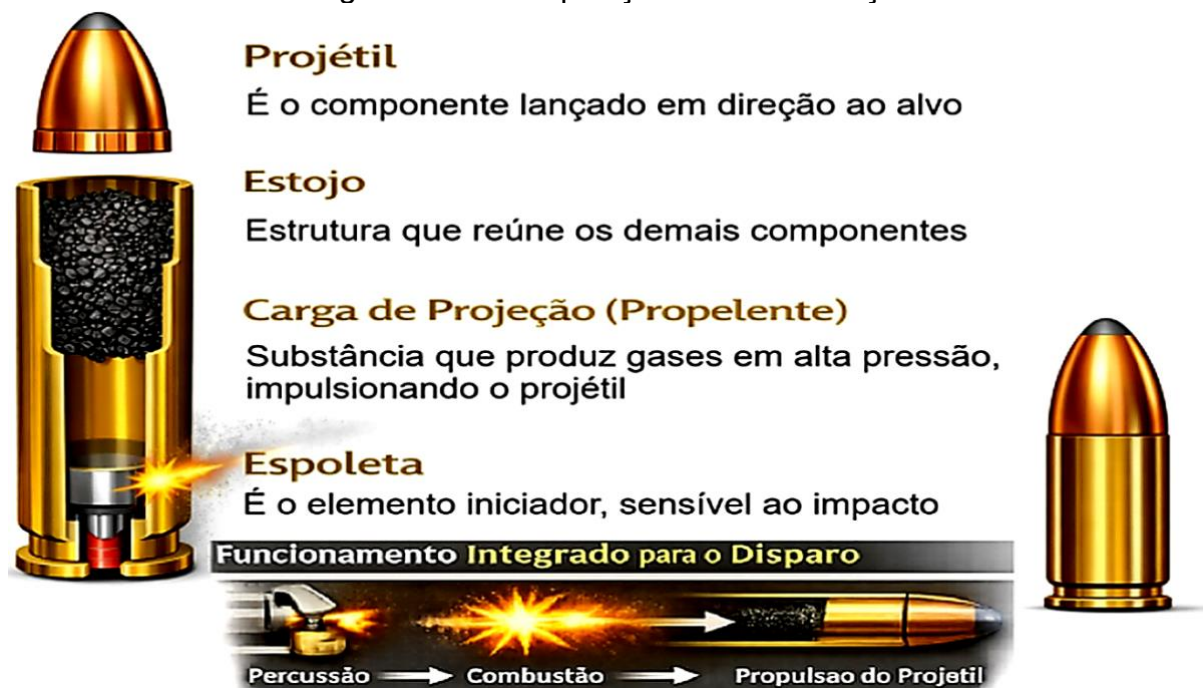
Além da ISO 9001, destacam-se: i) ISO 14001: gestão ambiental (ISO, 2015); ii) ISO 45001: saúde e segurança ocupacional (ISO, 2018); iii) ISO 22000: segurança de alimentos (ISO, 2018); iv) IATF 16949: qualidade na indústria automotiva (IATF, 2016); v) AQAP (OTAN): qualidade na indústria de defesa, estabelecida pela NATO (NATO, 2018). Essas certificações contribuem para padronização de processos, aumento da confiabilidade organizacional e melhoria da competitividade.

2.2 MUNIÇÃO: HISTÓRIA, CONCEITO E COMPOSIÇÃO

Historicamente, sua origem está associada ao desenvolvimento da pólvora na China e à posterior difusão das armas de fogo na Europa a partir do século XIV, quando os sistemas ainda eram rudimentares e compostos por elementos separados, ao longo do tempo, a munição passou por significativa evolução tecnológica, destacando-se a criação do cartucho metálico autônomo no século XIX, que integrou todos os componentes em uma única estrutura, aumentando a eficiência, segurança e confiabilidade do disparo (SAS, 2006).

A munição, atualmente é um conjunto integrado de componentes essenciais ao disparo: estojo, espoleta, carga de projeção (propelente) e projétil. Esses elementos formam uma unidade funcional responsável pela ignição, geração de pressão e lançamento do projétil (Freitas, 2010; Royal Society, 2020; UNODC, 2019). Como observa-se a seguir na figura 2.2:

Figura 2.2 – Composição de uma munição



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Freitas (2010); Royal Society (2020); UNODC (2019) com auxílio de inteligência artificial generativa (ChatGPT/DALL-E), 2026.

O estojo atua como a estrutura que reúne os demais componentes, garantindo a integridade do conjunto e contribuindo para a vedação dos gases durante o disparo,

o que é fundamental para a eficiência da propulsão (Freitas, 2010; Royal Society, 2020). A espoleta, por sua vez, é o elemento iniciador, sensível ao impacto, responsável por gerar a chama que dá início à combustão do propelente (Royal Society, 2020; Freitas, 2010).

A carga de projeção consiste em uma substância que, ao queimar de forma controlada, produz gases em alta pressão, convertendo energia química em energia cinética e impulsionando o projétil ao longo do cano (Royal Society, 2020). Já o projétil é o componente lançado em direção ao alvo, podendo apresentar diferentes formatos e materiais conforme sua aplicação (Royal Society, 2020; UNODC, 2019).

Dessa forma, a munição pode ser compreendida como um sistema integrado, no qual a interação entre seus componentes possibilita o funcionamento do disparo, desde a percussão, combustão até a propulsão do projétil (Royal Society, 2020; UNODC, 2019).

2.3 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE DEFESA

A implementação de sistemas estruturados de gestão da qualidade na indústria de defesa é fundamental para garantir a confiabilidade e a segurança na fabricação de munições, pois esses produtos envolvem riscos elevados devido ao uso de materiais explosivos e à sua importância estratégica em operações militares. A adoção de normas internacionais contribui para a padronização dos processos produtivos e redução da variabilidade industrial (ISO, 2015).

A indústria de defesa utiliza sistemas específicos de garantia da qualidade, baseados na norma *International Organization for Standardization* (ISO) 9001 que define requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade complementados por padrões militares. Entre esses padrões destacam-se as normas *Allied Quality Assurance Publications* (AQAP), utilizadas pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) para estabelecer requisitos de qualidade em fornecedores da indústria militar (NATO, 2018).

Essas normas definem requisitos relacionados ao planejamento da qualidade, controle de processos produtivos, inspeção de produtos e auditorias (DNV, 2024).

2.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MUNIÇÕES

O processo de fabricação de munições é composto por etapas que a preparação das matérias-primas até a inspeção final, exigindo elevado rigor técnico devido ao impacto direto na segurança e no desempenho balístico (UNODA, 2015). A preparação das matérias-primas envolve recebimento, inspeção e controle dos insumos, garantindo a conformidade e uniformidade dos lotes (ISO, 2015).

Na sequência, ocorre a fabricação do estojo metálico por processos de conformação mecânica, exigindo controle dimensional rigoroso para suportar as pressões do disparo (CBC, 2022; NATO, 2018). A produção do projétil assegura precisão geométrica e estabilidade balística, influenciando diretamente o alcance, a precisão e a energia cinética (Mccoy, 2012).

A preparação da carga propelente consiste na dosagem controlada de substâncias químicas, sendo essencial para a estabilidade da pressão e a segurança do sistema (UNODA, 2015). Em seguida, a montagem integra os componentes da munição por processos automatizados, com rigoroso controle para garantir confiabilidade e repetibilidade (ISO, 2015; NATO, 2018).

Posteriormente, os testes balísticos avaliam parâmetros como pressão, velocidade e precisão, validando o desempenho em condições operacionais (NATO, 2020; UNODA, 2015). Por fim, a inspeção final assegura a conformidade do produto, incluindo verificações dimensionais, funcionais e de rastreabilidade, sendo ainda mais rigorosa em sistemas militares (NATO, 2018). A figura abaixo descreve essas etapas:

Figura 2.4 – Processo de fabricação de munições

Etapas	Descrição
1 Preparação de Matérias-Primas	 Recebimento, controle e preparação dos insumos
2 Fabricação do Estorjo Metálico	 Conformação de estojos a partir de latão
3 Produção do Projétil	 Usinagem e conformação do projétil
4 Preparação da Carga Propelente	 Dosagem controlada de propelente
5 Montagem da Munição	 Integração dos componentes da munição
6 Testes Balísticos	 Avaliação de pressão, velocidade e precisão
7 Inspeção Final	 Verificação de lote e conformidade

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de CBC (2022), ISO (2015), McCoy (2012), NATO (2018), UNODA (2015), com auxílio de inteligência artificial generativa (ChatGPT/DALL-E), 2026.

2.5 QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE MUNIÇÕES

A produção de munições envolve rigorosos controles de qualidade industrial, uma vez que pequenas variações em propriedades químicas, dimensões ou desempenho balístico podem comprometer a segurança e a confiabilidade do sistema. Se observa a qualidade na produção de munições a partir dos seguintes itens:

Figura 2.5 – Qualidade na produção de munições



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Akhavan (2011); Cullis (2018); Meyer; Köhler; Homburg (2015) e Montgomery (2020) com auxílio de inteligência artificial generativa (ChatGPT/DALL-E), 2026.

De acordo com Montgomery (2020), processos industriais de alta precisão exigem monitoramento constante de variáveis críticas para garantir padronização e desempenho. No caso da indústria de defesa, esse controle é mais rigoroso devido às exigências técnicas impostas por normas militares e industriais, bem como internacionais (NATO, 2019).

2.5.1 Propriedades Químicas dos Explosivos

As propriedades químicas dos explosivos influenciam na qualidade e são analisadas para garantir estabilidade, segurança e desempenho das munições. Entre os principais parâmetros estão a energia liberada, a velocidade de detonação e a sensibilidade a estímulos mecânicos ou térmicos (Akhavan, 2011). Explosivos modernos passam por testes de estabilidade térmica e compatibilidade química para evitar degradação ou reações indesejadas durante armazenamento e transporte (Meyer; Köhler; Homburg, 2015).

2.5.2 Precisão Dimensional dos Componentes Metálicos

Outro fator na qualidade da produção de munições é a precisão dimensional de componentes como projéteis e estojos que é essencial para seu funcionamento seguro. Pequenas variações podem afetar a alimentação da arma e a precisão do disparo (Cullis, 2018). Para garantir conformidade, utilizam-se instrumentos de metrologia, como micrômetros e sistemas ópticos automatizados de última geração (Montgomery, 2020).

2.5.3 Estabilidade da Carga Propelente

A estabilidade da carga propelente é outro elemento crítico na qualidade da munição, pois a estabilidade da carga propelente garante combustão controlada e desempenho consistente da munição. Fatores como taxa de combustão, homogeneidade da carga e resistência à degradação química são avaliados (Meyer; Köhler; Homburg, 2015). Alterações nessas propriedades podem comprometer o desempenho balístico, tornando essencial o controle das condições de armazenamento (Akhavan, 2011).

2.5.4 Desempenho Balístico do Projétil

O desempenho balístico do projétil refere-se à capacidade de manter estabilidade de trajetória, precisão e energia adequada durante o voo até o alvo. É definido a partir de parâmetros como velocidade inicial, coeficiente balístico, estabilidade giroscópica, dispersão de tiro e energia cinética do projétil (Cullis, 2018).

Segundo McCoy (2012), a análise balística envolve testes experimentais e modelagens matemáticas para avaliar o comportamento do projétil desde o momento do disparo até o impacto. Esses testes permitem identificar variações no desempenho e garantir que a munição atenda aos padrões técnicos exigidos por normas militares.

Segundo a *International Ammunition Technical Guidelines* (IATG), a gestão da qualidade deve garantir que todas as etapas da produção sejam monitoradas e documentadas para assegurar a segurança e confiabilidade de produto final (UNODA, 2015).



2.6 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS NA PRODUÇÃO DE MUNIÇÕES

O Controle Estatístico de Processos (CEP) representa uma das ferramentas mais importantes da gestão da qualidade na indústria moderna. Essa metodologia permite monitorar a variabilidade dos processos produtivos por meio de análises estatísticas e gráficos de controle. Na fabricação de munições, o CEP é utilizado para monitorar variáveis críticas do processo produtivo, como peso da carga propelente, dimensões do projétil e pressão gerada durante o disparo.

Segundo Montgomery (2020), o monitoramento dessas variáveis permite identificar rapidamente desvios no processo produtivo, evitando a produção de grandes quantidades de produtos defeituosos. Na figura 2.6 observa-se a variável monitorada e seu impacto na qualidade.

Figura 2.6 - Comparação da variável monitorada e seu impacto na qualidade

Variável Monitorada	Impacto na Qualidade
Peso da pólvora 	Influência pressão do disparo 
Diâmetro do projétil 	Afeta a precisão balística 
Espessura do estojo 	Influência na resistência estrutural 
Velocidade inicial 	Determina o desempenho balístico 

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Montgomery (2020) e UNODA (2015) com auxílio de inteligência artificial generativa (ChatGPT/DALL-E), 2026.

2.6.1 Exemplo prático de aplicação do CEP na produção de munições

No exemplo prático considera-se o controle do peso da carga propelente em munições calibre 9 mm. O peso do propelente influencia diretamente a pressão gerada durante o disparo, a velocidade inicial do projétil e o desempenho balístico da munição. Pequenas variações nessa característica podem resultar em perda de precisão, falhas de funcionamento ou riscos à segurança do operador (Montgomery, 2020).

Supondo que a especificação técnica estabeleça um peso nominal de 0,40 g para a carga propelente, com tolerância de $\pm 0,01$ g, foram simuladas dez amostras consecutivas coletadas durante o processo produtivo, conforme apresentado no Quadro 2.6.1.

Quadro 2.6.1 – Monitoramento do peso da carga propelente em munições cal. 9 mm

Amostra	Peso médio (g)
1	0,401
2	0,399
3	0,402
4	0,400
5	0,398

Amostra	Peso médio (g)
6	0,401
7	0,400
8	0,399
9	0,403
10	0,400

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Montgomery (2020).

A média geral das amostras foi de 0,4003 g, valor extremamente próximo ao peso nominal especificado. Considerando um desvio padrão estimado de 0,0016 g, os limites de controle para uma carta $\bar{X}$ seriam calculados conforme a Equação 2.6.1.

$$LSC = \bar{X} + 3\sigma; LIC = \bar{X} - 3\sigma$$

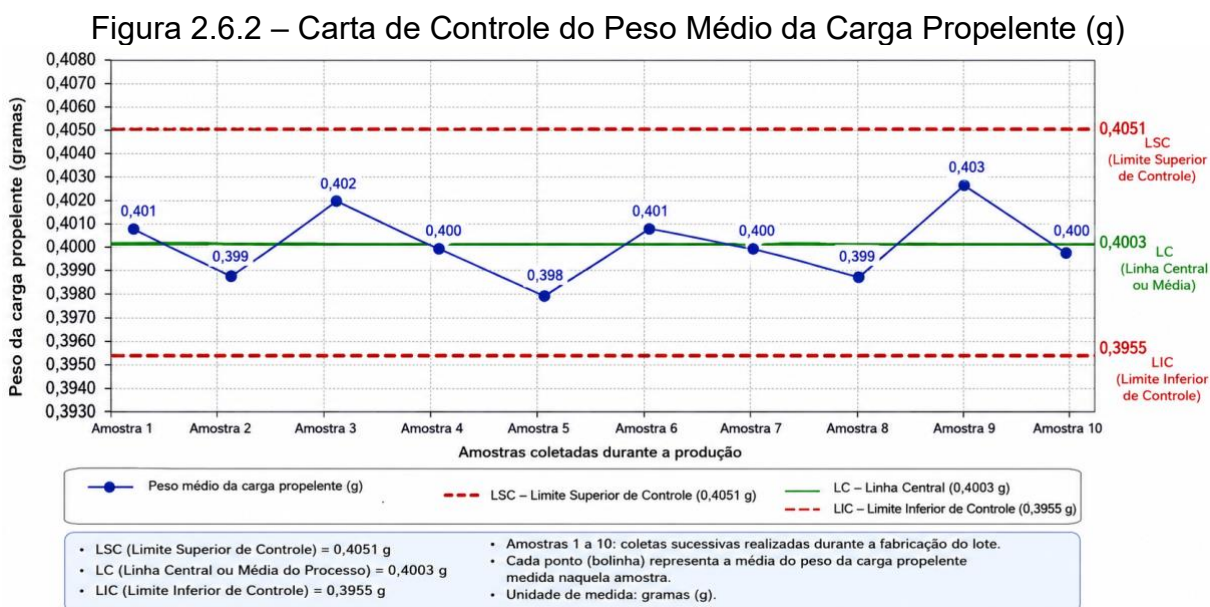
Substituindo os valores obtidos:

LSC: Limite Superior de Controle = 0,4051g

LC: Linha Central (ou média) = 0,4003g

LIC: Limite Inferior de Controle = 0,3955g

Todas as amostras permaneceram dentro dos limites de controle, indicando que o processo se encontra estatisticamente estável e sob controle. Conforme a figura 2.6.2 demonstra:



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Segundo Montgomery (2020), quando os pontos observados permanecem dentro dos limites de controle e apresentam distribuição aleatória em torno da linha central, considera-se que o processo está sob controle estatístico, sendo influenciado apenas por causas comuns de variação. Dessa forma, os resultados simulados indicam que o processo de dosagem da carga propelente apresenta estabilidade estatística e capacidade de atender aos requisitos de qualidade estabelecidos.

A utilização do CEP nesse contexto atende aos requisitos da ISO 9001:2015 relacionados ao monitoramento, medição, análise e avaliação dos processos



organizacionais, fornecendo dados objetivos para a tomada de decisão baseada em evidências (ABNT, 2015). Na indústria de defesa, essa prática contribui para reduzir a ocorrência de falhas balísticas, aumentar a uniformidade dos lotes produzidos e melhorar a confiabilidade operacional das munições (NATO, 2020; UNODA, 2015).

2.7 CONFIABILIDADE E DESEMPENHO NA PRODUÇÃO DE MUNIÇÕES

A confiabilidade é um dos principais indicadores de qualidade na produção de munições. Esse indicador representa a probabilidade de que um produto funcione corretamente durante sua utilização. Segundo Juran (1999), a confiabilidade pode ser definida como a capacidade de um produto desempenhar sua função sem falhas durante um período específico de tempo. Na indústria de munições, níveis de confiabilidade superiores a 90% são considerados essenciais para garantir desempenho adequado em operações militares, como visto na tabela adiante:

Quadro 2.7 - Exemplo de níveis de confiabilidade na produção de munições

Tipo de munição	Confiabilidade mínima
Munição de treinamento	90%
Munição de uso operacional	95%
Munição de precisão	98%

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de NATO (2020) e UNODA (2015).

2.8 TESTES BALÍSTICOS NA GARANTIA DA QUALIDADE

Os testes balísticos representam uma etapa fundamental no controle de qualidade das munições, pois permitem avaliar parâmetros críticos como pressão, velocidade e precisão do disparo. Esses dados são coletados por meio de sensores e equipamentos de medição de alta precisão, possibilitando verificar se os resultados obtidos estão dentro dos limites estabelecidos pelas normas técnicas (NATO, 2020). No seguinte quadro tem-se a relação dos parâmetros avaliados nos testes balísticos para garantir a qualidade das munições, de acordo com a descrição do teste, instrumento utilizado e seu indicador de qualidade:

Quadro 2.8 – Relação de parâmetros avaliados em testes balísticos para garantia da qualidade das munições

Parâmetro avaliado	Descrição do teste	Instrumentos utilizados	Indicador de qualidade avaliado
Velocidade inicial do projétil	Mede a velocidade do projétil logo após o disparo para verificar a consistência balística	Cronógrafo balístico e sensores ópticos	Consistência de desempenho e energia cinética
Pressão interna do disparo	Avalia a pressão gerada dentro da câmara da arma durante o disparo	Sensores piezoelétricos de pressão	Segurança estrutural da munição
Precisão do disparo	Verifica o agrupamento dos impactos em alvo a uma distância padronizada	Alvos de teste e sistemas de medição de dispersão	Estabilidade balística e precisão





Parâmetro avaliado	Descrição do teste	Instrumentos utilizados	Indicador de qualidade avaliado
Estabilidade do projétil em voo	Analisa se o projétil mantém a trajetória estável durante o deslocamento	Radares balístico ou câmeras de alta velocidade	Confiabilidade do projétil
Teste em temperatura extrema	Avalia o desempenho da munição em temperaturas elevadas	Câmara climática controlada	Confiabilidade em ambientes operacionais
Teste em diferentes níveis de umidade	Verifica se a umidade afeta o desempenho ou a estabilidade da munição	Câmara de controle de umidade	Durabilidade e estabilidade do propelente (pólvora)

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de NATO (2020).

2.9 GESTÃO DE RISCOS NA PRODUÇÃO DE MUNIÇÕES

A produção de munições envolve riscos elevados devido ao uso de materiais explosivos e à complexidade dos processos industriais, tornando a gestão de riscos um elemento essencial para garantir segurança e qualidade. De acordo com a ISO 31000, a gestão de riscos envolve a identificação, análise e controle de fatores que possam comprometer os processos organizacionais, como explosões acidentais, falhas de ignição e variações balísticas (ISO, 2018).

Para reduzir esses riscos, a indústria utiliza procedimentos rigorosos de segurança, automação e monitoramento contínuo. Além disso, o controle estatístico de processos permite acompanhar variáveis críticas da produção, como peso da pólvora, pressão e dimensões do projétil, identificando desvios antes que gerem produtos defeituosos (Montgomery, 2020).

Outro fator importante é a realização de testes balísticos, que avaliam parâmetros como velocidade do projétil, pressão e precisão do disparo, garantindo que a munição atenda aos requisitos operacionais estabelecidos internamente e externamente (NATO, 2020). No quadro a seguir observa-se as variáveis que afetam a qualidade de uma munição, que podem ser monitoradas de vários métodos e resultam em um determinado impacto:

Quadro 2.9 – Variáveis que afetam na qualidade da munição

Variável de controle	Método de monitoramento	Impacto no produto
Peso da carga propelente	Controle estatístico	Pressão do disparo
Diâmetro do projétil	Inspeção dimensional	Pressão balística
Espessura do estojo	Controle de processo	Resistência estrutural
Velocidade inicial	Testes balísticos	Desempenho do projétil

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Montgomery (2020) e NATO (2020).

2.10 RASTREABILIDADE E GESTÃO DE LOTES

A rastreabilidade é considerada um dos pilares da gestão da qualidade na indústria de defesa, pois permite identificar e acompanhar todas as etapas do processo produtivo. Sistemas eficazes de rastreabilidade possibilitam identificar



rapidamente a origem de problemas e implementar ações corretivas (ISO, 2015; Juran; Godfrey, 1999).

Na indústria de munições, sistemas de rastreabilidade permitem registrar informações sobre o lote produzido, incluindo origem das matérias-primas utilizadas, equipamentos específicos e resultados de testes identificando rapidamente a origem de falhas, contribuindo para maior confiabilidade e controle da qualidade (NATO, 2020; ISO, 2015).

A rastreabilidade de munições pode ser realizada por diferentes métodos utilizados na indústria de defesa. O mais tradicional é a marcação por número de lote (batch ou lot number), que identifica informações como data de fabricação, linha de produção e origem dos materiais, permitindo localizar falhas de qualidade (NATO, 2020). Outra forma é a marcação no estojo (*Headstamp*), que indica fabricante, calibre e ano de produção, sendo utilizada em análises balísticas forenses para auxiliar a justiça, identificando a autoria e a dinâmica de crimes que deixaram como vestígio a minúscula (Heard, 2016).

As indústrias modernas utilizam códigos de barras e sistemas digitais, que registram todo o histórico de produção e problemas de qualidade (ISO, 2015). Tecnologias como Identificação por radiofrequência (RFID) permitem rastrear o transporte e o armazenamento em cadeias logísticas (*Defense Logistics Agency*, 2019). Por fim, técnicas de micro gravação e marcação balística possibilitam identificar a arma ou o lote da munição mesmo após o disparo, através desses avanços tecnológicos, como bancos de dados balísticos e sistemas automatizados de comparação que tem ampliado a eficiência das investigações (Biasotti; Murdock, 2014 e Bijholt, 2013). A figura 2.10 mostra as formas de rastrear uma munição após a saída industrial:

Figura 2.10 - Formas de rastrear uma munição



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Bijholt (2013); *Defense Logistics Agency* (2019); Heard (2016) e NATO (2020) com auxílio de inteligência artificial generativa (ChatGPT/DALL-E), 2026.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa possui abordagem qualitativa, com caráter descritivo e exploratório, fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental de normas técnicas e publicações científicas relacionadas à gestão da qualidade e à produção de munições na indústria de defesa. Segundo Juran (1999), a análise de sistemas de qualidade deve considerar tanto os princípios teóricos quanto sua aplicação prática nos processos produtivos, permitindo compreender como os métodos de controle influenciam a confiabilidade do produto final.

3.1 TIPO DE PESQUISA

O estudo caracteriza-se como pesquisa bibliográfica, pois foi desenvolvido a partir da análise de livros, artigos científicos, relatórios técnicos e normas internacionais sobre gestão da qualidade, controle estatístico de processos e confiabilidade de sistemas industriais e militares. Conforme destaca Gil (2008), a pesquisa bibliográfica permite reunir e interpretar diferentes contribuições teóricas sobre um determinado tema, possibilitando compreender sua evolução conceitual.

Além disso, a pesquisa apresenta caráter documental, uma vez que foram analisadas normas técnicas e diretrizes utilizadas na indústria de defesa, como a norma ISO 9001 (2015) e os padrões NATO AQAP, que estabelecem requisitos de garantia da qualidade para fornecedores de equipamentos militares (NATO, 2018).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia foi desenvolvida em quatro etapas principais:

I. Levantamento bibliográfico: Inicialmente foi realizado um levantamento de literatura científica em livros e artigos especializados sobre gestão da qualidade, controle estatístico de processos e balística.

II. Análise de normas técnicas e documentos institucionais: Na segunda etapa foram analisadas normas e diretrizes técnicas de documentos baseados na *International Organization For Standardization* (ISO) utilizadas na indústria de defesa, incluindo documentos da *NATO Standardization Office* e as *International Ammunition Technical Guidelines* (IATG) publicadas pela *United Nations Office for Disarmament Affairs* (UNODA).

III. Identificação de variáveis críticas de controle: A partir da revisão bibliográfica foram identificadas variáveis críticas no processo produtivo de munições, incluindo o peso da carga propelente, diâmetro do projétil, espessura do estojo metálico, velocidade inicial do projétil.

IV. Análise comparativa e interpretação dos dados: Na etapa final foi realizada uma análise comparativa entre sistemas de gestão da qualidade utilizados em ambientes industriais e militares. Essa comparação considerou critérios como rastreabilidade, controle, testes de desempenho e auditorias técnicas, permitindo identificar diferenças no nível de rigor aplicado aos processos produtivos.

3.3 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE E APRESENTAÇÃO

Os dados coletados foram organizados e analisados por meio de tabelas comparativas, figuras adaptadas, relação conceitual de normas técnicas. Esses

instrumentos permitiram sintetizar as informações obtidas na revisão bibliográfica e demonstrar de forma clara a relação que há entre gestão da qualidade na fabricação de munições em relação à confiabilidade, segurança e rastreabilidade.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A comparação entre sistemas de gestão da qualidade industriais e militares permite identificar diferenças importantes relacionadas ao nível de controle dos processos produtivos em relação a qualidade que podem ser observados nos quadros 4.1 e 4.2:

Quadro 4.1 - Comparação entre sistemas de qualidade industriais e militares

Critério	Sistemas industriais	Sistemas militares
Norma principal	ISO 9001	AQAP (NATO)
Objetivo principal	Eficiência e satisfação do cliente	Confiabilidade e segurança operacional
Controle de processos	Controle estatístico de processos	Controle estatístico e validação técnica
Testes de produto	Amostragem estatística	Testes operacionais e balísticos
Rastreabilidade	Parcial ou por lote	Rastreabilidade completa
Auditorias	Auditoria interna e externa	Auditorias técnicas e militares, além da interna e externa

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de ISO (2015), NATO (2018) e Montgomery (2020).

Quadro 4.2 - Comparação do nível de controle de qualidade (0 a 10)

ESCALA DE CONTROLE	CRITÉRIO	INDUSTRIAL	MILITAR
0-2: Baixíssimo	Controle de fornecedores	Moderado (6)	Alto (8)
3-4: Baixo	Rastreabilidade	Moderada (5)	Altíssimo (9)
5-6: Moderado	Testes de desempenho	Moderado (6)	Altíssimo (9)
7-8: Alto	Auditorias técnicas	Moderado (6)	Altíssimo (9)
9-10: Altíssimo			

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de NATO (2018) e ISO (2015).

A análise evidencia que os sistemas militares de gestão da qualidade são mais complexos e rigorosos que os industriais, devido às exigências críticas da indústria de defesa. Enquanto os sistemas industriais, baseados na ISO 9001, priorizam eficiência e satisfação do cliente, os militares, fundamentados nas normas AQAP da OTAN, que focam em segurança, confiabilidade e rastreabilidade total, com validações técnicas mais rigorosas, testes operacionais e supervisão governamental, garantindo maior segurança em operações críticas, devido a consequências graves que uma falha pode acarretar em um ambiente operacional (ISO, 2015; NATO, 2016). Entretanto, essa diferença não significa que os sistemas industriais sejam menos eficientes. Pelo contrário, muitos dos princípios fundamentais utilizados na indústria de defesa foram originalmente desenvolvidos em sistemas industriais de gestão da qualidade.

A análise da literatura científica e dos documentos técnicos utilizados nesta pesquisa permitiu identificar diversos fatores que demonstram a importância da gestão da qualidade na fabricação de munições. Os resultados obtidos a partir da revisão bibliográfica indicam que a aplicação sistemática de práticas de gestão da qualidade

contribui diretamente para a melhoria da confiabilidade, segurança e desempenho dos produtos produzidos pela indústria de defesa e sua rastreabilidade.

A literatura analisada demonstra que a implementação de sistemas de gestão baseados na norma ISO 9001 permite estruturar processos organizacionais voltados para o planejamento da qualidade, controle de processos e melhoria contínua. Esses sistemas estabelecem procedimentos documentados que padronizam as etapas produtivas e garantem maior consistência na fabricação de produtos sensíveis, como munições (ISO, 2015).

Além disso, os padrões militares NATO AQAP complementam os sistemas tradicionais de gestão da qualidade ao estabelecer requisitos específicos para fornecedores da indústria de defesa. Esses padrões exigem a implementação de auditorias técnicas, inspeções de produto e rastreabilidade completa dos processos produtivos, garantindo maior confiabilidade na produção de equipamentos e materiais militares (NATO, 2018).

Os resultados da análise comparativa indicam que a integração entre sistemas industriais e militares de gestão da qualidade pode gerar benefícios significativos para a indústria de defesa. A utilização de ferramentas industriais de melhoria contínua, combinada com requisitos militares de confiabilidade e segurança, permite desenvolver sistemas de gestão mais robustos e eficientes. Além disso, a adoção de tecnologias emergentes pode contribuir para melhorar o monitoramento dos processos produtivos e aumentar a confiabilidade dos produtos fabricados.

A evolução dos sistemas de gestão da qualidade representa um fator estratégico para o desenvolvimento da indústria de defesa e para a garantia da segurança operacional das forças armadas. A análise integrada desses fatores demonstra que a gestão da qualidade na fabricação de munições não se limita ao controle do produto final, mas envolve um conjunto de práticas organizacionais que abrangem toda a cadeia produtiva, desde o controle de fornecedores até a validação técnica do produto e sua rastreabilidade no pós venda.

Dessa forma, observa-se que a integração entre sistemas de gestão da qualidade, controle estatístico de processos, testes balísticos e rastreabilidade constitui um modelo eficiente para garantir a confiabilidade e segurança das munições produzidas.

Esses resultados corroboram estudos realizados por Juran (1999), que destacam que a qualidade deve ser incorporada em todas as etapas do processo produtivo, desde o planejamento até a entrega do produto final. No caso da indústria de defesa, essa abordagem torna-se ainda mais relevante devido ao impacto estratégico dos produtos produzidos, reduzindo falhas industriais e garantindo a segurança operacional dos produtos.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo analisar a influência da gestão da qualidade na fabricação de munições e sua contribuição para garantir a confiabilidade, a segurança operacional e a rastreabilidade dos produtos utilizados na indústria de defesa.

A análise da literatura científica e das normas internacionais permitiu identificar que a gestão da qualidade representa um elemento essencial para o controle e melhoria dos processos produtivos nesse setor. A fabricação de munições envolve operações industriais complexas e exige níveis extremamente elevados de precisão técnica, uma vez que pequenas variações nos processos produtivos podem comprometer o desempenho balístico ou gerar riscos operacionais.

No âmbito produtivo, o estudo demonstrou que a qualidade das munições depende diretamente do controle de fatores técnicos específicos, como as propriedades químicas dos explosivos, a precisão dimensional dos componentes metálicos, a estabilidade da carga propelente e o desempenho balístico do projétil. Esses elementos, quando monitorados adequadamente, permitem assegurar uniformidade, segurança e conformidade técnica do produto final.

Os resultados do estudo demonstram que a implementação de sistemas estruturados de gestão da qualidade, como aqueles baseados na norma ISO 9001 e nos padrões militares NATO AQAP, contribui significativamente para garantir a padronização dos processos produtivos, a rastreabilidade dos produtos e o controle sistemático da qualidade.

Além disso, a aplicação de ferramentas de controle estatístico de processos, testes balísticos e sistemas de rastreabilidade permite monitorar continuamente o desempenho da produção, possibilitando identificar e corrigir desvios antes que estes afetem a qualidade do produto final.

Outro aspecto relevante identificado na pesquisa refere-se à importância da gestão de riscos no processo produtivo. A produção de munições envolve materiais explosivos e operações industriais sensíveis, exigindo procedimentos rigorosos de segurança e controle para minimizar riscos de acidentes e falhas operacionais.

A gestão da qualidade, quando aplicada de forma estruturada à produção de munições, não se limita ao atendimento de requisitos normativos, mas constitui um instrumento estratégico para garantir eficiência produtiva, reduzir riscos e assegurar o desempenho adequado dos produtos em contextos operacionais críticos. Conclui-se que a aplicação de sistemas robustos de gestão da qualidade na indústria de munições é fundamental para garantir a padronização elevada dos processos produtivos, aumentar a confiabilidade dos produtos e reduzir riscos associados à fabricação e utilização desses materiais. Portanto, o objetivo proposto foi alcançado.

A principal limitação deste estudo está relacionada ao fato de se tratar de uma pesquisa bibliográfica, sem coleta direta de dados experimentais em ambientes críticos, devido a sensibilidade do tema que envolve a questão bélica, militar e de segurança, porém a importância se dá na análise das diferenças e relações de qualidade quando comparadas às indústrias comuns. Entretanto, conforme ressalta Gil (2008), esse tipo de abordagem é amplamente utilizado em pesquisas exploratórias, especialmente quando o objetivo é compreender fundamentos teóricos e práticas consolidadas em determinado campo científico.

Por fim, recomenda-se que futuras pesquisas aprofundem a análise da aplicação de tecnologias emergentes, como indústria 4.0 com auxílio da inteligência artificial para os processos bélicos, e sistemas digitais de rastreabilidade com cibersegurança na indústria de defesa ampliando o conhecimento científico sobre a modernização dos processos produtivos e controle nesse setor estratégico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9001:2015 – **Sistemas de gestão da qualidade**: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AKHAVAN, J. **The chemistry of explosives**. 3. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2011.

BIASOTTI, A. A.; MURDOCK, J. E. **Firearms and toolmark identification**. In: SAFFERSTEIN, R. (ed.). Forensic Science Handbook. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2014.

BIJHOLT, J. **Forensic ballistics and firearms identification**. Boca Raton: CRC Press, 2013.



CULLIS, I. G. **Introduction to ballistics**. Boca Raton: CRC Press, 2018.

COMPANHIA BRASILEIRA DE CARTUCHOS. CBC. **Relatório institucional de qualidade e produção**. Ribeirão Pires: Companhia Brasileira de Cartuchos, 2022.

DEFENSE LOGISTICS AGENCY. **RFID Implementation Guide for Military Logistics**. Washington: U.S. Department of Defense, 2019.

DEMING, W. E. **Out of the Crisis**. Cambridge: MIT Press, 2000.

DET NORSKE VERITAS. DNV. **AQAP NATO** Quality Standards. 2024.

FREITAS, J. C. D. **Identificação de cartuchos de munição de armas de fogo por imagens das marcas de impressão da culatra**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-15092011-151017/publico/2010FreitasIdentificacao.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2026.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HEARD, B. J. **Handbook of firearms and ballistics: examining and interpreting forensic evidence**. 2. ed. Chichester: Wiley, 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION .ISO. **ISO 9001: Quality management systems**. Geneva: International Organization for Standardization, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. **ISO 31000: Risk management guidelines**. Geneva: ISO, 2018.

JURAN, J. M. **Juran's quality handbook**. New York: McGraw-Hill, 1999.

MCCOY, R. L. **Modern exterior ballistics: the launch and flight dynamics of symmetric projectiles**. Atglen: Schiffer Publishing, 2012.

MEYER, R.; KÖHLER, J.; HOMBURG, A. **Explosives**. 6. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2015.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 7. ed. Hoboken: Wiley, 2013.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. New York: Wiley, 2020.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. NATO. AQAP-2110: NATO **Quality assurance requirements for design**, Development and production. brussels: nato standardization office, 2016.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. NATO. **Allied quality assurance publications (AQAP)**. Brussels: nato standardization office, 2018.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. NATO STANDARDIZATION OFFICE. **Ammunition safety guidelines**. Brussels: nato standardization office, 2019.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. NATO. **Multi-calibre manual of proof and inspection**. Brussels: nato standardization office, 2020.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. NATO. **Manual of ammunition inspection and safety procedures**. Brussels: nato standardization office, 2020.

OPENAI. **ChatGPT** (modelo de inteligência artificial generativa). San Francisco: OpenAI, 2026. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 11 mar. 2026.

ROYAL SOCIETY. **Understanding ballistics: a primer for courts. london: the royal society**, 2020. Disponível em: https://royalsociety.org/-/media/about-us/programmes/science-and-law/updated-des7782_science-and-law_ballistics-primer-web3-lb.pdf. Acesso em: 22 mar. 2026.





SMALL ARMS SURVEY. SAS. **European ammunition production and procurement**. Geneva, 2010.

SMALL ARMS SURVEY. SAS. **Targeting ammunition: a primer**. Geneva: Small Arms Survey, 2006.

UNITED NATIONS. **International ammunition technical guidelines**. New York, 2015.

UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME. UNODC. **Firearms module 2: basics on firearms and ammunition – ammunition**. Viena: UNODC, 2019. Disponível em: portal UNODC. Acesso em: 22 mar. 2026.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISARMAMENT AFFAIRS. UNODA. **International ammunition technical guidelines (IATG)**. New York: United Nations, 2015.

