

SÃO PAULO TECH SCHOOL

Disciplina: Tecnologia da Informação

Projeto ArmorySafe

Ana Luisa Santos Jardim

Daniel Rezende Garcia Foschini

Enrico Assef Antonucci Ferreira

Gabriel Alves Miguel

Guilherme dos Santos Mesquita

Gustavo Mendes Furquim

Juan David Valle Sánchez

Agosto de 2025

Contexto:

Em 2024, o Brasil registrou uma média anual de 25,5 °C, a mais alta desde 1961. Esse dado é extremamente relevante, pois demonstra que a temperatura média do país já ultrapassa o limite seguro recomendado para o armazenamento de munições de artilharia, cuja faixa ideal varia entre 15 °C e 24 °C.

O armazenamento inadequado de projéteis constitui um problema crítico para o Exército Brasileiro, uma vez que a exposição das munições ao excesso de umidade e às variações de temperatura provoca corrosão, degradação dos componentes metálicos e instabilidade química da pólvora, comprometendo o desempenho e a segurança do material. Essa situação representa não apenas um desperdício de recursos públicos, considerando o alto custo das munições, mas também um risco iminente à vida dos soldados que manuseiam o material bélico, já que falhas no funcionamento podem resultar em acidentes graves ou até fatais.

As normas atualmente em vigor, como o Regulamento do Comando Logístico (EB10-R-03.001), não contemplam a implementação de sistemas automáticos de monitoramento de umidade em depósitos de projéteis. O manual do Comando Logístico (COLOG) limita-se a prever medições manuais de temperatura realizadas apenas uma vez ao dia, por meio de termômetros convencionais. Tal prática é insuficiente diante da complexidade do problema, pois não detecta variações críticas de umidade, tampouco permite o acompanhamento histórico necessário para subsidiar ações preventivas. A ausência de tecnologia adequada cria lacunas de segurança críticas frente às condições climáticas brasileiras.

De acordo com dados do INMET, a média de temperatura no Brasil em 2023 foi de 24,92 °C, valor que, apesar de estar dentro da faixa considerada aceitável, encontra-se muito próximo ao limite superior. Em períodos de calor intenso, esse limite é frequentemente

ultrapassado, aumentando os riscos de deterioração e absorção excessiva de umidade pelas munições, especialmente nos projéteis de artilharia. Materiais como latão, alumínio e aço tornam-se mais suscetíveis à corrosão, elevando a probabilidade de falhas de ignição, não disparo ou até explosões indesejadas.

No Brasil, há registros concretos de acidentes graves envolvendo paióis de munição. Um dos episódios mais emblemáticos ocorreu na 1ª Companhia de Engenharia Paraquedista, em Deodoro, quando um artefato instável explodiu durante a preparação de explosivos, resultando em três mortes e dezesseis feridos. Outro caso relevante foi registrado na Marinha, quando uma explosão causada por pólvora armazenada em condições inadequadas de umidade gerou perdas financeiras estimadas em R\$ 180 milhões.

Outro fator a ser considerado é o alto custo das munições. Um cartucho de 7,62 mm, utilizado no Fuzil FAL, pode chegar a R\$ 700,00 por unidade, enquanto um acidente em larga escala, como a explosão da fábrica militar em Córdoba (Argentina), gerou perdas estimadas em US\$ 25 milhões.

Esses episódios evidenciam que a ausência de monitoramento automatizado da umidade e de práticas modernas de gestão de depósitos compromete não apenas a durabilidade e eficiência do material, mas também a segurança nacional. A adoção de sistemas tecnológicos de acompanhamento em tempo real configura-se como medida urgente para mitigar riscos e reduzir desperdícios.

Para se ter uma dimensão do impacto financeiro, cada disparo de obuseiro custa em média entre US\$ 2.000 e US\$ 3.000, e um paiol com cerca de 10.000 projéteis pode representar perdas de US\$ 600.000 em caso de apenas 2% de deterioração. Experiências internacionais demonstram que o Exército dos Estados Unidos, ao implementar sistemas avançados de monitoramento de umidade e temperatura,

economizou aproximadamente US\$ 70 milhões por ano e reduziu significativamente os riscos de acidentes fatais.

Portanto, o problema do armazenamento de projéteis no Brasil vai além da logística, configurando-se como um desafio estratégico que demanda modernização e maior rigor técnico nas práticas militares, com atenção especial ao controle de umidade.

Proposta:

Propomos a criação de um sistema automatizado de monitoramento de umidade para depósitos de munições de artilharia, utilizando sensores integrados a uma dashboard web segura.

O sistema registrará continuamente os níveis de umidade, armazenando os dados em um banco centralizado e fornecendo alertas automáticos, gráficos interativos e histórico de registros, permitindo decisões rápidas para prevenir deterioração do material.

A solução incluirá manual de instalação e protocolos de operação, garantindo compatibilidade com a infraestrutura militar existente.

Essa proposta representa um investimento estratégico em segurança e redução de perdas financeiras, protegendo vidas e recursos públicos.

Objetivos:

Implementar um sistema automatizado e contínuo de monitoramento ambiental (temperatura e umidade) em depósitos de munições.

Armazenar dados históricos em banco de dados, permitindo análise preditiva e geração de relatórios estratégicos.

Emitir alertas em tempo real quando os limites de segurança forem ultrapassados.

Desenvolver uma aplicação web para visualização de gráficos, métricas estatísticas e dashboards de acompanhamento.

Reduzir perdas financeiras causadas por deterioração prematura de munições.

Aumentar a segurança operacional dos depósitos, evitando acidentes e protegendo vidas.

Modernizar a gestão logística da Classe V (munições), alinhando o Exército Brasileiro a padrões internacionais.

Justificativa:

O Exército precisa urgentemente de um sistema automatizado, contínuo e confiável de monitoramento ambiental em depósitos de munições, porque:

- O clima brasileiro já ultrapassa os limites de segurança para armazenamento.
- O sistema manual atual é obsoleto e ineficiente.
- O prejuízo financeiro com perdas e substituições é altíssimo.
- O risco à vida dos soldados e da população é inaceitável.

Escopo:

O ArmorySafe é um sistema integrado de monitoramento de umidade em depósitos de munições de artilharia, aplicável a fábricas e depósitos militares, como IMBEL, CBC, EMGEPRON, entre outros.

O projeto utiliza sensores IoT conectados a uma dashboard web em tempo real, com o objetivo de reduzir desperdícios financeiros, aumentar a segurança e modernizar o processo de monitoramento, podendo se tornar uma prática recomendada no manual do COLOG.

Resultados Esperados

Dashboard web interativa para acompanhamento em tempo real dos níveis de umidade;

Sensores IoT instalados nos paióis, transmitindo dados automaticamente;

Geração de alertas e relatórios para apoio à tomada de decisões;

Redução do risco de falhas humanas na inspeção manual;

Preservação das munições, redução de prejuízos financeiros e aumento da segurança;

Modernização do processo de monitoramento, alinhando-se a práticas de IoT Militar internacionalmente adotadas.

Requisitos do Projeto

Autenticação segura e login para acesso restrito a usuários autorizados;

Área no site institucional para simulação de custos, lucros e redução de perdas por controle de umidade;

Coleta automática e periódica de dados dos sensores;

Armazenamento histórico de todas as medições para consultas e geração de relatórios;

Sistema de alertas integrado para notificações automáticas em níveis críticos de umidade;

Interface responsiva e intuitiva, acessível em diversos dispositivos.

Limites e Exclusões

Limites:

Instalação de sensores de umidade nos paióis integrados ao sistema IoT;

Dashboard web com monitoramento em tempo real, gráficos, alertas e relatórios;

Área de simulação financeira no site institucional.

Exclusões:

Controle automático da umidade;

Desenvolvimento de aplicativo mobile para Android/iOS;

Serviço de manutenção e suporte 24h.

Macro Cronograma:

1ª Etapa – Planejamento e Análise (3 semanas / 21 dias)

Levantamento e pesquisa sobre o problema (normas, acidentes, custos)
– 3 dias

Definição de requisitos – 4 dias

Documentação inicial do projeto (escopo e requisitos essenciais) – 4 dias

Planejamento do protótipo – 5 dias

Estudo do Arduino – 5 dias

2ª Etapa – Desenvolvimento e Integração Básica (3 semanas / 21 dias)

Montagem do sistema IoT com Arduino + sensores de umidade – 7 dias

Integração inicial dos sensores ao banco de dados – 5 dias

Desenvolvimento do backend – 5 dias

Protótipo inicial da interface web (dashboard simples com tabela de dados) – 4 dias

3ª Etapa – Integração e Testes (3 semanas / 21 dias)

Integração total do sistema (sensores + banco + dashboard funcional) – 5 dias

Implementação de gráficos e alertas básicos – 5 dias

Testes de usabilidade e ajustes do layout – 4 dias

Testes de estresse (simulação de altas umidade e temperatura) – 4 dias

Revisão final e documentação de entrega – 3 dias

Recursos necessários:

Arduino + sensores de umidade (e temperatura se necessário);

Servidor para banco de dados e aplicação web;

Software de desenvolvimento (IDE Arduino, Workbench, VS Code);

Equipe de desenvolvimento: hardware, backend, frontend, análise de dados.

Riscos e restrições:

Falhas de hardware durante a coleta de dados;

Limitações de conectividade em áreas remotas;

Atrasos no cronograma por dependência de componentes;

Necessidade de conformidade com normas militares de segurança.

Stakeholders:

Exército Brasileiro (Comando Logístico – COLOG).

Soldados responsáveis pelo armazenamento.

Engenheiros militares e técnicos de manutenção.

Governo federal (controle de gastos públicos).

Sociedade (segurança nacional).

Premissas:

- Disponibilidade de sensores confiáveis para coleta contínua.
- Disponibilidade de sensores confiáveis para coleta contínua.
- Conectividade estável dentro dos depósitos militares (Wi-Fi ou rede local dedicada).
- Energia elétrica contínua nos paióis para alimentação dos sensores e sistemas.
- Equipe técnica treinada para instalar e manter os dispositivos.
- Acesso autorizado do sistema às áreas de armazenamento.
- Integração possível com a infraestrutura de TI já existente do Exército.
- Ambiente físico dos depósitos adequado para instalação dos sensores.
- Disponibilidade de banco de dados seguro para persistência das informações.
- Usuários-chave (oficiais responsáveis) disponíveis para treinamento e uso da dashboard.
- Fornecedores militares homologados para aquisição de componentes.

Restrições:

- Orçamento militar limitado.
- Sigilo e segurança das informações coletadas.
- Orçamento militar limitado.
- Sigilo e segurança das informações coletadas.
- Regulamentações militares rígidas sobre armazenamento e acesso a dados estratégicos.
- Uso apenas de componentes aprovados/homologados para ambiente militar.
- Conexões externas (internet aberta) restritas ou proibidas em áreas de segurança nacional.
- Dependência de infraestrutura militar (rede e energia) já existente.
- Necessidade de compliance com normas do Comando Logístico (COLOG).
- Tempo limitado para testes e implementação em campo.
- Risco de resistência cultural à substituição do sistema manual tradicional.
- Manutenção e suporte devem ser realizados em ambiente controlado e autorizado.