



**GCC129 - Sistemas Distribuídos**  
**Relatório Final**

**Augusto Inácio Silva Mariano**  
**João Pedro Bruno Machado**  
**Otávio Júnior de Oliveira Nunes**  
**Otávio Rodrigues de Faria**

**Lavras-MG**

## Sumário

<b>1. Introdução.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Desenvolvimento.....</b>	<b>4</b>
2.1. Arquitetura do sistema.....	4
2.2. RIPD E STRIDE.....	5
2.2.1. Identificação e Avaliação dos Riscos.....	5
2.2.2. Identificação de Medidas para Tratar os Riscos.....	6
2.3. Agentes inteligentes.....	7
<b>3. Considerações Finais.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Referências.....</b>	<b>10</b>

## 1. Introdução

O café é um dos produtos agrícolas mais importantes do Brasil, com impacto significativo na economia do país, gerando milhões de empregos diretos e indiretos. Além disso, a demanda global por café continua crescendo, tornando a produção eficiente e de alta qualidade um fator essencial para a competitividade no mercado internacional.

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, representando aproximadamente 38% da produção global. Na safra 2023/24, a estimativa era produzir cerca de 66,4 milhões de sacas de 60 quilos, superando com larga vantagem o Vietnã, segundo maior produtor, com 27,5 milhões de sacas, e a Colômbia, com 11,5 milhões (FRANCO, 2024). No entanto, a produção nacional pode ser fortemente impactada por fatores climáticos, como ocorreu em 2024, quando a safra fechou em 54,2 milhões de sacas devido a condições adversas (CONAB, 2025).

Além das variações climáticas, a produção de café enfrenta desafios relacionados à gestão de custos e à manutenção da qualidade do grão. Os produtores frequentemente encontram dificuldades em monitorar aspectos críticos da cafeicultura, como os custos de produção — incluindo insumos, mão de obra, energia e logística —, a produtividade por hectare, que é essencial para avaliar a eficiência da lavoura, e os parâmetros de qualidade dos grãos, como teor de umidade, tamanho, densidade e atributos sensoriais, como sabor e aroma.

Nesse cenário, o controle de custos e a garantia da qualidade dos grãos são desafios constantes para os produtores. A produção do café envolve diversas etapas, desde o cultivo até a comercialização, cada uma delas impactando diretamente os custos operacionais e a qualidade final do produto. O monitoramento eficaz desses fatores pode aumentar a lucratividade dos produtores e garantir um produto de excelência para os consumidores.

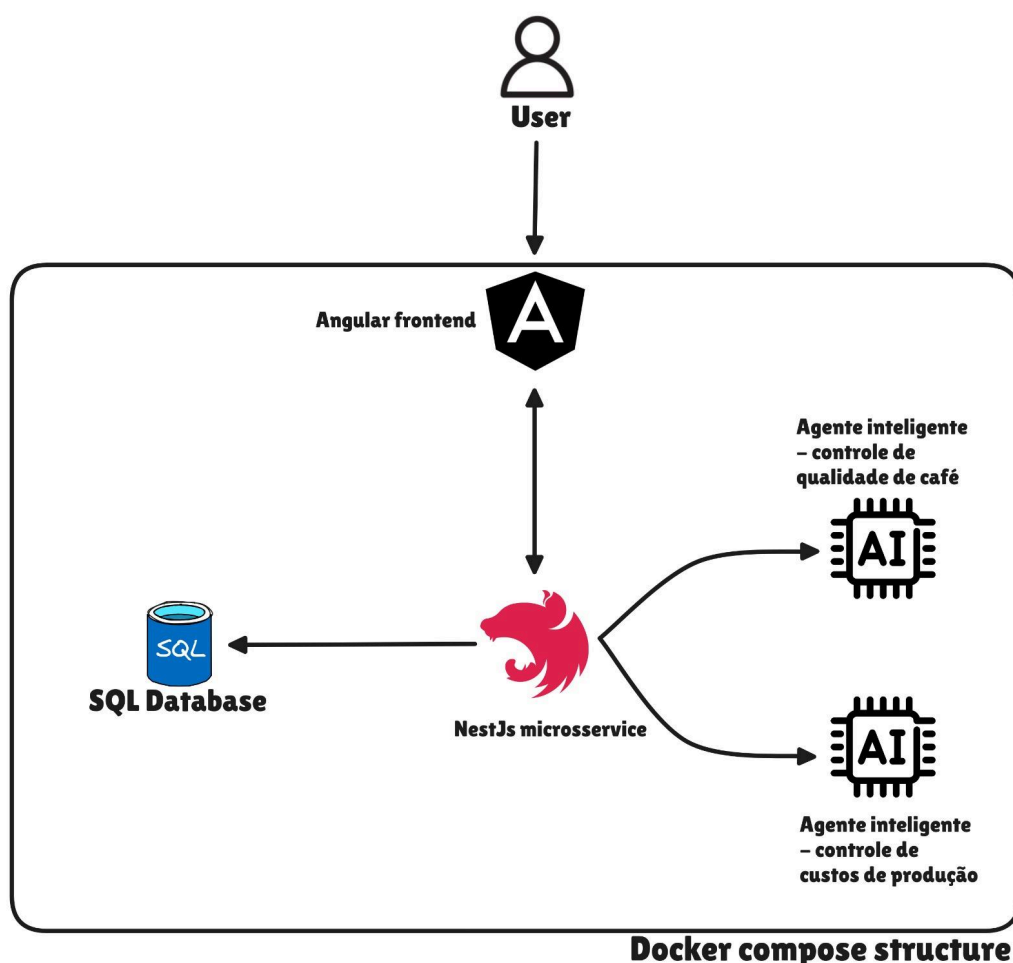
Portanto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema para contribuir ao cafeicultor no monitoramento do custo e da qualidade do grão de café, utilizando inteligência artificial para fornecer informações detalhadas e acessíveis aos produtores. O sistema implementado conta com dois agentes inteligentes que processam os dados fornecidos pelo usuário e retornam análises sobre custos de produção e parâmetros de qualidade. A partir desses dados, os produtores podem tomar decisões mais embasadas, otimizando a gestão da lavoura e melhorando a competitividade do café brasileiro no mercado.

## 2. Desenvolvimento

Este capítulo aborda os detalhes do desenvolvimento do projeto, incluindo sua arquitetura, o Relatório de Impacto à Proteção de Dados Pessoais (RIPD) e os agentes inteligentes. O código-fonte completo pode ser acessado por meio do link no [GitHub](#).

### 2.1. Arquitetura do sistema

A aplicação desenvolvida consiste em um sistema web para o monitoramento do custo e da qualidade do grão de café. A arquitetura do projeto é baseada em uma abordagem modular e distribuída, composta por um *front-end*, um *back-end* e dois agentes inteligentes. A figura 1 ilustra essa arquitetura.



O front-end da aplicação foi implementado utilizando *Angular*, proporcionando uma interface interativa e responsiva para a inserção e visualização de dados e respostas dos agentes inteligentes. No *back-end*, foi desenvolvida uma *API REST* utilizando o *framework NestJS*, responsável por gerenciar as requisições do usuário, armazenar os dados em um banco de dados relacional SQLite e coordenar a comunicação com os agentes inteligentes.

Os agentes inteligentes foram implementados em Python e encapsulados em *containers Docker* distintos. Cada agente tem uma função específica: um é responsável pelo controle de custos, analisando dados financeiros e produtivos, enquanto o outro se dedica ao monitoramento da qualidade dos grãos, avaliando parâmetros como teor de umidade, tamanho e densidade (mais detalhes serão discutidos no [capítulo 2.3](#)). A API REST se comunica com esses agentes para processar as informações enviadas pelos usuários e retornar análises que auxiliam na tomada de decisão dos produtores.

## 2.2. RIPD E STRIDE

Para identificar e mitigar potenciais ameaças, foi utilizada a modelagem de ameaças baseada na metodologia de Torr (2005) em conjunto com a estrutura STRIDE, que classifica riscos em seis categorias: *Spoofing*, *Tampering*, *Repudiation*, *Information Disclosure*, *Denial of Service* e *Elevation of Privilege*.

### 2.2.1. Identificação e Avaliação dos Riscos

#### Spoofing (Falsificação de Identidade)

- **Risco:** Acesso não autorizado ao sistema através de credenciais comprometidas.
- **Impacto:** Invasores podem obter acesso indevido aos dados da aplicação, comprometendo a integridade das informações.
- **Probabilidade:** Média
- **Severidade:** Alta

#### Tampering (Manipulação de Dados)

- **Risco:** Modificação maliciosa de dados ou código-fonte.
- **Impacto:** Alterações nos dados podem comprometer a confiabilidade do sistema e levar a decisões erradas por parte dos usuários.
- **Probabilidade:** Média
- **Severidade:** Alta

#### Repudiation (Repúdio de Ações)

- **Risco:** Usuários negarem ações maliciosas sem registro adequado.
- **Impacto:** Dificuldade em rastrear atividades suspeitas no sistema, comprometendo auditorias e investigações.
- **Probabilidade:** Média

- **Severidade:** Média

#### **Information Disclosure (Exposição de Informações)**

- **Risco:** Vazamento de dados sensíveis do banco de dados ou dos agentes de IA.
- **Impacto:** Pode resultar em violação de privacidade e uso indevido de informações confidenciais.
- **Probabilidade:** Média
- **Severidade:** Alta

#### **Denial of Service (Negação de Serviço)**

- **Risco:** Ataques que sobrecarregam os servidores, tornando o sistema indisponível.
- **Impacto:** Interrupção do serviço, prejudicando usuários e inviabilizando operações críticas.
- **Probabilidade:** Média
- **Severidade:** Alta

#### **Elevation of Privilege (Elevação de Privilégios)**

- **Risco:** Usuários mal-intencionados obterem permissões superiores às concedidas.
- **Impacto:** Potencial comprometimento da integridade do sistema e dados.
- **Aplicabilidade:** Não se aplica ao contexto desta arquitetura, pois o sistema não possui níveis de privilégio diferenciados entre usuários.

#### **2.2.2. Identificação de Medidas para Tratar os Riscos**

Para mitigar os riscos identificados, foram adotadas as seguintes medidas de segurança:

**Spoofing:** Implementação de autenticação forte com OAuth2 e uso seguro de JWT com Refresh Tokens para evitar acessos indevidos.

**Tampering:** Proteção das comunicações através de HTTPS/TLS, garantindo a integridade dos dados transmitidos.

**Repudiation:** Implementação de um sistema de logging centralizado e imutável para registrar todas as ações realizadas na plataforma.

**Information Disclosure:** Configuração correta de CORS e restrição de acesso a informações críticas para evitar vazamento de dados.

**Denial of Service:** Aplicação de Rate Limiting (Throttling) para limitar requisições excessivas, uso de proteção contra DDoS com Web Application Firewall (WAF) e otimização de consultas no banco de dados.

**Elevation of Privilege:** Não se aplica ao contexto dessa arquitetura

### 2.3. Agentes inteligentes

No sistema desenvolvido, foram implementados dois agentes inteligentes para auxiliar na análise de custo e qualidade do grão de café. Esses agentes são responsáveis por processar os dados enviados pelo usuário e gerar respostas que auxiliam na tomada de decisão dos produtores.

Um dos agentes implementados utilizado foi o Ollama, uma ferramenta de código aberto que permite executar modelos de linguagens grandes (*large language models* - LLMs) localmente no seu computador ([HOSTINGER, 2025](#)). Isso significa que é possível ter acesso a modelos de inteligência artificial sem depender de servidores externos ou da internet, ajudando a reduzir a latência e tornando as ferramentas mais rápidas e confiáveis.

O Ollama suporta vários modelos de linguagem (LLMs). Para esse trabalho, o grupo escolheu o Llama 3.2, um modelo de processamento de linguagem natural (NLP) capaz de realizar tarefas como geração de texto, resumos e tradução automática.

Os agentes inteligentes foram desenvolvidos em Python e executados em containers Docker separados. São consumidos por meio de uma API REST. Veja um exemplo para o controle de qualidade:

#### POST {{URL}}/cost-control

**Body:**

```
JavaScript
{
  "umidade": 10.5,
  "densidade": 800,
  "tamanho_medio_grao": 6.2,
  "impurezas": 2,
  "defeitos": ["grãos quebrados", "verdes", "ardidos"],
  "origem_lote": "Sul de Minas, Brasil",
  "metodo_processamento": "Natural",
  "pontuacao_sca": 85
}
```

Resposta:

JavaScript

```
{
  response: {
    "Análise de Qualidade do Lote: *Classificação da Qualidade:* Bom\n*Possíveis Problemas na Produção:* - Excesso de umidade: O nível de umidade (10,5%) está dentro do intervalo padronizado para a região Sul de Minas, Brasil. No entanto, é importante monitorar o estoque para evitar a deterioração do café. *Impurezas:* A presença de 2% de impurezas é aceitável e pode estar relacionada aos defeitos naturais da planta. No entanto, é fundamental realizar análises mais detalhadas para detectar possíveis substâncias químicas ou físicas indesejáveis.\n*Defeitos:* A presença de grãos quebrados, verdes e ardidos não afetam significativamente a qualidade do lote. No entanto, é essencial implementar medidas de seleção mais rigorosa durante o processamento para minimizar esses defeitos. *Sugestões de Melhoria:* -\n*Umidade:* Monitorar o estoque regularmente e realizar ajustes na secagem quando necessário para evitar perdas de qualidade. -\n*Beneficiamento Natural:* Utilizar técnicas de separação mais eficazes, como a seleção manual ou a utilização de equipamentos de beneficiamento adequados, para reduzir os defeitos naturais da planta.\n- *Testes de Contingência do Processo:* Implementar testes regulares com o objetivo de garantir que todas as etapas do processamento estejam dentro dos padrões de qualidade desejados. *Observação Final:* A pontuação SCA (Sistema SCA para Avaliação da Qualidade do Coffee) de 85 é um bom indicador da qualidade geral do lote. No entanto, é fundamental realizar controles mais rigorosos e ajustes no processo de beneficiamento para garantir que todas as especificações sejam cumpridas. *Fornecer Classificação e Sugestões:* Bom.\nPossíveis problemas na produção: moderados. Melhoria: revisar o estoque de umidade, processamento natural com técnicas de separação mais eficazes" },
    status: 200
  }
}
```



### 3. Considerações Finais

O desenvolvimento deste sistema para monitoramento do custo e da qualidade do grão de café demonstrou a eficácia da integração entre tecnologias modernas para otimização da cafeicultura. A arquitetura adotada, baseada em uma **API REST desenvolvida com NestJS**, permitiu a comunicação eficiente entre os diferentes componentes do sistema, garantindo a estruturação e organização das operações. O uso do **Angular no front-end** proporcionou uma interface responsiva e intuitiva, facilitando a interação do usuário com a plataforma.

A incorporação de **agentes inteligentes**, como o **Ollama**, trouxe uma camada adicional de automação e inteligência ao sistema. Esses agentes, responsáveis pela análise de custos e qualidade dos grãos, foram implementados em **Python** e executados em **containers Docker** distintos, assegurando modularidade e escalabilidade. A comunicação entre a API e esses agentes possibilitou que os dados fossem processados de forma eficiente, resultando em análises detalhadas para auxiliar na tomada de decisão dos produtores.

Durante os testes e validações, observou-se que o sistema foi capaz de processar os dados inseridos pelo usuário e fornecer respostas rápidas e precisas por meio dos agentes inteligentes. A análise dos resultados demonstrou que a abordagem adotada é viável e pode ser expandida para incluir novos parâmetros e funcionalidades, tornando-se um aliado estratégico para produtores que buscam maior controle sobre sua produção. Além disso, a integração de medidas de segurança, seguindo a metodologia STRIDE e a modelagem de ameaças de Torr (2005), fortaleceu a confiabilidade e proteção da aplicação.

Com a conclusão deste projeto, pode-se afirmar que a solução desenvolvida atendeu aos objetivos propostos, proporcionando aos cafeicultores uma ferramenta capaz de monitorar custos e qualidade do café de maneira precisa e automatizada. O sistema apresenta potencial para futuras expansões, como a incorporação de novos algoritmos de inteligência artificial, a integração com sensores em tempo real e a adaptação para diferentes culturas agrícolas. Dessa forma, a plataforma poderá continuar evoluindo, contribuindo para a modernização e eficiência da produção cafeeira.

## 4. Referências

FRANCO, L. Conheça os maiores produtores de café do mundo. Globo Rural, 27 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://globorural.globo.com/agricultura/cafe/noticia/2024/02/conheca-os-maiores-produtores-de-cafe-do-mundo.ghtml> . Acesso em: 07 de fevereiro de 2025.

Safra de café encerra em 54,2 milhões de sacas em 2024 impactada por clima adverso. Conab, 21 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5900-safra-de-cafe-encerra-em-54-2-milhoes-de-sacas-em-2024-impactada-por-clima-adverso> . Acesso em: 07 de fevereiro de 2025.

O que é Ollama? Como funciona, principais características e modelos. Hostinger, 29 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-ollama>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2025.