

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Análise de Grãos com Visão Computacional e Rede Neural Convolucional

Divinópolis MG

2025



Cleyton Junior dos Santos
Eduardo Fernandes Paiva Ribeiro
Geraldo Luis de Rezende Junior
Weverton Henrique Martins

Karolliny Danielle Santos
Marcos Alberto Saldanha

Análise de Grãos com Visão Computacional e Rede Neural Convolucional

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Marcos Alberto Saldanha e
coorientação de Prof. Karolliny Danielle Santos.

Divinópolis MG

2025



RESUMO

O projeto se trata de uma automação para análise de grãos, visando identificar e avaliar amostras, usando como dados para fazer análise: a umidade, densidade, peso e características visuais. Cumpre-se a proposta de integrar tecnologias modernas de automação, sensoriamento e inteligência artificial em um único equipamento funcional, preciso e de fácil operação. O objetivo geral é apresentar uma máquina para analisar grãos, onde os processos físicos e computacionais vão trabalhar de forma integrada, para atender o setor agrícola, visando proporcionar o maior controle de qualidade de diversos grãos. Processos a serem realizados: Pesar a amostra inicial com balança de precisão; Desidratar os grãos por meio de um sistema de aquecimento controlado; Pesar a amostra seca novamente; Analisar visualmente a amostra com uma câmera de alta resolução. Todos esses componentes são controlados por um microcontrolador (Arduino), que gerencia o acionamento de mecanismos como um braço robótico (Servo Motor), coleta dados dos sensores e transmite as informações para o computador principal. Este, por sua vez, é responsável por executar algoritmos de Visão Computacional utilizando Redes Neurais Convolucionais (CNN), que permitem avaliar a qualidade dos grãos com base em padrões visuais. O projeto atendeu aos objetivos de coleta de dados e imagens. Juntamente com uma rede neural bem treinada, alcançou mais de 80% de confiança em seus resultados, para identificar e categorizar cada grão como 'Bom' ou 'Ruim'.

Palavras-chave: Automação, Visão Computacional, Mecatrônica, Análise, Grãos



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 JUSTIFICATIVA.....	6
3 OBJETIVO GERAL.....	7
4 METODOLOGIA.....	8
5 RESULTADOS OBTIDOS.....	9
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	10
REFERÊNCIAS.....	11



1 INTRODUÇÃO

Analizando o desafio que a produção global de alimentos enfrenta para suprir a demanda crescente de uma população em expansão, exigindo que as atividades agrícolas se tornem cada vez mais produtivas e sustentáveis (FAO et al., 2023). A análise da qualidade dos grãos representa uma etapa de controle que impacta diretamente no valor comercial, na viabilidade do armazenamento e na eficiência do processamento industrial. Lotes de grãos rejeitados ou mal classificados devido a defeitos sutis, como sementes imaturas, infestação por fungos ou avarias físicas, podem gerar grandes perdas financeiras para produtores e cooperativas.

Diante da necessidade de avaliações mais rápidas, precisas e padronizadas, a integração de tecnologias digitais no campo tem se tornado um tópico importante para empresas e centros de pesquisa estão ativamente desenvolvendo soluções que eliminam a margem de erro humana e trazem transparência ao processo. Algumas soluções para aprimorar os processos é a implementação de Automações, Sensoriamento e Inteligência Artificial (IA) (FAO et al., 2023). A partir dessas análises, surgiu a oportunidade da criação do projeto que será especificado nesse relatório, onde a base desse projeto está em Automação e Sistemas Embarcados (utilizando arduino para orquestrar os processos físicos), e a combinação da Visão Computacional (para realizar a captura e pré-processamento dos dados) juntamente com as Redes Neurais Convolucionais (capazes de processar os dados visuais capturados pela câmera, aprendendo a diferenciar características complexas e sutis dos grãos, como coloração inadequada ou danos internos, com elevado grau de acurácia).

Com base nas referências bibliográficas usadas como base para o projeto, identificou-se outros projetos que também abordaram esse tema:

- Um exemplo notável é a classificação de grãos de café, onde a aplicação de Redes Neurais Convolucionais (CNN) alcançou uma precisão de 80% na identificação de grãos brocados e normais, superando outras técnicas como o KNN (K-Nearest Neighbors), que obteve 23%. Este estudo, apresentado na 15ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS em 2023, valida o uso de CNNs como uma ferramenta robusta na avaliação de defeitos.
- No campo das arquiteturas de aprendizado profundo, o uso de modelos de detecção de objetos em tempo real, como o YOLOv5 (Jocher, 2020) e o YOLOv8 (Jocher, 2023), tem sido amplamente adotado em aplicações agrícolas. Esses frameworks são reconhecidos pela sua velocidade e precisão, essenciais para uma análise eficiente em larga escala.
- Complementarmente, a integração de análises físico-químicas, como a medição de teor de umidade dos grãos, é um fator crucial referenciado na literatura, pois grãos excessivamente úmidos estão sujeitos a deterioração. Soluções como o Grain Analytic System (GRAS) buscam utilizar a visão computacional e técnicas fotônicas para a análise de grãos de soja, eliminando a necessidade de métodos destrutivos e subjetivos, reforçando o foco do setor na padronização e rigor técnico.



A máquina para análise de grãos é totalmente funcional, integrando a pesagem inicial, a desidratação controlada e a análise visual de alta resolução em um único fluxo coordenado, fornecendo rastreabilidade completa e resultados em tempo real. Dessa forma, o projeto se alinha às demandas da Agricultura de Precisão e da Indústria 4.0, podendo atender cooperativas, armazéns e laboratórios agrícolas.



2 JUSTIFICATIVA

Ao ser analisada a necessidade de melhorar os processos de análise e classificação de grãos, para torná-los mais rápidos, precisos e padronizados, observou-se a relevância do desenvolvimento de um dispositivo capaz de atender a tais requisitos de forma assertiva, especialmente no contexto de pequenas e médias empresas. A implementação de tecnologias digitais no campo tem se consolidado como um tema recorrente e que demonstra grande importância, visto o potencial que novas tecnologia podem empregar para o agronegócio. Empresas e centros de pesquisa vêm desenvolvendo soluções que buscam reduzir a margem de erro humano e conferir maior transparência aos processos avaliativos. Com base nesse cenário, identificou-se a existência de um mercado carente de alternativas mais automatizadas, sobretudo voltadas para pequenas empresas.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste projeto foi desenvolver um sistema automatizado para análise de grãos, capaz de identificar e avaliar amostras quanto à umidade, densidade, peso e características visuais. A proposta busca integrar tecnologias modernas de automação, sensoriamento e inteligência artificial em um único equipamento funcional, preciso e de fácil operação. O projeto propõe uma máquina para análise de grãos totalmente funcional, onde os processos físicos e computacionais trabalham de forma integrada. Entre esses processos, destacam-se: a pesagem inicial da amostra com balança de precisão; a desidratação dos grãos por meio de um sistema de aquecimento controlado; a nova pesagem da amostra seca; e, por fim, a análise visual realizada por uma câmera de alta resolução. Todos esses componentes são controlados por um microcontrolador (Arduino), que gerencia o acionamento de mecanismos como um braço robótico ou uma esteira para movimentação da amostra, coleta dados dos sensores e transmite as informações para o computador principal. Este, por sua vez, é responsável por executar algoritmos de Visão Computacional utilizando Redes Neurais Convolucionais (CNN), que permitem avaliar a qualidade dos grãos com base em padrões visuais.

3.2 Objetivos específicos

- Alcançar uma taxa de captura de mais de 80% dos grãos possíveis
- Alcançar uma taxa de confiabilidade dos resultados de mais de 80%
- Entregar uma análise precisa da qualidade da amostra



4 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste projeto consiste na integração de componentes físicos e computacionais para a construção de um protótipo funcional de análise automatizada de grãos. A abordagem está dividida em etapas bem definidas para o planejamento do projeto mecânico e a implementação de algoritmos de inteligência artificial para análise de imagem.

4.1. Projeto e Montagem do Equipamento

Inicialmente, foi desenvolvido o design do gabinete destinado a abrigar todos os componentes do sistema e realizado o levantamento de requisitos para a definição dos materiais necessários. O equipamento é composto por:

- Uma balança de precisão, responsável por aferir o peso inicial e final da amostra;
- Um sistema de aquecimento controlado para a desidratação dos grãos;
- Um mecanismo de movimentação, que pode ser uma esteira ou braço robótico, utilizado para conduzir a amostra entre os módulos;
- Uma câmera de alta resolução, posicionada estrategicamente para capturar imagens da amostra para posterior análise;
- Um computador principal, conectado ao sistema, responsável por executar os algoritmos de visão computacional.

Após a definição dos componentes necessários, procedeu-se à aquisição dos materiais para realizar a montagem do protótipo. Com a chegada dos mesmos, iniciou-se a construção da estrutura.

4.2. Controle e Automação

Todos os dispositivos físicos são controlados por um microcontrolador Arduino, que atua como o núcleo do sistema embarcado. O Arduino recebe sinais dos sensores (como o peso, temperatura e umidade), aciona os atuadores (como motores e resistências) e coordena o fluxo de operação da amostra.

O código-fonte embarcado foi desenvolvido em linguagem C/C++, utilizando a IDE oficial do Arduino. Para comunicação com o computador, foi estabelecida uma conexão serial, permitindo a transmissão de dados em tempo real.

4.3. Coleta e Análise de Imagens

As imagens capturadas pela câmera são enviadas ao computador, onde são processadas utilizando as bibliotecas de visão computacional como OpenCV e modelos de Redes Neurais Convolucionais (CNN) previamente treinados. O treinamento da rede foi feito com um conjunto de dados contendo amostras de grãos em diferentes estados (bons, danificados, com fungos, etc.). Nesta etapa foi necessário realizar vários treinamentos até que fosse alcançado



um modelo que entregasse uma confiança aceitável para conseguir dar continuidade ao projeto, onde diversos testes foram realizados para garantir uma boa confiança nos resultados obtidos.

4.4. Interface Gráfica e Registro de Dados

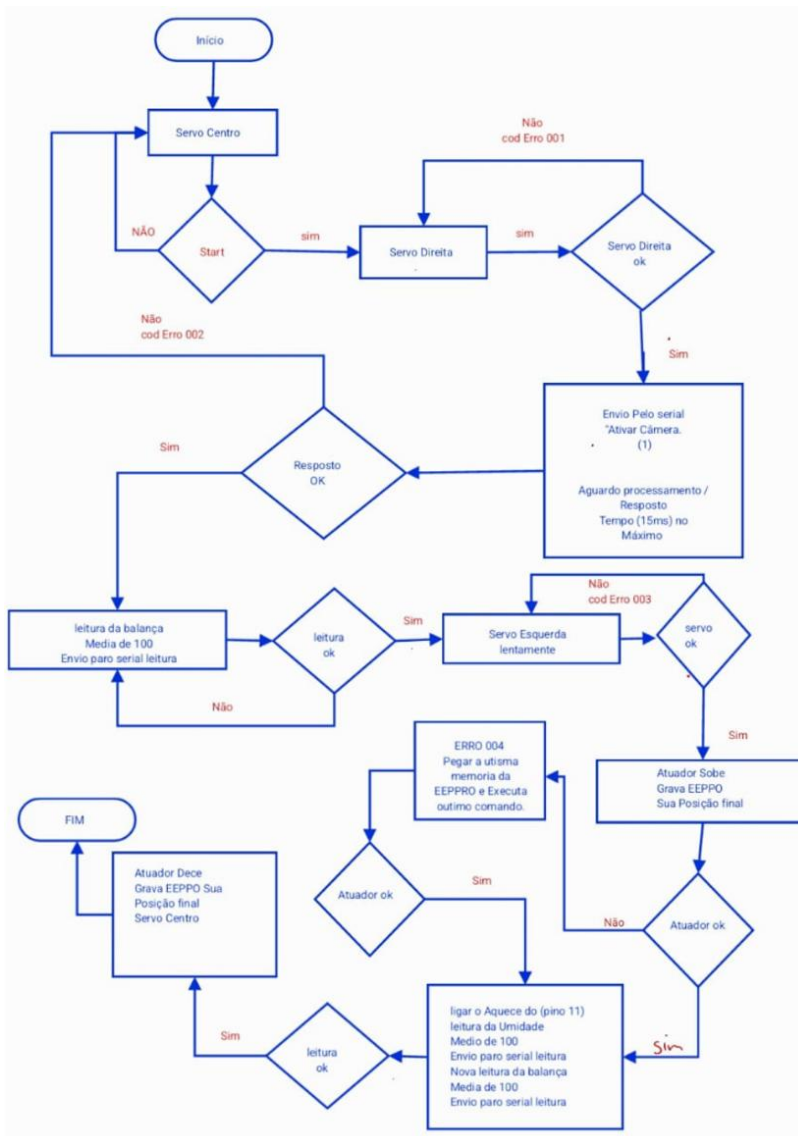
Como implementação futura, prevê-se o desenvolvimento de uma interface gráfica, visando melhorar a visualização dos resultados para o usuário. Nessa interface permitirá acompanhar os dados em tempo real, acesso ao histórico de amostras analisadas e exportar relatórios. Todos os dados (pesagem, teor de umidade, classificações, data e hora) serão armazenados em uma base de dados local, garantindo rastreabilidade e permitindo futuras análises estatísticas.

5 RESULTADOS OBTIDOS

A obtenção dos resultados deste projeto decorreu da execução de etapas específicas, nas quais os processos físicos e computacionais atuaram de maneira integrada, sendo possível evidenciar as seguintes etapas:

1. Pesagem inicial da amostra com balança de precisão
2. Captura dos grãos realizada por uma câmera de alta resolução
3. Análise das amostras pela rede neural implementada e treinada
4. Desidratação dos grãos por meio de um sistema de aquecimento controlado
5. Nova pesagem da amostra seca

Figura 1 – Diagrama em blocos



Fonte: Gerada pelo Grupo



1 - Pesagem Inicial

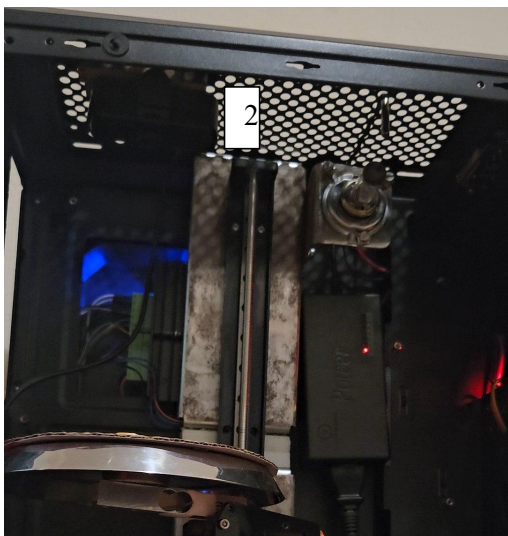
Figura 2 - Pesagem Inicial



Fonte: Capturada pelo Grupo

2 - Captura dos Grãos

Figura 3 - Captura dos Grãos



Fonte: Capturada pelo Grupo



3 - Análise dos Grãos

Obs: Caso a amostra seja recusada, já se encerra aqui o processo e a máquina volta para a posição inicial

Figura 4 - Análise dos Grãos

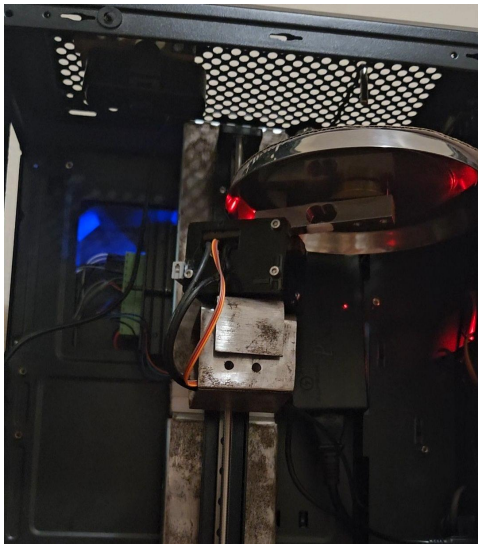
```
Total de predições: 58
Grãos ruins: 21
Percentual de ruins: 36.21%
■ AMOSTRA APROVADA
Aguardando comando FIM:1 do Arduino...
Status: 1
Status: PESAGEM1
Status: PESO:1.86
Status: POS_ATUADOR:1110304540
Status: Temperatura: 21.21 °C | Umidade Estimada: 39.69 %
Status: PESO2:2.39
Status: Temperatura: 24.08 °C | Umidade Estimada: 33.36 %
Status: POS_ATUADOR:1110290540
Status: FIM:1
Finalização confirmada. Encerrando execução.
fechando porta serial...
```

Fonte: Capturada pelo Grupo

4 - Desidratação dos Grãos

Obs: Caso a amostra seja aprovada, Prossegue-se com o processo

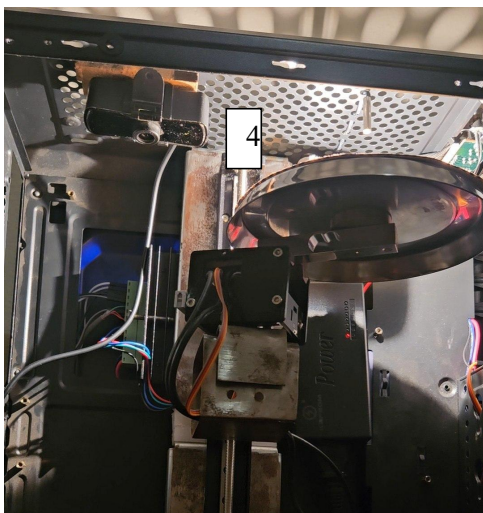
Figura 5 - Movimentação para a Desidratação dos Grãos



Fonte: Capturada pelo Grupo



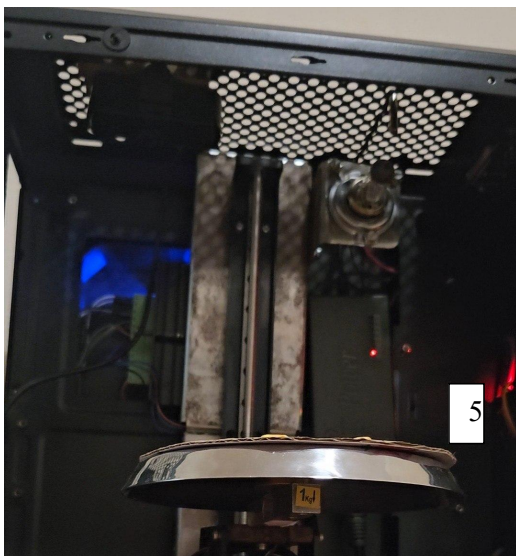
Figura 6 - Movimentação para a Desidratação dos Grãos



Fonte: Capturada pelo Grupo

5 - Última pesagem e finalização do processo

Figura 7 - Última pesagem e fim do processo



Fonte: Capturada pelo Grupo



Cumpriu-se o objetivo geral de desenvolver a automação para a análise dos grãos, juntamente com a implementação da visão computacional integrada às redes neurais convolucionais (CNN). Com a CNN que devido a um bom treinamento por meio de um banco de imagens, contendo mais de 1000 imagens, foram alcançados os objetivos específicos de identificar mais de 80% dos grãos analisados e mais de 80% de confiança nos resultados para identificar e categorizar cada grão como ‘Bom’ ou ‘Ruim’. Além de capturar as demais informações de pesagem e umidade.



6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relatório finaliza com a conclusão do processo de pesquisa, reforçando os objetivos e resultados alcançados com o desenvolvimento do sistema de análise de qualidade de grãos.

Todos os objetivos estimados para a primeira fase do projeto foram alcançados. O treinamento da Rede Neural Convolucional (CNN) com o uso de bancos de imagens mistos capturadas pelo grupo e de bases disponibilizadas pela plataforma Roboflow. A fase de coleta de dados e captura de imagens foi concluída com sucesso, garantindo a base para o treinamento e validando a confiança taxa de captura total dos grãos e confiança da classificação dos grãos sendo superior a 80% dos grãos.

Em balanço geral, a proposta apresentou ser funcional e alcançou os resultados esperados, confirmando a viabilidade e a eficácia da abordagem de visão computacional. O sistema desenvolvido estabelece uma contribuição objetiva e robusta para a área de análise de qualidade, oferecendo um novo padrão de precisão para a triagem automatizada e categórica das amostras.



REFERÊNCIAS

IFSULDEMINAS. Classificação automatizada de grãos de café utilizando visão computacional e redes neurais. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 15., 2023, Machado. Anais [...]. Machado: Instituto Federal do Sul de Minas, 2023. Acesso em: 20/07/2025.

FAO et al. O Estado da Segurança Alimentar e Nutrição no Mundo (SOFI): Urbanização, transformação agroalimentar e dietas rurais-urbanas. Roma: FAO, FIDA, UNICEF, WFP e OMS, 2023. Disponível em: <https://www.wfp.org/publications/state-food-security-and-nutrition-world-sofi-report>. Acesso em: 20/07/2025.

IPEA. O Agronegócio Brasileiro: Evolução da Produção de Grãos. 2023. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12890/1/BRUA_30_Artigo_10_o_agronegocio_brasileiro.pdf. Acesso em: 20 maio 2025.

JOCHER, Glenn. YOLOv8. 2023. Disponível em: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>. Acesso em: 19 maio 2025.

JOCHER, Glenn. YOLOv5. 2020. Disponível em: <https://github.com/ultralytics/yolov5>. Acesso em: 19 maio 2025.

EMBRAPA. Agricultura Digital no Brasil. 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126261/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap6.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

Revista F&T. Visão Computacional Aplicada na Agroindústria. Disponível em: <https://revistaft.com.br/visao-computacional-aplicada-na-agroindustria>. Acesso em: 20 maio 2025.