

# INSPEÇÃO VISUAL AUTOMÁTICA DA QUALIDADE DE GRÃOS NA AGROINDÚSTRIA 4.0

**Robson Aparecido Gomes de Macedo**

robson.gomes10@etec.sp.gov.br

**Wilson David Marques**

contato@wilsonmarques.com.br

**Sidnei de Araújo**

saraujo@uni9.pro.br



*Com o advento da Indústria 4.0, o emprego das novas tecnologias, da robotização e da manufatura avançada tem sido estendido para o setor agrícola, com o objetivo de aumentar produtividade, diminuir os impactos ambientais, aumentar dos lucros e melhorar a qualidade dos produtos, dando origem aos termos Agricultura de Precisão, Agronegócio 4.0, Agricultura 4.0 e Agroindústria-4.0. Contudo, se por um lado muito se fala sobre a adoção de novas tecnologias nas etapas de preparação do solo, plantio e colheita, pouco se fala sobre o beneficiamento dos produtos agrícolas usando, por exemplo, sistemas automatizados para inspeção visual de qualidade. Este trabalho tem como objetivo investigar as diferentes abordagens para inspeção visual automática da qualidade de grãos propostas na última década e apresentar uma discussão sobre como tais abordagens se inserem no contexto desses novos processos produtivos da agricultura moderna, bem como os aspectos positivos e as limitações encontradas para suas utilizações.*

*Palavras-chave: agroindústria 4.0, beneficiamento, inspeção visual automática, QUALIDADE, Grãos*

## 1. Introdução

A quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, está promovendo uma revolução digital que é caracterizada por um conjunto de tecnologias como inteligência artificial e visão computacional que já estão à nossa volta, desde carros autônomos, drones, assistentes virtuais e *softwares* que traduzem ou investem. Um progresso impressionante foi feito em Inteligência Artificial (IA) nos últimos anos, impulsionado por aumentos exponenciais no poder de processamento e pela disponibilidade de grandes quantidades de dados, propiciando desde a criação de *softwares* usados para descobrir novos medicamentos até algoritmos para prever nossos interesses culturais. As tecnologias de fabricação digital, por sua vez, estão interagindo com o mundo biológico diariamente. Engenheiros, projetistas e arquitetos estão combinando *design* computacional, manufatura aditiva, engenharia de materiais e biologia sintética para criar uma simbiose entre micro-organismos, nossos corpos, os produtos que consumimos e, até mesmo, os edifícios que habitamos (SCHWAB, 2015).

O Brasil tem sido palco desta evolução industrial e agrônômica e é um dos países com maior potencial produtivo agrícola do mundo, considerando sua área plantada. Também possui grande potencial de intensificação da agricultura (SIMÕES et al., 2017). A produtividade de grãos, por exemplo, deve aumentar em relação aos níveis atuais, pois os produtores de soja, milho e feijão estão produzindo para exportação destinada à China, Índia e alguns países da África (CONAB, 2018; EMBRAPA, 2018). A falta de mão de obra e áreas de cultivo, a necessidade de melhora da qualidade do produto e a busca pela sustentabilidade econômica, ambiental e social desse setor, também geram desafios importantes para a evolução tecnológica e têm demandado inúmeros esforços de pesquisa (CONAB, 2018; EMBRAPA, 2018).

A Agricultura de Precisão (AP) tem sido uma das tendências atuais para superação dos desafios apontados, já que preconiza a aplicação de sistemas automatizados em tarefas como irrigação, processamento, armazenamento e transporte de produtos agrícolas. Assim, com essa evolução tecnológica surgem novas práticas que visam maximizar os seus benefícios. Contudo, o termo AP aparece na literatura guardando muita relação com as tarefas de

preparação do solo, plantio e colheita. Num contexto mais amplo, e mais relacionada com a indústria 4.0, estão o Agronegócio 4.0, a Agricultura 4.0 e a Agroindústria-4.0, que sinalizam um novo marco no desenvolvimento da agro alimentação e que, sem dúvida, promoverão mudanças importantes para os próximos anos envolvendo o uso massivo da de diferentes tecnologias como , por exemplo, Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), Computação em Nuvem e Aprendizagem de Máquina, para desenvolver processos mais inteligentes, otimizar a tomada de decisões e melhorar os processos de produção, propiciando a obtenção de produtos com maior qualidade e que respeitem o meio ambiente (CAF, 2018; FONSECA, MASSRUHÁ e LEITE, 2017).

Se por um lado muito se fala sobre as diversas tecnologias empregadas no preparo do solo, plantio e colheita, por outro, pouco se fala sobre o beneficiamento dos produtos agrícolas como, os processos automatizados de inspeção visual de grãos. É nesse contexto que se insere este trabalho, apresentando uma revisão da literatura sobre as diversas abordagens propostas para inspeção visual automática de grãos, muitas das quais testadas apenas no campo teórico, e que poderiam ser melhor exploradas no contexto da Agroindústria 4.0, para serem aplicadas em ambientes reais de produção agrícola, agregando valor aos produtos levados ao consumidor final. Cabe ressaltar que apesar de haver abordagens para inspeção dos mais diversos produtos agrícolas, neste trabalho considerou-se apenas aquelas voltadas para os produtos em grãos, em virtude da sua importância, tanto no que se refere à produção quanto ao consumo.

Por fim, sobre as terminologias Agricultura de Precisão (AP), Agronegócio 4.0, Agricultura 4.0 e Agroindústria-4.0, é importante destacar que parece haver um consenso na literatura de que a AP está muito relacionada com a automatização de processos que vão desde a preparação da terra até a colheita envolvendo, por exemplo, o uso de satélites e drones para coleta de informações das condições da agricultura, do solo e das condições meteorológicas que são repassadas, em tempo real, para agricultores, pesquisadores e gestores; e instalação de sensores nas plantações para guiar tratores e colheitadeiras autônomos. Já o Agronegócio 4.0 aparece muito relacionado com automatizações que incluem os processos de negócio agropecuário. Contudo, não foi possível identificar na literatura as diferenças entre

Agricultura 4.0 e Agroindústria-4.0. Dessa forma, neste trabalho associamos as abordagens de inspeção visual automatizadas à Agroindústria-4.0 por entendermos que ela envolve atividades de beneficiamento e transformação da matéria-prima agrícola.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1 Indústria 4.0 e Agroindústria 4.0

A indústria 4.0 é capaz não somente de prover métodos modernos de produção em longa escala, mas também de propor um modo revolucionário, no qual há uma atenção especial para a autossuficiência e uma preocupação em liberar o ser humano das atividades rotineiras e repetitivas. Sendo assim o setor agrícola também tem se apropriado desta capacidade para agregar novos modos de trabalho com o uso de novas tecnologias em todas as etapas de produção.

A ideia é que a fazenda do futuro seja amplamente monitorada e automatizada. Por exemplo, sensores podem ser distribuídos por toda a propriedade e interligados à Internet (*IoT*) gerando um grande volume dados (*Big Data*) que necessitarão ser tratados, armazenados (computação em nuvem) e analisados, por exemplo, com o uso de algoritmos de aprendizagem de máquina (MASSRUHÁ; LEITE, 2017). Essa nova precisão e controle de produção diminuirão substancialmente as fragilidades da agricultura às intempéries ambientais, trazendo avanços significativos na produção de alimentos, com mais qualidade e sem agredir o meio ambiente (PARRONCHI, 2017).

### 2.2. Inspeção da qualidade de produtos agrícolas

Desde a semeadura até a mesa do consumidor final são necessárias as etapas de inspeção de qualidade. Tais inspeções visam assegurar que os produtos estejam livres de odores anormais, umidade, materiais estranhos, resíduos e infestações de pragas, para garantir que eles cheguem aos consumidores rapidamente e em plenas condições (MAPA).

A inspeção da qualidade visual é de extrema importância para maioria dos produtos agrícolas. Em muitos casos, suas propriedades visuais como cor, forma e tamanho consistem nas principais características avaliadas pelos consumidores, sendo importantes fatores para a determinação do seu preço de mercado (PATIL e YADAHALLI, 2011).

A despeito da importância das tarefas de inspeção visual dos produtos agrícolas, é muito comum que elas ocorram de forma manual, podendo demandar muito tempo, ser tediosa, gerar altos custos operacionais, ser passível a falhas humanas e apresentar dificuldades de padronização de resultados (ARAÚJO et al., 2015; PATIL e YADAHALLI, 2011). Neste contexto, o uso de ferramentas computacionais visando a automação de tais tarefas pode trazer um diferencial competitivo para a Agroindústria 4.0.

### **2.3. Visão Computacional**

Visão computacional pode ser definida como uma subárea do processamento de imagens que estuda o desenvolvimento de métodos e técnicas para possibilitar que um sistema computacional possa interpretar imagens. Em outras palavras, um sistema de visão computacional (SVC) deve dotar uma máquina com algumas capacidades do sistema visual humano, como a habilidade para descrever e interpretar o conteúdo de uma imagem digital (GONZALEZ & WOODS, 2002).

Não obstante, um SVC eficiente deve ser capaz de extrair um conjunto de atributos que descreva com precisão uma imagem e seja pequeno o suficiente para reduzir o tempo de processamento e viabilizar a construção de aplicações que possam ser utilizadas na prática, tais como sistemas de visão para robôs industriais e veículos autônomos, detecção de eventos em sistemas de vigilância, leitura automatizada de placas de veículos, reconhecimento de padrões biométricos e inspeção visual de produtos industriais e agrícolas, entre outras.

Com métodos de visão computacional e inteligência artificial é possível reconhecer padrões, onde o produtor pode avaliar uma amostra de sua colheita e determinar a qualidade do produto, e identificar defeitos nos produtos que podem indicar problemas para as colheitas e a necessidade de mudanças no manejo do plantio e na produção.

### 3. Metodologia

Do ponto de vista da forma de abordagem, esta pesquisa enquadra-se como qualitativa, tendo em vista que a ideia principal foi fazer um levantamento de dados e discuti-los, sem, no entanto, fazer qualquer tratamento estatístico. No que tange aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema visando torná-lo explícito. Por fim, do ponto de vista dos procedimentos técnicos esta pesquisa pode ser classificada como bibliográfica, por foi elaborada a partir de material já publicado (Gil, 2010).

No levantamento bibliográfico foram realizadas pesquisas nas seguintes bases de dados: Portal de periódicos Capes, IEEE, ProQuest, SciELO, Science Direct e Google Acadêmico. Para identificar trabalhos relacionados aos novos processos da agricultura moderna foram consideradas as seguintes palavras-chave (em inglês e português): “agricultura 4.0”, “agroindústria 4.0”, “agronegócio 4.0” e “agricultura de precisão”. Já na revisão da literatura acerca das abordagens para inspeção visual automática da qualidade de grãos foram consideradas também as palavras-chave “Qualidade”, “inspeção”, “visual”, “automática” e “grão”, as quais foram combinadas, em inglês e português. Nesse segundo levantamento bibliográfico, de maior interesse para esse trabalho, inúmeros artigos foram identificados e, após leitura dos resumos, foram excluídos os que não se referiam à grãos agrícolas. Finalizada a seleção, restaram 20 artigos, os quais são apresentados e discutidos na próxima seção.

### 4. Resultados e discussões

#### 4.1 Os novos processos da agricultura moderna

Fazendo uma análise dos trabalhos pesquisados destaca-se que, de acordo com Inamasu, Ricardo (2014), a agroindústria brasileira está começando a descobrir um conjunto de tecnologias capazes de promover avanços significativos na produção de alimentos, com mais qualidade e sem agredir o meio ambiente. Souza, Lopes e Inamasu (2014) concordam que junto a essa evolução tecnológica, surgem novos conceitos ou práticas que procuram

maximizar os seus benefícios. Então, a automação é utilizada ampliar a capacidade de trabalho humano (EMBRAPA, 2018).

Bernardi, Inamasu, (2014) relatam em seu trabalho que 47% dos produtores por eles entrevistados utilizavam sistemas convencionais (sem o uso de computadores) na gestão da propriedade enquanto o restante (53%) adotavam conceitos da agricultura de precisão (AP). Entretanto Brito *et al*, (2010) apontam que ainda não existem estudos sobre o grau de adoção no país e de seus condicionantes. Bernardi *et al*, (2011) concordam que agropecuária nacional possui características particulares e demandam máquinas, implementos e equipamentos adequados para a nossa realidade.

Geebers e Adamchuk (2010) afirmam que a inspeção de produtos agrícolas é um dos meios para se alcançar a segurança alimentar e estabelecer um protocolo comum de trocas de informações similares para rastrear a cadeia alimentar desde a fazenda até o supermercado. Bernardi *et al*, (2011) relatam que os fabricantes de máquinas e equipamentos agrícolas, e principalmente os fabricantes nacionais de implementos, deparam-se com barreiras técnicas por não possuírem, tradicionalmente, departamentos para desenvolvimento de eletrônica embarcada e pela carência no mercado de empresas fornecedoras de eletrônica própria para aplicações agrícolas.

O momento atual está gerando aumento na demanda de produção de alimentos. Alterações climáticas e escassez de recursos naturais, tais como água e nutrientes do solo passam a exigir uma mudança na forma como os produtos agrícolas são produzidos, beneficiados e comercializados (AGROSMART, 2018).

Segundo Silva, Parizzi e Sobrinho (1995), o beneficiamento é uma das últimas etapas no processo de inspeção de qualidade de grãos, momento este onde se verifica e separa sementes, grãos imaturos, rachados ou partidos, ervas daninhas ou qualquer outro material estranho diferente da matéria prima. Ainda de acordo com os autores, no passado um dos métodos para o beneficiamento de grãos era o abano, o qual era primitivo pois se baseava apenas na densidade entre a matéria prima e materiais estranhos. Atualmente, com as novas tecnologias, outros fatores tais como tamanho, cor e textura podem levados em conta por sistemas automatizados de inspeção, contribuindo de forma significativa para a agricultura moderna.

A inspeção visual de grãos é parte do mundo da agroindústria, por este motivo esforços na área de visão computacional, mais precisamente voltados para os métodos para reconhecimento de padrões em imagens digitais, são importantes porque fortalecem e encorajam o desenvolvimento de soluções para problemas práticos da Agroindústria 4.0.

#### **4.2. Abordagens para inspeção visual automática de grãos agrícolas propostas na literatura recente**

O quadro 1 a seguir relaciona os trabalhos encontrados na literatura recente propondo o uso de sistemas baseados em técnicas de análise e processamento de imagens, ou Sistemas de Visão Computacional, para classificação e detecção de defeitos em grãos agrícolas. São apresentadas nesse quadro informações a respeito dos grãos considerados, propósito do trabalho, acurácia obtida nos experimentos e se eles são capazes de segmentar grãos grudados uns aos outros.



Quadro 1 – Resumo das abordagens utilizando visão computacional para inspeção automática de grãos agrícolas.

Referência	Produto inspecionado	Tarefa executada	Acurácia/Precisão	Separa grãos grudados
Venora et al. (2009)	Feijão Italiano	Classificação	98,20%.	–
Aanmi e Savakar (2010)	Trigo, ervilha, amendoim e outros	Classificação	–	–
Aggarwal e Mohan (2010)	Arroz	Classificação	90%	–
Laurent et al. (2010)	Feijão	Classificação ( <i>hard to cook</i> )	–	Não aplicado
Ouyang et al. (2010)	Arroz	Classificação (5 tipos)	99,9%, 99,93%, 98,89%, 82,82% e 86,65%	–
Liu et al (2011)	Soja	Previsão de peso	97%	–
Patil e Yadahalli (2011)	Diversos	Classificação	–	–
Potter et al. (2012)	Milho	Detecção de defeitos	89%	–
Pessota (2013)	Feijão	Classificação	Tx. Acertos: 98,62% Precisão: 98,5% Acurácia: 97,16%	–
Swati e Chanana (2014)	Arroz	Contagem	Acurácia: 95%	Sim
Siddagangappa e Kulkarni (2014)	Arroz, feijão e outros	Classificação	Tx. Acertos: 98%	–
Kambo e Yerpude (2014)	Arroz Indiano basmati	Classificação	80%, 75%, 80% e 79%	–
Belan, Araújo e Santana (2015)	Feijão Brasileiro	Classificação	Tx. Acertos: 99,95%	–
Araújo, Pessota e Kim (2015)	Feijão Brasileiro	Classificação	Tx. Acertos: 99,99%	Sim
Araújo et al (2015)	Feijão Brasileiro	Classificação	Tx. Acertos: 99,95%	Sim
Belan, Araújo, Alves(2016)	Feijão Brasileiro	Classificação	Tx. Acertos: 99,14%	Sim
Belan at al (2016)	Feijão Brasileiro	Classificação	Tx. Acertos: 99,48%	Sim
Zareiforouh et al (2016)	Arroz	Detecção de defeito	Precisão: 98,72%	Sim
Ramos et al. (2017)	Café	Classificação	Precisão: 95%	–
Bhat, Panat, Arunachalam (2017)	Arroz	Classificação	–	Sim

Dentre os trabalhos apresentados no quadro 1, nove propuseram sistemas automáticos para classificar grãos de feijão, sendo que apenas um deles abordou defeitos. Além disso, apenas sete trabalhos (entre os quais a maior parte é recente) consideram a segmentação de grãos grudados nas imagens. Na maioria das abordagens propostas os grãos são colocados separados de propósito para facilitar a segmentação, que consiste num dos primeiros passos de um sistema computacional de inspeção visual. Isso impossibilita a utilização de tais abordagens no campo prático. De todos os trabalhos investigados, apenas Belan et al. (2016) tiveram a preocupação com o tempo de processamento. Além disso, é um dos poucos trabalhos que apresentaram um aparato para simular uma situação real de uma indústria. Diante disso, nota-se que os trabalhos mais recentes têm investido especialmente na etapa de segmentação dos grãos e na redução de tempo de processamento, visando o desenvolvimento de sistemas que possam ser empregados em processos de qualidade tanto na agricultura quanto na indústria de alimentos.

Observa-se que boa parte dos trabalhos estão voltados para análise e classificação de arroz e feijão, talvez por se tratar de dois tipos grãos amplamente consumidos no mundo. Dos autores que mencionaram acurácia e/ou precisão em seus trabalhos, quase todos relatam taxas acima de 90%, o que é muito positivo para se pensar em utilização prática de suas propostas. Por fim, nenhum dos autores listados no quadro 1 relacionam a abordagem proposta à Agricultura 4.0 ou Agricultura de Precisão, o que mostra ainda um certo distanciamento das abordagens propostas com aquilo que ocorre na prática da indústria e da agricultura moderna.

## 5. Conclusões

A quarta Revolução Industrial já está fazendo parte da agricultura moderna. Assim, termos como inteligência artificial, visão computacional e *IoT*, que antes eram desconhecidos, já são comuns e têm sido discutidos em eventos desse segmento. Entretanto, apesar dos grandes benefícios que a indústria 4.0 pode trazer para agricultura, o Brasil ainda possui algumas dificuldades para a implementação de tais benefícios. Sobre a revisão da literatura acerca da agricultura moderna realizada neste trabalho, não foi possível identificar as diferenças entre Agricultura 4.0 e Agroindústria-4.0, o que demonstra que ainda não há consenso sobre o uso desses termos. Sobre os sistemas de inspeção visual automática propostos na literatura,

embora eles seja importantes para agricultura moderna, já que permitem aumentar a produtividade, diminuir os impactos ambientais, aumentar os lucros e melhorar a qualidade dos produtos, ainda faltam alguns avanços tendo em vista que muitos deles apenas classificam os grãos sem detectar defeitos e que eles foram testados apenas em experimentos teóricos. Contudo, tais avanços devem ser alcançados muito em breve dada importância de tais sistemas para a Agroindústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, A. K.; MOHAN, R. Aspect ratio analysis using image processing for rice grain quality. **International Journal of Food Engineering**, v. 6, n. 5, 2010.
- ALVES, W. A. L.; HASHIMOTO, R. F. ULTIMATE GRAIN FILTER. **International Conference on Image Processing (ICIP)**, p. 2953–2957, 2014.
- ANAMI, B. S.; SAVAKAR, D. G. Influence of light, distance and size on recognition and classification of food grains' images. **International Journal of Food Engineering**, v. 6, n. 2, 2010.
- ARAÚJO, S. A., ALVES, W. A. L., BELAN, P. A., & ANSELMO, K. P. Computer Vision System for Automatic Classification of Most Consumed Brazilian Beans. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 9475, p. 45–53, 2015.
- ARAÚJO, S. A. DE; PESSOTA, J. H.; KIM, H. Y. Beans quality inspection using correlation-based granulometry. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 40, p. 84–94, 2015.
- BELAN, P. A.; ARAÚJO, S. A.; ALVES, W. A. L. Image Analysis and Recognition. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 9730, p. 801–809, 2016.
- BELAN, P. A.; ARAÚJO, S. A.; SANTANA, J. C. C. Um Sistema De Análise De Imagens Para Classificação Automática De Grãos De Feijão Brasileiro. **CILAMCE - Ibero-Latin American Congress on Computational Methods in Engineering**, p. 1–7, 2015.
- BERNARDI, A. C. D. C. ; Fragelle, E. P. Inovação tecnológica em Agricultura de Precisão. **Agricultura de Precisão - um novo olhar**, p. 297–302, 2011.
- BERNARDI, A. C. DE C.; INAMASU, R. Y. Tendências Da Agricultura De Precisão No Brasil. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**, n. 1, p. 559–577, 2014.
- BHAT, S.; PANAT, S.; ARUNACHALAM, N. **Classification of rice grain varieties arranged in scattered and heap fashion using image processing**. Proc. SPIE 10341, Ninth International Conference on Machine Vision (ICMV 2016). **Anais...**2017.
- Cirani, C. B. S.; Moraes, M. A. F. D. **Inovação na Indústria Sucroalcooleira Paulista: Os Determinantes da Adoção das Tecnologias de Agricultura de Precisão**. v. 48, n. 4, p. 543–565, 2010.
- CAF – Banco de Desenvolvimento da América Latina. Disponível em: <<https://www.caf.com/pt/presente/noticias/2017/10/o-caf-aposta-em-novas-tecnologias-para-fechar-as-lacunas->

da-produtividade-agroalimentar/?parent=37782> Acesso em: 15 maio 2018.

DE TOLEDO, J. C.; BATALHA, M. O.; AMARAL, D. C. Qualidade na Indústria Agroalimentar: Situação Atual e Perspectivas. **Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n. 2, p. 90–101, 2000.

Dubosclard, P., Larnier, S., Konik, H., Herbulot, A., & Devy, M. Automatic method for visual grading of seed food products. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 8814, n. Figure 1, p. 485–495, 2014.

EMBRAPA - **Tecnologias e conhecimentos para aperfeiçoar a produção**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>>, acesso em: 16 maio 2018.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. Massachusetts: Addison-Wesley, 2002.

GUANAES, Nizan. **Indústria mais antiga do mundo, agricultura pode também ser a mais nova**. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/artigos/industria-mais-antiga-do-mundo-agricultura-pode-tambem-ser-mais-nova>> Acesso em: 30 abr. 2018.

INAMASU, RICARDO. **Commitment and Respect Towards the Use of Land**. Disponível em: <<https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/publicacoes/publicacoes-da-rede-ap/outras-publicacoes/precision-agriculture>> Acesso em: 04 maio 2018.

KAMBO, R.; YERPUDE, A.; IMAGE, K. Classification of Basmati Rice Grain Variety using Image Processing and Principal Component Analysis. v. 11, n. 2, p. 80–85, 2014.

LAURENT, B., OUSMAN, B., DZUDIE, T., CARL, M. F. M., & EMMANUEL, T. Digital camera images processing of hard-to-cook beans. **Jornal of Engineering and Technology Research**, v. 2, n. 9, p. 177–188, 2010.

LIU, J. ;YANG, W. W.; WANG, Y.; RABABAH, T. M.; WLAKER, L. T. Optimizing Machine Vision Based Applications in Agricultural Products by Artificial Neural Network. **International Journal of Food Engineering**, v. 7, n. 3, 2011.

MAPA – **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>, Acesso em: 04 maio 2018.

NUNES, C. D.; SOUZA, R. C. T. Metodologia para identificação do percevejo marrom na lavoura de soja com base em visão computacional e aprendizagem de máquina. **FCV Empresarial**, v. 8, p. 10–14, 2016.

OUYANG, A. G., GAO, R. J., SUN, X. D., PAN, Y. Y., & DONG, X. L. An Automatic Method for Identifying Different Variety of Rice Seeds Using Machine Vision Technology. **Science And Technology**, n. Icnc, p. 84–88, 2010.

PARRONCHI, P. Os Pioneiros do desenvolvimento e a Nova Agricultura 4.0: desenvolvimento econômico a partir do campo. The Development Pioneers and the New Agriculture 4.0: economic development from the countryside? **Universidade Federal do ABC**, 2017.

PATIL, N. K.; YADAHALLI, R. M. Comparison between HSV and YCbCr Color Model Color-Texture based Classification of the Food Grains. **International Journal of Computer Applications**, v. 34, n. 4, p. 51–57, 2011.

PESSOTA, J. H. **Sistema Especialista Aplicado À Inspeção da Qualidade Visual de Grãos De Feijão**, 2013.

POTTER, P.; VALIENTE, J. M.; ANDREU-GARCÍA, G. Automatic Visual Inspection of Corn Kernels Using

Principal Component Analysis. n. February 2015.

YAO, Q., CHEN, J., GUAN, Z., SUN, C., & ZHU, Z. Inspection of rice appearance quality using machine vision. **Proceedings of the 2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems, GCIS 2009**, v. 4, p. 274–279, 2009.

RAMOS, P. J., PRIETO, F. A., MONTOYA, E. C., & OLIVEROS, C. E. Automatic fruit count on coffee branches using computer vision. **Computers and Electronics in Agriculture**, 2017.

SCHWAB, K. Navigating the fourth industrial revolution. **Nature Nanotechnology**, v. 10, n. 12, p. 1005–1006, 2015.

SIDDAGANGAPPA, M. R.; KULKARNI, A. H. Classification and Quality Analysis of Food Grains. **IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)**, v. 16, n. 4, p. 01–10, 2014.

SILVA, J. S.; FILHO, A. F. L.; BERBERT, P. A. R. A. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa, Cap 17, p.395-464, 2000. SILVA, J. S.; PARIZZI, F. C.; SOBRINHO, J. C. Beneficiamento de Grãos. Cap 13, p.1-17, 1995.

SIMÕES, MARGARETH; SOLER, LUCIANAS.; PY, H. **Tecnologias A Serviço Da Sustentabilidade E Da Agricultura**. **Boletim Informativo**, p. 50–53, 2017.

SOFU, M. M., ER, O., KAYACAN, M. C., & CETIŞLI, B. Design of an automatic apple sorting system using machine vision. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 395–405, 2016.

SWATI; CHANANA, R. Grain Counting Method Based on Machine Vision. **International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science**, v. 2, n. 8, p. 328–332, 2014.

VENORA, G., GRILLO, O., RAVALLI, C., & CREMONINI, R. Identification of Italian landraces of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using an image analysis system. **Scientia Horticulturae**, v. 121, n. 4, p. 410–418, 2009.

ZAREIFOROUGH, H., MINAEI, S., ALIZADEH, M. R., & BANAKAR, A. **Qualitative classification of milled rice grains using computer vision and metaheuristic techniques**. *Journal of Food Science and Technology*, v. 53, n. 1, p. 118–131, 2016.