

ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE VISÃO COMPUTACIONAL

ANALYSIS OF COMPUTER VISION TOOLS

Bruna Carneiro Machado¹
Solange da Silva²
Marcos Lajovic Carneiro³

Resumo – Esse artigo tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica para explorar a Visão Computacional, uma área da Inteligência Artificial que interpreta imagens, trazendo algumas ferramentas, tais como BoofCV, YOLO, TENSORFLOW e outras que permitem o reconhecimento de objetos em tempo real ou reconhecimento de imagens. Dessa forma, é possível acelerar o processamento de dados, otimizando sistemas. A evolução da visão computacional oferece soluções eficientes, promovendo inovação em diversos setores, como a indústria e a medicina. Essas tecnologias são essenciais para a automação e tomada de decisões baseadas em dados. Entre as ferramentas de visão computacional, o TensorFlow se destaca para o treinamento de imagens e avaliação da qualidade de objetos.

Palavras-chaves: Inteligência Artificial, Processamento de Imagens, Métodos de Visão Computacional.

Abstract - This article aims to conduct a literature review to explore Computer Vision, an area of Artificial Intelligence that interprets images, highlighting tools such as BoofCV, YOLO, TensorFlow, and others that enable real-time object recognition or image recognition. This can accelerate data processing and optimize systems. The evolution of computer vision offers efficient solutions, fostering innovation in various sectors such as industry and medicine. These technologies are essential for automation and data-driven decision-making. Among the computer vision tools, TensorFlow stands out for image training and object quality assessment.

Key-words: Artificial Intelligence, Image Processing, Computer Vision Methods.

¹ Mestranda em Engenharia Industrial e Inteligência Artificial pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUCGO). brunaneiro@gmail.com

² Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). solansilva@pucgoias.edu.br

³ Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (UNB). mcarneiro@pucgoias.edu.br

I. INTRODUÇÃO

A visão computacional pode ser descrita como a capacidade de um sistema computacional identificar objetos, padrões e expressões de maneira semelhante à percepção humana da realidade, apesar dos desafios associados às variações de cor, forma, sombra, reflexo e transparência dos objetos. Enquanto seres humanos, percebem o mundo tridimensional com facilidade; por exemplo, ao observar um vaso de flores, distinguimos a forma e a transparência das pétalas, apesar das variações de cor, luz e sombra, e identificamos facilmente os elementos da planta em contraste com o fundo. Com o avanço da Inteligência Artificial (IA), tornou-se possível criar programas que simulam a cognição, como a visão computacional (Zanella, 2023).

A capacidade dos sistemas de visão não se limita apenas ao reconhecimento e classificação dos objetos, mas também envolve a interpretação e aprendizado. O processo de segmentação de imagem consiste na separação de regiões com base no contexto, como a comparação de valores de pixels (Santos, 2021).

O avanço das técnicas de processamento de imagens tem ampla aplicação em máquinas e equipamentos industriais. Entretanto, são cada vez mais utilizadas para automatizar ou melhorar diversos processos ao longo da cadeia produtiva (Zanella, 2023).

Aplicações modernas de automação industrial estão cada vez mais dependentes de técnicas avançadas de processamento de imagens. Existe um crescimento significativo na utilização dessas técnicas para realizar medições de precisão não invasivas, guiar robôs autônomos e garantir a verificação confiável dos processos de automação industrial. As técnicas de aquisição e processamento de imagens são amplamente reconhecidas nas áreas de física, computação, engenharia elétrica e mecânica (Paes, 2020).

O desenvolvimento de novas tecnologias trouxe melhorias significativas para diversos setores nas últimas décadas. Atualmente, em um cenário altamente competitivo, a informação seja científica, social, produtiva, técnica ou econômica, é considerada essencial para a tomada de decisões. Nesse caso, gestão da informação é uma ferramenta estratégica crucial para apoiar os tomadores de decisões, proporcionando controle através da análise consolidada de dados (Santos, 2021).

Diante deste contexto, esse artigo visa responder o seguinte problema de pesquisa: Quais as ferramentas de visão computacional mais utilizadas?

O objetivo geral deste trabalho é descrever algumas ferramentas de visão computacional mais utilizadas.

Os objetivos específicos são: identificar a ferramenta mais adequada para ser utilizada para treinamento de imagens e verificar a ferramenta mais apropriada para identificar a qualidade de determinado objeto através de imagens.

Quantos aos aspectos metodológicos esta pesquisa segundo a sua natureza é um resumo de assunto. Quanto aos seus objetivos é uma pesquisa exploratória. Em relação aos procedimentos técnicos, é uma pesquisa bibliográfica e documental.

Este artigo está estruturado da seguinte maneira: neste Capítulo é apresentado o contexto do trabalho, a questão de pesquisa, objetivo e metodologia. O Capítulo 2 traz o referencial teórico com conceitos, definições relacionadas com o tema. No Capítulo 3 é descrito os resultados, apresentando os sistemas de visão identificados. No capítulo 4 é apresentado a análise dos resultados obtidos. Por fim, o Capítulo 5 traz as referências utilizadas.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

- INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial (IA) é um ramo da ciência e engenharia da computação que busca desenvolver sistemas computacionais para resolver problemas, utilizando diversas técnicas e modelos conforme necessário. Os objetivos da área, como proposto por Rich e Knight (1991), é desenvolver sistemas que realizam tarefas de maneira mais eficaz que os seres humanos ou que não exista uma solução algorítmica viável na computação convencional (Sichman, 2021).

O propósito da IA é desenvolver sistemas que aprendam automaticamente a partir dos dados e usem esse conhecimento para solucionar novos problemas de maneira semelhante aos humanos. Por exemplo, ela pode interagir de forma inteligente em conversas, gerar imagens e textos originais, além de tomar decisões com base em dados em tempo real. As empresas podem incorporar a IA em suas aplicações para otimizar processos, aprimorar a experiência dos clientes e impulsionar a inovação (AWS, 2024).

Dessa forma, se baseia na replicação do funcionamento humano, reproduzindo suas capacidades por meio da interconexão entre métodos e grandes volumes de dados. Isso permite a combinação de diferentes tecnologias, possibilitando que as máquinas transcrevam o raciocínio lógico humano. Assim, a IA aprimora sistemas ao identificar padrões e gerar novas situações através da recombinação de algoritmos, produzindo resultados variados conforme as entradas recebidas pelo sistema (Morais; Branco, 2023).

- MACHINE LEARNING

O termo *Machine Learning* ou Aprendizado de Máquina (ML) refere-se a um ramo da IA dedicado a criar sistemas que podem aprender por conta própria, sem serem programados explicitamente para tal. Os algoritmos são treinados com dados, que podem ser estruturados e rotulados ou não, para identificar padrões e realizar previsões (Kleina, 2023).

O ML utiliza dados para aprender regras complexas, muitas vezes relacionadas à tomada de decisões. O avanço dessa área se deve ao aperfeiçoamento dos algoritmos, ao acesso facilitado a grandes bancos de dados em plataformas online e à evolução da computação acessível (Borba, 2023).

- VISÃO COMPUTACIONAL

A visão computacional é um campo de estudo da IA buscando interpretar e enxergar o mundo visual, combinando diversas técnicas de processamento de imagens, aprendizado de máquina e diversas áreas. Dessa forma, tem com objetivo de obter informações fundamentais, com o intuito de contribuir e conseguir solucionar diversos problemas de forma eficiente (Zrenner, 2023).

Visão computacional se baseia em imagens extraídas que apresentam características para cada problema de estudo. Sendo assim, cada cenário analisado transmite informações para a tomada de decisões. Entretanto, existem ruídos nas imagens, sendo um desafio para a visão computacional melhorar a qualidade da informação extraída. Dessa forma, existem técnicas de processamento de imagem digital que buscam equalizar, filtrar e revelar detalhes significativos para auxiliar no aprendizado (Almeida, 2021).

A imagem utilizada é interpretada pelo computador como inúmeros *pixels*, com variados valores. Dispositivos de reprodução de utilizam imagens de forma ‘crua’ e são analisados pelo próprio receptor humano, como uma impressora ou monitor. Uma máquina para interpretar as imagens de forma autônoma, é necessário utilizar técnicas

apropriadas e a complexidade do algoritmo é essencial no tempo de processamento, já que uma imagem contém uma grande quantidade de dados (Nogueira, 2023).

As máquinas não possuem a capacidade de enxergar, dessa forma, analisam pixels, que compõem as imagens digitais. Dessa forma, conseguirão distinguir que as imagens correspondem ao mesmo objeto verificando que possuem padrões de *pixels* parecidos. Entretanto, é necessário treinar a máquina, pois a visão computacional só reconhece e distingue diferentes imagens se forem treinadas para reconhecê-las e classificá-las (Vecina, 2023).

III. RESULTADOS

A revisão bibliográfica permitiu identificar os seguintes sistemas de visão computacional:

- BOOFCV

BoofCV é uma biblioteca de código aberto para visão computacional escrita em Java. Ela é projetada para ser fácil de entender e usar, oferecendo uma vasta gama de algoritmos para processamento de imagens, reconhecimento de padrões, calibração de câmeras, e estrutura de movimento (*structure-from-motion*). BoofCV é amplamente usada em robótica e em sistemas embarcados devido à sua eficiência e capacidade de operar em tempo real em dispositivos com recursos limitados (Abeles, 2024).

O BoofCV oferece uma vasta gama de funcionalidades, que vão desde o processamento básico de imagens até técnicas avançadas de visão geométrica em 3D, atendendo às diversas necessidades em projetos de visão computacional. Disponível sob a licença Apache 2.0, pode ser utilizado livremente. A biblioteca possui uma interface amigável, tornando-a acessível tanto para desenvolvedores iniciantes quanto para especialistas. Além disso, oferece suporte para várias linguagens de programação, o que aumenta sua versatilidade e compatibilidade com diferentes projetos (Kumari, 2024).

A biblioteca é dividida em diversos pacotes: processamento de imagem, recursos, visão geométrica, calibração, reconhecimento, visualização, *Input Output* (IO). O pacote de processamento de imagem inclui funções comuns que operam diretamente nos *pixels*. O pacote de recursos contém algoritmos para extração de características utilizadas em operações de nível superior. O pacote de calibração oferece rotinas para determinar os parâmetros intrínsecos e extrínsecos da câmera. O reconhecimento é voltado para a detecção e rastreamento de objetos visuais complexos. A visão geométrica abrange rotinas que processam recursos de imagem com geometria 2D e 3D. O pacote de visualização tem funções para renderizar e exibir esses recursos, enquanto o IO lida com entrada e saída de diferentes estruturas de dados (Boofcv, 2023).

Entre as vantagens estão: ser multi-plataforma, utilizar código Java puro, suporte para Android, ser *open source* com atualizações frequentes, além de contar com vários exemplos e uma documentação de qualidade. Além disso, a biblioteca apresenta um desempenho satisfatório em aplicações comerciais (Rufino, 2015).

- YOLO

Lançado em 2015, o YOLO é uma biblioteca para detecção e reconhecimento de objetos de passada única ou *single pass*. Rapidamente se destacou como uma técnica revolucionária, pois adotou uma abordagem completamente nova que alcançou uma precisão comparável ou superior aos métodos de detecção de objetos da época, mas com uma velocidade de detecção significativamente maior (Alves, 2020).

YOLO é uma das abordagens mais populares para detecção de objetos em tempo real. Diferente de métodos que dividem a imagem em múltiplas partes e passam por

várias etapas de processamento, utilizando uma única rede neural convolucional (CNN) para prever diretamente as classes dos objetos e as caixas delimitadoras em uma única passada da imagem pela rede, o que o torna extremamente rápido e eficiente. É amplamente utilizado em aplicações de visão computacional que exigem alta velocidade, como veículos autônomos e sistemas de segurança (Redmon, 2016).

Uma característica importante é que ele é totalmente de código aberto e livre de restrições de licença. Diferente da tarefa de classificação, que se concentra apenas em prever a classe presente em uma imagem, a detecção de objetos também precisa identificar a localização do objeto na imagem. Por exemplo, ao construir um classificador de cães e gatos, o modelo de classificação retorna como resultado a classe e a confiança, que indica o grau de certeza da predição (Alves, 2020).

- **OPENCV**

Biblioteca de Visão Computacional de Código Aberto ou *Open Source Computer Vision Library* (OpenCV) é uma biblioteca de software de código aberto desenvolvida pela Intel em 2000, especializada em visão computacional e ML para processamento digital de imagens. Com mais de 2.500 algoritmos otimizados, oferece soluções para diversas aplicações, como detecção e reconhecimento de rostos, identificação de objetos, classificação de ações em vídeos, rastreamento de movimentos, extração de modelos 3D, produção de nuvens de pontos, e sobreposição com realidade aumentada. OpenCV é compatível com várias plataformas e linguagens de programação, incluindo Python, Java, MatLab e C++, e suporta sistemas operacionais como Windows, Linux, Android e MacOS (Rodrigues; Lasthaus, 2022).

O OpenCV é uma extensa biblioteca de código aberto voltada para visão computacional, aprendizado de máquina e processamento de imagens, desempenhando um papel essencial em operações em tempo real, que são fundamentais para os sistemas modernos. Dessa forma, possibilita a detecção de objetos e até mesmo a identificação de caligrafia humana em fotos e vídeos. Quando combinado com outras bibliotecas, como o Numpy, o Python pode processar as estruturas de *arrays* do OpenCV para fins analíticos. Utilizando espaço vetorial e operações matemáticas sobre essas características para identificar padrões visuais. A biblioteca inclui mais de 2.500 algoritmos otimizados, oferecendo várias técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina, tanto tradicionais quanto avançadas. Essa biblioteca foi desenvolvida com ênfase no processamento de imagens, levando em consideração a codificação de imagens ao planejar cada função e estrutura de dados (Mishra, et al, 2022).

Os benefícios de utilizar a biblioteca incluem: rápida detecção de problemas, maior qualidade no código, redução de regressão, controle de visualizações em diferentes dispositivos, *feedbacks* rápidos, maior interação com a experiência do usuário, e especificação executável do sistema (Ferreira, 2020).

O OpenCV foi inicialmente utilizado como um subsistema em aplicativos Android para capturar, processar e analisar imagens. O seu desenvolvimento destacou os desafios que precisavam ser resolvidos para capturar imagens e determinar se houve movimento (Mishra, et al, 2022).

Existem várias aplicações dessa biblioteca que devido à sua versatilidade e eficiência, é uma ferramenta essencial no desenvolvimento de sistemas de visão computacional em diversas áreas, como indústria, medicina, robótica e realidade aumentada. As principais utilizações incluem: detecção e reconhecimento facial, identificação de objetos, rastreamento de objetos, registro e costura de imagens, entre outros (Ribeiro et.al, 2024).

- **CUDA**

Compute Unified Device Architecture ou Arquitetura de Dispositivos Unificados de Computação (CUDA) é uma plataforma de computação paralela e uma Interface de Programação de Aplicativos (API) criada pela NVIDIA, que permite o uso de Unidade de Processamento Gráfico (GPU) para computação de propósito geral. É amplamente utilizada em aprendizado de máquina, processamento de imagens, simulações físicas, e outras aplicações que requerem alto poder computacional. CUDA permite que desenvolvedores acelerem o processamento de grandes volumes de dados utilizando a GPU, o que é especialmente útil em visão computacional (Nickolls et al, 2008).

Os desenvolvedores podem criar programas utilizando uma variedade crescente de linguagens suportadas, como C, C++, Fortran, Python e MATLAB, adicionando extensões a essas linguagens através de palavras-chave específicas. Essas palavras-chave permitem que os desenvolvedores expressem alto grau de paralelismo e orientem o compilador para executar essas partes do código nos aceleradores de GPU (Oh, 2024).

As GPUs NVIDIA já otimizam a inferência em pipelines de visão computacional para inteligência artificial, mas o pré e pós-processamento com ferramentas tradicionais ainda consome bastante tempo e poder computacional. Para resolver isso, a NVIDIA lançou o CV-CUDA, uma biblioteca de código aberto projetada para acelerar pipelines de visão computacional e processamento de imagem de ponta a ponta. O CV-CUDA disponibiliza aos desenvolvedores mais de 50 algoritmos de visão computacional de alto desempenho, um framework para a criação de kernels personalizados e interfaces de cópia zero, que ajudam a eliminar gargalos no pipeline de IA (Boone, 2022).

Com mais de 20 milhões de downloads, o CUDA permite que os desenvolvedores acelerem suas aplicações utilizando o poder dos aceleradores de GPU. Além de impulsionar a Computação de Alto Desempenho (HPC) e aplicações de pesquisa, é amplamente adotado em diversos setores industriais e de consumo, como por exemplo, empresas farmacêuticas o utilizam para descobrir novos tratamentos promissores (Oh, 2024).

• TENSORFLOW

TensorFlow é uma biblioteca de código aberto para computação numérica e aprendizado de máquina, desenvolvida pelo Google Brain. É usada amplamente em tarefas de reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural, detecção de objetos e muito mais. TensorFlow permite a construção e treinamento de redes neurais profundas com suporte para execução em Unidade Central de Processamento (CPU), GPU e *Tensor Processing Units* (TPU). (Abadi et al, 2016).

O TensorFlow é uma das ferramentas de visão computacional mais acessíveis, permitindo que os usuários desenvolvam modelos de aprendizado de máquina para tarefas relacionadas, como identificação de objetos, categorização de imagens e reconhecimento facial. Entre seus pontos positivos estão: ser uma plataforma de código aberto e gratuita, oferecer suporte a diversas linguagens de programação, e receber atualizações frequentes com novos recursos e melhorias. No entanto, um dos aspectos negativos é que pode consumir muitos recursos (Kumari, 2024).

Oferece diversas ferramentas para auxiliar na consolidação, limpeza e pré-processamento de dados em grande escala, para o aprendizado de máquina, como por exemplo: conjuntos de dados padrão para treinamento e validação inicial, pipelines de dados altamente escaláveis para carregamento eficiente dos dados, camadas de pré-processamento para transformações comuns de entrada e ferramentas para validar e transformar grandes volumes de dados (TensorFlow, 2019).

O TensorFlow disponibilizou diversos modelos em código aberto. Muitos modelos incluem, além do gráfico do modelo, outros recursos, permitindo que sejam

testados e ajustados utilizando técnicas como a aprendizagem por transferência. Entre os modelos disponibilizados está a API de detecção de objetos, que aborda o desafio de criar modelos precisos capazes de localizar e identificar múltiplos objetos em uma imagem. A API de detecção de objetos do TensorFlow, obteve resultados de alto nível, conquistando o primeiro lugar no desafio de detecção *Common Objects in Context* (COCO) (Unruh, 2017).

TensorFlow é uma das bibliotecas mais populares, quando é pesquisado seu nome no GitHub, é possível encontrar cerca de 100 mil repositórios e aproximadamente 1 milhão de *commits*, que são utilizados para auxiliar o controle do versionamento e as modificações do sistema. Desenvolvida pelo Google, essa biblioteca é de código aberto e oferece controle abrangente sobre todos os aspectos de um sistema de aprendizado de máquina (Spadini, 2021).

IV. CONCLUSÕES

O desenvolvimento contínuo da visão computacional, aliado à IA e ao aprendizado de máquina, tem transformado radicalmente diversos setores, proporcionando automação, eficiência e inovação. Os sistemas de visão como YOLO, OpenCV, BoofCV e TensorFlow têm facilitado a adoção de soluções inteligentes em áreas como a robótica, automação industrial e sistemas de reconhecimento visual. O avanço de ferramentas de processamento paralelo, como o CUDA, também tem acelerado o desempenho desses sistemas, permitindo que operem em tempo real com alta precisão.

Dessa forma, essas tecnologias são fundamentais em um cenário competitivo, no qual a automação e a capacidade de tomada de decisão com base em grandes volumes de dados se tornaram essenciais para o sucesso organizacional. A aplicação da visão computacional e da IA continuará a expandir-se, gerando impactos profundos em várias indústrias e possibilitando novas oportunidades tecnológicas no futuro.

Portanto, foram apresentados alguns sistemas de visão computacional mais utilizados, sendo o Yolo, OpenCV, BoofCV, CUDAe Tensorflow. Sendo verificado que os sistemas de visão pesquisados podem ser utilizados para aprendizado de máquina, treinando imagens, por exemplo. Dessa maneira, o TensorFlow é uma ferramenta que possui muitos manuais, fácil acesso e a mais apropriada para identificar a qualidade de um objeto específico através de imagens.

V. REFERÊNCIAS

ABADI, M.; BARHAM, P.; CHEN, J.; et al. TensorFlow: A system for large-scale machine learning. OSDI, v. 16, p. 265-283, 2016.

ABELES, Peter. BoofCV. 2011-2021. Disponível em: <http://boofcv.org/>. Acesso em: 14 ago. 2024.

ALMEIDA, Jane Kelly Barbosa de. Visão computacional aplicada a gestão da manutenção de sistemas de engrenagens. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2021.

ALVES, Gabriel. Detecção de objetos com YOLO – Uma abordagem moderna. IA Expert Academy, 2020. Disponível em: <https://iaexpert.academy/2020/10/13/deteccao-de-objetos-com-yolo-uma-abordagem-moderna/>. Acesso em: 27 de ago. 2024.

AWS. O que é inteligência artificial (IA)? AWS, 2024. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/artificial-intelligence/>. Acesso em: 08 de set. 2023.

BENIGNO RODRIGUES, P. H.; LASTHAUS, A. Técnicas de visão computacional para classificação de peças. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 144–167, 2022. Disponível em: <https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/14715>. Acesso em: 26 jul. 2024.

BOONE, Michael. A NVIDIA Apresenta Projeto de Código Aberto para Acelerar Aplicações de Computação no Cloud. Nvidia, 2022. Disponível em: <https://blog.nvidia.com.br/blog/visao-computacional-no-cloud/>. Acesso em: 28 ago. 2024.

BOOFCV. BoofCV. Boofcv, 2024. Disponível em: https://boofcv.org/index.php?title=Main_Page. Acesso em: 15 set. 2024.

BORBA, Mariane Furtado. Análise da generalização de algoritmos de machine learning e suas aplicações na otimização de decisões em saúde. 2023. Tese (Doutorado em Epidemiologia) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. Acesso em: 31 jul. 2024.

FRASLE. Manutenção de embreagem: saiba quando trocar as peças do seu carro. Frasle. 2023. Disponível em: <https://blog.fras-le.com/manutencao-de-embreagem/>. Acesso em: 12 ago. 2024.

FERREIRA, Aparecido. Como usar OpenCV no seu projeto. Medium, 2020. Disponível em: <https://medium.com/digitalproductsdev/utilizando-opencv-no-projeto-68bcb7763e17>. Acesso em: 15 set. 2024.

KUMARI, Priyanka. 7 Best Computer Vision Development Libraries in 2024. Labeller, 2024. Disponível em: <https://www.labeller.com/blog/top-7-computer-vision-development-tools-2024/#3-boofcv>. Acesso em 9 set. 2024.

KLEINA, Olivia. A diferença entre machine learning e deep learning. PÓSPUCPR, 2023. Disponível em: <https://posdigital.pucpr.br/blog/machine-learning-deep-learning>. Acesso em: 31 jul. 2024

MARTINS, Bruno Cesar de Carvalho; GUIJARRO, Ian Rocha; SALES, Kaic Luan Ferreira; NORIEGA, Carlos López. Adequação de parâmetros para aplicação de manufatura aditiva por deposição de material fundido na fabricação de componente de embreagem. Ânima educação, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/27611>. Acesso em: 12 ago. 2024;

MISHRA, Shubham; et al. Uma Detecção de Movimento Inteligente Usando OpenCV. Revista Internacional de Pesquisa Científica em Ciência, Engenharia e Tecnologia (IJSRSET), ISSN impresso: 2395-1990, ISSN online: 2394-4099, Volume 9, Edição 2,

pp. 51-63, março-abril de 2022. Disponível em:
<https://doi.org/10.32628/IJSRSET22925>. Acesso em: 07 de set. de 2024.

MORAIS, Flavio Daniel Borges de Moraes; BRANCO, Valdec Romero Castelo. A Inteligência Artificial: conceitos, aplicações e controvérsias. Xx Simpósio Internacional De Ciências Integradas Da Unaerp - Campus Guarujá. Disponível em:
<https://www.unaerp.br/documentos/5528-a-inteligencia-artificial-conceitos-aplicacoes-e-controversias/file>. Acesso em: 08 de set. 2024.

NICKOLLS, John; BUCK, Ian; GARLAND, Michael; SKADRON, Kevin. Scalable Parallel Programming with CUDA: Is CUDA the parallel programming model that application developers have been waiting for? Queue, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, v. 6, n. 2, p. 40–53, mar./abr. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1365490.1365500>. Acesso em: 14 ago. 2024.

NOGUEIRA, Vinicius Veloso Eleutério. Integração de visão computacional e fotogrametria para medição automática de anéis de pistão. 2023. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2023.

OH, Fred. O Que É CUDA? Nvidia, 2024. Disponível em:
<https://blog.nvidia.com.br/blog/o-que-e-cuda/>. Acesso em: 09 set. 2024.

PAES, Vinicius de Carvalho. Modelagem computacional aplicada à extração de características geométricas irregulares em processos multiobjetivos. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção. Universidade Federal De Itajubá, Itajubá, 2020.

PEREIRA, André Rodrigues, LIMA; Gabriel Moreira Costa de; ROCHA, Kaique Ferreira Rocha. Bancada de testes para análise de falhas do sistema de embreagem de um veículo de passeio tipo sedan compacto. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

REDMON, J.; DIVVALA, S.; GIRSHICK, R.; FARHADI, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016. p. 779-788.

RIBEIRO, H. M. C.; PICANÇO, A. R. S.; CARR, C. N.; SANTOS, E. D.; MELO FILHO, D. R. de; ALMEIDA, T. C. de; LIMA, A. C. J. da S.; VIEIRA, A. F.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS, I. H. F.; CORREA JUNIOR, I. de J. C.; PACHECO, K. da S.; SILVA, R. D. da. Aplicação do OpenCV utilizando técnicas de visão computacional e segmentação de imagens para reconhecimento de colônias bacterianas em análises microbiológicas de qualidade de água. Caderno Pedagógico, [S. l.], v. 21, n. 6, p. e4235, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n6-040. Disponível em:
<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/4235>. Acesso em: 15 set. 2024.

RUFINO, Ricardo. Visão computacional com Java e BoofCV sem JNI. Infoq, 2015. Disponível em: <https://www.infoq.com.br/articles/visao-computacional-boofcv/>. Acesso em: 15 set. 2024.

SANTOS, Elton Fernandes. Avaliação da cobertura de gordura de novilhas e vacas usando visão computacional. 2021. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Ciência Agrarias e Ambientais. Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2021.

SICHMAN, Jaime Simão. Inteligência Artificial e sociedade: avanços e riscos. Estudos Avançados, São Paulo, Brasil, v. 35, n. 101, p. 37–50, 2021. DOI: 10.1590/s0103-4014.2021.35101.004. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/185024>. Acesso em: 26 jul. 2024.

SILVA, Daniela Giopato Da. Remanufaturado ou recondicionado. O Carreteiro, 2018. Disponível em: <https://ocarreteiro.com.br/artigos-revistas/remanufaturado-ou-recondicionado/>. Acesso em: 12 ago. 2024.

SPADINI, Allan Segovia. Principais frameworks de deep learning em 2021. Alura, 2021. Disponível em: https://www.alura.com.br/artigos/principais-frameworks-de-deep-learning-em-2021?srsltid=AfmBOor_3YFCNmfZX7-eMDbEHQPLr9FsPUjtoiTF1IeoIrWU4eJ5sYWS. Acesso em 09 set. 2024.

TENSORFLOW. Introdução ao TensorFlow. Tensorflow, 2019. Disponível em: <https://www.tensorflow.org/learn?hl=pt-br>. Acesso em: 09 set. 2024.

VECINA, Isabella. 10 Ferramentas de visão computacional mais utilizadas. Apollo Solutions, 2023. Disponível em: <https://apollosolutionsdev.com/ferramentas-visao-computacional-mais-utilizadas/>. Acesso em 27 jul 2024.

ZANELLA, Marco Antônio. Visão computacional para classificar a maturação dos frutos de café no processo de colheita mecanizada. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2023.

ZRENNER, Rafael Pereira. Explorando o potencial prático da visão computacional: o que é, aplicação e possibilidades. Itaipu parquetec, 2023. Disponível em: <https://blog.itaipuparquetec.org.br/visao-computacional/>. Acesso em: 26 jul 2024.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.