

Visão computacional aplicada em um olho robótico para o reconhecimento e classificação de resíduos domésticos – Uma revisão bibliográfica

Gabriel Euzébio S. Rodrigues¹, André Marcos Silva¹

¹Centro Universitário Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP)
Jardim América – CEP 13231-230, Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

gabrieleuzebio351@gmail.com, andre@faccamp.br

Abstract. *Computer vision has as its main objective to make computers understand and process the content of digital images, in order to assist in robotic or human development. object recognition may seem somewhat trivial in certain situations, but it can help a lot for those who need it, giving a complete analysis of what the object is and giving a description of what the agent can do, such as to a visually impaired person or even to a reusable trash separating robot. This article presents a literature review that seeks to explore the main approaches and techniques for object recognition and analysis.*

Resumo. *A visão computacional tem como principal objetivo fazer com que computadores possam entender e processar o conteúdo de imagens digitais, para assim auxiliar no desenvolvimento robótico ou na cognição humana. O reconhecimento de objetos pode parecer um tanto trivial em certas situações, porém pode ajudar muito àqueles que necessitam dando uma análise completa do que é o objeto e dar uma descrição do que o agente pode fazer, como por exemplo a uma pessoa com deficiência visual ou até mesmo um braço robótico na separação de lixo reutilizável. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica que busca explorar as principais abordagens e técnicas de reconhecimento e análise de objetos.*

1. Introdução

Uma das maiores dificuldades que se encontram na atualidade e que são problemas graves e contínuos são o consumo e descarte de resíduos, e a não reciclagem em escala mundial. Mesmo existindo programas de separação entre resíduos recicláveis e orgânicos, os métodos utilizados muitas vezes são manuais e não possuem a mesma velocidade que o descarte, podendo gerar mais resíduos do que é possível reciclar.

A Lei Federal 12.305/2010 (MPF, 2010) determina que todo material produzido nos setores domésticos e comerciais sejam encaminhados para os serviços de limpeza pública somente quando não for possível seu reaproveitamento, seja por meio da reciclagem, da reutilização, da compostagem ou da geração de energia. Ou seja, quando não existem tecnologias viáveis para tratamento dos resíduos, estes devem ser destinados a aterros sanitários.

Entretanto, os últimos dados remetem a toneladas de lixo que não tiveram a destinação adequada, representando ainda um percentual bastante alto de

encaminhamento irregular ou não esperado, transformando os resíduos sólidos em um grave problema ambiental, pois o descarte inadequado pode carregar esse material para os córregos e rios e conseqüentemente, alcança os oceanos, além, sobretudo de contribuir com o problema de crescimento exponencial dos lixões nos grandes centros urbanos, contribuindo diretamente com impactos na saúde pública dentre outros efeitos negativos.

Diante desse desafio, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de recursos para a reutilização automática de resíduos, utilizando tecnologias como o reconhecimento de objetos, análise e classificação de resíduos. Com isso, pretende-se auxiliar as pessoas e instituições que buscam o reaproveitamento de materiais, aprimorando os métodos de reprocessamento e minimizando os impactos ambientais em relação a geração de descartáveis.

2. Objetivo e metodologia

Este artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre o uso de inteligência artificial e visão computacional no reconhecimento e classificação de resíduos. Além disso, pretende-se explorar as principais técnicas, tecnologias e limitações associadas a essa área. Adicionalmente, este artigo busca identificar estudos relacionados que abordam a implementação de sistemas de visão computacional capazes de classificar resíduos em um ambiente de simulação, visando contribuir para o desenvolvimento de soluções eficientes.

A forma de revisão adotada por este trabalho é sustentada pelo método de Kitchenham (2004). O método utilizado consiste no objetivo de buscar, avaliar e sintetizar evidências de estudos e livros relevantes para responder questões referentes a este artigo. Este método é formado por três etapas:

1. Planejamento: A etapa de planejamento é fundamental para estabelecer as bases da revisão. Nessa fase, são definidos os principais elementos de revisão que são:
 - Fontes de pesquisa: Determinar quais bases de dados e fontes de informação serão utilizadas para buscar os estudos relevantes. Isso pode incluir bases de dados acadêmicos como bibliotecas digitais e periódicos científicos.
 - *Strings* de busca: desenvolver uma estratégia de busca eficaz para identificar os estudos relevantes. Isso envolve a definição de palavras-chave, operadores booleanos e filtros para limitar os resultados da pesquisa.
 - Critérios de inclusão e exclusão: Estabelecer critérios claros para a seleção dos estudos. Esses critérios podem incluir o tipo de estudo, a população de interesse, o período de publicação, entre outros fatores.
2. Revisão sistemática da literatura (RSL): Nesta etapa, o objetivo é executar as buscas de pesquisas definidas no planejamento e aplicar os critérios de inclusão e exclusão para selecionar os estudos relevantes (Tabela 1).
3. Apresentação de resultados (AR): Após a conclusão da RSL, o objetivo é organizar e sintetizar os resultados obtidos dos estudos incluídos, levando geralmente a análise quantitativa dos dados coletados como a aplicação de métodos estatísticos para combinar os resultados dos estudos.

Tabela 1. Parâmetros para realização da RSL

Parâmetros de pesquisa	
Ano de publicação	Artigos publicados entre 2000 e 2023
Bases Científicas	IEEEExplore, ACM, Google Scholar
Palavras-Chave	<i>Deep learning</i> , Processamento de imagens, classificação de lixos, classificação de resíduos, reconhecimento de objetos, detecção de objetos, redes neurais convolucionais
<i>Strings</i> de Busca	1) "computer vision" AND "object recognition" 2) "computer vision" AND "object analysis" 3) "computer vision" AND "waste classification" 4) "object recognition" AND "waste management" 5) "computer vision" AND "feature extraction" 6) "object recognition" AND "machine learning"

Com essas etapas definidas foi feito um estudo preliminar no objetivo de retornar estudos ou trabalhos relacionados a este artigo. De acordo com a etapa de planejamento é necessário definir os critérios para inclusão e exclusão de trabalhos, os critérios foram usados como palavras-chaves para definir *strings* no objetivo de usar metabuscadores ou repositórios como ferramentas para busca (ACM Digital Library 2023; IEEE Xplore 2023; Google Scholar 2023), orientadas por quatro perguntas previamente definidas:

Q1: Quais são as técnicas e algoritmos utilizados na visão computacional e reconhecimento de objetos?

Q2: Qual é a seleção de recursos mais relevantes para o problema.

Q3: Como avaliar o desempenho do sistema.

Q4: Quais etapas de pré-processamento são necessárias para melhorar a qualidade de informações.

Com isso a escolha de estudos ou trabalhos foram realizados em quatro passos: (1) utilização de *string* de busca para artigos de bases científicas; (2) leitura do título e *abstract* para a escolha dos artigos relacionados; (3) seleção de artigos realizada por análise do conteúdo e os critérios; (4) todos os artigos selecionados nas etapas foram analisados.

Complementarmente aos mecanismos para execução da RSL (tabela 1), as definições de inclusão e exclusão de itens são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Critérios de inclusão e exclusão

Critérios	Parâmetros de pesquisa
Inclusão	Relacionados aos temas: reconhecimento de objetos, classificação de lixo, processamento de imagem, detecção de objeto, redes neurais convolucionais e estando nos idiomas inglês e português
Exclusão	Idiomas diferentes de inglês e português, artigos que não estejam relacionados diretamente com as questões de pesquisa, artigos que não estejam em base científica, artigos que apresentam dificuldades de acesso e leitura.

3. Execução da revisão e síntese

A busca realizada nas bases científicas retornou um total de 55 artigos com relevância para as questões de pesquisa, sendo eles separados na tabela 3, por base de busca. Após os estudos destes artigos, eles foram classificados conforme sua distribuição às quatro questões como: Muito Útil(1), Útil(2), Pouco Útil(3), Não Útil(1). Com isso foi feita a quantificação referente às questões específicas observadas na Figura 1.

Tabela 3: Trabalhos escolhidos e suas bases de pesquisa

Base de Busca	Artigos Escolhidos
Google Scholar	21
ACM	15
IEEE Xplore	19

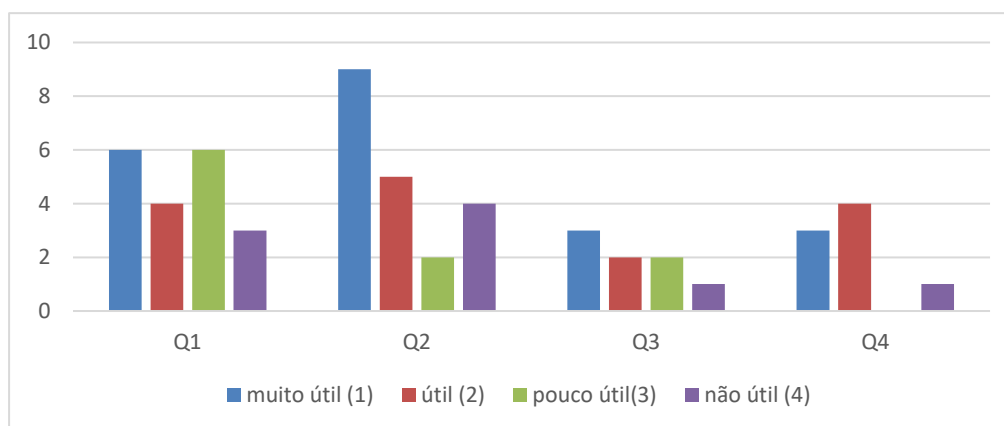


Figura 1. Medição e conformidade com as questões

Com o resultado e mediação dos artigos, foram escolhidos 5 artigos ou livros com uma boa contribuição para as questões e para serem adicionados e tratados como resultado.

No artigo de Amanina *et. al.* (2020) aborda a importância da reciclagem de resíduos e a necessidade de uma segregação adequada para facilitar esse processo. Os autores propõem o uso de *CNN* (*convolutional neural network* ou Rede neural convolucional) e conceitos de visão computacional para classificar resíduos com base em imagens em seis tipos: vidro, metal, papel, plástico, papelão e outros. Eles utilizam o modelo inception-v3, uma arquitetura de *CNN*, para a classificação dos resíduos. O método utilizado alcança uma alta taxa de acurácia de classificação de 92,5%.

Papakostas *et. al.* (2005) é utilizado um método que combina a análise de multirresolução e compressão de momentos zernike. Ele descreve a importância do processo de reconhecimento de padrões em sistemas de imagem inteligentes e os estágios envolvidos nesse processo são: aquisição de imagem, pré-processamento de imagem, extração de características e classificação. Os momentos zernike são polinômios complexos que formam um conjunto completo e possuem características importantes como redundância de informação, baixa sensibilidade ao ruído, sendo uma

metodologia eficiente na extração de características.

A obra de Szeliski (2010) abrange uma gama de tópicos relacionados à visão computacional, desde conceitos básicos até algoritmos avançados e suas aplicações, dividindo seus conceitos e aspectos fundamentais como representação de imagens digitais, processamento de imagem, filtragem, detecção de bordas e segmentação. Sendo uma boa escolha porque além de explicar e fazer abordagens práticas ele inclui métodos de reconhecimento de imagens 2D e vídeos, rastreamento de objetos, calibração de câmera, reconhecimento de padrões e aprendizado de máquina.

Russel e Norvig (2013) aborda os fundamentos principais sobre inteligência artificial e algoritmos tanto como aplicações. O livro de Russel e Norvig (2013) explora o raciocínio lógico, planejamento, aprendizado de máquina e tomadas de decisões e também argumenta sobre tópicos como rede neurais sendo um dos métodos mais utilizados para visão computacional, algoritmo genético e processamento de linguagem natural, sendo um dos principais meios de entender como funciona uma I.A. (inteligência artificial).

Por fim, o artigo de Hossain *et. al.* (2020) que descreve a metodologia CNN utilizando um conjunto de dados que contém diferentes tipos de resíduos e desenvolvem um pipeline de processamento de imagens para pré-processar as amostras antes de submetê-las à rede neural. E em seguida eles usam um conjunto de treinamento e avaliam seu desempenho usando um conjunto de testes.

4. Análise dos Trabalhos Selecionados

Nas tabelas 4, 5, 6 e 7, é realizada uma análise da contribuição dos artigos classificados como 'muito útil' para as questões levantadas (Q1, Q2, Q3, Q4). Cada tabela demonstrará a referência dos artigos selecionados e os métodos utilizados para abordar as respectivas questões.

Tabela 4: Assuntos em comparação para Q1

Referência	Síntese das abordagens pelos autores
Amanina <i>et. al.</i> 2020	Uso de redes neurais convolucionais (CNN) e o modelo inception-v3 para classificar resíduos com base em imagens.
Papakostas <i>et. al.</i> 2005	Análise de multirresolução e compressão de momentos zernike para extração de características e reconhecimento de padrões em sistemas de imagem inteligentes.
Szeliski 2010	Deteção de bordas, segmentação de imagens, correspondência de características e aprendizado de máquina
Russel S. <i>et. al.</i> 2013	O uso de CNN, métodos de aprendizado supervisionado, como SVMs (<i>support vector machine</i>) e árvores de decisão

Tabela 5: Assuntos em comparação para Q2

Referência	Síntese das abordagens pelos autores
Amanina <i>et. al.</i> 2020	O uso de redes neurais convolucionais e o modelo inception-v3 para a classificação de resíduos
Papakostas <i>et. al.</i> 2005	Multirresolução e compressão de momentos zernike para extração de características e reconhecimento de padrões em sistemas de imagem inteligentes.

Tabela 6: Assuntos em comparação para Q3

Referência	Síntese das abordagens pelos autores
Amanina <i>et. al.</i> 2020	Modelo inception-v3 com taxa de acurácia de classificação de 92.5%
Russel S. <i>et. al.</i> 2013	Curva de precisão e recall, matriz de confusão, F-score e média de precisão média

Tabela 7: Assuntos em comparação para Q4

Referência	Síntese das abordagens pelos autores
Hossain <i>et. al.</i> 2020	Pipeline de processamento de imagens antes de alimentá-las à rede neural
Russel S. <i>et. al.</i> 2013	O uso de remoção de ruído, redimensionamento e normalização, segmentação

5. Conclusão e Trabalhos futuros

Através desta revisão bibliográfica, foi explorada uma variedade de estudos, análises e desenvolvimentos de algoritmos que demonstram a eficiência no reconhecimento e análise de objetos e resíduos, utilizando uma ampla gama de técnicas e métodos que alcançam altos níveis de precisão e acurácia.

Também foi possível comprovar que ao mesmo tempo que as possibilidades tecnológicas, tanto no campo das ferramentas quanto no âmbito de softwares e aplicações, as preocupações quanto ao tratamento de resíduos sólidos na indústria continuam sendo, praticamente, uma fixação. Isto porque, as tentativas de modernização, automação e incentivos governamentais, ainda não são suficientes para acompanhar o aumento do consumo e a geração de descartáveis tanto comercialmente quanto domiciliar.

Desta forma, esta etapa do projeto serviu tanto para corroborar com a problemática para a pesquisa quanto para orientar as próximas fases que compõem a definição da estratégia prática do estudo, ou seja, o plano para definição da simulação: elaboração do cenário, design dos componentes IoT (*Internet of things*) para automação e seleção dos algoritmos para manipulação das decisões e controle de aprendizagem.

Um próximo passo importante será o desenvolvimento de um ambiente de simulação que permita a aplicação de métodos de redes neurais convolucionais, reconhecimento de objetos e classificação de resíduos em um cenário controlado. Ao criar um ambiente de simulação, será possível testar e avaliar as abordagens propostas em condições controladas, permitindo a identificação de pontos fortes e limitações dos métodos utilizados.

Referências Bibliográficas

- ACM (2023) “ACM Digital Library “ [online] em <https://dl.acm.org> , acessado em 2023
- Amanina F.; Suhaimi H.; Abas E. (2020): Waste Classification using Convolutional Neural Network. 2020.
- Forsyth, D. A.; Mundy, J. L.; di Gesu, V.; & Cipolla, R. (Eds.). “Shape, contour and grouping in computer vision.” Springer, 1999.
- Gonzales, R. C.; Woods , “R. E. Processamento Digital de imagens”, 3ª edição. São Paulo: *Pearson Education do Brasil LTDA*, 2009.
- Google Scholar (2023) “Google Scholar” [online] em https://scholar.google.com/schhp?hl=pt-BR&as_sdt=0,5 , acessado em 2023
- Hossain, M. A., Uddin , M. S., Uddin, M. J., & Kim, T. H. (2020). Classificação Automática de Resíduos Usando Redes Neurais Convolucionais. *Journal of Information Processing Systems*, 16(2), pp. 430-441
- IEEE (2023) “IEEE Xplore “ [online] em <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> , acessado em 2023
- Kitchenham, B. (2004). “Procedures for performing systematic reviews”. Keele, UK, Keele University 33 (2004): 1–26.
- MPF (2010) Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Ato 2007 - 2010 4ª Câmara - Meio Ambiente e Patrimônio Cultural. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Agosto de 2010
- Papakostas G. (2005): An Efficient Feature Extraction Methodology for Computer Vision Applications using Wavelet Compressed Zernike Moments. 2005.
- Russell S. , Norvig P (2013). “Inteligência Artificial” : tradução da segunda edição/Stuart Russell ,Peter Norvig ; tradução de publicCare consultoria. 2013.
- Suetens P.; Fua P.: “Cornputatima! Strategies for Object Recognition”, 1992
- Szeliski, R. (2010). “Computer Vision: Algorithms and Applications”. Ed. Springer; ed. 2011th 2010.