

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FILIPPE DE CASTRO RAIMUNDO

LEDIANE DE OLIVEIRA

LUCAS AUGUSTO DIAS

MATHEUS MOREIRA

PIETRO MARANI GARBELINI

RODRIGO GUSTAVO GIAROLA

SMART GARBAGE: SISTEMA IOT DE MONITORAMENTO POR IMAGEM DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CORPORATIVOS

CURITIBA
2023

FILIPPE DE CASTRO RAIMUNDO
LEDIANE DE OLIVEIRA
LUCAS AUGUSTO DIAS
MATHEUS MOREIRA
PIETRO MARANI GARBELINI
RODRIGO GUSTAVO GIAROLA

SMART GARBAGE: SISTEMA IOT DE MONITORAMENTO POR IMAGEM DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CORPORATIVOS

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

CURITIBA
2023

RESUMO

O presente trabalho explora a importância do monitoramento de resíduos sólidos no contexto da gestão ambiental contemporânea. Com o aumento das regiões urbanas e produção de resíduos, tecnologias da informação como a internet das coisas (IOT) estão transformando essa área. Essas inovações otimizam a coleta, previnem a poluição e fundamentam políticas sustentáveis. A eficácia do monitoramento é crucial para conformidade regulatória e redução de impactos ambientais, promovendo uma gestão responsável. A falta de monitoramento adequado prejudica a coleta seletiva, afetando a economia circular. Dados imprecisos impactam alocação de recursos e sustentabilidade financeira. A ausência de monitoramento, aliada à disposição inadequada de resíduos, causa poluição e esgotamento de recursos naturais. Uma solução inovadora foi concebida pela startup *Smart Garbage*, visando o monitoramento de resíduos via imagens. Usando visão computacional e aprendizado de máquina, busca-se identificar e classificar resíduos, possibilitando supervisão em tempo real e definição de rotas de coleta mais eficientes. Isso melhora coleta seletiva, economia circular e reduz custos. Resultados positivos, incluindo uma vitória em evento de *pitch*, validam a eficácia da abordagem. O reconhecimento destaca a importância do tema para um futuro sustentável, indicando a necessidade de pesquisa e desenvolvimentos contínuos dos aspectos e protótipos do investimento.

Palavras-chave: Monitoramento; Resíduos Sólidos; Gestão Ambiental; Inteligência artificial; Indústria 4.0.

ABSTRACT

This monograph explores the importance of monitoring solid waste in the context of contemporary environmental management. With the constant growth of urban regions and waste production, information technologies such as the Internet of Things (IoT) are key in transforming these issues. These innovations optimize collection, prevent pollution and support sustainable policies. Monitoring effectiveness is crucial for regulatory compliance and the reduction of environmental impacts, promoting responsible management. The lack of proper monitoring undermines selective collection, affecting the circular economy. Inaccurate data impact resource allocation and financial sustainability. The absence of monitoring, combined with the inadequate disposal of waste, causes pollution and depletion of natural resources. An innovative solution was conceived by the startup Smart Garbage, aimed at monitoring waste via images. Using computer vision and machine learning, we this solution seeks to identify and classify waste, enabling real-time supervision and defining more efficient collection routes. This improves selective collection, circular economy and reduces costs. Positive results, including a pitching event win, validate the approach's effectiveness. The recognition highlights the importance of the topic for a sustainable future, indicating the need for continuous research and development of aspects and prototypes of the investment.

Keywords: Monitoring; Solid Waste; Environmental management; Artificial intelligence; Industry 4.0.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Coleta de RSU no Brasil (t/ano e kg/hab/ano) em 2022.....	9
Figura 2 - Transbordo de uma caçamba.....	10
Figura 3 - Economia Linear e Economia Circular.....	10
Figura 4 - Componentes Eletrônicos.....	13
Figura 5 - Visão Computacional.....	14
Figura 6 - Economia circular no gerenciamento de resíduos sólidos	17
Figura 7 - Ecossistema das Startups	18
Figura 8 - Modelo proposto.....	26
Figura 9 - Flyer do 5º Pitch Day UFPR	36
Figura 10 - Canvas Smart Garbage.....	37
Figura 11 - Interface de aplicativo/software de monitoramento	38
Figura 12 - Logo Smart Garbage	39
Figura 13 - Desenvolvedores Smart Garbage no Pitch Day UFPR	40

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Comparativo entre as abordagens	27
Tabela 2 - Temas para trabalhos futuros.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	8
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	9
1.3. JUSTIFICATIVA.....	10
1.4. HIPÓTESE.....	11
1.5. OBJETIVO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. SISTEMAS EMBARCADOS.....	12
2.2. VISÃO COMPUTACIONAL	14
2.3. RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS E ECONOMIA CIRCULAR.....	16
2.4. STARTUP 17	
2.5. SISTEMAS IOT	19
2.5.1. Pilares Industria 4.0	19
2.6. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	20
2.6.1. Machine Learning	22
2.6.1.1. Aplicações do Machine Learning.....	22
2.6.1.2. Quais são as vantagens e desvantagens do machine learning?.....	23
3 METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	25
3.1. Conceitos do Modelo de Negócio	25
3.2. Benefícios do Modelo de Negócio.....	26
3.3. Tecnologias Envolvidas	27
3.3.1. Visão Computacional.....	29
3.3.2. Transferência de Dados por um Módulo GSM.....	29
3.3.3. Aprendizado de Máquina	30
3.3.4. Banco de Dados e Armazenamento	30
3.3.5. Softwares.....	31
3.3.6. Hardwares	32
3.4. Planejamento Experimental	32
3.4.1. Etapas do Projeto	32
3.4.1.1. Desenvolvimento do Protótipo.....	32
3.4.1.2. Testes do Protótipo em Ambiente Controlado	33
3.4.1.3. Implementação Piloto em Cliente Real	33
3.4.1.4. Ajustes e Melhorias	33
3.4.1.5. Avaliação de Resultados	33

3.5.	Matriz SWOT	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5	CONCLUSÕES	41
5.1.	Sugestões de trabalhos futuros.....	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

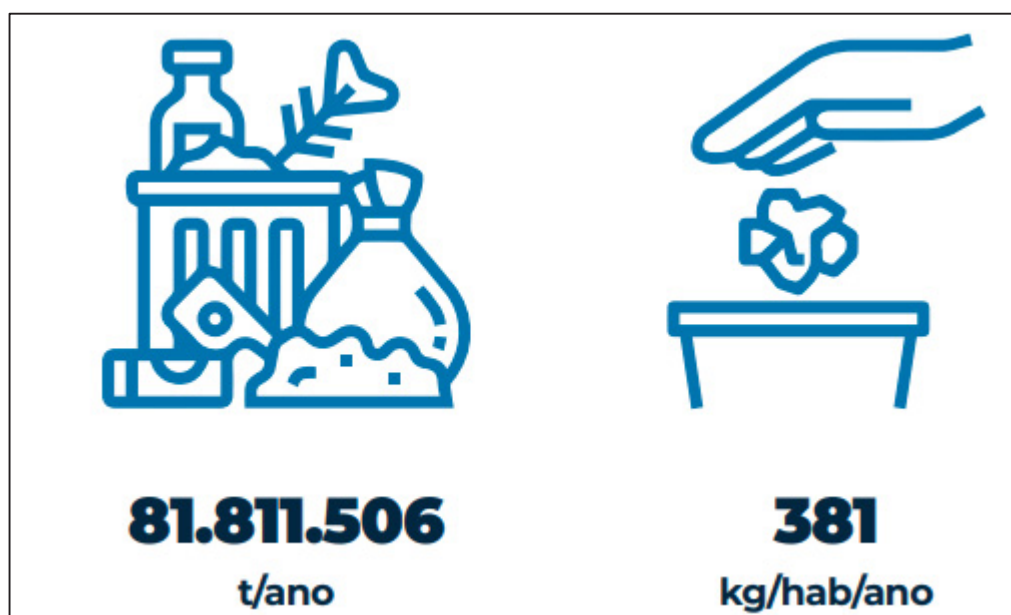
1 INTRODUÇÃO

O mundo volátil e sociedade atual em que vivemos, demanda crescentemente métodos da era da informação. Impulsionados por momentos de pandemia, guerras e políticas públicas, metodologias que consideramos eficientes são constantemente revistas, com a finalidade de gerar oportunidades e benefícios econômicos, ambientais e sociais. O processo de monitoramento e gestão de sólidos e resíduos é um dos maiores desafios da sociedade urbana e corporativa na atualidade, devido à instável concentração residencial nos grandes centros, e geração constante de oportunidades de reciclagem na indústria e comércio.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Sistemas de monitoramento são constantemente implementados pela atual sociedade. Tornou-se comum a integração de relógios com monitoramento de distância percorrida, batimentos cardíacos, babás eletrônicas e conectividade com a residência a fins de resolução de problemáticas sociais. Em contrapartida, os resíduos sólidos urbanos (RSU) e institucionais possuem histórico de baixo índice de monitoramento e controle. Em 2022, a geração dos resíduos sólidos urbanos no Brasil atingiu 81 milhões de toneladas (Figura 1), registrando um índice de cobertura de coleta seletiva de 93% para o país, o que evidencia que 5,7 milhões de toneladas de resíduos não foram coletados adequadamente e tiveram destino impróprio (ABRELPE, 2022).

Figura 1 - Coleta de RSU no Brasil (t/ano e kg/hab/ano) em 2022



FONTE: ABRELPE (2022).

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quando se trata de resíduos industriais, não são as prefeituras as responsáveis pelas coletas, ficando estas a cargo de empresas terceiras. Ainda hoje, a coleta de resíduos é feita de forma arcaica, com agendamentos realizados por telefone quando as caçambas ou outros recipientes estão totalmente cheios ou então feito através de rotas fixas (PREFEITURA DE CURITIBA, 2023).

Estas formas de coleta são ineficientes, pois geram maior gasto com combustível, maior desgaste do caminhão, possível transbordo da caçamba, como representado na Figura 2, ou então é necessário possuir um setor treinado e preparado para atendimento a clientes solicitando coleta, segundo funcionário do setor que não pode ser identificado.

Mas e se esses problemas pudessem ter uma solução prática e tecnológica, coletando todas as informações necessárias para uma logística ágil e mais eficiente? É o que será proposto neste trabalho.

Figura 2 - Transbordo de uma caçamba

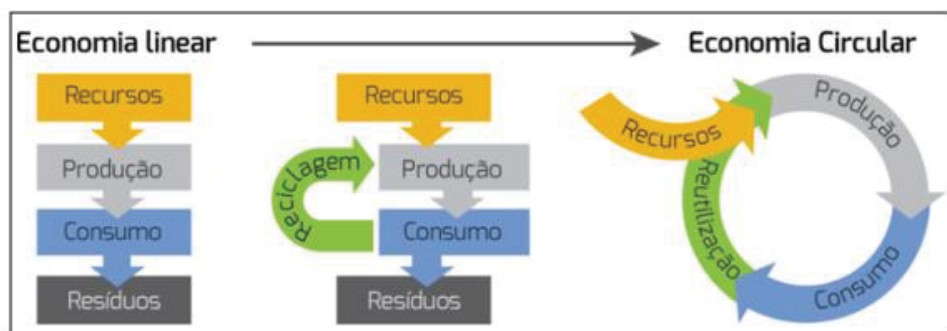


FONTE: BOECKEL (2015).

1.3. JUSTIFICATIVA

Com a otimização do processo de coleta, além dos benefícios em relação aos custos e transtornos, é possível obter uma vantagem muito valiosa: a previsibilidade. Com a possibilidade de prever quando uma empresa que descarta papelão, por exemplo, precisará de coleta, será possível oferecer este resíduo como produto para outra empresa, transformando resíduo em matéria-prima e fomentando a economia circular, como representado na Figura 3. Desta forma, é possível diminuir o impacto ambiental e aumentar as oportunidades de negócio ao mesmo tempo. (TCHOBANOGLIOUS et al, 1993)

Figura 3 - Economia Linear e Economia Circular



FONTE: ASSUNÇÃO (2019).

1.4. HIPÓTESE

Uma possível forma de otimizar a coleta é através de um sistema inteligente que detecte quando a caçamba está cheia e comunique automaticamente um computador central, o qual definirá a agenda de coleta e, através de técnicas de *machine learning*, aprenderá a prever a demanda e o fornecimento de material para as empresas clientes.

1.5. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é propor a criação de uma empresa no modelo Startup que atenderá às empresas de coleta de resíduo industrial, fornecendo um sistema de monitoramento inteligente de reservatórios de resíduos através de visão computacional e inteligência artificial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para desenvolver a pesquisa, é necessário envolver diversos ramos de conhecimento em tecnologia, sobre cujas bibliografias serão abordadas nas próximas sessões.

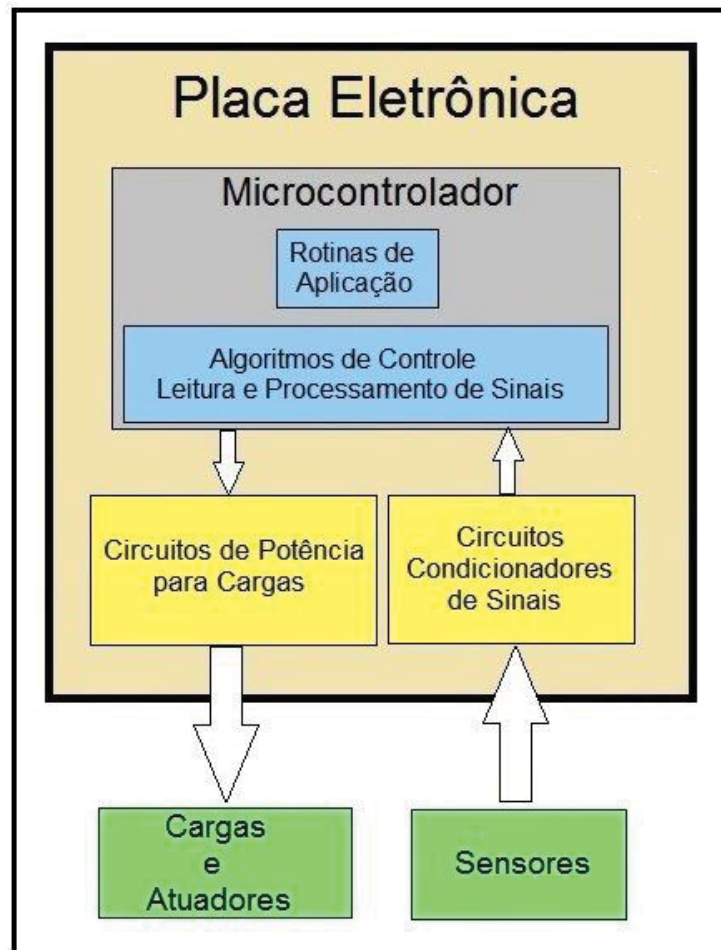
2.1. SISTEMAS EMBARCADOS

Em termos de Sistemas Embarcados, se predomina o uso de eletrônica especializada para desempenhar funções específicas. A escolha dos componentes adequados é crucial, considerando as particularidades do problema e as restrições impostas pelo ambiente em que o sistema será instalado. Nessa decisão, diversos fatores entram em jogo, tais como o tamanho, o consumo de energia, a precisão dos resultados, a eficiência da execução da funcionalidade e, claro, o custo. A questão financeira é fundamental para viabilizar qualquer produto que faça uso de eletrônica embarcada (BARR, 1999).

As restrições e a adaptabilidade dos componentes eletrônicos constituem a base teórica do desenvolvimento de sistemas embarcados no projeto. Assim, a seleção criteriosa dos elementos utilizados é essencial para garantir o funcionamento adequado e o sucesso da aplicação.

No âmbito dos sistemas, encontramos essencialmente três tipos de componentes: o controlador de propósito geral, os sensores e os módulos, como apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Componentes Eletrônicos



FONTE: MAAS (2014).

O controlador exerce o papel de gerenciador global do sistema, responsável por executar a lógica de operação. Em contrapartida, os sensores têm a função de traduzir sinais do ambiente físico para o meio digital. Por fim, os módulos são como pequenos controladores integrados aos sensores, facilitando a interação com tarefas de natureza mais específica. Essa harmoniosa combinação de componentes forma a base estrutural do sistema. (CHEN et al, 2020)

Sistemas embarcados desempenham um papel vital em nosso dia a dia, muitas vezes passando despercebidos. No Brasil, eles têm revolucionado setores-chave, como a indústria automotiva e a saúde.

Na indústria automotiva, os sistemas embarcados estão presentes em sistemas de segurança avançados, como os airbags e os sistemas de freios antitravamento (ABS), que contribuem para a segurança dos motoristas e passageiros (SANTOS et al., 2020).

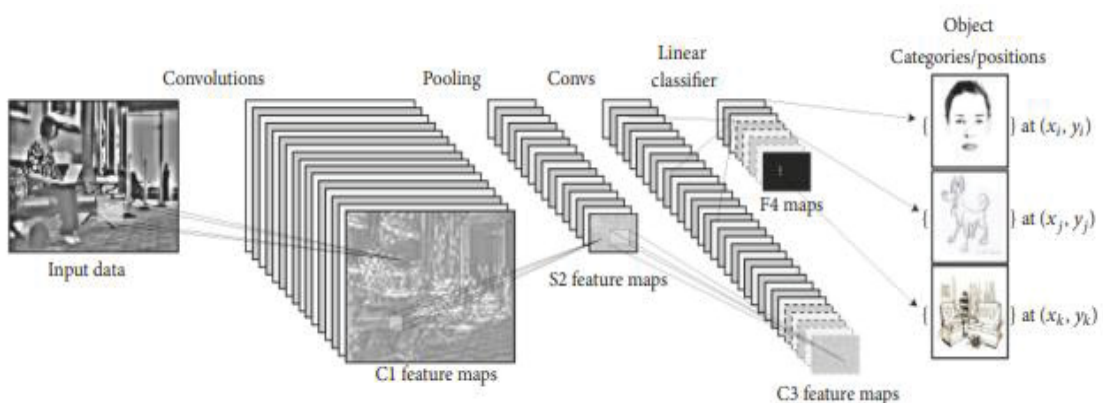
Na área da saúde, dispositivos médicos embarcados são usados para monitorar pacientes e fornecer diagnósticos precisos. Por exemplo, marcapassos implantáveis regulam o ritmo cardíaco, melhorando a qualidade de vida de pacientes com problemas cardíacos (SILVA et al., 2019).

Esses exemplos ilustram como os sistemas embarcados têm um impacto tangível na sociedade, aprimorando a eficiência, a segurança e a qualidade de vida em diferentes setores.

2.2. VISÃO COMPUTACIONAL

A visão computacional é um ramo interdisciplinar da ciência da computação e da engenharia que busca capacitar os computadores a interpretar e entenderem o mundo visual, de forma análoga ao que os seres humanos fazem. Essa área de pesquisa e desenvolvimento tem como objetivo desenvolver algoritmos e técnicas, como exposto na Figura 5 para processar, analisar e extrair informações significativas de imagens e vídeos digitais. A visão computacional possui aplicações amplas e impactantes em diversos campos, como medicina, indústria, transporte, segurança, entre outros. (GONZALEZ et al, 2018)

Figura 5 - Visão Computacional



FONTE: VOULODIMOS et al (2018).

O aprendizado de máquina desempenha um papel crucial na visão computacional, permitindo que os computadores aprendam a reconhecer padrões e objetos em imagens. Técnicas como as *Support Vector Machines* (SVM), Redes Neurais Convolucionais (CNNs) e árvores de decisão (LECUN et al, 2015) têm se

mostrado extremamente eficazes em tarefas de classificação e detecção de objetos (CORTES et al, 1995).

O cenário brasileiro de visão computacional é marcado por uma vibrante comunidade de startups que estão inovando e impulsionando avanços tecnológicos em diversos setores. Empresas como a *Hi Technologies*, a *Opton*, a *Agrosmart*, a *Visto.bio*, a *MVisia* e a *Pleiades Robotics* estão exemplificando a aplicação prática da visão computacional para resolver problemas complexos e melhorar a eficiência em áreas-chave da sociedade.

Conforme destacado por Furtado et al. (2020), as startups brasileiras têm demonstrado um compromisso contínuo com a inovação tecnológica, encontrando maneiras criativas de implementar visão computacional para atender às demandas do mercado. A *Hi Technologies*, por exemplo, está revolucionando a área de saúde com soluções acessíveis de diagnóstico assistido por computador (DAC) (HI TECHNOLOGIES, 2021).

A *Opton*, assim como observado por Gonçalves et al. (2021), está exemplificando como a visão computacional pode ser aplicada para a automação industrial, melhorando a qualidade e a eficiência de processos de fabricação. Além disso, a *Agrosmart* está adotando a visão computacional para oferecer soluções avançadas de agricultura de precisão, impulsionando a produtividade e a sustentabilidade agrícola (AGROSMART, 2021).

No campo da saúde, a *Visto.bio* está utilizando a visão computacional para avançar a análise de imagens biológicas, contribuindo para diagnósticos médicos mais precisos (VISTO.BIO, 2021).

Essas startups são apenas algumas das várias que estão moldando o futuro da visão computacional no Brasil. Sua atuação está alinhada com o compromisso do país em ser um protagonista na inovação tecnológica, conforme destacado por Campello et al. (2019).

A crescente presença dessas startups em eventos de tecnologia e inovação, como a *Campus Party* Brasil, reflete sua importância crescente no cenário nacional e internacional.

Em síntese, as startups brasileiras estão desempenhando um papel crucial na adoção e aplicação da visão computacional em setores diversos, sendo catalisadoras de mudanças positivas e desenvolvimento tecnológico no Brasil.

2.3. RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS E ECONOMIA CIRCULAR

A produção industrial tem contribuído significativamente para o crescimento econômico, embora resulte em um aumento alarmante na geração de resíduos sólidos industriais. Esses resíduos representam um desafio ambiental e social importante, exigindo soluções inovadoras e sustentáveis para seu gerenciamento adequado. Neste contexto, a economia circular surge como uma abordagem promissora, buscando transformar os resíduos em recursos valiosos e reduzir seu impacto ambiental. (VALENTURF et al, 2021)

Os resíduos sólidos industriais apresentam uma ampla diversidade de materiais, desde produtos químicos perigosos até plásticos e metais. O descarte inadequado desses resíduos pode contaminar o solo, a água e o ar, causando impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. O gerenciamento e tratamento de resíduos sólidos industriais também podem representar altos custos operacionais para as empresas (GHOSH, 2022).

A economia circular é uma abordagem que visa substituir os sistemas lineares de produção e consumo por um sistema circular, no qual os materiais são reutilizados, reciclados e reintegrados à economia. Os princípios da economia circular incluem a concepção de produtos com menor impacto ambiental, a extensão da vida útil dos produtos e a criação de cadeias de suprimentos sustentáveis. A economia circular busca eliminar a ideia de resíduo, valorizando os materiais e recursos (GEISSDOERFER et al, 2020).

A aplicação da economia circular no gerenciamento de resíduos sólidos industriais envolve a adoção de práticas que promovem a reciclagem, a reutilização e a remanufatura. Empresas podem implementar estratégias para transformar seus resíduos em matérias-primas secundárias, utilizadas em novos produtos ou processos produtivos, como visualizado na Figura 6. A economia circular também incentiva a colaboração entre indústrias, criando redes de cooperação para a troca de materiais e recursos (KIRCHERR, 2017).

Figura 6 - Economia circular no gerenciamento de resíduos sólidos



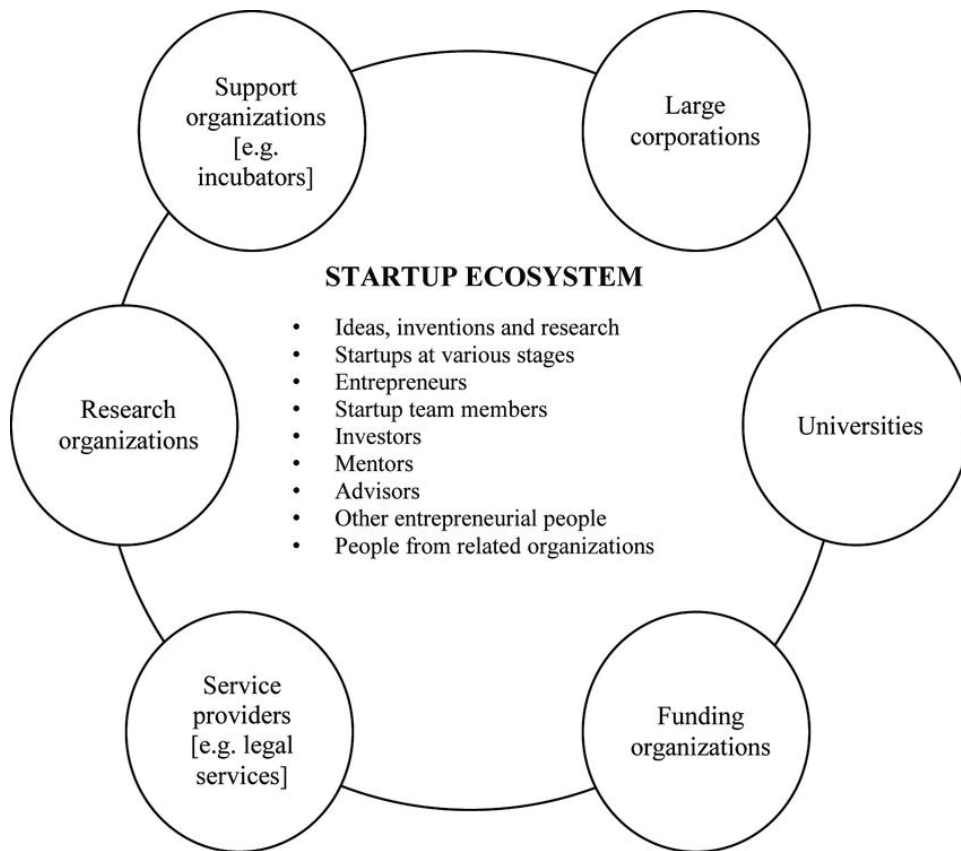
FONTE: GIARDULLO (2019).

A adoção da economia circular na indústria pode trazer diversos benefícios. A redução da dependência de recursos naturais e matérias-primas virgens contribui para a preservação do meio ambiente e a redução do impacto ambiental associado à extração de recursos. Além disso, a adoção de práticas circulares pode levar à redução dos custos de produção, ao aumento da eficiência energética e à valorização da imagem corporativa, demonstrando comprometimento com a sustentabilidade (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020).

2.4. STARTUP

Startup é um termo inglês utilizado para definir empresas jovens que contam com projetos promissores, ligados à pesquisa, investigação e desenvolvimento de ideias inovadoras, como observado na Figura 7. Outra característica das startups é possuir risco envolvido no negócio. Apesar disso, startups são empreendimento com baixos custos iniciais e possuem uma expectativa de crescimento muito grande quando dão certo (SEBRAE, 2023).

Figura 7 - Ecossistema das Startups



FONTE: LIPÍNSKA (2020).

Embora o termo tenha surgido em 1990 nos Estados Unidos, apenas em 2010 passou a ser utilizado no Brasil. Durante os anos 90 houve uma grande explosão de empresas startups em Silicon Valey na Califórnia, região de onde surgiram empresas como Google e Microsoft, startups líderes de atuação no mercado (THIEL, 2014).

Empresas tradicionais e startups se diferenciam em diversas formas, uma delas pode ser observada na fase inicial da empresa. Durante o começo, uma empresa tradicional caminha para um plano de negócios minucioso, enquanto nas startups o caminho é trilhado em tentativa e erro, onde o empreendedor vai a campo checar suas hipóteses (ALBERONE et al, 2012).

Segundo Kuviatkoski, 2022 os modelos de startup costumam ser inovadores e estarem relacionados com tecnologia, alguns exemplos de atuação de uma startup são: ramo securitário, área da saúde, relacionadas ao governo público, ramo jurídico, agricultura, pecuária, educação, transporte etc.

2.5. SISTEMAS IOT

De maneira geral, Sistemas IoT (*Internet of Things*) pode ser entendido como um ambiente de objetos físicos interconectados com a internet por meio de sensores pequenos e embutidos, criando um ecossistema de computação onipresente, voltado para a facilitação do cotidiano das pessoas, introduzindo soluções funcionais nos processos do dia a dia. (MAGRANI, 2018)

O termo hiperconectividade foi cunhado inicialmente para descrever o estado de disponibilidade dos indivíduos para se comunicar a qualquer momento e tem desdobramentos importantes. Podemos citar alguns: o estado em que as pessoas estão conectadas a todo momento (*always-on*); a possibilidade de estar prontamente acessível (*readily accessible*); a riqueza de informações; a interatividade; o armazenamento ininterrupto de dados (*always recording*). O termo hiperconectividade está hoje atrelado às comunicações entre indivíduos (*person-to-person*, P2P), indivíduos e máquina (*human-to-machine*, H2M) e entre máquinas (*machine-to-machine*, M2M) valendo-se, para tanto, de diferentes meios de comunicação. Toda essa hiperconectividade e a interação contínua entre diversos aparelhos, sensores e pessoas alteraram a forma como agimos comunicativamente e tomamos decisões nas esferas pública e privada (MAGRANI, 2018).

As invenções relacionadas à IoT passam a interagir entre elas e com as pessoas, geralmente por meio de três etapas: (1) identificação: “o sistema precisa registrar os dados de cada aparelho” e conectar esses objetos a bases de dados e à internet; (2) sensores: “o sistema detecta mudanças na qualidade física dos objetos”; (3) “miniaturização e nanotecnologia: pequenos objetos com a capacidade de interagir e se conectar à grande rede” (MAGRANI, 2018).

2.5.1. Pilares Industria 4.0

Segundo, Prof. Dr. Egon Walter-2023 (notas de aula), três pilares podem ser observados na Industria 4.0. São eles:

1. Digitalização: as operações existentes devem ser digitalizadas para fornecer visibilidade sobretudo, como acontece em tempo real. Isso permite falhas e detecção de problemas em tempo real. Os fluxos de

trabalho de digitalização permitem que o trabalho e os produtos sejam monitorados e acionados imediatamente. Atrasos custam tempo e dinheiro e a digitalização ajuda a eliminar isso fornecendo alertas e notificações imediatos quando as operações são contrárias ao cronograma. Ele também cria um tesouro de dados que podem ser usados para otimizar as operações. Ele permite a criação de modelos de custos real e permite que os fabricantes se concentrem em áreas de ineficiência e melhoria de produtividade.

2. Sensorização: É o primeiro passo para a interconectividade de máquinas. A IoT está liderando essa cobrança. Isso elimina o monitoramento humano e libera recursos para áreas mais críticas. Os sensores são formas econômicas de medir as variáveis como temperatura, umidade, qualidade do ar, movimento e vibração, entre outros. Isso permite que o equipamento detecte problemas automaticamente, o que leva a disparos automáticos e configurações automáticas o ponto de vista de software e hardware.
3. Otimização: Em meio a todos os dados coletados da digitalização, sensorização e integração, a transição desses dados para encontrar as gemas ocultas é a próxima prioridade. A otimização dos dados de fabricação é obtida por meio de análises, simulação, manutenção preventiva e preditiva etc. Em última análise, o objetivo é reduzir custos e melhorar a qualidade.

2.6. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Nos últimos anos a Inteligência Artificial surpreendeu a todos. A nova ideia é que a IA será uma inteligência em rede que não surgirá de uma máquina específica. A inteligência será uma commodity na forma de um fluxo de dados fornecido por algumas empresas, como já ocorre com a água, a energia elétrica e os serviços de telefonia. Como a internet, ela estará em toda parte e em nenhuma parte. (TEIXEIRA, 2019)

Mairink, 2019, definiu A Inteligência artificial, também conhecida como IA, como um ramo da ciência que visa, por meios tecnológicos, ser capaz de simular a inteligência humana; podendo resolver problemas, criar soluções e até mesmo tomar decisões no lugar do ser humano, como um auxílio que facilitaria em diversas áreas do cotidiano.

As futuras perspectivas da inteligência artificial (IA) no Brasil são promissoras, com potencial para transformar diversas indústrias e aspectos da sociedade. Espera-se que a IA continue avançando e desempenhando um papel cada vez mais importante em áreas como saúde, educação, economia e meio ambiente.

Na área da saúde, a IA tem o potencial de acelerar diagnósticos médicos, personalizar tratamentos e contribuir para a descoberta de novas terapias. De acordo com Rodrigues et al. (2021), a IA pode melhorar a eficiência dos hospitais, permitindo uma alocação mais eficaz de recursos e reduzindo custos.

Na educação, a IA pode revolucionar os métodos de ensino, adaptando-se às necessidades individuais dos alunos e proporcionando uma aprendizagem mais personalizada. Segundo Santos et al. (2020), sistemas de tutoria inteligente baseados em IA podem melhorar a qualidade da educação ao proporcionar feedback e orientação individualizados aos estudantes.

Na economia, a IA pode impulsionar a inovação e a competitividade das empresas, automatizando tarefas repetitivas e permitindo o desenvolvimento de produtos e serviços mais sofisticados. De acordo com Pereira et al. (2019), a IA pode criar novas oportunidades de negócios e promover a transformação digital de setores tradicionais.

Contudo, é importante abordar desafios éticos, como viés algorítmico e privacidade dos dados, à medida que a IA se torna mais difundida. É necessário um ambiente regulatório adequado para garantir que o desenvolvimento e a implantação da IA sejam conduzidos de forma ética e transparente (MORAES et al., 2020).

Em suma, as futuras perspectivas da IA no Brasil são emocionantes, com a tecnologia desempenhando um papel central na inovação e no desenvolvimento em várias áreas. No entanto, é essencial um equilíbrio entre a implementação responsável da IA e a mitigação dos possíveis impactos negativos.

Em conclusão, a inteligência artificial (IA) está redefinindo as fronteiras do possível em diversas áreas no Brasil, oferecendo soluções inovadoras para desafios

complexos e impulsionando o progresso econômico e social. Como observado por Silva e Santos (2020), "a IA emerge como uma ferramenta poderosa para enfrentar problemas complexos e promover avanços em setores estratégicos".

A implementação responsável da IA é essencial para maximizar seus benefícios e mitigar riscos. O contexto ético é discutido por Almeida et al. (2021), ressaltando que "a ética na IA é um pilar fundamental para garantir que os avanços tecnológicos ocorram de maneira justa e que a sociedade como um todo seja beneficiada".

É importante destacar que a colaboração multidisciplinar é um componente-chave na jornada da IA no Brasil. Como apontado por Gonçalves e Oliveira (2019), "a colaboração entre setores, incluindo academia, indústria e governo, é vital para alavancar todo o potencial da IA e garantir sua adoção bem-sucedida".

A IA não é apenas uma ferramenta tecnológica, mas um motor de transformação que moldará o futuro do Brasil. No entanto, como mencionado por Lima et al. (2022), "a direção que a IA tomará no Brasil dependerá das escolhas que fazemos hoje para equilibrar o progresso tecnológico com os valores humanos e sociais".

2.6.1. Machine Learning

O *Machine Learning* é uma área da inteligência artificial que busca desenvolver algoritmos e técnicas que conseguiram que computadores aprendam a partir de dados, seguindo padrões, instruções e tomando decisões sem intervenção humana direta. A disponibilidade crescente de dados e o avanço computacional têm impulsionado o desenvolvimento de técnicas de aprendizado de máquina cada vez mais sofisticadas. *Machine learning* é a ciência do desenvolvimento de algoritmos e modelos estatísticos que os sistemas de computador usam para realizar tarefas sem instruções explícitas, confiando em padrões e inferências. Os sistemas de computador usam algoritmos de *Machine Learning* para processar grandes quantidades de dados históricos e identificar padrões de dados. Isso permite que eles prevejam resultados com mais precisão com base em um determinado conjunto de dados de entrada (FORESTI, 2023).

2.6.1.1. Aplicações do Machine Learning

O *Machine Learning* tem sido amplamente aplicado em diversas áreas, como:

1. Saúde: Diagnóstico médico, identificação de doenças, análise de imagens médicas e descoberta de novos medicamentos. A proliferação de sensores e dispositivos vestíveis gerou um volume significativo de dados de saúde. Os programas de machine learning podem analisar essas informações e ajudar os médicos no diagnóstico e tratamento em tempo real.
2. Finanças: Previsão de mercado, detecção de fraudes, análise de risco de crédito e gestão de investimentos. Os projetos de machine learning financeiro melhoram a análise e a regulamentação de riscos.
3. Setor Automotivo: Desenvolvimento de carros autônomos e otimização de eficiência de combustível. O machine learning pode dar suporte à manutenção preditiva, ao controle de qualidade e a pesquisas inovadoras no setor de manufatura. A tecnologia de machine learning também ajuda as empresas a melhorarem as soluções logísticas, incluindo ativos, cadeia de suprimentos e gerenciamento de inventário.
4. Varejo: Recomendação de produtos, análise de tendências de compra e otimização de preços. O varejo pode usar o machine learning para melhorar o atendimento ao cliente, o gerenciamento de estoque, o upselling e o marketing entre canais.
5. Processamento de Linguagem Natural (NLP): Chatbots, análise de sentimentos e tradução automática. As empresas de entretenimento recorrem ao machine learning para entender melhor seus públicos-alvo e fornecer conteúdo imersivo, personalizado e sob demanda.

2.6.1.2. Quais são as vantagens e desvantagens do machine learning?

Dentre as vantagens dos modelos de *machine learning* temos: podem identificar tendências e padrões de dados que os seres humanos podem perder; podem trabalhar sem intervenção humana após a configuração. Os resultados podem tornar-se mais precisos ao longo do tempo. Podem lidar com uma série de formatos de dados em ambientes de dados dinâmicos, de alto volume e complexos.

Já dentre as desvantagens, podemos observar que o treinamento inicial é um processo caro e demorado; pode ser difícil de implementar se não houver dados

suficientes disponíveis; É um processo com uso intensivo de computação que exige um grande investimento inicial se o hardware for configurado internamente.

Uma das grandes ambições das empresas é aumentar sua operação. No entanto, muitas vezes esse sonho é impedido devido a uma questão orçamentária. Nesse sentido, o *Machine Learning* tem muito a contribuir, visto que, por meio da automação, possibilita o aumento da demanda sem a necessidade de aumento das equipes de trabalho. Um dos principais exemplos são os *chatbot*. Trata-se de programas de computador que simulam interações humanas e efetuam atendimentos em sites e em redes sociais. Como esses programas têm capacidade de aprendizado, a tendência é que eles fiquem melhores a cada interação. Além disso, eles efetuam diversos atendimentos simultaneamente. Isso significa que as empresas podem ter um aumento significativo da demanda sem a necessidade de aumentar o capital humano. Isso contribui para a escalabilidade da operação, sem abdicar da qualidade.

3 METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Este capítulo descreve a metodologia e o planejamento experimental para a implementação do modelo de negócio da startup, que tem como objetivo fornecer serviços de gerenciamento de resíduos sólidos para grandes clientes atacadistas, utilizando inteligência artificial. O modelo de negócio proposto envolve o uso de câmeras com visão computacional instaladas em caçambas de lixo para monitorar seu grau de ocupação. As informações coletadas são enviadas a um banco de dados central, e um software dedicado é responsável por otimizar as rotas dos caminhões de coleta de resíduos.

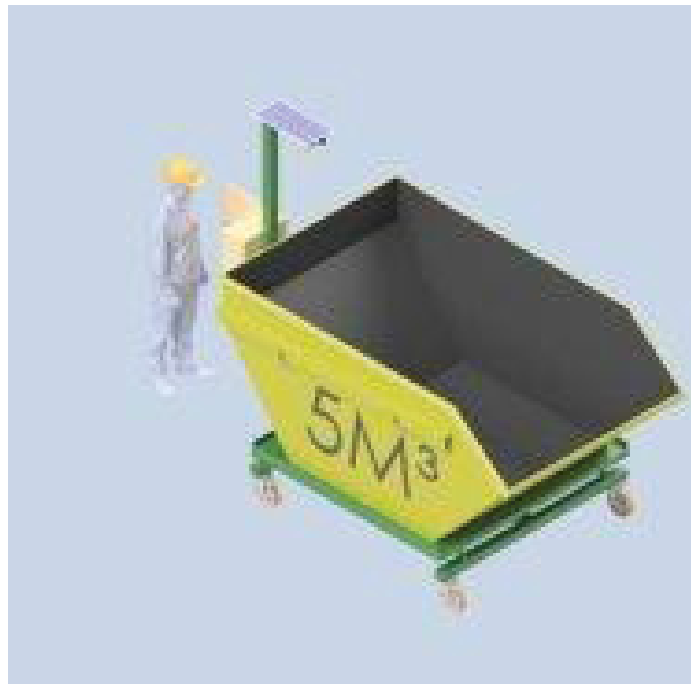
A metodologia e o planejamento experimental aqui apresentados são fundamentais para a implementação bem-sucedida do modelo de negócio da startup de gerenciamento de resíduos sólidos. A combinação da tecnologia de visão computacional com a inteligência artificial permitirá uma gestão eficiente e sustentável dos resíduos, beneficiando tanto os clientes atacadistas quanto o meio ambiente. O planejamento experimental permitirá a identificação de eventuais desafios e oportunidades de aprimoramento, tornando o sistema cada vez mais eficiente e confiável.

3.1. Conceitos do Modelo de Negócio

A startup desenvolve um sistema inteligente de gerenciamento de resíduos sólidos para clientes atacadistas, com foco em otimizar a coleta e destinação de lixo. O modelo de negócio é baseado em quatro pilares principais:

1. Monitoramento das Caçambas de Lixo: Cada cliente atacadista terá caçambas de lixo equipadas com câmeras que possuem visão computacional conforme Figura 8. Essas câmeras serão responsáveis por capturar imagens das caçambas e estimar o nível de ocupação dos resíduos.

Figura 8 - Modelo proposto



Fonte: Os Autores (2023).

2. Banco de Dados Centralizado: As informações coletadas pelas câmeras serão enviadas a um banco de dados centralizado e seguro. Esse banco de dados armazenará os dados de todas as caçambas dos clientes, permitindo o acesso e análise das informações em tempo real.
3. Inteligência Artificial: Algoritmos de aprendizado de máquina serão aplicados para analisar as imagens capturadas pelas câmeras e converter essas informações em dados quantitativos sobre o grau de ocupação das caçambas.
4. Software de Roteirização: Com base nos dados de ocupação das caçambas, um software dedicado será utilizado para otimizar as rotas dos caminhões de coleta de resíduos. Esse software calculará as melhores rotas, levando em consideração a localização das caçambas com maior ocupação e o menor tempo de coleta possível.

3.2. Benefícios do Modelo de Negócio

O modelo de negócio proposto traz diversos benefícios para os clientes atacadistas e para o meio ambiente:

1. **Redução de Custos:** Otimização das rotas de coleta reduzirá os custos operacionais, como combustível e mão de obra, tornando o processo mais eficiente.
2. **Sustentabilidade:** A gestão inteligente de resíduos contribui para a preservação do meio ambiente, ao reduzir a quantidade de lixo descartado de forma inadequada.
3. **Tomada de Decisões Embasada em Dados:** Os clientes terão acesso a relatórios e análises detalhadas sobre a produção e o descarte de resíduos, auxiliando na tomada de decisões estratégicas.

3.3. Tecnologias Envolvidas

Antes de descrever as tecnologias escolhidas é importante salientar que houve uma avaliação para escolha entre fazer o processamento de imagens no ponto de coleta ou em um computador centralizado. Esta decisão depende de vários fatores, incluindo a quantidade de dados, a capacidade de processamento disponível, a latência da rede e os requisitos de privacidade e segurança. Na Tabela 1 podemos verificar um comparativo entre as vantagens e desvantagens de cada abordagem.

Tabela 1 - Comparativo entre as abordagens

	Vantagens	Desvantagens
Processamento de Imagens no Ponto de Coleta	Maior velocidade de resposta: Ao processar as imagens no ponto de coleta, as informações sobre o grau de ocupação das caçambas são obtidas imediatamente, possibilitando ações de coleta rápidas e eficientes	Requisitos de Hardware: É necessário garantir que cada ponto de coleta tenha recursos de hardware suficientes para realizar o processamento de imagens de forma eficiente
	Menor carga na rede: Como o processamento ocorre localmente, apenas os resultados (dados já processados) precisam ser enviados ao computador centralizado, reduzindo a quantidade de dados trafegados pela rede.	Manutenção Descentralizada: Caso ocorram problemas nos dispositivos de processamento local, a manutenção pode ser mais complexa, especialmente se houver muitos pontos de coleta distribuídos geograficamente.
	Privacidade e Segurança: O processamento local pode fornecer um nível adicional de privacidade, pois as imagens não precisam ser	Maior custo de Implementação

	transmitidas pela rede, mantendo-as no local de coleta	
Processamento de Imagens em um Computador Centralizado	Centralização do Processamento: Ao realizar o processamento em um computador centralizado, é possível concentrar a capacidade de processamento em um único local, o que pode ser mais eficiente e escalável, especialmente para grandes volumes de dados.	Latência: O tempo de transferência das imagens dos pontos de coleta para o computador centralizado pode causar certa latência na obtenção dos dados, o que pode impactar a tomada de decisões em tempo real
	Facilidade de Manutenção: A manutenção e atualização do software e hardware podem ser feitas centralmente, tornando mais fácil a gestão do sistema.	Dependência da Conexão de Rede: É necessário garantir uma conexão de rede estável e confiável entre os pontos de coleta e o computador centralizado para evitar falhas na transferência de dados.
		Privacidade e Segurança: A transmissão das imagens pela rede pode levantar preocupações de segurança e privacidade dos dados capturados pelas câmeras

Fonte: Os Autores (2023).

A escolha entre o processamento de imagens no ponto de coleta ou em um computador centralizado dependerá dos requisitos específicos do projeto, da infraestrutura disponível e das necessidades operacionais. Em cenários onde a latência é crítica e a privacidade dos dados é uma preocupação, o processamento no ponto de coleta pode ser mais adequado. Por outro lado, em casos em que a centralização do processamento é vantajosa para a escalabilidade e manutenção, a abordagem com um computador centralizado pode ser preferível. Com muitos pontos de coleta, a abordagem de processamento de imagens em um computador centralizado pode se tornar uma opção mais viável em termos de custo e gerenciamento. Embora os custos iniciais de hardware e infraestrutura possam ser maiores, a centralização do processamento pode trazer benefícios em termos de escalabilidade, eficiência de gerenciamento e possibilidade de economia de recursos

ao longo do tempo. Com base nestas avaliações definiu-se por adotar o modelo de processamento de imagens de forma centralizada, com os postos operacionais apenas enviando fotos de forma intermitente.

3.3.1. Visão Computacional

Uma das tecnologias mais relevantes para a aplicação de visão computacional no gerenciamento de resíduos sólidos é o uso de Redes Neurais Convolucionais (*Convolutional Neural Networks* - CNN). As CNNs são um tipo de algoritmo de aprendizado de máquina profundamente utilizado para o processamento de imagens e têm mostrado resultados impressionantes em tarefas de classificação e detecção de objetos.

No contexto da startup de gerenciamento de resíduos sólidos, as CNNs seriam treinadas para realizar a análise das imagens capturadas pelas câmeras instaladas nas caçambas de lixo. O processo de treinamento envolveria a apresentação de um conjunto diversificado de imagens contendo diferentes níveis de ocupação das caçambas, para que a rede neural seja capaz de aprender padrões e características relevantes para estimar a quantidade de resíduos presentes.

Uma vez que a CNN esteja treinada adequadamente, ela será capaz de processar as imagens em tempo real, identificando o grau de ocupação das caçambas e fornecer informações ao software de roteirização.

3.3.2. Transferência de Dados por um Módulo GSM

Para garantir a transferência eficiente e confiável dos dados coletados pelas câmeras, será implementado um módulo GSM (*Global System for Mobile Communications*) como meio de comunicação. O módulo GSM permitirá que as informações de ocupação das caçambas sejam enviadas para o banco de dados central de forma rápida e sem a necessidade de infraestrutura de rede complexa.

O processo de transferência de dados por um módulo GSM pode ser resumido da seguinte maneira:

1. Coleta de Dados: As câmeras com visão computacional capturam imagens das caçambas de lixo e estimam o grau de ocupação com base em algoritmos de CNN.

2. Codificação e Empacotamento: As informações sobre a ocupação das caçambas são codificadas e empacotadas em um formato adequado para transmissão pelo módulo GSM.
3. Conexão GSM: O módulo GSM, integrado ao sistema da câmera ou ao hardware de coleta de dados, estabelece uma conexão com a rede de telefonia móvel disponível na área.
4. Envio de Dados: Com a conexão estabelecida, os dados sobre a ocupação das caçambas são enviados ao banco de dados central através da rede móvel, utilizando protocolos de comunicação seguros.
5. Recepção no Banco de Dados: No lado do servidor, o banco de dados central recebe os dados enviados pelo módulo GSM, armazenando-os para análises e processamentos posteriores.

Ao utilizar um módulo GSM para transferência de dados, a startup garante que as informações sejam enviadas em tempo real, permitindo a otimização das rotas de coleta e uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos dos clientes atacadistas. Além disso, a simplicidade da comunicação via GSM facilita a implantação do sistema em diferentes áreas geográficas, independente de uma infraestrutura de rede fixa complexa.

3.3.3. Aprendizado de Máquina

O aprendizado de máquina, como parte da inteligência artificial, desempenha um papel essencial na classificação e análise das imagens capturadas pelas câmeras. Serão utilizados algoritmos de aprendizado de máquina, como redes neurais convolucionais, para treinar modelos capazes de identificar e estimar o grau de ocupação das caçambas.

3.3.4. Banco de Dados e Armazenamento

Um banco de dados centralizado será utilizado para armazenar as informações coletadas pelas câmeras. A escolha de um sistema de gerenciamento de banco de dados eficiente e seguro é fundamental para garantir a integridade dos dados e a disponibilidade em tempo real para o software de roteirização.

3.3.5. Softwares

Para o projeto de gerenciamento de resíduos sólidos com visão computacional e transferência de dados por GSM, serão necessários diversos *softwares* e *hardwares* para o correto funcionamento do sistema. A seguir, descrevemos os principais elementos requeridos:

1. *Software* de Aprendizado de Máquinas (Machine Learning): Será necessário um *software* de aprendizado de máquinas para treinar as Redes Neurais Convolucionais (CNNs). Existem várias bibliotecas e frameworks de código aberto amplamente utilizados, como TensorFlow, PyTorch e Keras, que oferecem ferramentas poderosas para o desenvolvimento e treinamento dos modelos de visão computacional;
2. *Software* de Processamento de Imagens: O sistema precisará de um *software* capaz de processar as imagens capturadas pelas câmeras e alimentá-las ao modelo treinado. Esse *software* será responsável por extrair as informações relevantes das imagens e estimar o grau de ocupação das caçambas;
3. *Software* de Roteirização: Para otimizar as rotas dos caminhões de coleta, será necessário um *software* de roteirização que utilize algoritmos de otimização, como o algoritmo do caixeiro-viajante. Esse *software* receberá os dados de ocupação das caçambas e calculará as melhores rotas de coleta, minimizando o tempo e recursos necessários;
4. *Software* de Gerenciamento do Banco de Dados: Para armazenar e gerenciar as informações coletadas pelas câmeras, será necessário um *software* de gerenciamento do banco de dados centralizado. Existem diversas opções disponíveis, como *MySQL*, *PostgreSQL*, *MongoDB*, entre outros, que podem ser escolhidos de acordo com os requisitos específicos do projeto;
5. *Software* de Comunicação GSM: Para possibilitar a transferência de dados via GSM, será necessário um *software* que gerencie a conexão com a rede móvel e facilite a comunicação entre as câmeras nos pontos de coleta e o banco de dados centralizado.

3.3.6. *Hardwares*

1. Câmeras com Visão Computacional: Cada ponto de coleta precisará de uma câmera equipada com recursos de visão computacional e capacidade de captura de imagens intermitente. Essas câmeras serão responsáveis por capturar as imagens das caçambas e enviá-las para o sistema de processamento.
2. Módulos GSM: Será necessário um módulo GSM em cada ponto de coleta para permitir a transmissão das imagens e dados de ocupação das caçambas para o banco de dados centralizado. Esses módulos serão responsáveis por estabelecer a conexão com a rede móvel e enviar as informações de forma eficiente.
3. Servidores ou Computadores Centralizados: Será preciso ter servidores ou computadores com capacidade de processamento e armazenamento suficientes para realizar o processamento centralizado das imagens, bem como para gerenciar o banco de dados central.
4. Infraestrutura de Rede: Uma infraestrutura de rede estável e confiável será essencial para permitir a comunicação eficiente entre as câmeras nos pontos de coleta, os módulos GSM e os servidores ou computadores centralizados.
5. Equipamentos de Manutenção: Além dos componentes principais, será necessário contar com equipamentos de manutenção adequados para garantir o funcionamento contínuo e a correção de possíveis falhas nos sistemas de coleta de dados e processamento.

3.4. Planejamento Experimental

3.4.1. Etapas do Projeto

O planejamento experimental para implementação do modelo de negócio inclui as seguintes etapas:

3.4.1.1. Desenvolvimento do Protótipo

Nesta etapa, será desenvolvido um protótipo do sistema que integra as câmeras com visão computacional e o software de roteirização. Será utilizado um conjunto de dados inicial para treinar os modelos de aprendizado de máquina.

3.4.1.2. Testes do Protótipo em Ambiente Controlado

Após o desenvolvimento do protótipo, serão realizados testes em ambiente controlado para avaliar a precisão das câmeras na estimativa do grau de ocupação das caçambas e a eficiência do software de roteirização na criação das rotas.

3.4.1.3. Implementação Piloto em Cliente Real

Uma fase piloto será conduzida em um cliente real, selecionado em acordo com a startup. O objetivo é avaliar a viabilidade do sistema em uma escala real e coletar dados reais para aprimoramento dos modelos de inteligência artificial.

3.4.1.4. Ajustes e Melhorias

Com base nos resultados da implementação piloto, serão realizados ajustes e melhorias no sistema, tanto na parte de visão computacional quanto no software de roteirização. Os modelos de aprendizado de máquina serão reavaliados e reajustados conforme necessário.

3.4.1.5. Avaliação de Resultados

A avaliação dos resultados será realizada com base em indicadores de desempenho, como a precisão da estimativa de ocupação das caçambas, a eficiência das rotas de coleta e o impacto na redução de custos operacionais.

3.5. Matriz SWOT

Esta ferramenta de análise, auxilia a avaliar as Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças de uma entidade. Ela oferece insights estratégicos para tomadas de decisão informadas, identificando vantagens competitivas, áreas de melhoria, oportunidades de crescimento e desafios a enfrentar. Isso permite a

formulação de estratégias alinhadas com o ambiente interno e externo, otimizando recursos e direcionando esforços para maximizar vantagens e mitigar riscos. A análise SWOT é uma ferramenta essencial para adaptar-se a cenários em constante mudança, fortalecer posições no mercado e alcançar metas com maior eficácia. Conforme fragmentado na tabela 2.

Tabela 2- Matriz SWOT

Smart Garbage	
FORTALEZA	FRAQUEZA
-Ser autossustentável -Dar a destinação correta aos resíduos -Ser conectada à sociedade -Ser inovadora smart garbage	-Adesão junto à sociedade -Participação das empresas no projeto -Não reavaliação correta dos resíduos -Restrição de mercado
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
-Potencializar a coleta seletiva doméstica e empresarial -Utilizar a tecnologia e aplicar na coleta seletiva -Comunicação junto às Empresas (Economia circular) -Oferecer novos clientes às empresas de coletas -Potencializar a logística de coletas dos resíduos	-Adesão da sociedade no projeto -Dificuldade para a conectividade (desenvolvimento app) -Robustez dos equipamentos -Custo do projeto -Parcerias limitadas

Fonte: Os Autores (2023).

A avaliação SWOT apresentada oferece uma análise abrangente e fundamentada sobre a entidade em questão. As fortalezas destacadas, como a capacidade de autossustentabilidade, destinação adequada de resíduos, conexão efetiva com a sociedade e a inovação através de "smart garbage", fundamentam-se em aspectos essenciais para o sucesso da organização. Esses atributos não apenas fornecem uma base sólida, mas também estabelecem um ponto de partida estratégico para o desenvolvimento de iniciativas bem-sucedidas.

No entanto, a abordagem imparcial do texto também reconhece as fraquezas existentes, tais como a dificuldade de adesão da sociedade, a limitada participação empresarial, a reavaliação inadequada de resíduos e a restrição de mercado. Esta análise realista é crucial para uma compreensão completa das áreas que precisam de atenção e melhorias, ressaltando a necessidade de ações corretivas que possam ser implementadas para mitigar os possíveis impactos negativos dessas fraquezas.

Além disso, o texto ressalta as oportunidades latentes que podem ser exploradas. A potencialização da coleta seletiva, a otimização de processos através da tecnologia, o estabelecimento de parcerias e a expansão da base de clientes são todas oportunidades que, se exploradas adequadamente, podem levar a avanços significativos e ao crescimento da entidade.

As ameaças, por sua vez, são apresentadas de maneira objetiva, demonstrando um entendimento dos desafios enfrentados. A resistência da sociedade, as dificuldades de conectividade, a robustez de equipamentos, os custos e as parcerias limitadas são ameaças que podem afetar o progresso. No entanto, essa análise não apenas identifica as ameaças, mas enfatiza a necessidade de um gerenciamento eficaz para mitigá-las, reforçando a importância do planejamento estratégico e da tomada de decisões informadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após toda a pesquisa e desenvolvimento do serviço e do modelo de negócio, a startup foi apresentada a diversos professores da Universidade Federal do Paraná e a possíveis investidores do ramo de startups no evento 5º *Pitch Day* UFPR, realizado dia 19 de novembro de 2022, na cervejaria Bode Brown, pelo Instituto de Soluções Tecnológicas Aplicadas da UFPR (InSTA UFPR), em Curitiba/PR.

Figura 9 - Flyer do 5º Pitch Day UFPR

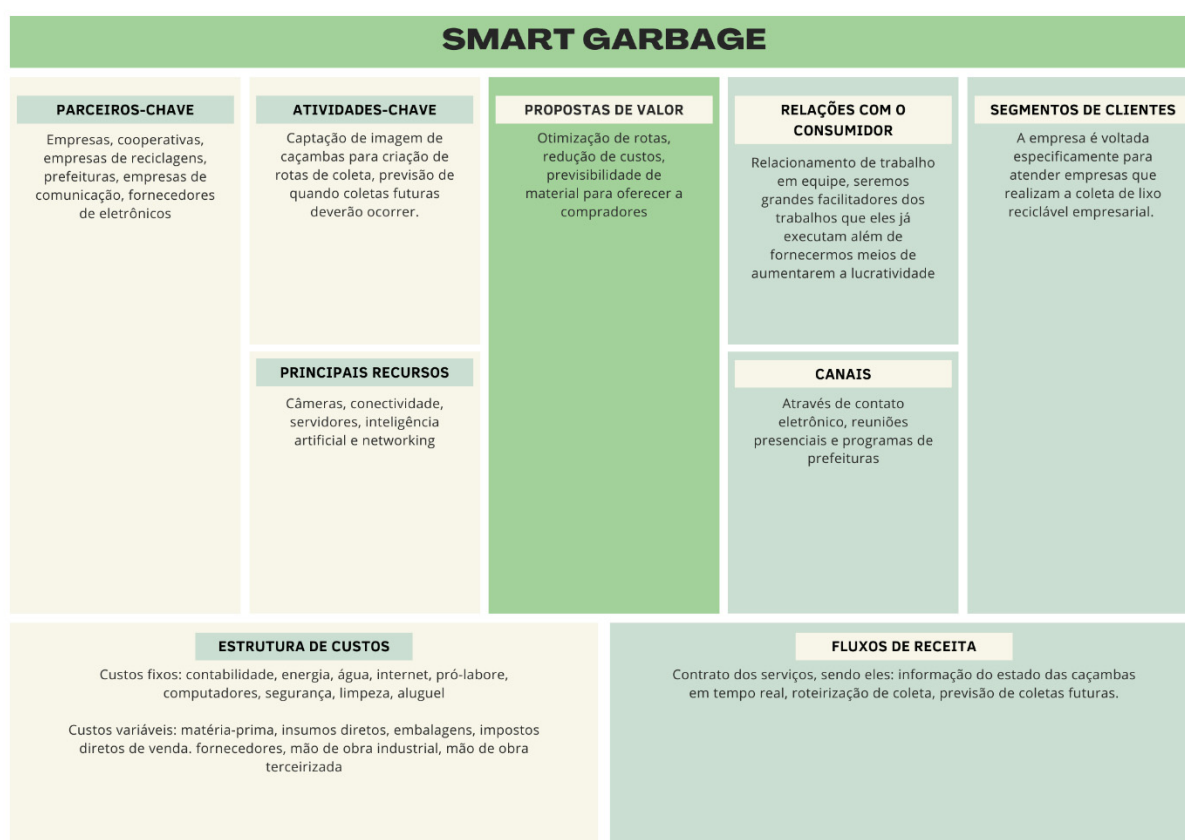


Fonte: Bode Brown (2022).

A apresentação inicial se deu através um Canvas impresso para o evento, como o da Figura 10. A apresentação ocorreu através da exposição do Canvas em uma tenda, ao lado de diversas outras ideias de startups. Havia duas categorias, protótipo e ideação, sendo a segunda categoria a escolhida pela equipe. Mais de 100 equipes foram registradas.

Ao longo da manhã, os avaliadores circularam pela tenda e visitaram todos os projetos. Em cada projeto participante, três avaliadores solicitaram apresentação da startup. Os critérios de seleção e as respectivas notas não foram divulgados.

Figura 10 - Canvas Smart Garbage



Fonte: Os Autores (2023).

Ao longo do desenvolvimento da ideação, foram pré-desenvolvidos recursos físicos e criativos visando facilitar uma próxima etapa de prototipação do projeto, sendo a interface subjetiva de aplicativo ou software para o referente projeto de monitoramento (Figura 11).

Figura 11 - Interface de aplicativo/software de monitoramento



Fonte: Os Autores (2023).

Ao fim da manhã, duas equipes participantes de cada categoria foram selecionadas para a fase final, e a *Smart Garbage* (Figura 122) foi uma delas. Cada equipe teve o tempo de três minutos para realizar sua apresentação, ou *pitch*, e o público presente escolheu os projetos vencedores através de uma votação realizada via *QR Code*.

Figura 12 - Logo Smart Garbage



Fonte: Os Autores (2023).

Após a apresentação no palco, a *Smart Garbage* foi considerada a vencedora do evento (Figura 13). A participação foi extremamente positiva e diversas propostas para evolução do projeto foram recebidas.

A validação recebida no evento por investidores, pesquisadores e estudiosos da tecnologia mostra que a startup possui todas as condições para sobreviver e se destacar no mercado.

A grande possibilidade de impacto positivo ambiental é um grande atrativo para os investidores, e a inclusão das empresas de coleta como grandes *players* da economia circular é um ótimo chamariz para as empresas de coletas, possibilitando expandir rapidamente a área de atuação para outros estados e países.

Figura 13 – Desenvolvedores Smart Garbage no Pitch Day UFPR



Fonte: Autores (2023)

5 CONCLUSÕES

Este trabalho procurou apontar os principais pontos para desenvolvimento de uma Startup no ramo da economia circular, levando tecnologia para uma área pouco explorada como o monitoramento de resíduos orgânicos.

Os resultados indicam uma grande oportunidade no ramo, porém é levado a um alto investimento inicial e necessidade de um alto desenvolvimento técnico.

O desenvolvimento realizado aqui pode contribuir para um aumento da eficiência da coleta seletiva e melhorar os resultados no âmbito de descarte dos resíduos sólidos e orgânicos.

No decorrer da pesquisa foram encontrados alguns fatores limitantes como: custo de implementação, manutenção descentralizada e dependência de conexão de rede. O que abre prerrogativa para novos estudos sobre custo-benefício da implementação e aplicação prática do trabalho.

5.1. Sugestões de trabalhos futuros

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na Tabela 2:

Tabela 2 – Temas para trabalhos futuros.

Área de Pesquisa	Possíveis Trabalhos Futuros
Tecnologia IoT	Explorar o uso mais abrangente da IoT para otimizar a gestão de resíduos.
Big Data e Análise de Dados	Desenvolver algoritmos avançados para analisar grandes volumes de dados de resíduos.
Inteligência Artificial	Aprofundar a aplicação de IA para classificar e identificar resíduos com precisão.
Sustentabilidade Financeira	Investigar modelos de negócios para tornar a solução mais sustentável financeiramente.

Engajamento da Comunidade	Estudar estratégias para aumentar a adesão da sociedade ao monitoramento de resíduos.
Monitoramento em Tempo Real	Desenvolver sistemas de monitoramento em tempo real para aprimorar a supervisão.
Integração com Políticas	Integrar os resultados do monitoramento de resíduos às políticas de gestão ambiental.
Eficiência da Coleta	Analisar como a solução contribui para otimizar a eficiência da coleta de resíduos.
Educação Ambiental	Explorar maneiras de usar a solução para educar a população sobre gestão de resíduos.
Adoção Global	Investigar a escalabilidade da solução e sua aplicação em outras regiões e países.

Fonte: Os Autores (2023).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE.

AGROSMART. (2021). Agricultura de precisão. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/agricultura-de-precisao>>. Acesso em 14 de ago. 2023.

ALBERONE, M. Carvalho, R. Kircove, B. **Sua ideia ainda não vale nada – O guia prático para começar a validar seu negócio**. Rio de Janeiro, 2012.

ALMEIDA, M. S., et al. (2021). **Ética na Inteligência Artificial: Reflexões para o Contexto Brasileiro**. Brazilian Journal of Computer Ethics, 6(1), 78-89.

ASSUNÇÃO, G. M. **“A gestão ambiental rumo à economia circular: como o Brasil se apresenta nessa discussão”**, Sistemas & Gestão, Vol. 14, No. 2, pp. 223-231, disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1543>>. Acesso em 25 de jul. 2023.

BARR, M. **Programming embedded systems in C and C++**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 1999.

BOECKEL, C. **Moradores do Morro da Babilônia reclamam com falta de coleta de lixo**. 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/03/moradores-do-morro-da-babilonia-reclamam-com-falta-de-coleta-de-lixo.html>. Acesso em 25 de jul. 2023.

BONANCIN, R., & FERREIRA, J. (2019). **Agricultura de Precisão: O Uso de Técnicas de Inteligência Artificial na Agricultura**. Anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), 30(1), 590-599.

CAMPELLO, R. J. G. B., DE SÁ, E. A. M., & TORGO, L. (2019). **Data science education in Brazil: Current state and challenges**. Data Science Journal, 18(1), 9.

CHEN, J., SUN, M., & ZHOU, X. (2020). **Design and Implementation of a Modular Control System for Industrial Applications**. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 67(1), 743-753.

COELHO, A. Z. **A ciência de dados e a inteligência artificial no Direito em 2018 - Parte I**. 2019. Disponível em: Acesso em: 10 de ago. 2023.

CORTES, C.; VAPNIK, V. (1995). **Support-vector networks**. Machine learning, 20(3), 273-297.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. (2020). **Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change**. Ellen MacArthur Foundation.

FORESTI, T. **Aplicações de Machine Learning: Como essa tecnologia pode ser utilizada**. Disponível em: <<https://awari.com.br/aplicacoes-de-machine-learning-como-essa-tecnologia-pode-ser->

utilizada/?utm_source=blog&utm_campaign=projeto+blog&utm_medium=Aplica%C3%A7%C3%B5es%20de%20Machine%20Learning:%20Como%20essa%20tecnologia%20pode%20ser%20utilizada>. Acesso em: 15 de jul. 2023.

FURTADO, R., RIBEIRO, M., PENTEADO, R. A., & ARAÚJO, J. (2020). **Startups Brasileiras de Inteligência Artificial: Panorama e Proposta de Classificação**. Anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 31(1).

GEISSDOERFER, M., MORIOKA, S. N., DE CARVALHO, M. M., & EVANS, S. (2020). **Circular economy and the 2030 agenda for sustainable development: A critical overview**. Sustainable Production and Consumption, 25, 380-398.

GHOSH, S. K., PAL, S., & SAHA, P. (2022). **A Review on Industrial Solid Waste: Characteristics, Challenges, and Management Practices**. Environmental Processes, 9(2), 325-351.

GIARDULLO, P. **Automatizing Green Practices? The Analysis of Reverse Vending Machines as a Re-contamination of Theories of Practices**. Sociologica, [S.L.], v. 13, p. 149-166, 31 dez. 2019. Sociologica. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.6092/ISSN.1971-8853/9424>>. Acesso em 23 de jul. 2023.

GONÇALVES, A. F., & OLIVEIRA, R. C. (2019). **Colaboração na Implementação da Inteligência Artificial no Brasil**. Anais do Congresso Brasileiro de Inovação e Tecnologia, 10(1), 120-132.

GONÇALVES, L., Li, Y., LIPPI, V., & MENOTTI, D. (2021). **Inovando em Inteligência Artificial**. O Impacto das Startups Brasileiras.

GONZALEZ, R. C., & WOODS, R. E. (2018). **Digital Image Processing**. Pearson Education.

HI TECHNOLOGIES. (2021). **Nossas soluções**. Disponível em: <<https://www.hitechgroup.com.br/solutions/>>. Acesso em 14 de ago. 2023.

IPEA. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 25 jul. 2023.

KIRCHERR, J., REIKE, D., & HEKKERT, M. (2017). **Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions**. Resources, Conservation and Recycling, 127, 221-232.

KUVIATKOSKI, C. **Startup: O que é, como funciona e como criar uma startup!**. Disponível em: <<https://www.ideianoar.com.br/startup/#o-que-e>>. Acesso em 15 de ago. 2023

LECUN, Y., BENGIO, Y. & HINTON, G. (2015). **Deep learning**. Nature, 521(7553), 436-444.

LIMA, E. C., et al. (2022). **Inteligência Artificial e Sociedade: Reflexões para o Futuro Brasileiro**. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica, 9(2), 45-58.

MAAS, D. G. N. **DIAGNÓSTICO DE FALHAS MULTICAMADAS DE SISTEMAS EMBARCADOS MODELADOS POR SEDS**. 2014. 173 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2014.

MAGRANI, E. **A internet das coisas**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.

MORAES, A. R. M., LIMA, J. S., & SILVA, R. C. (2020). **Desafios éticos da Inteligência Artificial: Uma análise das discussões no Brasil**. Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas (CBS), 14(1), 99-106.

PEREIRA, G. V., MEDEIROS, A. F., & ROSA, A. (2019). **Inteligência Artificial e sua influência na transformação digital das empresas**. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto (CBGDP), 5(1), 87-95.

PREFEITURA DE CURITIBA. **Sobre a Limpeza Pública**. Disponível em: <<https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/sobre-a-limpeza-publica/341>>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

RODRIGUES, C. G., VARELA, L. F. P., & OLIVEIRA, R. C. (2021). **Aplicação da Inteligência Artificial na área da Saúde**. Brazilian Journal of Health Informatics, 13(1), 74-83.

RUSSEL, S. J., & NORVIG, P. (2016). **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Pearson.

SANTOS, R. A. S., SILVA, R. R., & SANTOS, D. M. (2020). **Sistema de Tutoria Inteligente: Uma análise sobre a eficiência no processo educacional**. Brazilian Journal of Computers in Education, 28(1), 123-134.

SANTOS, J. R., FERREIRA, A. M., & LIMA, E. C. (2020). Aplicações de Sistemas Embarcados na Indústria Automotiva Brasileira. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica, 19(1), 25-38.

SEBRAE. **O que é uma startup?**. Disponível em <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/O%2Bque%2B%C3%A9%2Buma%2Bempresa%2Bstartup.pdf>>. Acesso em 22 de jul. 2023.

SILVA, J. A. S. & MAIRINK, C. H. P. **Inteligência artificial: aliada ou inimiga**. LIBERTAS: Rev. Ciênc. Soc. Apl., Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 64-85, ago./dez. 2019.

SILVA, R. A., OLIVEIRA, M. F., & SOUZA, C. M. (2019). **Dispositivos Médicos Embarcados: Contribuições e Desafios para a Saúde no Brasil**. Revista Brasileira de Tecnologia Biomédica, 12(2), 45-58.

SILVA, R. B., RODRIGUES, M. A., & LIMA, P. M. V. (2019). **Aplicações da inteligência artificial no setor financeiro: um estudo bibliométrico em artigos científicos brasileiros**. Perspectivas em Ciência da Informação, 24(2), e021R3.

SILVA, J. R., & SANTOS, A. B. (2020). **Inteligência Artificial: Uma Revolução nas Possibilidades**. Revista Brasileira de Tecnologia da Informação, 7(2), 45-56.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., & VIGIL, S. A. (1993). **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. McGraw-Hill.

TEIXEIRA, J. F. **Inteligência Artificial - Resenha" em Só Filosofia**. Virtuuous Tecnologia da Informação, 2008-2023. Disponível em: <http://filosofia.com.br/vi_res.php?id=19>. Acesso em 15 de ago. 2023.

THIEL, P.. **De zero a um [recurso eletrônico]: o que aprender sobre empreendedorismo com o Vale do Silício** / Peter Thiel ; tradução Ivo Korytowski. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Objetiva, 2014.

VELENTURF, A. P., PURNELL, P., & COOPER, T. (2021). **The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context**. Journal of Business Ethics, 169(2), 189-215.

VISTO.BIO. (2021). **About us**. Disponível em:< <https://www.visto.bio/busca?q=about-us>>. Acesso em 14 de ago. 2023.

VOULODIMOS, A., DOULAMIS, N.; DOULAMIS, A. & PROTOPAPADAKIS, E. **Deep Learning for Computer Vision: a brief review**.

WILDAUER, E. W. **Notas de aula Administrando Industria 4.0** - Programa de Pós-graduação Eng. Mecânica - UFPR.