



Para ser relevante.

www.fdc.org.br



Programa de Pós-graduação em Gestão de Negócios

PROJETO APLICATIVO

Inteligência Artificial aplicada na Otimização da Performance do Transportador Rodoviário de Carga

Professor Marcos Eugenio Vale Leão

FUNDAÇÃO DOM CABRAL

PROJETO APLICATIVO

Modelo de Aplicação da Inteligência Artificial na Otimização da Performance do Transportador Rodoviário de Carga

Área de concentração: Tecnologia como suporte à Gestão de Excelência

Componentes:

Francisco de Paula Santos e Assis
Gildalto Fernandes de Jesus
Jeferson dos Santos Mascarenhas
Jose Vicente Alves Neto
Luan Machado Sousa
Ricardo Nery da Silva
Viviane Isabele Bastos Campos

Francisco de Paula Santos e Assis
Gildalto Fernandes de Jesus
Jeferson dos Santos Mascarenhas
Jose Vicente Alves Neto
Luan Machado Sousa
Ricardo Nery da Silva
Viviane Isabele Bastos Campos

PROJETO APLICATIVO

Modelo de Aplicação da Inteligência Artificial na Otimização da Performance do Transportador Rodoviário de Carga

Área de concentração: Tecnologia como suporte à Gestão de Excelência

Projeto apresentado à Fundação Dom Cabral como requisito parcial para a conclusão do Programa de Pós-graduação em Gestão de Negócios.

Professor Orientador: Marcos Eugenio Vale Leão

Salvador
2024

TERMO DE COMPROMISSO

Os alunos Francisco de Paula S. e Assis, Gildalto Fernandes de Jesus, Jeferson dos Santos Mascarenhas, José Vicente A. Neto, Luan M. Souza, Ricardo Nery da Silva e Viviane Isabele B. Campos abaixo assinado do programa de Especialização em Gestão de Negócios do Programa FDC / SEST SENAT / ITL, realizados nas dependências do SEST SENAT Salvador no período de 10/07/2023 a 29/08/2024, declaram que o conteúdo do Projeto Aplicativo intitulado “Otimização da Performance do TRC através da IA”, no qual, de forma colaborativa e inovadora, contribui para as empresas de TRC que utilizarem a IA para otimização e redução de riscos e custos de seus processos, é autêntico, original, utiliza de fontes confiáveis, preza pela ética e responsabilidade. Além disso, confirma-se sua autoria exclusiva.

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO

Os alunos Francisco de Paula S. e Assis, Gildalto Fernandes de Jesus, Jeferson dos Santos Mascarenhas, José Vicente A. Neto, Luan M. Souza, Ricardo Nery da Silva e Viviane Isabele B. Campos abaixo assinado programa de Especialização em Gestão de Negócios do Programa FDC / SEST SENAT / ITL realizados nas dependências do SEST SENAT Salvador no período de 10/07/2023 a 29/08/2024 (x) autoriza () não autoriza a divulgação de informações e dados apresentados no Projeto Aplicativo intitulado Otimização da Performance do TRC através da IA, no qual, de forma colaborativa e inovadora, contribui para as empresas de TRC que utilizarem a IA para otimização e redução de riscos e custos de seus processos a publicação e/ou divulgação em veículos acadêmicos

AGRADECIMENTOS

Às empresas LATAM, TORA TRANSPORTES, EMPRESA JEFERSON, CONCÓRDIA TRANSPORTES, TRANSPEDROSA E TRANSPARANÁ, que contribuíram com nossos crescimentos profissionais, indicando nossos nomes para participarmos do curso de Gestão de negócios da Fundação Dom Cabral.

Às empresas Maxtrack, Raizen e demais instituições, que contribuíram nos cedendo preciosos tempos de seus colaboradores através de entrevistas e de pesquisas para que pudessem nos apoiar na elaboração deste projeto de grande importância.

Aos professores, aos nossos colegas de curso, nos enriquecendo com suas experiências profissionais, expressadas em sala de aula.

Ao nosso orientador, Marcos Eugenio Vale Leão, pelo apoio e paciência em compartilhar seu vasto conhecimento e contribuir com a elaboração do nosso projeto.

À equipe da Fundação Dom Cabral e ao time de colaboradores do SEST SENAT Salvador, que, de forma exemplar, pôde nos abraçar de forma ímpar durante todo o período da Especialização.

Agradecemos, também, as contribuições do ITL e da CNT.

Por fim, agradecemos aos nossos familiares, que sempre nos incentivaram e nos apoiaram em cada etapa deste desafio.

RESUMO

Em um mundo cada vez mais competitivo e inovador, as organizações precisam buscar uma gestão ágil de forma a se adaptarem às novas realidades, mantendo a excelência no atendimento aos clientes bem como entregando as expectativas dos acionistas e investidores. Na logística brasileira, por diversas razões, tais como dimensões continentais, longas distâncias entre centros de produção e de consumo, bem como a falta de investimentos e infraestrutura para outros modais, o modal rodoviário de carga representa o maior percentual de tudo que é transportado de um ponto a outro. Com os elevados custos e riscos desse modal, é imperativo que as empresas tenham um olhar crítico para novas formas de gestão da performance das operações, com utilização em larga escala da tecnologia embarcada através de plataformas de inteligência artificial com ações em tempo real, gerando resultados satisfatórios. Este trabalho apresenta um estudo para a utilização da inteligência artificial no transporte rodoviário de carga, com objetivo de melhorar a performance logística no tocante à redução de acidentes bem como o aumento da produtividade. A ideia é fazer com que o robô não apenas identifique situações de risco de acidentes ou perda de eficiência, como também atue de forma automática nas ações programadas em forma de alertas para intervenção imediata junto aos motoristas. Com dados integrados em uma plataforma única intitulada de CEL – Centro de Eficiência Logística – o produto desse trabalho gera informações para o sistema de monitoramento e gestão com todas as intervenções geradas e seus respectivos impactos no resultado. Esse produto foi aperfeiçoado e avaliado por importantes *stakeholders* especialistas do modal e de inteligência artificial por meio de entrevistas. A partir dos resultados obtidos, o projeto foi classificado como atrativo e viável para sua aplicabilidade, considerando que o estudo trará importantes vantagens estratégicas às organizações com a sua exequibilidade. Estrategicamente, essa solução oferece como alternativa ao transportador rodoviário de carga uma importante vantagem competitiva com relação às apertadas negociações comerciais junto aos embarcadores que, por sua vez, possuem limites mercadológicos em seus custos com logística.

Palavras-chave: inteligência artificial; otimização da performance; transportador

ABSTRACT

In an increasingly competitive and innovative world, organizations need to seek agile management in order to adapt to new realities, maintaining excellence in customer service as well as meeting the expectations of shareholders and investors. In Brazilian logistics, for several reasons such as continental dimensions, long distances between production and consumption centers as well as the lack of investment and infrastructure for other modes, the road freight mode represents the largest percentage of everything that is transported from one point to another. With the high costs and risks of this modality, it is imperative that companies take a critical look at new ways of managing operations performance, with large-scale use of embedded technology through artificial intelligence platforms with real-time actions, generating results satisfactory.

This work presents a study for the use of artificial intelligence in road freight transport, with the aim of improving logistics performance in terms of reducing accidents as well as increasing productivity. The idea is to have the robot not only identify situations involving risk of accidents or loss of efficiency, but also automatically act on programmed actions in the form of alerts for immediate intervention with drivers. With data integrated into a single platform called CEL - Logistics Efficiency Center - the product of this work generates information for the monitoring and management system with all interventions generated and their respective impacts on the result.

This product was improved and evaluated by important stakeholders specializing in the modal and artificial intelligence through interviews. Based on the results obtained, the project was classified as attractive and viable for its applicability, considering that the study will bring important strategic advantages to organizations with its feasibility. Strategically, this solution offers road freight carriers an important competitive advantage as an alternative in relation to tight commercial negotiations with shippers who, in turn, have market limits on their logistics costs.

Keywords: artificial intelligence; performance optimization; road cargo transporter

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Framework – Design Thinking da Solução: IA aplicada para melhor Performance do TRC	60
Figura 2 – Níveis de Planejamento da Empresa	63
Figura 3 – Business Model Canvas.....	65
Figura 4 – Área da Operação da Transportadora.....	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Empresas por Quantidade de Caminhões	42
Gráfico 2 – Empresas por Tempo de Fundação.....	42
Gráfico 3 – Empresas por faixa de Faturamento Anual.....	43
Gráfico 4 – Empresas por Percepção do Potencial da IA na Redução de Acidentes	43
Gráfico 5 – Empresas por Percepção do Potencial da IA na Redução de Custos	44
Gráfico 6 – Empresas por Percepção do Potencial da IA na Redução de Custos	44
Gráfico 7 – Empresas por Interesse de Investimento em Inteligência artificial	45
Gráfico 8 – Empresas por Grau de Investimento já realizado em Inteligência artificial	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Potencial Faturamento com Lucro Líquido de 8% para cenário com 7.000km/mês.....	75
Tabela 2 – Detalhamento do Potencial Faturamento por mês, dia e hora	75
Tabela 3 – Levantamento de Custo com mão de obra para uma Torre de Controle.....	76
Tabela 4 – Levantamento de Investimento para uma Torre de Controle	77
Tabela 5 – Levantamento de Custo Médio para Tecnologia Embarcada.....	78
Tabela 6 – Plano de Implementação para IA – CEL	82

Sumário

1	RESUMO EXECUTIVO	13
2	BASES CONCEITUAIS.....	16
2.1	A gestão operacional e sua influência na performance nos negócios	16
2.2	IA – Inteligência artificial: conceitos e implicações.....	20
2.2.1	A evolução da Inteligência Artificial.....	20
2.3	As transformações nos negócios a partir da IA – Inteligência artificial	22
2.4	Estudo de viabilidade para novos negócios: principais análises e indicadores de atratividade	25
2.4.1	Analisar os potenciais vantagens da aplicação de IA no transporte rodoviário de cargas:	26
2.4.2	Avaliar a viabilidade econômica, técnica e operacional da implementação de soluções baseadas em IA.....	26
2.4.3	Identificar os principais indicadores de desempenho e atratividade do mercado para novos empreendimentos.....	26
2.4.4	Análise de mercado	27
2.4.5	Análise operacional e logística.....	28
2.4.6	Análise de Viabilidade Financeira	29
2.4.7	Análise de parcerias estratégicas e alianças	30
2.4.8	Análise de tecnologia.....	31
2.4.9	Análise de impacto social e ambiental	32
2.4.10	Análise de riscos e regulamentações	33
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	34
4	LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE INFORMAÇÃO	37
4.1	Análise do Setor.....	37
4.1.1	O transporte de cargas no Brasil e sua evolução tecnológica	37
4.1.2	Desafios no desempenho operacional das empresas de transporte de cargas brasileiras	42
4.2	Benchmarking / Realidades Organizacionais	46
4.2.1	Práticas de Sucesso quanto à Utilização da IA na Performance Operacional ..	46
4.2.2	Resultados e Impacto da IA.....	51
4.3	Criar a ideia conceito do modelo de AI para empresas do segmento de cargas	51

4.4	Avaliação da Percepção dos Principais Stakeholders Sobre a Ideia Conceito	54
4.4.1	Avaliação dos Stakeholders	55
4.4.2	Principais Pontos Observados pelos Entrevistados	57
5	PROPOSTA DE SOLUÇÃO	59
5.1	O modelo de aplicação de Inteligência artificial na Otimização da Performance do Transporte Rodoviário de Cargas	59
5.1.1	Central de Eficiência Logística (CEL)	62
5.1.2	Níveis de Planejamento e Rotinas	62
5.2	Análises de Viabilidade	67
5.2.1	Viabilidade Operacional	67
5.2.2	Viabilidade Técnica	68
5.2.3	Viabilidade Jurídica	69
5.2.4	Viabilidade Política	70
5.2.5	Viabilidade Estratégica	72
5.2.6	Viabilidade Financeira	74
6	PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	79
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	83
7.1	Recomendações:	85
8	REFERÊNCIAS	86

1 RESUMO EXECUTIVO

De acordo com Kronstrom (2021 apud Massa, 2021), a carência de mão de obra especializada, a má condição das rodovias bem como os altos custos logísticos são exemplos de fatores que desfavorecem a lucratividade do setor e colocam em cheque o futuro das empresas de transporte rodoviário de carga no Brasil. À vista disso, a tendência é a redução no número de players com uma consequente maior concentração em empresas mais estruturadas em termos de saúde financeira e gestão corporativa.

Por outro lado, a inteligência artificial vem ajudando muitos setores da economia no tocante a novas formas de execução dos processos, com cada vez menos necessidade de grande quantidade de mão de obra e maior assertividade nas ações em tempo real com a robotização. Por isso, a inteligência artificial é uma tendência crescente no mundo dos negócios em termos de facilitar a vida das pessoas e atuar na solução de problemas em geral.

Ainda, segundo Kronstrom (2021 apud Massa, 2021), a ampliação do uso da tecnologia nos modais de transporte do país mostram que o cenário pode melhorar em um futuro próximo. Além do uso de aparatos tecnológicos para melhorar as condições das vias de transporte e nos veículos, como trens e caminhões, a tecnologia também está sendo muito utilizada para criar soluções de planejamento e de logística mais estruturadas, ajudando a aumentar a eficiência organizacional das empresas produtoras e das que administram os transportes nacionais.

Nesse contexto, o Transporte Rodoviário de Carga vem apresentando, nos últimos anos, o termo Torre de Controle como uma célula da empresa voltada ao planejamento logístico, ao atendimento às demandas dos clientes e ao mapeamento de oportunidades. Contudo, apenas a criação da área na empresa, sem que os resultados esperados sejam alcançados, pode piorar ainda mais o cenário em termos de custos com implantação das tecnologias, contratação de pessoas e serviços de fornecedores. Na prática, é preciso haver uma integração orquestrada entre os sistemas com a utilização de inteligência artificial preparada para tomada de decisão em casos de desvios comportamentais ou de quaisquer naturezas.

Diante disso, esse projeto visa atender a essa expectativa dos empresários de transporte rodoviário de carga em ver seus lucros se tornarem atraentes frente aos elevados investimentos e riscos associados. Para isso, os objetivos específicos visam fazer como que o caminhão tenha sua utilização maximizada com a correta associação da jornada de trabalho dos motoristas, sem paradas não programadas e/ou excedidas. Além disso, como objetivo específico, também temos a atuação em caso de desvios comportamentais e de fadiga dos motoristas durante a condução dos veículos com consequente redução nos índices de acidentes.

O projeto foi estruturado em dez capítulos. O Capítulo 2 aborda as bases conceituais que levaram a uma análise dos modelos de gestão do TRC, Inteligência artificial em termos de Conceitos, Implicações e Evolução. O capítulo ainda trata da Transformação dos negócios a partir da Inteligência Artificial. Por fim, tratou sobre a análise da viabilidade em suas diferentes vertentes operacional, técnica, jurídica, política, estratégica e financeira. Já o Capítulo 3, define-se a metodologia de pesquisa, caracterizada pela pesquisa e análise baseadas em estudo qualitativo e quantitativo.

No capítulo 4, voltado para levantamento e análise de informações, foi realizada uma pesquisa com 63 transportadores selecionados de forma estratégica. Os gestores da alta liderança dessas empresas responderam a um questionário mapeando a percepção deles com relação à importância e ao impacto da inteligência artificial na solução de gestão eficiente das empresas do setor. Foram feitas, também, entrevistas com especialistas com viés de *benchmarking*, preparadas com questões mais técnicas por meio de videoconferências. Com isso, foi elaborada a ideia conceito como preparação para a solução do trabalho a ser desenvolvida posteriormente. Tal ideia ainda foi reavaliada e lapidada por *stakeholders* mapeados.

No capítulo 5, foi desenvolvida a proposta de solução para Otimização da Performance do Transporte Rodoviário de Cargas. Foi apresentado o CEL — Centro de Eficiência Logística — como um modelo de aplicação da Inteligência Artificial para maior desempenho do Transporte de Cargas. O capítulo trouxe ainda a segregação das rotinas em níveis Estratégico (alta direção da empresa), Tático (gerentes e coordenadores) e Operacional (líderes e suas respectivas equipes administrativas e motoristas).

No capítulo 6, foi apresentada a Solução no Modelo Canvas. No Capítulo 7, tratou-se do estudo de viabilidade nas vertentes Operacional, Técnica, Jurídica, Política, Estratégica e Financeira. No capítulo 8, foi descrito o Plano de Implementação do Projeto de forma detalhada, a fim de apresentar ao público interessado a expectativa em termos de *Timing*. Por fim, no Capítulo 9 foram abordadas as Considerações Finais, Conclusões e Recomendações.

2 BASES CONCEITUAIS

Neste capítulo serão apresentadas as bases conceituais que nortearão a construção deste estudo. Serão abordados temas como a implicação da Inteligência artificial, tecnologias e sua evolução ao longo do tempo e as transformações presentes na gestão das operações. Apresentaremos, também, uma visão macro do transportador rodoviário de carga no Brasil e sua evolução tecnológica.

2.1 A gestão operacional e sua influência na performance nos negócios

Os consumidores estão cada vez mais exigentes e dispostos a selecionar as empresas que possuam um produto ou serviço de qualidade a um preço competitivo e que tenham aspectos de responsabilidade em suas operações. No setor de transporte — considerando que prazos de entrega com SLA “apertados”, estratégia de estoques (matéria-prima e produto acabado) e monitoramento on-line pelo cliente de toda cadeia, a partir do pedido, são exemplos de características amplamente utilizados pelas empresas demandantes —, é imprescindível que uma gestão operacional eficiente esteja bem implementada a fim de que uma transportadora possa dar continuidade aos seus negócios com preços competitivos, o que proporcionará, por sua vez, chance de desenvolvimento para outras localidades (Pozo, 2010).

A gestão operacional desempenha um papel crucial no desempenho do transporte de cargas. Ela abrange uma série de atividades e decisões que impactam diretamente a eficiência, a segurança e a qualidade dos serviços de transporte.

É impossível haver uma gestão eficiente se não tivermos um planejamento logístico adequado com rotas bem definidas, escolhas das melhores rodovias para trafegabilidade, pois, com essas escolhas, fatalmente teremos um melhor êxito tanto nas questões logísticas quanto aos custos. Em paralelo, é necessário que uma gestão de frota tenha um controle efetivo das manutenções preventivas, além de uma gestão de combustível eficaz, alocando os respectivos recursos às reais necessidades, minimizando riscos de desperdícios. Entretanto, para que toda essa gestão ocorra sincronizadamente, é necessário que toda a cadeia esteja motivada. Contudo, uma equipe bem treinada, em que da seleção aos treinamentos programados sejam

executados, sendo imprescindível que as habilidades estejam enquadradas em cada perfil dos profissionais executantes, sobretudo considerando que serão responsáveis por organizar o sistema de transporte com um planejamento assertivo, o que envolve diversos parâmetros analíticos desde os mais simples até mesmo o ciclo total dos produtos a serem transportados (Gomes e Ribeiro, 2011).

Integrado a uma gestão, os sistemas de informação a serem utilizados precisam ser adequados à realidade da empresa no tocante às ferramentas de TI, com softwares, TMS, ERP's, além de estarem preparados para integrações com outras ferramentas e, principalmente, antenados a iniciar a utilização da Inteligência artificial para aprimorar toda a cadeia logística.

Com o aumento da competitividade, veio a necessidade de atendimento à demanda de seus clientes dentro de um parâmetro voltado a necessidade destes — isso vale tanto para a qualidade de um produto quanto para o serviço. Para isso, é necessário que haja uma confiabilidade para que o cliente, ao medir sua escolha, a faça de modo influenciada com base no histórico de serviços prestados (Martins e Alt, 2012).

No contexto geral, o transporte é considerado um elemento muito importante para a economia e um dos mais relevantes no custo logístico das empresas e este “custo elevado” acarreta a perda de competitividade no mercado interno e externo, e faz com que os consumidores paguem mais caro pelos produtos, pois as indústrias têm que passar esses custos para o consumidor final (Ballou, 2004).

O transporte é um diferencial competitivo diante do mercado, tendo em vista que a eficiência leva à redução de custo, minimizando gastos diretos, pois os clientes tendem a buscar empresas cada vez mais tecnológicas que atendam às suas necessidades de forma rápida, dinâmica e com baixo custo — isso só é possível com um sistema de gestão voltada à tecnologia. Operações logísticas que têm estratégias integradas e desenvolvidas têm uma vantagem significativa no mercado, tendo em vista uma racionalização dos seus recursos. Fatores desta natureza tendem a ser um facilitador nas estratégias desenvolvidas pelas empresas tanto nas questões estratégicas como em uma visão sistêmica de planejamento (Pozo, 2010).

Um sistema de transporte necessita de gestões que auxiliam o planejamento integradamente, pois já há fatores que prejudicam por si este planejamento, tais como a própria infraestrutura deficitária da malha rodoviária do país, atrelado a outros fatores que encarecem o transporte (Martins, Lourenço e Oliver, 2016).

O gerenciamento das operações deve permitir que os profissionais possam planejar, otimizar e atender às demandas eficientemente. É preciso dizer que muitos embarcadores já possuem plataformas de torre de controle já integradas com os transportadores para visualizar as operações em termos de monitoramento, ou seja, possuir um bom sistema de gestão das cadências de carga, agendamentos de descarga e logística integrada vai otimizar os custos empresariais (Jorge, 2016).

Custos de transportes afetam as empresas de modo geral, pois, no contexto final, isso fatalmente será repassado ao consumidor final. Dessa forma, algumas empresas trabalham fortemente em estratégias internas com intuito de minimizar esses impactos, já que os custos de transportes, que também englobam custos logísticos, fazem parte de uma parte significativa do negócio como um todo, devendo estar atrelada a um bom sistema de gestão (Pianegonda, 2016).

Outra facilidade com um bom sistema de gestão é monitorar os custos ligados à atividade de transporte (mão de obra, combustível, pneu, veículo, impostos e despesas administrativas etc.). A participação desses componentes varia em função da forma que a operação de transporte é realizada. Assim, se o veículo roda muito, trabalhando em rotas longas, a variação no valor do combustível terá impacto maior. Já em operações urbanas, em que há a distribuição e a coleta de produtos, os veículos pequenos, que consomem menos combustível, rodam pouco; porém, demandam muita mão de obra, ou seja, com motorista e ajudante. Dessa forma, o sistema de gestão de frota consegue desenvolver ferramentas de roteirização ou até mesmo de dirigibilidade que auxiliam o impacto destes custos (VALDÍVIA NETO SILVA, 2016).

É imperativo considerar os aspectos e os fatores que irão alimentar o sistema, como questões relacionadas à programação do transporte ou até mesmo à especificação do modelo de veículo a ser utilizado. É um fator que pode onerar o custo de transporte.

Diante desse contexto, vale reforçar a importância da visibilidade clara dos dados trabalhados e indicadores-chave advindos deles, a fim de que a tomada de decisão em tempo real seja fator decisivo de sucesso. Simplesmente, observar relatórios do mês anterior, sem ações *ontime*, podem custar recursos preciosos e impactar sobremaneira a lucratividade – conhecidamente apertada nesse segmento (Jorge Marcelino, 2014).

Parte integrante do sistema de gestão operacional, a análise de desempenho do motorista deve contar consideravelmente com a tecnologia embarcada para a obtenção de dados relacionados à condução econômica, ao comportamento seguro e à segurança patrimonial. Um programa robusto de recrutamento, seleção, capacitação, *inhouse* e monitoramento dos motoristas com a utilização de motoristas instrutores e padrinhos é um diferencial competitivo em uma transportadora. É preciso, também, haver um bom programa de reconhecimento com pagamento de remuneração variável por meritocracia e premiação dos melhores motoristas (Broliani, 2023).

Para alguns segmentos de cargas, existe, também, o desafio da sazonalidade de picos elevados, tais como a indústria de bebidas e a safra de cana-de-açúcar (Gonçalves, 2013).

Um sistema de gestão bem monitorado poderá demonstrar o histórico bem como a melhor forma de alocação dos recursos disponíveis, gerando menos perdas e, conseqüentemente, melhor resultado das operações.

Evidentemente, nem tudo irá depender apenas de um sistema de gestão, por haver razões que dependam de fatores externos: precariedade da infraestrutura existente, que dificulta e onera o setor; a imprevisibilidade da variação do combustível, principal insumo deste segmento; ou seja, fatores que oneram significativamente os custos de transporte no Brasil, reduzindo as margens de ganho e maximizando o valor final do produto ao cliente (Resende, Sousa & Oliveira, 2015; Martins, Lourenço e Oliver, 2016).

Para que esses impactos de fatores externos sejam minimizados, é de suma importância monitorarmos as constantes desses custos. Dessa forma, é crucial

investimentos em tecnologia de uma forma ampla, pois quem não pensar dessa maneira estará fadado a perder competitividade e, principalmente, lucratividade (Batista, 2023).

2.2 IA – Inteligência artificial: conceitos e implicações

O ser humano possui uma capacidade única de raciocínio e desenvolveu, ao longo de milhares de anos, formas de pensar e interpretar o mundo em que vive. Entretanto, a partir no século passado, mais especificamente após a Segunda Guerra Mundial, compreendeu que precisava de um modelo artificial com abrangência longa e ágil para maior assertividade na busca por soluções. Surgiu, então, a Inteligência artificial, capaz de absorver diversas utilidades. A inteligência Artificial sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana. Nesse sentido, ela é um campo universal (Russell; Norvig, 2004).

2.2.1 A evolução da Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial é uma novidade não tão recente. Conforme estudos de Kai-Fu Lee (2019), na década de 50, durante os “anos dourados”, surge um propósito desafiador e preciso: reproduzir a inteligência humana em computadores. Segundo Lee (2019), a complexidade do objetivo e a nitidez atraíram mentes brilhantes no campo da ciência da computação: Marvin Minsky, John McCarty e Herbert Simon.

Ainda seguindo o estudo de Lee (2019), a Inteligência artificial sofreu diversos momentos de expansão e retrocesso, o que chamou de “inverno de IA”. Sendo assim, as quedas são motivadas por falta de casos de uso e resultados práticos, conseqüentemente, os investimentos e esforços de cientistas, acadêmicos e da indústria reduzem nestes períodos de incertezas.

As primeiras versões de redes neurais foram desenvolvidas na década de 1950 e 1960, trazendo resultados favoráveis e publicidade. Todavia, os resultados eram limitados e pouco acurados, segundo pesquisadores da época. Portanto, houve uma perda de interesse na tecnologia, gerando a primeiro “Inverno de IA” na década de 1970.

Dessa forma, não houve muitas evoluções nas décadas seguintes, com breves períodos de destaque e desconsideração quase total — em virtude da limitação de dados para treinar softwares com cenários diversos; e poder computacional para analisar com velocidade. Sendo assim, a limitação das principais matérias-primas que abastecem as redes neurais foi crucial para o insucesso, segundo Lee (2019).

No ano de 2021, o pesquisador Geoffrey Hinton (2021) desenvolveu um método de treinar dados por camadas, o que possibilitou um avanço técnico expressivo na tecnologia de aprendizado profundo, visto que torna necessária a análise de diversas camadas de neurônios artificiais para a análise e a solução de problemas complexos da vida cotidiana.

Dessa forma, Lee (2019) afirma que as redes neurais tiveram sua capacidade de realizar tarefas potencializadas exponencialmente, como para identificar falas e imagens. Essa evolução atraiu pesquisadores, futuristas e grandes empreendedores de tecnologia, observando as diversas possibilidades de uso: compreender a fala humana, prever comportamento de consumidores, identificar fraudes, assim como controlar robôs e até dirigir carros.

A partir deste momento, a Inteligência Artificial tornou-se uma grande aliada para as organizações, pesquisadores e cientistas. O investimento de grandes corporações de tecnologia, como Google e Meta, empresas que estavam avançadas na tecnologia, além de diversos avanços em geral no mundo tecnológico. Todavia, em 2022 houve a popularização da AI, com o lançamento do GPT, disponibilizando a tecnologia para pessoas comuns utilizarem habitualmente em suas tarefas diárias. Acreditando que no futuro teremos experiências mais imersivas, personalizadas e precisas — onde o céu é o limite para sonhar.

Diante de grande evolução tecnológica — promissora, disruptiva e desafiadora —, pensar no futuro é uma das maiores responsabilidades, principalmente como esta tecnologia se integrará com os humanos e como os humanos farão o uso de forma ética e construtiva, de modo a otimizar cada vez mais a qualidade de vida da humanidade.

2.3 As transformações nos negócios a partir da IA – Inteligência artificial

O mundo passa por constantes transformações e a cada momento as transformações apresentam ou exigem atualizações para cada período, momento ou circunstância. Nos negócios, essas transformações se apresentam principalmente no campo da tecnologia, atualizando ou revolucionando e reinventando os processos, seja no desenvolvimento, na produção, gestão ou disponibilização de tudo que é produzido no mercado. A revolução industrial teve grande participação e marco importante na história, transformando os processos produtivos como um todo, levando manufaturados para industrializados (Cavalcante, Silva, 2011).

No final do século XVIII, por volta do ano de 1760, teve início a chamada primeira revolução industrial, que se estendeu até aproximadamente o final do século XIX. Neste período as mudanças mais significativas na transformação industrial foram marcadas pela transição da manufatura manual para a produção mecanizada. É o momento em acontece a introdução das máquinas a vapor, da mecanização dos produtos têxteis e do desenvolvimento de novas tecnologias de produção e consolidou o processo de capitalismo. (Silva, 2024).

A primeira revolução industrial teve um imenso impacto na economia, na sociedade e no ambiente de trabalho, estabelecendo novas bases que seriam extremamente importantes para as subseqüentes revoluções industriais e o desenvolvimento da era moderna. Essa época é considerada a grande precursora do capitalismo — com a passagem do capitalismo comercial para o capitalismo industrial. (Cavalcante, Silva, 2011).

A segunda revolução industrial trouxe ainda mais avanços tecnológicos. O final do século XIX e início do século XX são considerados como o período de início da segunda revolução industrial. A partir desse período, houve grandes avanços tecnológicos com a chegada da eletricidade, petróleo, aço e produtos químicos e, ainda, o surgimento de novas indústrias pesadas, como o setor automobilístico e a indústria química, bem como a capacidade produtiva (Sousa, 2024).

O impacto na sociedade veio por meio das mudanças nas condições de trabalho, urbanizações e padrões de vida, e contribuiu muito para o crescimento e desenvolvimento de novas formas de transporte e comunicação (Sousa, 2024).

De modo a fazer menção e a estratificar um pouco mais algumas das principais áreas que foram fortemente alcançadas por essa revolução, citamos: eletricidade, que permitiu a automação de processos industriais, tornando as produções mais eficientes e aumentando a capacidade de fabricação; indústria química, que desempenhou um papel de produção em larga escala de produtos químicos e materiais sintéticos, como plásticos e fertilizantes; indústria automobilística, que revolucionou o transporte e a mobilidade de pessoas a partir do seu surgimento com a introdução do motor a combustão; ferro e aço que, por meio dos seus métodos de produção, possibilitou a construção de estruturas mais robustas e duráveis, impulsionando o setor de construção e infraestrutura. As tecnologias introduzidas nesse período possibilitaram a produção em massa por meio da automatização do trabalho (Sousa, 2024).

Os gigantescos impactos na vida das pessoas, trazidos pelas inovações tecnológicas, são facilmente notáveis no meio da sociedade, pois desencadearam o êxodo rural, que, conseqüentemente, potencializou a urbanização à medida que as pessoas migravam do campo para as cidades, motivados pela transformação e mudança de mão de obra por máquinas. Nesse período, surgem novos produtos de consumo, como eletrodomésticos e produtos químicos para uso domésticos, indução eletromagnética, motores elétricos, lâmpadas de filamento, telégrafos sem fio, ondas de rádio, entre outros (Sousa, 2024).

A terceira revolução industrial é também conhecida como Revolução Técnico-Científica-Informacional. Esta teve início em meados do século XX, a partir da década de 1950. Seus principais destaques são marcados pelos grandes avanços da tecnologia da informação e comunicação, robótica, genética, eletrônica, entre outros, trazendo ainda mais mudanças profundas na economia, indústria e sociedade em geral. Essa revolução trouxe mudanças profundas tanto no campo econômico quanto social (Sousa, 2024).

De acordo com Sousa (2024), alguns dos principais avanços, características e conseqüências da Terceira Revolução Industrial incluem:

- 1) Inovações tecnológicas: avanços na robótica, genética, eletrônica, telecomunicações e infraestrutura, resultando em maior produtividade e desenvolvimento econômico;
- 2) Impacto na sociedade: transformações nas relações sociais, na forma de produção e no acesso à informação, influenciando a vida das pessoas em todo o mundo;
- 3) Desenvolvimento da eletrônica: a introdução de computadores, satélites, softwares e robôs revolucionaram os processos produtivos e a comunicação;
- 4) Globalização: a expansão da tecnologia de comunicação, como a internet, televisão e celulares, diminuiu as barreiras geográficas e culturais, aproximando diferentes partes do mundo.

Ainda segundo Sousa (2024), as consequências da Terceira Revolução Industrial incluem:

- 1) Crescimento econômico acelerado: a introdução de novas tecnologias impulsionou o crescimento das economias em todo o mundo;
- 2) Mudanças sociais: a disseminação de produtos eletrônicos e a conectividade global transformaram as relações sociais e a forma como as pessoas se comunicam;
- 3) Impacto ambiental: a exploração insustentável dos recursos naturais e a necessidade de um desenvolvimento sustentável tornaram-se questões importantes a serem abordadas.

Apesar dos avanços e benefícios trazidos pela Terceira Revolução Industrial, também surgiram desafios, como a desvalorização da mão de obra e a exploração dos recursos naturais. É fundamental encontrar um equilíbrio entre o progresso tecnológico e a preservação do meio ambiente para garantir um futuro sustentável para as próximas gerações (Sousa, 2024).

A Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, é, segundo o Fórum Econômico Mundial, a transição em direção a novos sistemas. Diversas tecnologias inovadoras estão possibilitando mudanças significativas na economia, na sociedade e no mercado de trabalho. Algumas das tecnologias-chave

que protagonizam e marcam a Quarta Revolução são: a nanotecnologia, a neurotecnologia, robôs, Inteligência artificial, biotecnologia, impressoras 3D, uso de drones, entre outros (Sousa, 2024).

2.4 Estudo de viabilidade para novos negócios: principais análises e indicadores de atratividade

A crescente demanda por eficiência no transporte rodoviário de cargas tem motivado empresas a explorarem soluções inovadoras (Smith, 2022). A aplicação de Inteligência Artificial (IA) se apresenta como um caminho promissor para otimizar a performance desse setor (Smith, 2022). A introdução da IA pode transformar a logística, proporcionando vantagens competitivas significativas (Smith, 2022). Este estudo se propõe a aprofundar as análises para determinar a viabilidade e os impactos dessa integração.

O estudo de viabilidade visa analisar a atratividade e a viabilidade de implementar soluções baseadas em Inteligência Artificial (IA) para otimizar a performance no transporte rodoviário de cargas (Smith, 2022). Este setor, especialmente o de transporte de mercadorias por estradas enfrenta desafios significativos, como eficiência operacional, custos logísticos e sustentabilidade, que a IA pode abordar de maneira inovadora e eficiente (Smith, 2022).

A introdução da IA nesse contexto busca oferecer soluções inovadoras para enfrentar desafios logísticos, melhorar a eficiência operacional e reduzir custos, tornando-se um tema de grande relevância no cenário atual.

O estudo de viabilidade proposto tem como objetivo principal analisar a aplicação da Inteligência Artificial (IA) no transporte rodoviário de cargas. Iremos abordar cada um dos objetivos específicos.

Ao detalharmos esses objetivos, o estudo de viabilidade poderá fornecer insights cruciais para decisões estratégicas sobre a implementação de soluções baseadas em IA no transporte rodoviário de cargas. A integração bem-sucedida de tecnologias avançadas pode não apenas melhorar a eficiência operacional, mas também posicionar as empresas para enfrentar os desafios emergentes no setor.

2.4.1 Analisar os potenciais vantagens da aplicação de IA no transporte rodoviário de cargas:

Será necessário identificar e avaliar como a IA pode ser incorporada no transporte rodoviário de cargas para proporcionar benefícios. Isso inclui a automação dos processos, otimização de rotas, prevenção de acidentes, gestão de frota, entre outros. A análise deve considerar impactos positivos na eficiência operacional, redução de custos, e melhoria na segurança.

2.4.2 Avaliar a viabilidade econômica, técnica e operacional da implementação de soluções baseadas em IA

A viabilidade econômica envolverá a análise dos custos associados à implementação de soluções baseadas em IA em comparação com os benefícios financeiros esperados (Gokhale & Jain, 2023). A viabilidade técnica considerará a infraestrutura existente, a capacidade de integração com sistemas existentes e a disponibilidade de tecnologia (Mohammad & Maheswari, 2023). A viabilidade operacional abordará aspectos práticos da implementação, como treinamento de equipe, manutenção e adaptação às condições reais do setor de transporte rodoviário (Wilson & Daugherty, 2023).

2.4.3 Identificar os principais indicadores de desempenho e atratividade do mercado para novos empreendimentos

Identificar os principais indicadores de desempenho e atratividade do mercado para novos empreendimentos é uma tarefa fundamental para orientar estratégias eficazes. Segundo o relatório da European Conference of Transport Research Institutes (ECTRI) sobre "Key Performance Indicators (KPIs) for Transport", é essencial analisar indicadores-chave de desempenho (KPIs) relevantes para a implementação de soluções baseadas em IA no transporte rodoviário. Isso engloba a avaliação da eficiência da frota, redução de emissões de carbono, tempo de entrega, satisfação do cliente, entre outros aspectos cruciais (ECTRI, 2015).

Além disso, conforme destacado no artigo de Branson (2021) sobre "Market Attractiveness: A Key Concept for Startups", é crucial considerar a atratividade do

mercado. Isso envolve a análise de tendências, demanda por inovação e aceitação do mercado em relação a soluções baseadas em IA.

Serão também realizadas análises de cada item correlacionado ao estudo, conforme a seguir:

2.4.4 Análise de mercado

A análise de mercado é essencial para avaliar a viabilidade de novos negócios na aplicação de IA na otimização do transporte rodoviário de cargas (Chopra & Meindl, 2007). Ao examinar o tamanho do mercado, a concorrência, a disposição do mercado e as tendências futuras, as empresas podem tomar decisões informadas que impulsionam o sucesso a longo prazo.

Inicialmente, é crucial entender o contexto do mercado de transporte rodoviário de cargas. Este setor é altamente dinâmico, influenciado por fatores como demanda sazonal, regulamentações governamentais, custos de combustível e infraestrutura de transporte (Davenport & Ronanki, 2018). Além disso, as expectativas dos clientes estão evoluindo, com uma crescente ênfase na eficiência, segurança e sustentabilidade.

A aplicação de IA na otimização do transporte rodoviário de cargas oferece várias vantagens, como roteamento mais eficiente, previsão de demanda mais precisa, manutenção preditiva de veículos e redução de custos operacionais (Rodrigues & Banerjee, 2019). No entanto, para determinar a viabilidade desse negócio, é essencial realizar uma análise detalhada. Isso envolve examinar o tamanho total do mercado, identificando segmentos específicos que poderiam se beneficiar mais da aplicação de IA. Por exemplo, empresas de logística que lidam com grandes volumes de transporte podem ser alvos primários. Além disso, é importante avaliar a disposição do mercado em adotar novas tecnologias, considerando fatores como a conscientização sobre IA, aceitação de riscos e investimentos disponíveis.

A análise da concorrência é outro aspecto crítico (Chopra & Meindl, 2007). Identificar empresas que oferecem soluções similares ou competem no mesmo espaço fornece insights sobre lacunas no mercado e estratégias para diferenciação.

Isso inclui avaliar as tecnologias existentes, preços, modelos de negócios e reputação no mercado.

Além disso, a análise de tendências futuras é vital (Davenport & Ronanki, 2018). O mercado de transporte rodoviário de cargas está sujeito a mudanças rápidas, impulsionadas por avanços tecnológicos, regulamentações e demanda do cliente. Compreender essas tendências permite antecipar as necessidades futuras do mercado e adaptar as estratégias de negócios de acordo.

2.4.5 Análise operacional e logística

Realizar a análise operacional e logística abrangente é fundamental para avaliar a viabilidade de novos negócios que buscam aplicar Inteligência Artificial na otimização do transporte rodoviário de cargas. Ao considerar as complexidades e os desafios desse setor, os gestores podem tomar decisões informadas que resultem em melhorias significativas na eficiência e na rentabilidade das operações logísticas (Vahidnia *et al.*, 2017).

Inicialmente, a análise operacional examina os processos existentes no transporte rodoviário de cargas, identificando áreas de ineficiência, gargalos e oportunidades de melhoria. Isso pode envolver avaliação de rotas, tempos de entrega, uso de recursos (como veículos e motoristas), manutenção de frota e gestão de estoque. A partir dessas informações, são estabelecidos indicadores de desempenho (KPIs) que serão utilizados para medir o sucesso da implementação da IA (Vahidnia *et al.*, 2017).

Por outro lado, a análise logística se concentra na gestão estratégica dos fluxos de mercadorias, considerando fatores como demanda do mercado, sazonalidade, variabilidade nos pedidos e localização dos centros de distribuição. Ela também examina os custos envolvidos em cada etapa da cadeia de suprimentos, desde o armazenamento até a entrega final, visando otimizar o uso de recursos e reduzir desperdícios. Ao combinar essas duas análises, os tomadores de decisão podem entender melhor como a implementação da IA afetará as operações logísticas, incluindo aspectos como roteirização inteligente, previsão de demanda, manutenção preditiva de veículos e otimização de estoque. Além disso, é essencial considerar os

impactos organizacionais e culturais da introdução de novas tecnologias, garantindo a aceitação e adoção por parte dos funcionários.

Diversos estudos e pesquisas têm explorado o uso da IA no contexto da logística e do transporte de cargas. Por exemplo, o trabalho de Vahidnia et al. (2017) demonstra como algoritmos de otimização podem ser aplicados para melhorar a eficiência das operações logísticas. Da mesma forma, o estudo de Wang et al. (2018) discute o uso de técnicas de aprendizado de máquina para prever a demanda de transporte e otimizar a gestão de frota.

2.4.6 Análise de Viabilidade Financeira

A análise de viabilidade financeira desempenha um papel crítico na decisão de investir em novos negócios que envolvem a aplicação de Inteligência Artificial no transporte rodoviário de cargas (Smith, 2020). Ao considerar cuidadosamente os custos, benefícios e riscos, as organizações podem tomar decisões informadas que maximizem o retorno sobre o investimento.

Realizar esta análise é essencial ao considerar a implementação de novos negócios, especialmente na aplicação de tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial (IA) na otimização da performance do transporte rodoviário de cargas (Johnson et al., 2019). Nesse contexto, a análise financeira visa determinar se o investimento necessário para desenvolver e implementar soluções de IA é justificado pelos retornos esperados.

Primeiramente, é crucial realizar uma avaliação detalhada dos custos envolvidos (Chen et al., 2018). Isso inclui não apenas os custos de desenvolvimento e implementação da solução de IA, mas também os custos operacionais contínuos, como manutenção, suporte técnico e possíveis atualizações. Além disso, é importante considerar os custos indiretos, como treinamento de pessoal e possíveis impactos no fluxo de trabalho.

Por outro lado, a análise também deve identificar e quantificar os benefícios esperados da aplicação da IA no transporte rodoviário de cargas (Smith, 2020). Isso pode incluir uma maior eficiência operacional, redução de custos de combustível, otimização de rotas e horários, minimização de tempos de inatividade e até mesmo a

melhoria da segurança nas estradas. Esses benefícios devem ser traduzidos em termos financeiros para facilitar a comparação com os custos.

É fundamental utilizar métodos de avaliação financeira adequados, como a análise de custo-benefício, o *payback period* e o cálculo do retorno sobre o investimento (ROI) (Johnson et al., 2019). Essas técnicas ajudam a determinar a viabilidade do projeto ao considerar o tempo necessário para recuperar o investimento inicial e a lucratividade geral do empreendimento.

Além disso, é importante considerar os riscos associados ao projeto (Chen et al., 2018). Isso pode incluir riscos técnicos, como a eficácia da solução de IA em condições do mundo real, bem como riscos financeiros, como flutuações no mercado ou mudanças na regulamentação do setor de transporte.

2.4.7 Análise de parcerias estratégicas e alianças

A análise de parcerias estratégicas e alianças é fundamental para avaliar a viabilidade de novos negócios na aplicação de IA na otimização do transporte rodoviário de cargas. Ao considerar cuidadosamente os aspectos mencionados abaixo, as empresas podem maximizar as chances de sucesso e criar soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios enfrentados pelo setor. Inicialmente, é fundamental identificar potenciais parceiros que possuam expertise complementar na área de IA e logística de transporte. Empresas de tecnologia especializadas em IA podem fornecer soluções avançadas para otimização de rotas, previsão de demanda e gestão de frota, enquanto operadoras de transporte rodoviário de cargas detêm conhecimento prático do mercado e das necessidades dos clientes (Christopher & Holweg, 2011; Chopra & Meindl, 2007). Além disso, a análise criteriosa das competências e recursos de cada parceiro é crucial para garantir uma colaboração eficaz. Parcerias bem-sucedidas exigem um alinhamento de objetivos, valores e cultura organizacional, além de uma distribuição equitativa de responsabilidades e benefícios (Croom et al., 2000).

Outro aspecto importante a considerar é o compartilhamento de riscos e recompensas. Ao formar alianças estratégicas, as partes envolvidas devem estar preparadas para enfrentar desafios e incertezas juntas, bem como compartilhar os

benefícios decorrentes do sucesso do empreendimento conjunto. Além disso, a análise de viabilidade deve levar em conta o impacto regulatório e legal das parcerias, especialmente em setores altamente regulamentados, como o transporte rodoviário de cargas. É essencial garantir que as operações estejam em conformidade com as normas e legislações vigentes, mitigando assim potenciais riscos jurídicos (Christopher & Holweg, 2011; Chopra & Meindl, 2007).

2.4.8 Análise de tecnologia

Uma análise abrangente de tecnologia para um estudo de viabilidade em novos negócios na aplicação de Inteligência Artificial na otimização da performance do transporte rodoviário de cargas é essencial para tomar decisões informadas e maximizar as chances de sucesso do empreendimento (Chopra & Meindl, 2019).

Primeiramente, é crucial examinar o estado atual da tecnologia de IA aplicada ao transporte rodoviário de cargas (Wan et al., 2020). Isso envolve investigar as diversas áreas onde a IA pode ser implementada, como roteirização inteligente, previsão de demanda, manutenção preditiva de veículos, gestão de frota e otimização de rotas. Estudos de casos e análises de mercado podem fornecer insights valiosos sobre as soluções existentes, suas eficácias e lacunas.

Além disso, a análise deve considerar os recursos necessários para desenvolver e implementar soluções de IA no contexto específico do transporte rodoviário de cargas (Russell & Norvig, 2020). Isso inclui não apenas os custos de desenvolvimento de software e hardware, mas também a infraestrutura de TI requerida, a integração com sistemas existentes de gerenciamento de transporte e os custos de treinamento de pessoal.

Outro aspecto crucial é avaliar o impacto potencial da aplicação de IA na performance do transporte rodoviário de cargas (Tavasszy & Jansen, 2019). Isso pode ser feito por meio de simulações e modelagem, considerando diferentes cenários operacionais e métricas de desempenho, como tempo de entrega, eficiência de combustível, redução de custos operacionais e satisfação do cliente.

É importante analisar os aspectos regulatórios e éticos relacionados à aplicação de IA no transporte rodoviário de cargas, garantindo conformidade com as

leis e normas vigentes, bem como considerando questões como privacidade de dados e segurança cibernética.

2.4.9 Análise de impacto social e ambiental

É essencial conduzir uma análise de impacto social e ambiental abrangente, considerando os potenciais efeitos sobre o mercado de trabalho, a comunidade e o meio ambiente (Martin, 2020; Liu & Wang, 2021).

No caso da aplicação de IA no transporte rodoviário de cargas, há potenciais impactos sociais e ambientais a serem considerados. Em termos sociais, a introdução de tecnologias avançadas pode alterar significativamente o mercado de trabalho, impactando tanto os motoristas de caminhão quanto os trabalhadores envolvidos em outras etapas da cadeia logística (Martin, 2020). Enquanto a automação pode levar a ganhos de eficiência e redução de custos para as empresas, também pode resultar na substituição de empregos humanos por sistemas automatizados. Portanto, é necessário considerar medidas de mitigação, como programas de requalificação profissional e apoio à transição de carreira.

A implementação de IA no transporte rodoviário pode ter implicações ambientais. Por um lado, a otimização da rota e o uso eficiente de combustível podem levar a uma redução nas emissões de carbono e no consumo de recursos naturais (Liu & Wang, 2021). No entanto, é crucial avaliar também o impacto do aumento da demanda por energia para alimentar os sistemas de IA e a necessidade de descarte adequado de equipamentos obsoletos, considerando o ciclo de vida completo da tecnologia (United Nations Environment Programme, 2019).

Para conduzir uma análise de impacto social e ambiental abrangente, é fundamental envolver partes interessadas relevantes, como comunidades locais, trabalhadores do setor de transporte, organizações ambientais e reguladores governamentais (Martin, 2020; Liu & Wang, 2021). Esse processo colaborativo pode ajudar a identificar preocupações específicas e desenvolver estratégias para maximizar os impactos positivos e minimizar os negativos da aplicação de IA no transporte rodoviário de cargas.

2.4.10 Análise de riscos e regulamentações

Ao conduzir um estudo de viabilidade para novos negócios na aplicação de IA para otimização do transporte rodoviário de cargas, é fundamental realizar uma análise abrangente dos riscos e das regulamentações pertinentes. Isso envolve a avaliação cuidadosa dos impactos potenciais da tecnologia, tanto em termos de benefícios quanto de desafios, bem como o entendimento das obrigações legais e éticas associadas à sua implementação.

Em primeiro lugar, a análise de riscos deve abordar os potenciais impactos da IA na segurança rodoviária. Embora a automação e otimização possam reduzir erros humanos e aumentar a eficiência, também introduzem novos riscos, como falhas técnicas, ciberataques e problemas de integração com sistemas existentes (Goodall, 2019). Além disso, é essencial considerar os aspectos éticos e legais relacionados ao uso de algoritmos de IA no transporte de cargas, incluindo questões de responsabilidade em caso de acidentes e a necessidade de transparência nas decisões tomadas pelos sistemas automatizados (Lyria Bennett Moses, Gregor Urbas, & Margaret L. Jackson, 2019).

No que diz respeito às regulamentações, os governos e órgãos reguladores devem estabelecer diretrizes claras para o desenvolvimento e implantação de sistemas de IA no transporte rodoviário. Isso pode incluir requisitos de segurança, padrões de interoperabilidade, procedimentos de teste e certificação, bem como políticas de proteção de dados e privacidade (European Commission, 2020). A conformidade com essas regulamentações não apenas garante a segurança e a confiabilidade dos sistemas de IA, mas também promove a aceitação pública e a confiança no uso dessa tecnologia.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Com objetivo de descrever detalhadamente a utilização da Inteligência Artificial, as características dos problemas de ineficiências e perdas do transporte rodoviário de cargas, analisando as relações entre as diversas variáveis, a pesquisa utilizada de forma mais abrangente durante todo o desenvolvimento deste estudo foi a descritiva, buscando observar, registrar, analisar e correlacionar variáveis sobre o assunto proposto. Durante todo o trabalho, o foco foi descrever e relacionar não apenas causas que contribuem para a ocorrência dos fenômenos ou as variáveis que afetam o processo, mas também propostas de soluções. As pesquisas descritivas são aquelas que visam descobrir a existência de associações entre as variáveis (Gil, 2002). Por outro lado, quando buscam ir além e estabelecer a natureza dessas associações, aproxima-se das pesquisas explicativas (Andrade, 2017).

O método utilizado no trabalho foi o estudo de campo, que se caracteriza por investigações com coleta de dados junto às pessoas ou às empresas, e complementos necessários de outros procedimentos. Foi utilizada, como natureza da pesquisa, ambas as abordagens, qualitativa e quantitativa. Isso foi necessário, pois captou-se diversas informações numéricas para entender o cenário atual e prospectar um possível cenário futuro, quantificando o problema e entendendo a dimensão dele. Ao mesmo tempo, foi importante entender o comportamento do mercado, mais especificamente dos embarcadores, frente ao tema, além do que fora encontrado em dados numéricos. Estrategicamente, foram utilizados, como fonte, a realização de visitas em empresas de desenvolvimento de tecnologia e outras que já a utilizam de forma ampla, entrevistas qualitativas individuais em profundidade e observação de comportamentos.

Ambos os métodos – qualitativos e quantitativos – foram utilizados de maneira integrada para possibilitar uma melhor compreensão do tema da discussão, visto que possibilitou evidenciar pontos cegos que um único método seria incapaz de alcançar (Trivinos, 1987), garantindo, assim, resultados mais assertivos. Os métodos de pesquisa qualitativos e quantitativos, associadamente, possibilitam a aproximação e um entendimento da realidade que se deseja analisar, como um processo em desenvolvimento, atingindo-a por aproximações sucessivas da realidade, embasando

para uma intervenção propriamente dita. Dessa forma, quanto aos meios, pode-se dizer que o trabalho teve o aporte de uma pesquisa bibliográfica e documental.

A pesquisa bibliográfica “é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e página de web sites” (Matos e Lerche apud Fonseca, 2002, p. 32). Além disso,

Qualquer trabalho científico se inicia com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas visando recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002, p. 32).

Juntamente a estes métodos, foram realizadas investigações além das bibliográficas e documentais, os quais são definidas como pesquisa de campo (Fonseca, 2002), visto que foram executadas coletas junto a especialistas do setor, empresas e pessoas envolvidas ao tema proposto por este trabalho. Para a realização das coletas de dados, foram efetuados levantamentos documentais, bibliográficos, entrevistas e observação participante e não participante, visto que os pesquisadores foram alocados de forma a permitir ambas as abordagens, comportando como espectador – para esse último, foram utilizadas as empresas em que os próprios pesquisadores atuavam. Foram observados e assinalados os fatos pontuados e assumido o papel efetivo de envolvido/afetado direto do tema observado.

A fim de ratificar todo conteúdo apurado nas pesquisas bibliográficas, na pesquisa de campo e nas matérias científicas, foi realizada a pesquisa quantitativa. Utilizando o mindset de Minayo (2000), a pesquisa é um caminho sistemático que permite indagar e entender o tema de estudo, desvendando os problemas existentes na vida cotidiana, através da relação da teoria com a prática.

O questionário foi distribuído para 63 endereços eletrônicos, os quais possuíam relação com o setor de transporte rodoviário de carga. Basicamente, foram formuladas perguntas estratégicas para, em seguida, mediante análise quantitativa, obter-se as conclusões correspondentes aos dados coletados. O meio eletrônico foi o escolhido visto representar várias vantagens, tais como a fácil administração, o baixo custo e o alcance abrangente em diferentes geografias. O tempo para se concluir a participação



na pesquisa foi de aproximadamente cinco minutos, reduzindo, assim, a possibilidade de recusa frente à aplicação.

4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE INFORMAÇÃO

Durante esse capítulo, apresentaremos um panorama sobre o transporte de cargas no Brasil e sua evolução tecnológica ao longo dos anos até o momento, bem como as tendências mapeadas. Apresentaremos também dados de pesquisa por meio do Google Forms, com 50 transportadoras sobre aspectos relacionados à Inteligência Artificial aplicada na gestão de transportes e os benefícios observados, com objetivo de aperfeiçoamento da grande ideia conceito a ser desenvolvida. Abordaremos, também, entrevistas com especialistas do setor de Inteligência Artificial e com profissionais de nível estratégico de empresas de transportes que já utilizam a IA em larga escala.

4.1 Análise do Setor

O mercado global de logística, principalmente o setor de transportes, está em constante evolução, impulsionado por avanços tecnológicos e mudanças nas demandas do consumidor. De acordo com um relatório da Transparency Market (2020), a expectativa é de que o mercado atinja a marca de US\$ 15.273 bilhões até 2027. É imperativo também que aspectos de inteligência artificial e sustentabilidade sejam presentes nas empresas de transportes, sobretudo no aspecto de respostas às mudanças climáticas.

4.1.1 O transporte de cargas no Brasil e sua evolução tecnológica

A indústria de transporte de carga experimentou uma notável revolução ao longo das décadas, impulsionada pela constante evolução das tecnologias embarcadas em caminhões. Desde os primeiros sistemas de rastreamento por satélite nas décadas de 1980 e 1990, até os mais recentes desenvolvimentos em conectividade avançada e veículos autônomos, cada marco representa um avanço significativo nas capacidades e eficiência operacional dos caminhões. Este texto busca explorar, em detalhes, a evolução dessas tecnologias ao longo do tempo.

De acordo com Fleury (1999), o período entre 1980 e 2000 foi marcado por grandes transformações nos conceitos gerenciais, especialmente no que toca à função de operações. O movimento da qualidade total e o conceito de produção enxuta trouxeram consigo um conjunto de técnicas e procedimentos, como o JIT, CEP,

QFD, SMED, Kanban e engenharia simultânea. Amplamente adotadas em quase todos os países industrializados de economia de mercado, estas técnicas e procedimentos contribuíram para um grande avanço da qualidade e produtividade.

De acordo com Moura (2004), uma tendência fundamental em termos de qualidade da logística é fazer tudo da maneira correta e, principalmente, pela primeira vez. A noção de pedido perfeito é de que a capacitação logística desejada de serviço ao cliente, em termos de disponibilidade e desempenho operacional, deve ser sincronizada para atingir sempre as metas de serviços desejadas. O pedido também deve estar completo quanto a todos os aspectos dos serviços, do recebimento do pedido até a entrega em conjunto com o faturamento sem erros. Em outras palavras, a execução do ciclo do pedido total deve ser orquestrada com nenhum defeito. Isso significa que a disponibilidade e o desempenho operacional devem ser executados de uma maneira perfeita. Esse desempenho de serviço é possível graças às tecnologias atuais de sistemas de informação e sistemas integrados de rastreamento.

Sistemas de localização para transporte de pessoas ou cargas datam de 1912 com o equipamento de radionavegação, normalmente utilizado para navios de guerra. Após a Segunda Guerra Mundial houve o surgimento do RADAR (Radio Detection And Ranging), em que sinais de rádio são emitidos de transmissores exatamente ao mesmo tempo e têm a mesma velocidade de propagação. Um receptor localizado entre os transmissores detecta qual sinal chega primeiro e o tempo até a chegada do segundo sinal. Se o operador conhece as exatas localizações dos transmissores, a velocidade das ondas de rádio e o lapso de tempo entre os dois sinais, ele pode calcular sua localização em uma dimensão, pois sabe onde está numa linha reta entre os dois transmissores. Ao se usar três transmissores, pode-se obter uma posição bidimensional, em latitude e longitude. O GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global) — funciona baseado nos mesmos princípios. Os transmissores de rádio são substituídos por satélites que orbitam a Terra a 20.200 km e permitem conhecer a posição em três dimensões: latitude, longitude e altitude, informa Gorgulho (2004).

Conforme Moura (2004), o sistema GPS foi originalmente projetado para uso militar, mas em 1980, uma decisão do então presidente Ronald Reagan liberou-o para o uso geral. Na época, o Departamento de Defesa Americana implantou um erro

artificial no Sistema chamado "Disponibilidade Seletiva – S.A.- Selective Availability", para resguardar a segurança interna do país.

No Brasil os sistemas de rastreamento de veículos foram implementados não pelo ganho logístico e de satisfação do cliente, mas por conta do aumento do índice de roubo de cargas — entre o período de 1994 a 2001, o índice de roubo de cargas dobrou, o que fez com que os transportadores e embarcadores recorressem aos sistemas de rastreamento no intuito de minimizar esse número, visto que não era apenas pelo roubo da carga (pois estes possuíam, em sua grande maioria, seguro), mas pela garantia de produto entregue no prazo (JIT – Just in Time).

Para Rodrigues e Rosa (2012), no modal rodoviário, 60% do valor das cargas estão em veículos rastreados, aspecto este importante para as seguradoras, pois o índice de recuperação desse veículo em caso de roubo situa-se acima de 85%, fazendo com que o prêmio da apólice diminua em até 30%.

Os rastreadores veiculares, originalmente concebidos para segurança do veículo e apoio à recuperação em eventos de roubo, estão se integrando com sistemas de telemetria. Assim, passam a agregar a função de comunicação entre a gestão da frota, e geram inúmeras informações sobre o veículo, permitindo diversas aplicações possíveis, sendo as principais: otimização do uso do veículo, redução de custos com manutenção, risco de acidentes e consumo de combustível (Gonçalves; Salvagno, 2010).

O aparelho de telemetria deve ser instalado no veículo e configurado de acordo com as regras de segurança da empresa. As informações são coletadas por meio de digitação de macros, que ocorre entre o motorista e a base operacional. O uso da telemetria no transporte rodoviário de cargas é imprescindível para a tomada de decisão no ambiente operacional, pois proporciona maior coordenação das atividades da transportadora e contribui para melhorar o nível de competitividade da organização (Salles, 2013).

A implantação do sistema de telemetria nos veículos proporcionou às empresas de transporte uma visão sem precedentes de suas operações, permitindo a identificação de áreas de ineficiência e a redução de custos operacionais.

Simultaneamente, o rastreamento por GPS também passou por avanços significativos. Sistemas mais acessíveis e amplamente disponíveis permitiram que empresas de todos os tamanhos adotassem essa tecnologia. Os rastreadores por GPS ofereciam às empresas a capacidade de monitorar a localização precisa de seus veículos em tempo real, melhorando a segurança, a eficiência e a capacidade de resposta. Além disso, permitiam a otimização de rotas, reduzindo os tempos de viagem e os custos operacionais.

Os primeiros sistemas de diagnóstico a bordo, ou OBD, também se tornaram mais comuns nesse período. Esses sistemas permitiam que técnicos de manutenção identificassem problemas mecânicos e elétricos rapidamente, melhorando a eficiência da manutenção e reduzindo o tempo de inatividade dos veículos. Os sistemas OBD forneciam códigos de diagnóstico padronizados que podiam ser lidos por ferramentas de diagnóstico, permitindo uma rápida identificação e correção de problemas. Isso ajudou as empresas de transporte a reduzirem os custos de manutenção, melhorar a confiabilidade da frota e garantir o cumprimento dos regulamentos de segurança.

Paralelamente, a autonomia dos caminhões tornou-se uma área de foco significativa, com o desenvolvimento e teste de veículos autônomos em diversas empresas e instituições de pesquisa. Os caminhões autônomos prometem revolucionar a indústria de transporte de carga, eliminando a necessidade de um motorista humano e aumentando a eficiência e segurança das operações. Esses veículos são equipados com tecnologias avançadas de sensoriamento, visão computacional e inteligência artificial, que permitem a navegação autônoma. Embora ainda haja desafios a serem superados, como questões regulatórias e aceitação do público, os caminhões autônomos representam um futuro emocionante para o transporte de carga.

A Tesla, a Otto e outras empresas vêm desenvolvendo veículos sem motorista há anos, com a Mercedes-Benz colocando um caminhão semiautônomo na estrada em 2015. Os líderes e financiadores da tecnologia estão confiantes de que os caminhões autônomos se tornarão a norma já na próxima década, eliminando cerca de 1,8 milhão de empregos em caminhões, que seriam os caminhoneiros, e economizando, para a indústria, cerca de US\$ 300 bilhões (Business Insider, 2018).

Um dos grandes desafios no que diz respeito ao futuro dos veículos autônomos é a definição das responsabilidades legais sobre os eventuais acidentes que venham a ocorrer com esses 30 veículos e a regulamentação de trânsito para tratar deste tipo de veículo que não necessita de motorista. Se carros totalmente autônomos vão dirigir em nossas estradas, deve ser decidido quem deve ser considerado responsável em caso de acidentes. Isso envolve não apenas questões legais, mas também questões morais (Hevelke et al., 2015).

No Brasil além de serem usados na mineração (desde 2016), já existem testes, como na Fábrica da Ypê, que já contam com quatro unidades de veículos autônomos operando 24h dentro da unidade da empresa, dando apoio logístico e operacional. Como não existem definições da ANTT (Agência Nacional de Transporte Terrestre – Órgão regulador brasileiro), sobre a homologação e liberação de trânsito de veículos autônomos nas estradas brasileiras, por hora, apenas atividades dentro das empresas são encontradas.

Os agentes atuadores de trânsito e os próprios condutores necessitam distinguir, no trânsito, os veículos em circulação. Assim, mais uma vez, o deslinde é lógico, diante das políticas públicas e legislação brasileira de trânsito, os carros autônomos necessitarão de sinalizações específicas, aptas a identificá-los e diferenciá-los dos demais veículos em nossas vias terrestres. Outro ponto de suma importância para a segurança viária diz respeito às especificações de segurança dos veículos. Tanto o CTB como as resoluções do Contran estabelecem, além de artefatos de segurança, como triângulos de sinalização e extintores de incêndio, as especificações que um veículo deve obedecer para ser comercializado e circular no Brasil. Logo, deverão os órgãos de regulamentação de trânsito editar portarias sobre as exigências para circulação de um veículo autônomo, tais como, sensores aptos a evitar colisões (Savedra, 2017).

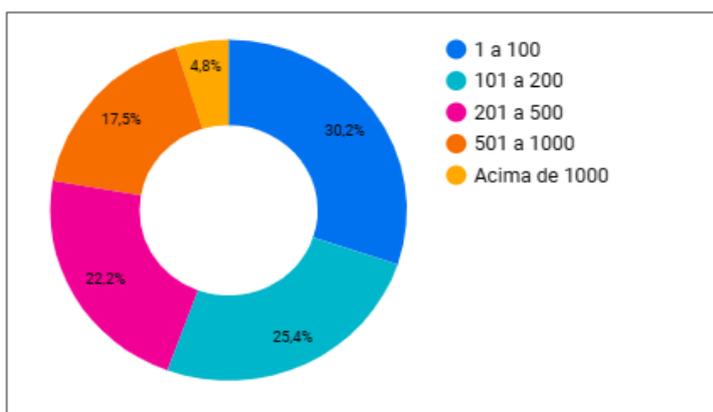
Segundo Savedra (2017), cabe aos legisladores inclinarem-se na direção das políticas de segurança viária espalhadas em todo o mundo, nos parâmetros das alterações do Código de Trânsito Brasileiro e nas resoluções do Contran, de forma a zelar pela segurança viária através de leis rígidas de habilitação de condutores de carros autônomos, sinalizações específicas para tais veículos, bem como de exigências de equipamentos de segurança, como sensores.

4.1.2 Desafios no desempenho operacional das empresas de transporte de cargas brasileiras

No intuito de avaliar a percepção das empresas do setor sobre a inteligência artificial e sua aplicação nas empresas de cargas, foi realizada, no período de 10 a 24 de abril de 2024, uma pesquisa de campo.

As entrevistas foram aplicadas via Google Forms e direcionadas aos níveis estratégico, tático e operacional de empresas de transporte rodoviário de carga por todo Brasil (ver anexo I). A coleta de dados resultou 63 respondentes de empresas do transporte de carga de diversos tamanhos e tempo de fundação operando no Brasil.

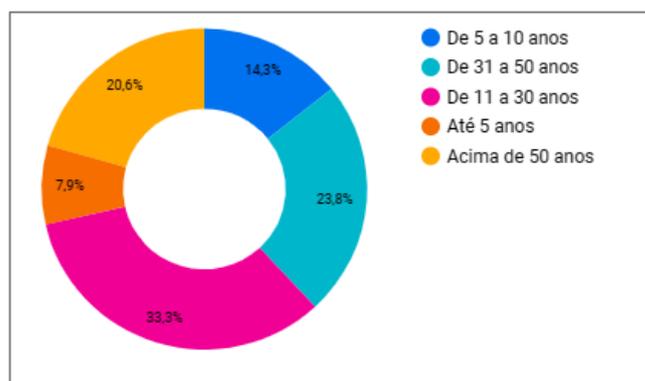
Gráfico 1 – Empresas por Quantidade de Caminhões



Fonte: Pesquisa elaborada pelos autores (2024)

Foram analisadas empresas de diversos tamanhos, sendo que 55,6% possuem até 200 caminhões.

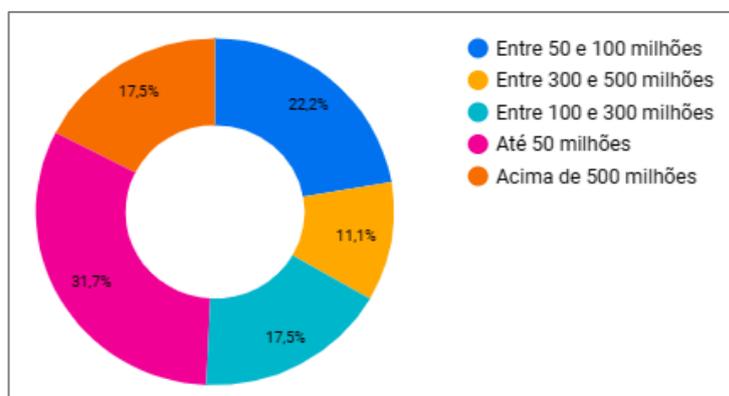
Gráfico 2 – Empresas por Tempo de Fundação



Fonte: Pesquisa elaborada pelos autores (2024)

Foram analisadas empresas com diferentes tempos de fundação, sendo que, preponderantemente, — 67,1% do total — possuem entre 11 e 50 anos de existência.

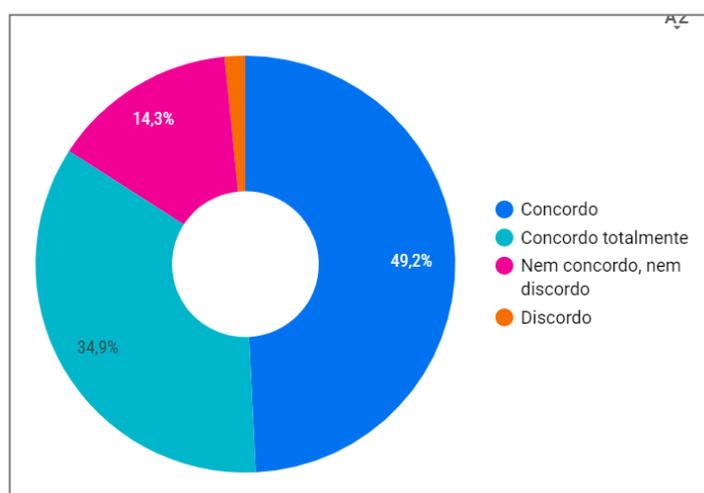
Gráfico 3 – Empresas por faixa de Faturamento Anual



Fonte: Pesquisa elaborada pelos autores (2024)

Foram analisadas empresas com diferentes faixas de faturamento anual – em milhões —, sendo que a maior parte (53,9% do total) possui até R\$ 100 milhões por ano.

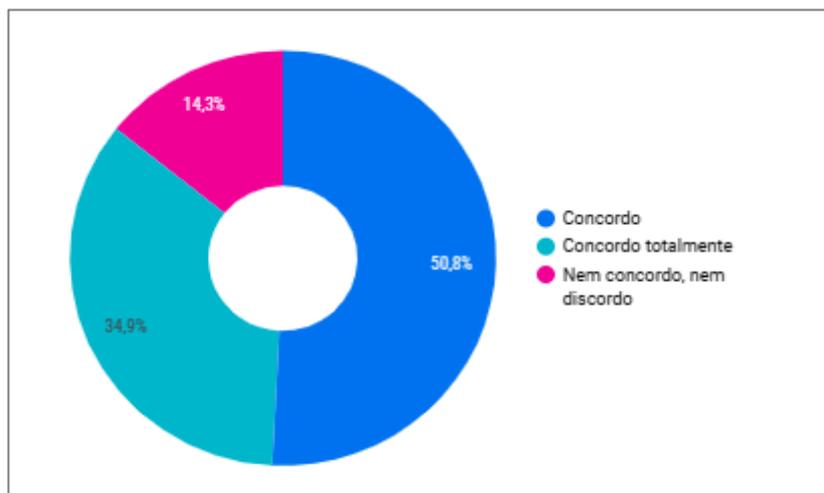
Gráfico 4 – Empresas por Percepção do Potencial da IA na Redução de Acidentes



Fonte: Pesquisa elaborada pelos autores (2024)

Quando perguntados sobre o potencial da inteligência artificial no tocante à redução de acidentes rodoviários, observa-se uma elevada aderência nessa premissa, sobretudo, se destacarmos que 84,1% do total respondeu que concorda ou concorda totalmente.

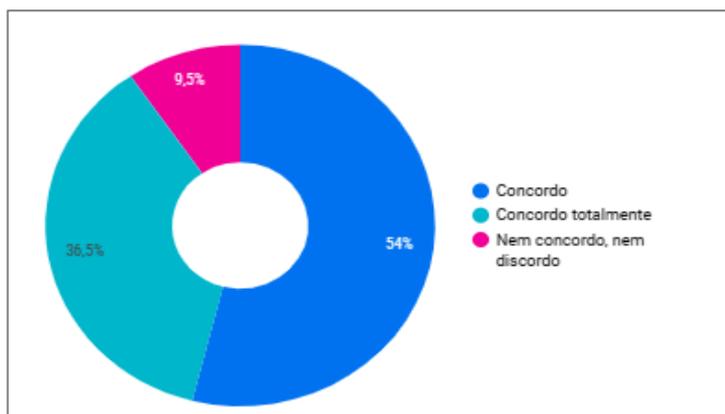
Gráfico 5 – Empresas por Percepção do Potencial da IA na Redução de Custos



Fonte: Pesquisa elaborada pelos autores (2024)

Quando perguntados sobre o potencial da inteligência artificial no tocante à redução de custos, observa-se uma elevada aderência nessa premissa, sobretudo, se destacarmos que 85,7% do total respondeu que concorda ou concorda totalmente.

Gráfico 6 – Empresas por Percepção do Potencial da IA na Redução de Custos

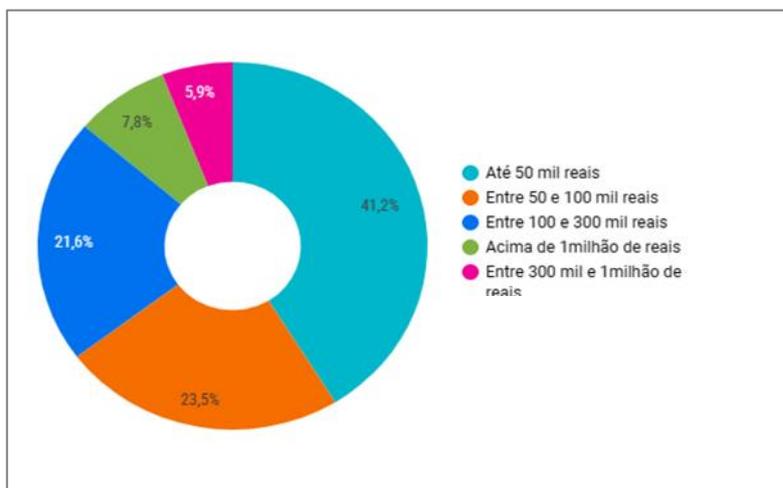


Fonte: Pesquisa elaborada pelos autores (2024)

Com relação à melhoria da eficiência operacional, 90,5% do total dos respondentes — grande maioria — concorda ou concorda totalmente que a inteligência artificial possui um enorme potencial para atuar nessa direção. Mais de 80% dos respondentes concordam que a inteligência artificial é fundamental para a redução de acidentes, sendo que muitas das empresas em que atuam já a utilizam na prática e observam a melhoria dos resultados ao longo do tempo.

Notável, também, a percepção de que a inteligência artificial promove a redução de despesas empresariais bem como, também, com a eficiência operacional por meio de uma gestão mais assertiva. Não se trata apenas de captação de dados, mas sim da utilização de forma inteligente a favor do atendimento excelente junto ao cliente e da elevação do resultado da empresa.

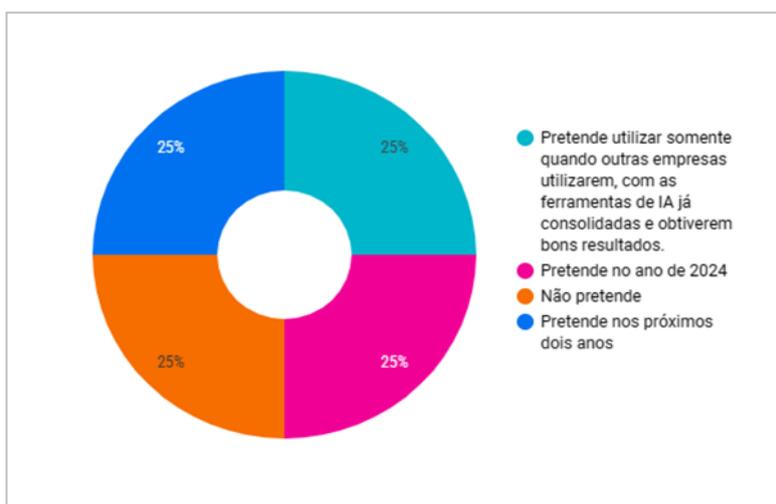
Gráfico 7 – Empresas por Interesse de Investimento em Inteligência artificial



Fonte: Pesquisa elaborada pelos autores (2024)

Com relação ao interesse de investimento em Inteligência artificial na Empresa, 64,7% do total respondeu que desejam investir em um aumento de custo de até R\$ 100 mil por ano.

Gráfico 8 – Empresas por Grau de Investimento já realizado em Inteligência artificial



Fonte: Pesquisa elaborada pelos autores (2024)

Esse gráfico demonstra uma preocupação em investir em inteligência artificial e não obter retorno por parte dos transportadores entrevistados. Observa-se que não há uma convergência com relação a investir imediatamente e aguardar por mais 1 ou dois anos – o que corrobora com o Gráfico 7, que demonstra baixo interesse em investimento na IA.

Observando a pesquisa com relação à perspectiva de investimentos nas empresas, observamos que a grande maioria está disposta a investir em inteligência artificial com foco em redução de perdas e, conseqüentemente, alavancagem de resultado operacional. Destaca-se, aqui, o desafio no setor de transporte rodoviário de carga com relação aos custos e riscos envolvidos e à elasticidade da oferta em termos econômicos. É urgente que a inovação que acompanha a inteligência artificial proporcione resultados satisfatórios no negócio de transporte rodoviário de carga.

4.2 Benchmarking / Realidades Organizacionais

Este capítulo investiga as práticas de sucesso e as melhores práticas na aplicação da Inteligência artificial (IA) para aperfeiçoar a performance operacional em empresas ao redor do mundo. Por meio da análise de casos de sucesso, incluindo um projeto supervisionado por um dos autores, discutimos a transformação dos processos operacionais induzida pela IA.

4.2.1 Práticas de Sucesso quanto à Utilização da IA na Performance Operacional

A inteligência artificial (IA) tem se mostrado uma ferramenta essencial para a otimização das operações empresariais em diversos setores. Empresas que implementam IA de forma bem-sucedida conseguem alcançar melhorias significativas em eficiência, produtividade e qualidade na tomada de decisões. Este capítulo apresenta práticas de sucesso de empresas que têm utilizado a IA para transformar suas operações, com base em entrevistas detalhadas e estudos de caso.

4.2.1.1 Sigrá

As informações sobre a Sigrá foram coletadas com o Gerente de Contas Augusto Ferreira durante entrevista presencial em visita na Transportadora em maio de 2024.

A Sigrá, uma empresa especializada no transporte rodoviário de cargas, tem se destacado pela implementação de IA em suas operações, proporcionando resultados significativos em segurança e eficiência.

a) Smart Tab

Uma das inovações mais importantes da Sigrá é o Smart Tab, um tablet desenvolvido para auxiliar motoristas durante suas rotas. O dispositivo utiliza IA para processar dados de telemetria em tempo real, alertando os motoristas sobre condições adversas da estrada e áreas que exigem atenção especial. Este sistema ajuda a prevenir acidentes e melhora a segurança nas operações de transporte.

b) Superação de Desafios

A implementação de IA na Sigrá não foi isenta de desafios. Um dos principais problemas enfrentados foi a falta de comunicação GPRS em certas áreas das rodovias. Para superar este desafio, a Sigrá adotou módulos com duas operadoras de celular, garantindo conectividade contínua e eficiente. Essa solução permitiu uma operação mais robusta e confiável, contribuindo para a eficiência geral da empresa.

c) Resultados Obtidos

Os resultados da implementação de IA na Sigrá são notáveis. A empresa conseguiu reduzir os custos operacionais, melhorar a segurança dos motoristas e aumentar a eficiência das entregas. Além disso, o feedback positivo dos motoristas sobre o Smart Tab reforça a eficácia do sistema, consolidando a Sigrá como uma empresa inovadora no setor de transporte rodoviário de cargas.

4.2.1.2 Transportadora Transpedrosa

Um dos colaboradores do grupo é Gerente de Operações da Transpedrosa. As informações dessa empresa foram obtidas em diálogo com o Diretor de Operações Leonardo Pedrosa e com o Gerente de Tecnologia Magnele Santos, em abril de 2024.

A Transportadora Transpedrosa é outro exemplo de sucesso na aplicação de IA para otimizar operações logísticas. A empresa tem explorado diversas tecnologias de IA para automação e melhoria de processos.

a) Automação de Processos

A Transpedrosa implementou sistemas de IA para automatizar uma série de processos operacionais, desde o gerenciamento de rotas até a manutenção de veículos. A automação proporcionada pela IA resultou em uma redução significativa de erros humanos e maior eficiência nas operações diárias.

b) Gerenciamento de Informações

Com o crescimento da empresa, a quantidade de informações a ser gerenciada aumentou consideravelmente. A IA permitiu à Transpedrosa lidar com esse aumento de informações de maneira eficaz, garantindo que todos os processos estivessem alinhados e otimizados. A capacidade de analisar grandes volumes de dados em tempo real ajudou a empresa a tomar decisões mais informadas e estratégicas.

c) Impacto na Eficiência

A utilização de IA na Transpedrosa resultou em melhorias substanciais na eficiência operacional. A empresa conseguiu reduzir os tempos de entrega, otimizar o uso de recursos e aumentar a satisfação dos clientes. A IA também ajudou a identificar e solucionar problemas operacionais de forma proativa, minimizando interrupções e aumentando a produtividade.

4.2.1.3 Raízen

A Raízen, uma das maiores empresas de energia do Brasil, tem utilizado IA para otimizar suas operações logísticas e de transporte, com foco em automação e análise de dados.

a) Projeto Denox

Em parceria com a Honda, a Raízen desenvolveu o projeto Denox, que utiliza IA para monitorar a frota e melhorar a produtividade. O sistema analisa dados de diversas fontes e fornece insights em tempo real, permitindo à empresa tomar decisões rápidas e precisas.

b) Cultura de Inovação

A Raízen promove uma cultura de inovação que incentiva a adoção de novas tecnologias e a automação de processos. A empresa acredita que a tecnologia é fundamental para otimizar a logística e manter a competitividade no mercado. Essa abordagem tem levado a Raízen a buscar constantemente novas formas de integrar IA em suas operações.

c) Resultados Alcançados

Os benefícios da IA para a Raízen são evidentes. A empresa conseguiu aumentar a eficiência das operações logísticas, reduzir custos e melhorar a segurança. A capacidade de tomar decisões em tempo real também permitiu à Raízen responder rapidamente a mudanças no mercado e nas condições operacionais, garantindo um desempenho superior.

As informações da Raizen foram fruto de uma videoconferência com o Especialista em SSMA e Tecnologia para Logística Lucas Cosendey, ocorrida em maio de 2024.

Já as informações da Maxtrack foram fruto de uma conversa com a Gerente Comercial Ana Felix no evento de Segurança Viária em São Paulo, ocorrida em Maio de 2024

O primeiro contato de Lucas com IA foi através do projeto Denox, desenvolvido em parceria com a Honda. Esse projeto tinha como objetivo monitorar a frota e melhorar a produtividade por meio da análise de dados e estatísticas avançadas.

Os principais desafios enfrentados incluíram o saneamento de dados e a resistência à mudança entre os funcionários. Garantir a qualidade e a confiabilidade dos dados foi crucial para o sucesso do projeto. A resistência à mudança também foi um obstáculo significativo, especialmente entre os mais de 60 funcionários envolvidos.

A Raízen promove uma cultura de inovação focada na automação e uso de tecnologia para melhorar a logística. Essa abordagem incentivou a adoção de IA e outras tecnologias avançadas, resultando em operações mais eficientes e seguras.

4.2.1.4 DATAPAR

Por fim, as informações da Datapar foram coletadas com o Diretor Marcio Lopes, em ligação em maio de 2024.

A DATAPAR utiliza IA de forma inovadora em vários projetos, demonstrando o potencial dessa tecnologia para transformar operações empresariais.

a) Controle de Alexa

Um dos projetos da DATAPAR envolve o controle de sistemas de iluminação por meio da Alexa, assistente virtual da Amazon. Este projeto utiliza IA para automatizar o controle de energia, permitindo que as luzes sejam ligadas e desligadas de forma eficiente, economizando energia e reduzindo custos.

b) Sistemas Personalizados

A DATAPAR desenvolveu sistemas de IA com comandos personalizados que aprendem e se adaptam com o uso. Esses sistemas utilizam técnicas de autoaprendizado e calibragem contínua para melhorar o desempenho e a eficiência operacional. A capacidade de ajustar e personalizar os comandos permite uma operação mais flexível e responsiva às necessidades específicas da empresa.

c) Impacto na Operação

Os sistemas de IA da DATAPAR resultaram em operações mais inteligentes e adaptáveis, com uma redução significativa nos custos operacionais e um aumento na eficiência. A capacidade de automatizar processos e ajustar dinamicamente as operações conforme necessário tem sido um diferencial competitivo importante para a empresa.

4.2.2 Resultados e Impacto da IA

A implementação de IA na Raízen permitiu a tomada de decisões em tempo real, melhorando a produtividade e eficiência das operações logísticas. Embora ainda não haja decisões totalmente autônomas, a análise avançada de dados tem proporcionado insights valiosos para a empresa.

A implementação bem-sucedida de IA em operações empresariais tem mostrado ser um fator crucial para a competitividade e eficiência. Empresas, como Sigrá, Transportadora Transpedrosa, Raízen, DATAPAR, e o profissional Lucas têm demonstrado como a IA pode transformar operações, superar desafios e criar vantagens competitivas sustentáveis. Ao adotar práticas de IA, essas empresas não apenas melhoram suas operações internas, mas também oferecem serviços mais avançados e de maior qualidade aos seus clientes. O futuro da IA na performance operacional promete avanços ainda mais significativos, com a automação e a análise de dados de forma robotizada.

4.3 Criar a ideia conceito do modelo de AI para empresas do segmento de cargas

A ideia inicial deste projeto será desenvolver uma IA capaz de tomar decisões com base em parâmetros de leitura tanto para o condutor quanto para o equipamento, com intuito de evitar acidentes, além de evitar paradas indevidas ou prolongadas, resultando em uma maior otimização dos recursos envolvidos.

No contexto atual, em que a eficiência logística se torna um diferencial competitivo crucial, a proposta de um modelo de Inteligência artificial (IA) especificamente desenvolvido para o segmento de transporte de cargas, não é

apenas relevante, mas potencialmente transformadora. Esse modelo conceitual visa incorporar análises avançadas e autonomia decisória para otimizar a operação, assegurando simultaneamente a segurança tanto dos condutores quanto dos equipamentos envolvidos. O sistema de IA que propomos utilizará uma combinação de sensores em tempo real e dados históricos para monitorar constantemente a condição dos veículos e o comportamento dos motoristas. Essa abordagem não só preverá possíveis falhas mecânicas ou comportamentais que possam levar a acidentes, mas também identificará oportunidades para evitar paradas desnecessárias ou prolongadas, um desafio comum na logística de cargas que impacta diretamente a eficiência e os custos operacionais.

Um aspecto central deste modelo é a prevenção de acidentes. Utilizando técnicas de *machine learning* e análise preditiva, o sistema poderá detectar padrões e anomalias que antecedem condições de risco, permitindo intervenções proativas para mitigar esses riscos antes que eles se concretizem. Esta funcionalidade não só aumentará a segurança nas estradas, mas também reduzirá significativamente os custos associados a acidentes e avarias.

Além disso, a otimização de recursos será uma vantagem incontestável. O sistema poderá ajustar automaticamente rotas com base em variáveis como tráfego, condições meteorológicas e demandas de entrega urgentes, maximizando, assim, a utilização dos veículos e a produtividade dos motoristas. Essa gestão dinâmica de rotas e recursos promete não apenas melhorar o tempo de entrega, mas também contribuir para uma significativa redução no consumo de combustível e outras despesas operacionais.

A implementação de tal sistema também se destaca pelo potencial de personalização da experiência do cliente. Ao melhorar a precisão das previsões de entrega e a eficiência do serviço, a IA fortalece a confiança do cliente, o que é essencial para empresas de transporte de cargas que desejam se destacar em um mercado cada vez mais competitivo.

Em suma, o modelo de IA proposto representa uma evolução estratégica para empresas do setor de cargas, posicionando-as à frente no aproveitamento de tecnologias avançadas para enfrentar desafios operacionais e de segurança. Com a

integração efetiva deste sistema, as empresas não apenas elevam seus padrões operacionais, mas também redefinem os paradigmas de serviço e segurança na indústria logística.

d) Principais diretrizes do modelo:

- 1) Prevenção de Acidentes: utilizar IA para analisar comportamentos de condução e condições do veículo em tempo real, identificando padrões que possam levar a acidentes ou falhas mecânicas.
- 2) Redução de Paradas Não Programadas: implementar algoritmos que monitoram a condição do veículo e as necessidades logísticas para minimizar paradas não essenciais, otimizando as rotas e os horários de entrega.
- 3) Otimização de Recursos: Ajustar dinamicamente a alocação de recursos (veículos, combustível, tempo de motorista) com base nas condições de tráfego, clima e demanda de entrega para maximizar a eficiência.

e) Funcionalidades-chave:

- Monitoramento Contínuo: sensores e dispositivos IoT (Internet das Coisas) coletarão dados contínuos sobre o comportamento do motorista e a condição do veículo (como velocidade, aceleração e status do motor).
- Análise Preditiva: algoritmos de aprendizado de máquina analisarão os dados coletados para prever possíveis falhas ou condições de risco antes que elas ocorram.
- Decisões Autônomas: com base na análise, o sistema poderá tomar decisões automáticas, como ajustar a rota, recomendar pausas para o motorista e enviar alertas de manutenção.
- Interface Amigável: painéis de controle intuitivos para gerentes de logística monitorarem as operações e receberem insights operacionais em tempo real.

f) Tecnologias Envolvidas:

- IoT: para coleta de dados em tempo real dos veículos e condutores.
- Big Data: para gerenciar e analisar grandes volumes de dados.
- *Machine Learning* e Modelagem Preditiva: para desenvolver algoritmos que preveem riscos e otimizam operações.

- *Cloud Computing*: para armazenamento de dados e computação escalável.
- g) Benefícios Esperados:
- Redução de Custos Operacionais: menor consumo de combustível, redução de desgaste dos veículos e diminuição de multas e indenizações por acidentes.
 - Aumento da Segurança: redução significativa no número de acidentes e falhas mecânicas.
 - Melhoria na Satisfação do Cliente: entregas mais rápidas e confiáveis devido à gestão eficiente das rotas e horários.
- h) Plano de Implementação Inicial:
- Fase de Pesquisa: levantamento de requisitos com empresas de transporte de cargas para adaptar a solução às necessidades específicas do setor.
 - Desenvolvimento do Protótipo: criação de um modelo inicial baseado nas especificações coletadas.
 - Testes Piloto: implementação em escala reduzida para testar a funcionalidade e eficácia do sistema.
 - Avaliação e Ajustes: coleta de feedback e ajustes no sistema com base nos resultados dos testes piloto.

Este conceito propõe uma abordagem integrada e tecnologicamente avançada para enfrentar os desafios operacionais e de segurança no transporte de cargas, promovendo uma revolução na eficiência e eficácia das operações logísticas.

4.4 Avaliação da Percepção dos Principais Stakeholders Sobre a Ideia Conceito

A implementação de um modelo de Inteligência artificial (IA) para otimização no transporte de cargas é vista como uma inovação disruptiva com o potencial de transformar o setor. A análise da percepção dos principais *stakeholders* revela uma visão amplamente positiva e construtiva, refletindo o reconhecimento das capacidades transformadoras da IA e a necessidade de adaptar as operações logísticas a essas novas tecnologias.

4.4.1 Avaliação dos Stakeholders

Para compreender a aceitação e a possibilidade de implementação da ideia conceito proposta da perspectiva dos principais *stakeholders*, foram entrevistados representantes dos três perfis que serão usuários da nossa tecnologia — Embarcador, Transportador e Usuário (motorista).

Todos os entrevistados concordam que a ideia conceito é aplicável e tem grande potencial de geração de valor à cadeia.

Primeiramente, o embarcador reconhece que a implementação dessa tecnologia pode agregar valor à gestão do transportador rodoviário de carga. Ele destaca que a solução pode otimizar jornadas, reduzir riscos de eventos inesperados e danos, além de melhorar a eficiência operacional. A otimização de rotas e a redução de riscos diretos e indiretos são apontadas como resultados claros dessa implementação, destacando que esses benefícios são fundamentais para gerar valor percebido no uso da tecnologia. Segundo o transportador, essa tecnologia representa um avanço crucial, antecipando um futuro em que a inteligência artificial desempenhará um papel fundamental para a gestão do transporte rodoviário de cargas. O usuário revela uma receptividade positiva e uma compreensão profunda dos benefícios potenciais de uma IA para a gestão de transporte rodoviário de carga. Em sua percepção, a solução proposta tem o potencial de agregar valor significativo ao setor, atuando como um suporte operacional que não apenas auxilia na tomada de decisões, mas evita os atrasos gerados pelas hesitações na tomada de decisões.

Quanto à disposição da empresa em investir nessa tecnologia, o embarcador afirma que já estão investindo em tecnologias similares, embora a IA ainda não tenha sido adotada diretamente em sua operação. Ele menciona utilizar inteligência artificial baseada em conceitos estatísticos para análise de dados e suporte à tomada de decisão, enfatizando que a automação e a IA servem como diferencial competitivo, mas ainda dependem da supervisão humana para decisões críticas. Isso sugere uma abertura para integrar IA mais avançada, desde que possa melhorar ainda mais a eficiência e segurança operacional. Para o transportador, investir nessa tecnologia não é apenas uma possibilidade, mas uma prioridade estratégica, tanto que, atualmente, eles já investem em IA criada por terceiros e possuem equipe própria de

desenvolvimento — no momento, atuam com criação de apps; porém, já estão em desenvolvimento de sistemas de análises baseadas em IA. O usuário possui um interesse ativo em investir (ou estar numa empresa que investe) nessa tecnologia, destacando que sua empresa poderia se beneficiar dos resultados e até mesmo participar de um piloto para explorar suas capacidades. Esse engajamento não se limita ao aspecto operacional; o usuário também percebe o potencial de crescimento profissional ao estar à frente de projetos inovadores.

No que diz respeito à contribuição para a redução de acidentes e desvios, o embarcador reconhece o potencial da IA em minimizar incidentes, especialmente quando aplicada em sistemas de assistência à direção ou aos veículos autônomos. Apesar da interação constante do motorista, ele observa que a tecnologia pode mitigar comportamentos de risco e melhorar a segurança geral das operações, o que é crucial para o transporte rodoviário de cargas. O transportador acredita firmemente que a solução pode contribuir significativamente para a redução de acidentes e desvios no transporte rodoviário de carga. Ele destaca os benefícios potenciais não apenas em termos de segurança, mas também em eficiência operacional. Ele relata pontos de atenção em relação aos dados coletados e à interação humana pós-ação da máquina, mas entende que essa implantação vai ajudar o setor (de transportes) como um todo. O usuário também acredita que a inserção dessa tecnologia trará grandes reduções nas ocorrências de acidentes nas estradas. Essa visão é fundamentada na capacidade da inteligência artificial de oferecer insights rápidos e análises de cenário em velocidade superior à humana que podem ser cruciais para evitar acidentes e desvios, melhorando, assim, a segurança nas estradas.

Quanto à melhoria na qualidade do serviço prestado, o embarcador (que já faz uso de algumas tecnologias) vê a IA como uma ferramenta que pode integrar informações com outras soluções, melhorar processos de atendimento ao cliente e agilizar operações, como o agendamento de descargas. Isso não apenas aumenta a eficiência, mas também pode melhorar a experiência do cliente ao fornecer informações precisas e em tempo real. O transportador vê essa solução como uma maneira de aprimorar a qualidade do serviço prestado, especialmente em termos de tomada de decisões em tempo real e na gestão de variáveis complexas e cruzamento de dados. O usuário, por sua vez, enxerga a IA como uma ferramenta que não apenas

analisa a produtividade e a qualidade do serviço de forma mais eficiente do que métodos tradicionais, mas que também oferece um suporte contínuo sem aumentar a carga administrativa. Isso sugere uma mudança significativa na eficiência operacional e na excelência do atendimento ao cliente, bem como uma nítida redução de custo com pessoal para acompanhamento das operações.

Ao considerar melhorias adicionais para a proposta de IA, o embarcador destaca a importância de definir claramente o nível de autonomia esperado e de implementar sistemas que possam frear automaticamente e tomar decisões de direção. Além disso, sugere o uso de notificações inteligentes para motivar comportamentos eficientes por parte dos motoristas, como o de deixar claro os impactos negativos de realizar descansos excessivos durante a jornada (impacto financeiro) e atrair novos talentos para a profissão, destacando os benefícios da inovação tecnológica. Sugere também a evolução da tecnologia embarcada até o ponto de o caminhão ser autônomo, necessitando cada vez menos da intervenção do motorista na direção. O transportador enfatiza a importância de uma visão holística do negócio e do ecossistema, integrando a inteligência artificial não apenas para solução de problemas pontuais, mas como parte de uma estratégia abrangente que também valoriza o fator humano, rentabilidade e segurança. Ele acredita que essa evolução é iminente e ressalta o cuidado com a quantidade de dados gerados e a tratativa que será dada a eles. O usuário por sua vez destaca um aspecto crucial para o sucesso da implementação: a adaptação dos motoristas à nova tecnologia. Reconhece que a transição para um ambiente onde a interação homem-máquina é predominante pode gerar desafios de aceitação e adaptação. Propõe, portanto, um acompanhamento cuidadoso e treinamento adequado para garantir que os motoristas se sintam confortáveis e eficazes ao operar com a IA destacando a importância de não apenas introduzir a tecnologia, mas também facilitar sua aceitação e uso eficaz.

4.4.2 Principais Pontos Observados pelos Entrevistados

Agregação de Valor e Qualidade do Serviço: a solução de IA otimiza jornadas e rotas e monitora veículos, resultando em melhor atendimento ao cliente e otimização do serviço, além de reduzir riscos e melhorar o consumo de diesel, gerando valor claro para a gestão do transporte rodoviário de carga. Pode, também,

proporcionar diminuição de custo com pessoal para análise e acompanhamento da operação.

Redução de Acidentes e Desvios a IA é vista como capaz de reduzir acidentes e desvios, proporcionando uma operação mais segura e eficiente, pois interage com o motorista em tempo real.

Aperfeiçoamento e Adaptação: sugere-se definir o nível de autonomia da tecnologia, combater comportamentos indesejados, e preparar motoristas para a adaptação à nova tecnologia, considerando o fator humano e a segurança.

5 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A ampla exploração da tecnologia embarcada, aliada à utilização da inteligência artificial (IA), oferece um modelo disruptivo na gestão da eficiência no transporte rodoviário de cargas. A necessidade de sustentabilidade das empresas de transporte, junto com a geração de valor para acionistas, fornecedores e clientes, motivou a proposta de solução apresentada como um caminho virtuoso frente aos desafios verificados na pesquisa e entrevistas de benchmarking realizadas.

Observa-se que os transportadores rodoviários de carga possuem uma diversidade em termos de empresas contratadas com o intuito de otimizar a performance da operação, mas sem atuarem de forma integrada. Isso pode ser resolvido através de uma plataforma com *data lake* para armazenar, proteger e processar os dados, gerando informação com atuação em tempo real diante dos eventos e alertas.

Diante desse contexto, surge a oportunidade de desenvolver um produto capaz de associar dados e informações advindas de todas as tecnologias embarcadas: câmeras *onboard*, sensores de fadiga, câmeras de via, rastreadores satelitais e telemetria do computador de bordo. Além disso, informações operacionais, como rotogramas origem-destino, pontos de parada autorizados, cercas eletrônicas em pontos com potencial risco de acidentes e programações de viagens dos clientes, serão processadas pela plataforma oferecida nessa solução. O objetivo é maximizar a utilização da jornada útil dos motoristas, respeitando os descansos mandatórios conforme a Lei dos Motoristas.

5.1 O modelo de aplicação de Inteligência artificial na Otimização da Performance do Transporte Rodoviário de Cargas

A solução proposta consiste em uma plataforma de IA que integra diversos dados operacionais e de segurança em um único sistema. A plataforma coleta dados em tempo real de múltiplas fontes, processa essas informações para gerar insights e alertas, e apresenta esses dados de forma visual e intuitiva através de *dashboards* e relatórios customizáveis.

Figura 1 – Framework – Design Thinking da Solução: IA aplicada para melhor Performance do TRC



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Por meio do monitoramento em tempo real, câmeras de bordo capturam continuamente as condições da estrada bem como o comportamento do motorista e seu estado de fadiga. Esse último, de forma específica, pelo sensor de fadiga instalado em posição estratégica na cabine do caminhão.

O rastreador satelital permite a localização do veículo em tempo real, a fim de mapear situações de *security* e *logistic* – monitorando *full time* toda frota da transportadora.

A telemetria ou computador de bordo é capaz de capturar dados sobre o desempenho do veículo e sobre o comportamento do motorista, incluindo velocidade aplicada em pista molhada e em pista seca, freadas bruscas, aceleração brusca, aspectos de jornada de trabalho, consumo de combustível e manutenção preventiva.

A análise de dados permite o processamento de grandes volumes de dados para identificação de padrões e prevenção de problemas antes que ocorram. Isso acontece por meio dos alertas personalizados que, de forma automática, transmitem informações para que o robô atue em caso de potenciais riscos e desvio comportamental gerados (denunciada pelos alertas).

Com o otimizador de rotas, é possível realizar ajustes dinâmicos com base em condições de tráfego, respeitando trechos permitidos para o tipo de caminhão e carga que está sendo transportada.

A Integração de Dados com Plataforma Centralizada garante sistemas operacionais integrados que geram informações para a Gestão após mineração de dados em uma Plataforma.

Essa plataforma é o Data Lake, que permite o armazenamento e o processamento centralizado de todos os dados coletados.

O Dashboard Interativo, formado por painéis de controle intuitivos para monitoramento de desempenho, eficiência e segurança, permite ao time da transportadora uma visibilidade completa de tudo que está ocorrendo com a frota e com o atendimento aos clientes.

Os Relatórios Customizáveis permitem a geração de relatórios detalhados sobre a performance operacional, violações de segurança e eficiência do transporte no formato que o transportador preferir. Importante ressaltar que a proposta do nosso trabalho permite uma construção a quatro mãos sempre com a participação do Transportador em todas as decisões – formato de gestão ágil.

A Gestão de Jornada do Motorista faz com que a hora útil seja maximizada em termos de utilização. Com o correto planejamento da jornada, são dois objetivos claros a saber:

1 – Respeitar os limites operacionais com base na legislação vigente e já citada, tais como intervalos para refeição, descanso e interstícios;

2 – Maximizar a utilização da jornada útil. As paradas são mapeadas com base em pontos previamente autorizados para essas finalidades. Esse planejamento permite, também, uma melhor eficiência da operação.

5.1.1 Central de Eficiência Logística (CEL)

A inteligência artificial, com base nas premissas preestabelecidas, proporcionará uma série de intervenções em tempo real com alertas parametrizados e customizáveis, observados pela CEL – monitoramento sete dias por semana, 24 horas por dia. Os alertas abrangem tanto a perspectiva de segurança (condução perigosa, imprudente, risco de fadiga) quanto a perspectiva de eficiência operacional (desvios de rota, paradas não autorizadas, paradas excedidas para interstícios, descanso, refeição ou processos de carga e descarga).

A CEL é um setor do transportador rodoviário de carga que atua direta ou indiretamente com todos os demais setores da empresa, devido à necessidade de um planejamento eficiente e integrado para paradas de manutenção, treinamentos e licenças. Dependendo do porte da transportadora, a CEL pode operar em horário administrativo de segunda a sábado ou, em muitos casos, funcionar 24/7.

A equipe da CEL será composta por auxiliares de logística, analistas de logística e supervisores de logística, que devem ter facilidade para trabalhar com tecnologia, sistemas de dados e plataformas digitais, e desenvolvimento de soluções com capacidade analítica voltada para resultados.

5.1.2 Níveis de Planejamento e Rotinas

As rotinas da CEL serão divididas em três grandes grupos de interesse nas transportadoras:

- Operacional
- Tático
- Estratégico

Figura 2 – Níveis de Planejamento da Empresa
Planejamento estratégico, tático e operacional: conheça os 3 níveis



Fonte: Scoreplan (2023)

5.1.2.1 Nível Operacional

Inclui todos os motoristas, motoristas monitores, programadores da operação e times de SSMA da transportadora – incluindo os técnicos de segurança do trabalho. Diariamente, se reúnem com base nos dados e alertas gerados para observação de ações em tempo real, atuando em intervenções críticas, monitorando a performance das operações e atendimento aos planos rodoviários. Terão capacidade de verificar dados e interpretá-los adequadamente, atuando quando necessário.

- Alertas na Perspectiva de Road Safety
- Alertas na Perspectiva de Road Security
- Alertas na Perspectiva de Eficiência da Operação

Esse grupo terá a participação ativa dos líderes supervisores de operação, SSMA e seus grupos de trabalho. Fornecerão relatórios semanais com os principais inputs da operação, visando a retroalimentação dos planos de ação para melhoria contínua.

5.1.2.2 Nível Tático

Esse grupo é formado por coordenadores e gerentes de operação, SSMA e logística da transportadora. Semanalmente, observarão os relatórios com os principais

indicadores de performance, identificando pontos de melhoria e maximização das ações. Analisarão gráficos de tendências, comparando operações entre unidades de negócio (filiais do transportador), segmentos e clientes, observando destaques positivos e negativos, como rotas mais e menos rentáveis, caminhões com mais e menos faturamento, motoristas com mais e menos violações comportamentais.

Este time terá reuniões frequentes com fornecedores de gerenciamento de risco, empresas de tecnologia, corretoras de seguro, empresas de controle de jornada e de medicina ocupacional (para temas de fadiga). As discussões focarão no aperfeiçoamento contínuo da performance por meio da integração de informações com atuação em tempo real.

5.1.2.3 Nível Estratégico

Esse grupo é formado pela alta liderança da empresa, incluindo gerentes executivos, diretores e CEO, além dos proprietários das empresas. Na prática, são os patrocinadores da proposta de solução com utilização da inteligência artificial para otimização das operações.

Os gerentes de Operação e de SSMA apresentarão mensalmente na reunião de resultados, com os demais gerentes de áreas, um extrato da CEL. Eles, ainda, demonstrarão os ganhos financeiros com base no funcionamento da CEL, além dos indicadores preventivos e proativos de segurança, evidenciando uma redução de acidentes e perdas com base em melhorias comportamentais. Por fim, apresentarão, também, os avanços nos estudos de inteligência artificial retroalimentados com observações do dia a dia.

Os gerentes discutirão as novas oportunidades de investimento, considerando estudos de mercado com segmentos de carga e/ou geografias diferentes, e potenciais clientes.

Business Model Canvas da Solução

Figura 3 – Business Model Canvas



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

1) Proposta de Valor

- **Descrição:** oferecer uma plataforma de IA que proporciona eficiência operacional, segurança e sustentabilidade para empresas de transporte rodoviário de cargas por meio de monitoramento em tempo real, análise preditiva e gestão integrada.

2) Segmentos de Clientes

- **Transportadoras de Cargas:** empresas que operam frotas de caminhões.
- **Motoristas:** profissionais que operam os veículos.
- **Gerentes de Logística:** profissionais responsáveis pelo planejamento e controle das operações.

3) Canais

- **Plataforma On-line:** acesso via web para gerentes de logística.
- **Aplicativo Móvel:** aplicativo para motoristas.
- **Suporte Técnico:** suporte contínuo para implementação e manutenção do sistema.

4) Relacionamento com Clientes

- **Suporte Dedicado:** atendimento ao cliente para suporte técnico.

- **Treinamento e Capacitação:** programas de treinamento para usuários.
- **Comunidade e Feedback:** plataforma para coleta de feedback e sugestões.

5) Fontes de Receita

- **Assinatura Mensal/Anual:** taxas de assinatura para acesso à plataforma.
- **Taxas de Implementação:** cobrança por serviços de implementação e customização.
- **Serviços de Consultoria:** consultoria para otimização contínua das operações.

6) Recursos Principais

- **Tecnologia de IA e IoT:** algoritmos de *machine learning*, dispositivos de IoT.
- **Equipe de Desenvolvimento:** engenheiros de software, especialistas em IA, designers de UX/UI.
- **Infraestrutura de TI:** servidores para processamento e armazenamento de dados.

7) Atividades Principais

- Desenvolvimento de Software: **criação e manutenção do sistema de IA.**
- Análise de Dados: **coleta e análise de dados para melhorar continuamente os modelos preditivos.**
- Suporte e Treinamento: **provisão de suporte técnico e programas de treinamento.**

8) Parcerias Principais

- **Fornecedores de Tecnologia:** empresas fornecedoras de hardware e software para IoT e infraestrutura de TI.
- **Instituições Acadêmicas:** colaborações para pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.
- **Associações de Transporte:** parcerias para promover a adoção da solução no setor.

9) Estrutura de Custos

- **Desenvolvimento e Manutenção de Software:** custos com equipe de desenvolvimento, servidores, e licenças de software.

- **Marketing e Vendas:** custos com campanhas de marketing e equipe de vendas.
- **Suporte e Treinamento:** despesas relacionadas ao suporte técnico e programas de capacitação.

5.2 Análises de Viabilidade

Este trabalho apresenta uma análise detalhada sobre a viabilidade da implementação de uma solução de IA no transporte rodoviário de cargas, abordando diversos aspectos essenciais para a sua efetividade. Desde a capacitação das equipes de logística até a necessidade de tecnologias compatíveis e integráveis, passando pela conformidade com legislações vigentes e o suporte governamental a políticas de inovação, cada elemento é examinado para garantir uma abordagem holística e prática.

Além disso, são discutidos os benefícios estratégicos que a IA pode trazer, como a redução de acidentes por meio da prevenção comportamental e a melhoria na eficiência operacional. O impacto positivo na previsibilidade nas operações é destacado como um fator que pode levar às empresas de transporte a um novo patamar de excelência e de responsabilidade. Por fim, este trabalho também aborda a viabilidade financeira da implementação de IA considerando diferentes cenários de frotas e as premissas necessárias para garantir o retorno sobre o investimento. A análise minuciosa dos custos fixos e variáveis, aliada à potencialização da produtividade da frota, oferece uma visão clara sobre como a tecnologia pode ser um aliado indispensável para a evolução do transporte rodoviário de cargas no Brasil.

5.2.1 Viabilidade Operacional

A análise da viabilidade operacional busca avaliar o quanto a ferramenta com auxílio da IA é capaz de funcionar adequadamente entre as empresas do transporte rodoviário de cargas. Para que a empresa possa exercer suas atividades atendendo ao modelo proposto, serão necessários dois componentes essenciais: pessoas e tecnologias.

Pessoas: as equipes de logística devem ser capacitadas para operar a nova ferramenta, incluindo auxiliares, analistas e supervisores de logística. Esses

profissionais serão responsáveis por monitorar e tratar desvios apontados pela IA, agindo rapidamente para resolver problemas. A equipe deverá ser qualificada para extração, classificação e tratamento dos dados apontados pela ferramenta, viabilizando ações rápidas e eficazes.

Tecnologias: as empresas devem disponibilizar tecnologias compatíveis e passíveis de integração com outras já existentes, como câmeras, GPS, localizadores e cercas eletrônicas. A ferramenta proposta visa o atendimento a todas as empresas que enfrentam ineficiências operacionais, seja por falta de mão de obra qualificada ou por ineficiência no acompanhamento das programações. A solução oferece otimização, flexibilidade e agilidade nos processos de acompanhamento logístico, trazendo ganhos operacionais, redução de custos e melhores resultados.

Além disso, é crucial que as empresas disponham de uma infraestrutura tecnológica robusta e atualizada para garantir a integração e funcionamento eficiente da solução de IA. Isso inclui a utilização de servidores de alta performance, redes seguras e dispositivos de IoT que possam coletar e transmitir dados em tempo real.

A implementação bem-sucedida da solução também requer um plano detalhado de treinamento para os funcionários, assegurando que todos estejam familiarizados com as novas tecnologias e processos. O suporte contínuo e a manutenção do sistema são igualmente importantes para garantir que a solução permaneça eficaz e atualizada, adaptando-se às mudanças operacionais e tecnológicas do setor.

5.2.2 Viabilidade Técnica

A proposta técnica envolve o desenvolvimento de uma ferramenta de IA integrada que auxiliará os transportadores rodoviários de cargas a medir e a melhorar seus gargalos operacionais. O desenvolvimento incluirá a criação de uma plataforma que permitirá monitoramento constante e análise preditiva de dados, com foco na melhoria da performance operacional e segurança no transporte rodoviário de cargas.

Integração de Sistemas: a ferramenta utilizará IA para integrar recursos tecnológicos já existentes nos veículos, como câmeras, rastreamento, telemetria e

computador de bordo. Isso permitirá a coleta de dados em tempo real e a classificação das informações por nível de prioridade, facilitando a atuação proativa e preventiva.

Desenvolvimento da Ferramenta: a ferramenta será desenvolvida utilizando algoritmos avançados de *machine learning* e de análise de dados. A plataforma centralizará todas as informações coletadas em um *data lake*, permitindo o processamento e a análise desses dados para gerar insights valiosos e alertas em tempo real.

Interoperabilidade: a solução será projetada para ser interoperável com diferentes sistemas e dispositivos já existentes nas empresas de transporte, garantindo uma integração fluida e eficiente. Isso inclui a compatibilidade com sistemas de gestão de frotas, software de ERP (Enterprise Resource Planning) e outras soluções de TI utilizadas pelas empresas.

Escalabilidade: a plataforma será escalável, permitindo que as empresas expandam suas operações sem comprometer a eficiência e a performance do sistema. Isso é crucial para atender às necessidades de empresas de diferentes tamanhos e complexidades operacionais.

Segurança: a segurança dos dados será uma prioridade, com a implementação de medidas robustas de segurança cibernética para proteger as informações sensíveis coletadas e processadas pela ferramenta. Isso inclui criptografia de dados, autenticação multifator e monitoramento contínuo de ameaças.

5.2.3 Viabilidade Jurídica

A implementação de IA no transporte rodoviário de cargas no Brasil é juridicamente viável, desde que todas as legislações e regulamentações pertinentes sejam rigorosamente observadas. A nova Lei do Motorista, a LGPD, o CTB, as regulamentações da ANTT e o Marco Civil da Internet fornecem uma estrutura robusta que pode ser complementada pelas tecnologias de IA.

Lei do Motorista: a ferramenta deverá estar alinhada à Lei 13.103/2015, que regula a jornada de trabalho dos motoristas e exige controle rigoroso do tempo de espera e reserva. A solução de IA pode ajudar a garantir a conformidade com essas

exigências, monitorando as horas de trabalho e descanso dos motoristas em tempo real.

Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD): a solução deve garantir a proteção dos dados pessoais dos motoristas, conforme exigido pela LGPD. Isso inclui a obtenção de consentimento dos motoristas para a coleta e uso de seus dados, além de assegurar a privacidade e a segurança das informações coletadas.

Código de Trânsito Brasileiro (CTB): a operação dos veículos deve estar em conformidade com as normas de segurança do CTB. A solução de IA pode ajudar a monitorar e a melhorar a conformidade com essas normas, reduzindo o risco de acidentes e melhorando a segurança nas estradas.

Regulamentações da ANTT: as soluções de IA devem integrar as regulamentações da ANTT para garantir conformidade e otimização das operações de transporte. Isso inclui a aderência a normas de segurança e eficiência estabelecidas pela ANTT.

Marco Civil da Internet: a solução deve adotar medidas robustas de segurança cibernética para proteger os dados coletados e processados, conforme estabelecido pelo Marco Civil da Internet. Isso inclui a implementação de práticas de segurança para evitar violações de dados e garantir a privacidade dos usuários.

5.2.4 Viabilidade Política

A viabilidade política da aplicação de IA no transporte rodoviário de cargas no Brasil é impulsionada pelo apoio governamental e políticas de inovação, programas de sustentabilidade, e a necessidade de segurança e eficiência operacional. Iniciativas como a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital) e programas do MCTI incentivam a inovação tecnológica por meio de incentivos fiscais, financiamento de projetos e parcerias público-privadas.

Apoio Governamental e Políticas de Inovação: o apoio governamental e políticas de inovação são essenciais para a adoção da IA no transporte rodoviário de cargas. No Brasil, iniciativas como a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital) e programas específicos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

(MCTI) têm sido fundamentais para fomentar a inovação tecnológica. Essas políticas visam criar um ambiente propício para o desenvolvimento e implementação de novas tecnologias, incluindo IA, através de incentivos fiscais, financiamento de projetos e parcerias público-privadas.

Programas de Sustentabilidade: os programas de sustentabilidade também são um pilar importante na viabilidade política da aplicação de IA no transporte de cargas. A IA contribui significativamente para a redução de emissões de carbono, um dos principais objetivos dos programas de sustentabilidade. A otimização de rotas e a gestão eficiente de combustíveis promovidas pela IA resultam em menor consumo de combustível e, conseqüentemente, em menores emissões de gases poluentes. A implementação de veículos elétricos e autônomos, viabilizada por IA, está alinhada com as metas de sustentabilidade. Essas tecnologias ajudam a mitigar o impacto ambiental do transporte rodoviário de cargas, promovendo um futuro mais verde e sustentável para o setor.

Segurança e Eficiência Operacional: a segurança e a eficiência operacional são diretamente beneficiadas pela aplicação de IA no transporte rodoviário de cargas. A IA melhora a segurança nas estradas através de sistemas avançados de assistência ao motorista, que utilizam sensores e câmeras para monitorar o ambiente ao redor do veículo, alertando sobre riscos potenciais, como mudanças bruscas de faixa e colisões iminentes. A manutenção preditiva é outra área em que a IA oferece benefícios significativos. Ao monitorar os dados em tempo real, a IA pode prever falhas mecânicas e agendar manutenções preventivas, reduzindo, assim, o risco de acidentes e melhorando a confiabilidade dos veículos. Isso resulta em uma operação mais segura e eficiente, minimizando o tempo de inatividade e os custos operacionais. Além disso, a IA facilita a análise de grandes volumes de dados operacionais, permitindo identificar gargalos e ineficiências nos processos logísticos. Com essas informações, as empresas podem tomar decisões mais embasadas, ajustando suas operações para otimizar o uso de recursos e maximizar a produtividade.

Capacitação e Treinamento: a capacitação profissional é indispensável para a implementação eficaz da IA. A formação de profissionais qualificados é um desafio, dada a escassez de especialistas em IA no mercado. Políticas educacionais que

promovam cursos de formação e especialização em IA podem suprir essa demanda e facilitar a adoção dessas tecnologias pelas empresas de transporte.

5.2.5 Viabilidade Estratégica

Em uma sociedade com recursos cada vez mais limitados, as empresas que souberem aproveitar melhor os recursos existentes, de forma inteligente e estratégica, serão aquelas que terão vantagem competitiva e sobreviverão no meio empresarial.

O modelo de inteligência artificial, aplicada ao transporte rodoviário de carga apresentado nesse trabalho, é uma excelente ferramenta no tocante à redução de acidentes através da prevenção comportamental, bem como da melhoria da eficiência na utilização da disponibilidade dos veículos e dos motoristas com jornadas inteligentes.

Estrategicamente, fica evidenciado que esse modelo subsidiará as discussões internas nas empresas de transporte de cargas, bem como delas com seus clientes e fornecedores sob o ponto de vista da maior competitividade, responsabilidade e excelência no atendimento.

Sob o aspecto de ESG, mais especificamente nos 17 Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável, é compreendido que os Objetivos 3 – Saúde e Bem Estar e 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura estão totalmente conectados com nosso trabalho, uma vez que se propõe, aqui, a preservação de vidas por meio da inovação advinda do mundo tecnológico que está em constante descoberta – buscando sempre resolver problemas e facilitar a vida das pessoas.

O negócio de transporte rodoviário de cargas, como citado nesse trabalho, possui gastos e riscos muito elevados, com margens cada vez mais desafiadoras — gastos com aquisição de caminhões, mão de obra e insumos, tais como diesel e pneus, bem como riscos associados a acidentes com perdas potencialmente catastróficas. Diante disso, é estratégico haver uma inteligência capaz de reduzir ambos (tanto gastos quanto riscos). É importante reduzir gastos, uma vez que haverá um melhor aproveitamento da jornada com alertas de paradas prolongadas (sob o ponto de vista de gargalos em carga-descarga e/ou decisão equivocada de motoristas com paradas excedidas em almoço e interstícios). Além disso, é fundamental reduzir

acidentes e perdas, uma vez que, com a observação comportamental através da inteligência artificial, é possível reciclar motoristas, realizar exames adicionais em caso de apontamento de fadiga excessiva, dentre outros pontos.

Além dos pontos relacionados à redução de gastos e de riscos, há de se citar, também, uma maior excelência no atendimento aos clientes uma vez que, com maior previsibilidade da operação com monitoramento 7 dias por semana e 24 horas por dia, é possível prever atrasos em cumprimento de cadências e/ou janelas de carga e descarga em terminais com tomadas de decisão estratégicas além de comunicação mais assertiva com o cliente, que também terá a previsibilidade de seu suprimento e atendimento ao cliente melhorada com mais informação de qualidade e em tempo real.

De forma otimizada, esses são os principais gargalos identificados:

- Excesso de tempo em carga e descarga;
- Paradas excedidas em almoço e interstício diário;
- Veículos parados, disponíveis, mas sem programação-atendimento;
- Excesso de folgas dos motoristas;
- Motoristas em condições de fadiga;
- Utilização de celular ao volante;
- Picos de velocidade;
- Estouros de jornada ou limites operacionais;
- Freadas bruscas gerando, em muitos casos, quase acidentes ou acidentes;

Os aspectos acima corroboram que a estratégia de utilização da inteligência artificial é viável, posto que, além de garantir a tomada de decisão em tempo real, atua diretamente em itens que vão gerar valor para todas as partes envolvidas – não apenas o transportador. Observando ainda em uma esfera mais ampla, fala-se em benefício para a própria sociedade, uma vez que, como sabemos, tem-se o frete como um fator de pressão inflacionária – retirando parte do poder aquisitivo das pessoas.

As transportadoras farão uma associação entre as empresas correlacionadas e as tecnologias embarcadas, além de suas plataformas, ERPs, e redes com a integração total dos dados gerados. Na prática, gerenciadoras de risco, empresas de

seguro, empresas de tecnologia, transportadores e empresas de sistemas operacionais trabalharão de forma integrada com geração de valor.

Com base nos resultados das pesquisas realizadas e apresentadas nesse trabalho, conclui-se que os principais *stakeholders* têm concordância com esse modelo de inteligência artificial aplicada apresentado. Tais representantes de grupos de interesse entendem que esse é o ponto alto da inovação com a mais elevada modernidade de incrementação da tecnologia do mundo artificial, mas sem substituição da visão humana. Estrategicamente, a viabilidade fica garantida diante de todo contexto apresentado.

5.2.6 Viabilidade Financeira

Considerando uma abrangência de transportadores com diferentes quantidades de caminhões em sua frota, seja frota própria ou agregada e terceira, a viabilidade financeira foi realizada em três cenários específicos;

- Transportadores com 100 caminhões;
- Transportadores com 300 caminhões;
- Transportadores com 1000 Caminhões.

Além disso, a viabilidade financeira considera as seguintes premissas;

- O transportador fará contratos de comodato com empresas de tecnologia para toda tecnologia embarcada em vez de comprar equipamentos rastreador, câmaras de inteligência artificial, câmaras *onboarding*, antena satelital e telemetria;
- O transportador deverá ter uma torre de controle podendo ser própria ou terceirizada para fins de monitoramento. A depender da característica da operação, a torre deve funcionar 7 dias por semana, 24 horas por dia.

Após estudo de mercado com transportadores de diferentes tamanhos de frota, com relação ao gasto fixo e variável, somando custos e despesas para caminhão do tipo carreta e caminhão do tipo *superbitren*, chegamos à tabela abaixo.

Como gasto fixo, foram considerados os custos com motorista, depreciação do caminhão, financeiro para aquisição do caminhão, despesas administrativos, despesas *overhead*, impostos, lavagem, lubrificação, certificações e licenças do caminhão.

Como gasto variável, foram considerados os custos com consumo de óleo diesel, consumo de pneu, manutenção de cavalo mecânico e de carretas e impostos e taxas.

Tabela 1 – Potencial Faturamento com Lucro Líquido de 8% para cenário com 7.000km/mês

CENÁRIO PARA UM MÊS						
TIPO	GASTO FIXO		GASTO VARIÁVEL		KM	FATURAMENTO
Carreta	R\$	36.520,00	R\$	4,82	7.000	R\$ 70.260,00
Superbitren	R\$	42.680,00	R\$	5,94	7000	R\$ 84.260,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para cálculo de viabilidade financeira, foi considerado o gasto fixo, considerando a independência desse com o quilômetro rodado, o qual carrega um valor agregado significativo – aproximadamente 50% do faturamento do caminhão.

Tabela 2 – Detalhamento do Potencial Faturamento por mês, dia e hora

FATURAMENTO CARRETA			FATURAMENTO SUPERBITREN		
	1	Mês		1	Mês
	26	DIAS		26	DIAS
	12	HORAS / DIA		12	HORAS / DIA
R\$	70.260,00	R\$ / MÊS	R\$	84.260,00	R\$ / MÊS
R\$	2.702,31	R\$ / DIA	R\$	3.240,77	R\$ / DIA
R\$	225,19	R\$ / HORA	R\$	270,06	R\$ / HORA

GASTO FIXO FIXO CARRETA			GASTO FIXO SUPERBITREN		
	1	Mês		1	Mês
	26	DIAS		26	DIAS
	12	HORAS / DIA		12	HORAS / DIA
R\$	36.520,00	R\$ / MÊS	R\$	42.680,00	R\$ / MÊS
R\$	1.404,62	R\$ / DIA	R\$	1.641,54	R\$ / DIA
R\$	117,05	R\$ / HORA	R\$	136,79	R\$ / HORA

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A inteligência artificial aplicada à tecnologia embarcada e à torre de controle da empresa, atuando de forma proativa e reativa para uma melhor produtividade da frota

através da redução das ineficiências, visa aumentar o faturamento mensal. Tais ineficiências podem ser causadas por diversos fatores de responsabilidade: tanto do transportador quanto do próprio cliente, assim como de fatores adversos — engarrafamentos, chuva (redução de velocidade) etc.

Até mesmo para fins de negociação com o cliente, é possível apresentar os principais gargalos de carga e descarga de suas bases ou fornecedores-clientes, a fim de que ele tenha subsídios para melhorar a eficiência em termos de infraestrutura e negociação.

Como premissa desse trabalho, foi considerada que a aplicação da inteligência artificial na operação de transporte rodoviário de carga aumenta em 30 minutos por dia a eficiência da jornada do motorista com melhor utilização dela, ou seja, eliminação de ofensores da improdutividade:

- Paradas excedidas em intervalos para refeição;
- Paradas excedidas em processos de carga e descarga;
- Paradas excedidas em interstícios diários e semanal.

Para montagem da estrutura da Torre de Controle, foi separado em suas etapas a saber:

- Estrutura de Mão de Obra;
- Infraestrutura da Torre de Controle.

Para estrutura de mão de obra, observando os três cenários propostos por esse trabalho, foi considerada a contratação de auxiliar de logística, analista de logística e supervisor de logística:

Tabela 3 – Levantamento de Custo com mão de obra para uma Torre de Controle

CUSTO PARA TORRE DE CONTROLE - MONITORAMENTO DE EFICIÊNCIA						
N de Veículos	Aux. de Torre	Anal. de Torre	Sup. de Torre	N de Vgs/Mês	N de Vgs/Dia	R\$/Mês
100	2	1	1	1500	58	R\$ 21.942,72
300	4	2	1	4500	173	R\$ 35.065,44
1000	10	4	2	15000	577	R\$ 77.115,60

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

O custo já está com salários, encargos, provisões e benefícios:

Salário base de um Auxiliar de Logística: R\$ 1.940,20;

Salário base de um Analista de Logística: R\$ 3.410,00;

Salário base de um Supervisor de Logística: R\$ 4.900,00.

Para estrutura de *Videowall* e cabeamento, foi considerado, como exemplo, seis telas de 55 polegadas instaladas na área da Operação da Transportadora, onde fica alocada, também, a Torre de Controle. Naturalmente, existe uma forte interação entre o time de operações e o de logística no tocante a planejamento, execução e controle/monitoramento:

Tabela 4 – Levantamento de Investimento para uma Torre de Controle

ESTRUTURA DE MÃO DE OBRA - TORRE DE CONTROLE LOGÍSTICO						
TV 55"	R\$	2.455,18	6	R\$	14.731,08	R\$ 26.402,05
Cabeamento	R\$	1.640,94	1	R\$	1.640,94	
Estrutura	R\$	7.574,85	1	R\$	7.574,85	
Mão de Obra	R\$	2.455,18	1	R\$	2.455,18	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Figura 4 – Área da Operação da Transportadora



Fonte: Foto Meramente Ilustrativa

Considerando valores de mercado para tecnologia embarcada com inteligência artificial em formato de comodato, já contendo telemetria, rastreador, câmaras

onboarding, antena satelital, temos abaixo explanação do investimento para os três cenários desse estudo, considerando, também, valores de instalação:

Tabela 5 – Levantamento de Custo Médio para Tecnologia Embarcada

TECNOLOGIA EMBARCADA - INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL		
N de Veículos	Comodato/Mês	Instalação
100	R\$ 78.000,00	R\$ 120.000,00
300	R\$ 234.000,00	R\$ 360.000,00
1000	R\$ 780.000,00	R\$ 1.200.000,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Considerando o custo mensal, bem como o investimento, e comparando com o incremento de receita potencialmente previsto, fica evidenciada a Viabilidade Financeira.

6 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Para realizar o plano de implementação, utilizamos conceitos de três ferramentas da qualidade (PMBOK, SCRUM e Gráfico de GANTT), abaixo há uma introdução sobre cada ferramenta.

PMBOK (Project Management Body of Knowledge) é um guia abrangente que reúne as melhores práticas e padrões internacionalmente reconhecidos para a gestão de projetos. Desenvolvido pelo PMI (Project Management Institute), o PMBOK oferece uma estrutura sistemática e detalhada para gerenciar projetos de qualquer tipo ou tamanho. O guia organiza a gestão de projetos em dez áreas de conhecimento, que incluem Integração, Escopo, Tempo, Custo, Qualidade, Recursos Humanos, Comunicação, Riscos, Aquisições e Partes Interessadas.

Além disso, o PMBOK descreve cinco grupos de processos que abrangem o ciclo de vida de um projeto: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle, e Encerramento. Cada grupo de processos possui entradas, ferramentas e técnicas, e saídas específicas, totalizando 49 processos no PMBOK. Esses processos são usados para garantir que todas as atividades necessárias sejam planejadas e executadas de forma eficiente e eficaz, proporcionando uma gestão de projetos mais estruturada e previsível.

SCRUM é uma estrutura ágil de gestão de projetos, particularmente popular no desenvolvimento de software. Focada na entrega incremental e iterativa, SCRUM promove a flexibilidade e a adaptabilidade, permitindo que as equipes ajustem rapidamente o curso do projeto em resposta a feedback contínuo e mudanças nos requisitos. No SCRUM, há três papéis principais: Product Owner, que é responsável por maximizar o valor do produto e gerenciar o backlog do produto; Scrum Master, que facilita o processo SCRUM, ajudando a equipe a seguir as práticas ágeis e removendo impedimentos; e a Equipe de Desenvolvimento, que é auto-organizada e multifuncional, trabalhando na entrega do incremento do produto.

SCRUM utiliza vários eventos para estruturar o trabalho, incluindo o Sprint, que é um ciclo de trabalho de tempo fixo (geralmente de 2 a 4 semanas) no qual um incremento do produto é desenvolvido. Outros eventos incluem o Sprint Planning para

planejar o trabalho do sprint; o Daily Scrum, reuniões diárias de 15 minutos para sincronizar as atividades da equipe e planejar as próximas 24 horas; o Sprint Review, para inspecionar o incremento e adaptar o backlog do produto; e o Sprint Retrospective, para refletir sobre o sprint e identificar melhorias no processo. Os artefatos principais do SCRUM são o Product Backlog, que é uma lista ordenada de tudo que é necessário no produto; o Sprint Backlog, que é um conjunto de itens do backlog do produto selecionados para o sprint, junto com um plano para entregá-los; e o Increment, que é a soma de todos os itens do backlog do produto completados durante o sprint e os incrementos de todos os sprints anteriores.

O gráfico de Gantt é uma ferramenta visual amplamente utilizada no gerenciamento de projetos para ilustrar um cronograma de atividades ao longo do tempo. Este gráfico exibe tarefas ou eventos como barras horizontais ao longo de uma linha do tempo, permitindo uma compreensão clara das datas de início e término de cada atividade. Ele facilita o planejamento e a coordenação, mostrando a relação entre diferentes tarefas e a progressão do projeto. O gráfico de Gantt ajuda a identificar possíveis atrasos, sobreposições de tarefas e dependências críticas, permitindo que os gerentes de projeto monitorem o andamento e façam ajustes conforme necessário para manter o projeto no caminho certo. Além disso, a visualização gráfica das tarefas e marcos torna a comunicação mais eficaz entre as partes interessadas, promovendo um melhor entendimento e colaboração.

Toda a definição do projeto (escopo, fases de implementação, prazos e responsáveis) será baseada na ferramenta PMBOK e todas as etapas de execução e entrega do projeto será baseada na ferramenta SCRUM. Utilizaremos o gráfico de Gantt para proporcionar uma visão clara e estruturada da implementação de um sistema de inteligência artificial no transporte rodoviário de cargas.

Foi realizada uma divisão de toda a implementação em 5 fases com subfases, que vão desde a apresentação da solução durante negociação comercial (venda) do produto ao cliente até a finalização do projeto, em que apenas a equipe de suporte técnico ficará responsável em acompanhar o cliente tirando dúvidas sobre o funcionamento da ferramenta ou atuando em possíveis falhas relacionadas as rotinas de trabalho da IA.

1) Reunião Comercial

A primeira fase será a de Reunião Comercial, e as subfases serão: Apresentação da solução, conhecimento da empresa visitada, entendimento das oportunidades de entrada do produto, montagem da proposta técnica e comercial e finalização da proposta (fechamento de contrato). O resultado esperado dessa primeira fase é o fechamento do contrato dando seguimento para as demais fases.

2) Separação dos módulos contratados

Nesta fase, após o fechamento do contrato comercial, todos os módulos personalizáveis da IA contratados pelo cliente serão separados e disponibilizados em um ambiente (portal) único para o cliente. Nesta etapa também serão criados todos os acessos de *key account* definidos pelo cliente, bem como os acessos dos usuários comuns (analistas e motoristas).

3) Desenvolvimento e Configuração

Na fase de desenvolvimento e configuração, o objetivo é finalizar a montagem do portal com todos os acessos que foram contratados, bem como os relatórios e telas que o cliente terá acesso.

4) Treinamento e Capacitação

A fase de treinamento e capacitação visa capacitar a equipe para operar e analisar o sistema de IA. As atividades envolvem o desenvolvimento de material de treinamento, realização de sessões de treinamento e suporte inicial pós-implantação. O resultado esperado é que a equipe esteja capacitada para utilizar e analisar o sistema. Essa etapa pode ser realizada em dois momentos, o primeiro momento treinando apenas os *key accounts* definidos pelos clientes, e, posteriormente a implantação, uma nova rodada de treinamento para os demais usuários.

5) Testes e Validação e monitoramento contínuo

A fase de testes e validação tem como objetivo testar o sistema de IA e garantir que ele atenda aos requisitos do projeto. As atividades incluem testes unitários e de integração, validação de desempenho, ajustes e correções. Durante esta fase,

ocorrem também as reuniões diárias de validação da tecnologia. O resultado esperado é que o sistema seja testado e validado com todos os *outputs* em pleno funcionamento. Posteriormente a isto, realizar-se-á o monitoramento contínuo do sistema, validação da não existência de bugs ou falhas e atuação nas mesmas, suporte contínuo ao cliente.

Cronograma de Implantação

O cronograma de implantação será representado em um gráfico de Gantt.

O gráfico de Gantt foi elaborado de acordo com as disponibilidades e direcionamentos de cada setor envolvido, minimizando ao máximo o tempo de implantação, visto que estamos falando de uma ferramenta de otimização de tempo e contenção de custos. Todavia, a implantação segue com total coerência frente às necessidades principalmente do cliente, público-alvo no ganho principal da IA.

Tabela 6 – Plano de Implementação para IA – CEL



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante do cenário atual, em que os investimentos no TRC (Transporte rodoviários de Carga) tem se tornado um verdadeiro desafio tendo em vista a dificuldade de um retorno esperado e diante das contantes variações e condições adversas que são enfrentadas durante o cotidiano neste mercado de transporte das cargas. Atualmente, os investimentos em renovação de frota, tecnologia embarcada e treinamento a motoristas tem aumentado a cada ano, não apenas pelas exigências de embarcadores, mas também com intuito de maximizar a produtividade que é um dos principais ofensores dentro do TRC.

As necessidades do mercado para atendimento e ampliação das novas demandas, visando seu cliente final e o melhor resultado para o equilíbrio entre custo e despesas, têm exigido tomadas de decisão assertivas, com investimentos em inovação de forma a promover a implementação de ideias inovadoras com foco nas aplicações de melhores práticas para se tornar a empresa competitiva perante seus concorrentes e, principalmente, garantir sua perenidade no setor. O projeto aplicativo evoluiu a partir da constatação que, mesmo com ferramentas de tecnologia embarcados nos equipamentos, isso, muitas vezes, não é o essencial, tendo em vista que há a necessidade de uma mão de obra humana para que as ações sejam efetivas — e nem sempre isso acontece.

Os problemas, em sua maioria, são os mesmos em todos os transportadores. Entretanto, se entendidos que este projeto aplicativo pode auxiliar neste *gap* de uma forma diferente, isso trará benefícios, impactando diretamente nesta produtividade, além na mitigação no tocante ligados à segurança: tanto patrimonial quanto ambiental, ou seja, gerando vantagens competitivas.

A ideia do PA (Projeto Aplicativo) surgiu a partir de dificuldades informadas pelo segmento de transporte quanto ao monitoramento eficaz dos gargalos que dificultam o TRC. Entretanto, a ferramenta para este monitoramento já existe, mas não está sendo utilizada de forma eficaz. Esperamos que, com o apoio da ferramenta apresentada, possamos justamente apoiar os gargalos de comunicação entre os envolvidos no processo. Com essa integração, será possível monitorar e tomar ações em tempo hábil, alcançando o objetivo esperado.

Neste momento, essa integração torna-se interessante e demonstra um potencial de exploração para que, de forma efetiva, as ações de aumentar a produtividade, sempre com o olhar voltado para a segurança, sejam percebidas pelas empresas que decidirem aderir à ferramenta.

Durante a realização das pesquisas, os *stakeholders* mostraram-se curiosos quanto à possibilidade apresentada de integração. O interesse no qual essa ferramenta possa possibilitar, inclusive, a exploração de novos negócios, tendo em vista possíveis melhorias, principalmente de produtividade.

Durante o projeto aplicativo foi proposto a implementação de um MVP (mínimo produto viável), de forma a demonstrar sua viabilidade, e, principalmente, sua credibilidade para tomada de decisão para implementação ou não da ferramenta — isso foi materializado com entrevistas de parceiros do segmento logístico. Os estudos sobre as viabilidades técnica, operacional, financeira e estratégica apresentadas puderam comprovar a aplicabilidade do projeto. A mão de obra especializada permitirá a operacionalização do negócio, reduzindo os tempos ociosos de um ativo de alto valor, além das análises em situações de riscos, evitando possíveis acidentes de proporções consideráveis.

A solução proposta focou, por meio da inteligência artificial, o desenvolvimento de uma ferramenta que, com o apoio das outras tecnologias embarcadas, implantará modelos de gestão de risco e produtividade que permitam ao transportador monitorar produtividade e riscos, apoiando ao máximo a mão de obra dedicada a esta funcionalidade. O objetivo da ferramenta é promover apoio mútuo aos envolvidos no TRC, de forma a gerar fortalecimento para que os transportadores possam, cada vez mais, se tornarem competitivos. Portanto, podemos concluir que é possível, por meio da IA, desenvolver uma ferramenta que irá, de forma colaborativa, apoiar os colaborativos que hoje têm dificuldades de monitorar em tempo real informações tão cruciais no transporte rodoviários de carga.

7.1 Recomendações:

As recomendações são mantermos uma linha, neste momento, para integrar a IA apenas com as tecnologias já embarcadas nos veículos. Isso irá viabilizar uma resposta mais objetiva e nos permitir focar no problema apresentado. Apesar de envolver apenas empresas do setor de transporte de cargas posicionadas em todo o território nacional, nada impede que a IA, com o apoio de nossa ferramenta, possa evoluir para apoiar outros modais de transporte que tenham gargalos similares.

A ampliação dessa ferramenta em outros modais deverá ser um requisito para desenvolvimento e análise, pois nem sempre estão presentes em território nacional e têm particularidades distintas, dificultando e impactando diretamente nos custos operacionais, seja para integração em novas tecnologias ou integração nas já instaladas.

Importante destacar que, para implementação em definitivo e eficaz em outros modais, seriam necessárias análises mais detalhadas envolvendo todos os *stakeholders*, que estavam fora do contexto previsto na análise inicial.

Conforme mencionado anteriormente, para despertar o interesse em outros modais, será preciso abranger possíveis estudos de outros sistemas. Com isso, haverá a possibilidade de uma maior abrangência para ganhos dos gargalos apresentados nestes outros modais, isso incluiria inúmeros benefícios, otimizando toda a cadeia. Seria interessante unificar estas necessidades e particularidades dos respectivos modais numa matriz para que, ao aperfeiçoar a ferramenta, seja alcançado uma padronização e minimização dos custos de integração.

A implementação de IA no transporte rodoviário de cargas no Brasil é viável e apresenta um potencial significativo para otimizar operações e aumentar a competitividade do setor. Com o apoio governamental, políticas de inovação, programas de sustentabilidade e medidas de segurança e eficiência operacional, o Brasil pode liderar a transformação digital no transporte rodoviário de cargas, promovendo um futuro mais eficiente e sustentável

8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. **A Terceira Revolução: como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo.** PUC-SP. Disponível em: https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-_a_terceira_revolucao_-_fabiana_almeida_.pdf. Acesso em: 09 jul. 2024.

BALLOU, R. H. **Business logistics/supply chain management.** Upper Saddle River, N.J. 2004.

BROLIANE, R. **Como criar um programa de recompensas para seus motoristas,** Mobi7 Localiza, 2023. Disponível em: <https://www.mobi7.com.br/7-passos-para-criar-um-programa-de-recompensas-com-os-seus-motoristas/>. Acesso em: 13 jul. 24.

CHEN, W. et al. **Investment Analysis and Risk Assessment for AI Implementation in Transportation Sector.** Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2018, 86, 142-157.

CHRISTOPHER, M., & HOLWEG, M. **Supply Chain 2.0: managing supply chains in the era of turbulence.** International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2011, 41(1), 63-82.

CHOPRA, S., & MEINDL, P. **Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.** Pearson Prentice Hall, 2007.

CHOPRA, S., & MEINDL, P. **Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.** Pearson, 2019.

CHOPRA, S., & MEINDL, P. **Supply chain management: strategy, planning, and operation.** Pearson/Prentice Hall, 2007.

CROOM, S. R., ROMANO JR, P., & GIANNAKIS, M. **Supply chain management: an analytical framework for critical literature review.** European journal of purchasing & supply management, 2000, 6(1), 67-83.

CUNHA, C. **Tecnologia: o que é a 4ª revolução industrial?** Vestibular UOL, 2020. Disponível em: <https://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/tecnologia-o-que-e-a-4-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 09 jul. 2024.

DAVENPORT, T. H., & RONANKI, R. **Artificial Intelligence for the Real World.** Harvard Business Review, 2018.

DIAS, F. **Terceira Revolução Industrial**. Educa mais Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/historia/terceira-revolucao-industrial>. Acesso em: 09 jul. 2024.

EDUCABRAS. **Terceira Revolução Industrial**. Edubras, 2024. Disponível em: https://www.educabras.com/enem/materia/geografia/sistemas_economicos/aulas/terceira_revolucao_industrial. Acesso em: 09 jul. 2024.

EUROPEAN COMMISSION. **White Paper on Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust**. Brussels: European Commission, 2020.

FLEURY, P. F. **Supply Chain: Conceito, Oportunidade e Desafios da Implantação**. Insights, 1999. Disponível em: <https://ilos.com.br/supply-chain-management-conceitos-oportunidades-e-desafios-da-implementacao/>. Acesso em: 09 jul. 2024.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Como classificar pesquisas**. 2002. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38881088/como_classificar_pesquisas-libre.pdf?1443122076=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCOMO_CLASSIFICAR_AS_PESQUISAS_1.pdf&Expires=1720728684&Signature=OAFICU3uKoRI75UppNbfZaGZCMG-gdR8c3kVpw4zo6n-bL85BRuWjThzge2Fjng17kEu4HAuvcW1Z2bKiT-o~FnnvJANqDM3FS4SmVgHJV73HJtLDUJZIJy4Nj2K1LVe95pxqwC60DCnCGqrUuZDhkZ0NLJaZLR7IgdNpXcsFQmdL68OZhuqa4u3Wr9u1KRozm~iPMwWDZmCaipIqzP5ffzCjECDU2wWPixT7NhsRpD3vVbPzdyGF1ZHPnWgDp50PK2B2g7Z7u0RcXxrTvSbqv6vT9rS473NXRL~pRQ2sMp6n0LpZSorKwt46oYhXNWZo3eVHGbBtDPT4rwSQ35ZQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 13 jul. 24.

GOODALL, N. J. **Machine Learning for Transport: A Review of Applications and Current Practices**. Transport Reviews 2019, 39(1), 76-96.

GONÇALVES, C.; SALVAGNO, A. **Rastreamento e Monitoramento: uma análise do mercado**. Rev. Logweb, 2010.

GORGULHO, M. F. **G.P.S. – O "Sistema de Posicionamento Global"**. link para acesso: <https://pt.slideshare.net/slideshow/apostila-de-gps/103054061#13>, 2004.

HEVELKE, A.; NIDA-RÜMELIN, J. **Responsibility for crashes of autonomous vehicles: na ethical analysis.** *Science and engineering ethics*, 2015, v. 21, n. 3, p. 619-630.

HINTON, G. **How to represent part-whole hierarchies in a neural network.** Department of Computer Science, University of Toronto. Toronto, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2102.12627>. Acesso em: 13 jul. 24.

JOHNSON, E. et al. **Economic Impact Assessment of AI Adoption in Logistics: A Case Study Approach.** *International Journal of Logistics Management*, 2019, 30(2), 183-198.

LIU, H., & WANG, S. **Assessing the Social and Environmental Impacts of Artificial Intelligence in the Transportation Sector: A Review.** *Sustainability*, 2021, 13(1), 127.

MARTIN, C. J. **Artificial Intelligence and the Future of Trucking: An Environmental and Labor Perspective.** In Proceedings of the Transportation Research Board 99th Annual Meeting, 2020.

MARTINS F., LOURENÇO R.; OLIVER I. **Infraestrutura rodoviária no Brasil: para onde vamos?** Bain & Company, Inc., 2016, Disponível em: https://www.bain.com/contentassets/7e48e0824a0e4f2ba4542d36c130cef1/infraestrutura-rodoviaria-no-brasil-para-onde-vamos_pt.pdf. Acesso em: 13 jul. 24.

MASSA. **Descubra o que esperar do futuro de transporte de cargas no Brasil.** Massa - pesagem e automação industrial, 2021. Disponível em: <https://massa.ind.br/transporte-de-cargas-no-brasil/>. Acesso em: 13 jul. 2024.

MOSES, L. B.; URBAS, G.; JACKSON, M. L. **Regulating Artificial Intelligence in Autonomous Vehicles.** *Computer Law & Security Review*, 2019, 35(5), 565-580.

MOURA, L. C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema de Rastreamento de Veículos na Logística.** Dissertação (mestrado). Orientador: Sílvio Hamacher. Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Industrial, 2004. Disponível em: <https://web.tecgraf.puc-rio.br/press/publication/Moura2004a/Moura2004a.pdf>. Acesso em: 09 de jul. 2024.

PREMACK, R. **One of the biggest problems facing self-driving trucks has little to do with the technology.** Business Insider, 2018. Disponível em: <https://www.businessinsider.in/one-of-the-biggest-problems-facing-self-driving-trucks->

has-little-to-do-with-the-technology/articleshow/64962946.cms. Acesso em: 09 jul. 2024.

POZO, H. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais**. Editora Atlas, 2013.

RODRIGUES, D. R.; ROSA, S. J. **A importância do sistema de rastreamento por GPS no transporte rodoviário de cargas**. Revista Fatec Log, São Paulo, 2012, p.1-10.

RODRIGUES, F., & BANERJEE, S. **Predictive Analytics and Artificial Intelligence in the Supply Chain: Challenges and Opportunities**. Computers & Industrial Engineering, 2019, 139, 106110.

RUSSELL, S. J., & NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Pearson, 2020.

RUSSEL S.T., NORVIG P. **Inteligência Artificial um enfoque moderno**. Editora Pearson Prentice Hall, 2004.

SALLES, R. S. **Estudo de roteirização de veículos com apoio de um sistema de informações geográficas: uma contribuição para o transporte urbano de empregados por uma frota de ônibus fretada**. Dissertação (Mestrado em engenharia civil), Orientador: Gregório Coelho de Moraes Neto. Universidade Federal do Espírito Santo, ES, 2013. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_drupal//tese_5072_Rosemberg%20Silva%20Salles.pdf. Acesso em: 13 jul. 24.

SAVEDRA, M. **Veículos autônomos e o comportamento do legislador brasileiro perante a segurança viária**. 2017.

SCOREPLAN. **Planejamento estratégico, tático e operacional: conheça os 3 níveis de planejamento estratégico**. Scoreplan, 2023. Disponível em: <https://scoreplan.com.br/blog/niveis-planejamento-estrategico/>. Acesso em: 13 jul. 24.

SILVA, D. N. **Revolução Industrial: o que foi, resumo, fases**. Brasil Escola, 2024. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 09 jul. 2024.

SMITH, J. **Financial Analysis for AI Integration in Transportation Industry.** Journal of Transportation Finance and Technology, 2020,12(3), 215-230.

SMITH, J. **Intelligent Transportation Systems: Applications and Challenges.** Journal of Logistics Technology, 2022, 25(2), 123-145.

SOUSA, R. **Segunda Revolução Industrial.** Brasil Escola, 2024. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 09 jul. 2024.

TAVASSZY, L. A., & JANSEN, R. G. **The digitalization of freight transport: Smart logistics and the future.** Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2019, 129, 270-285.

TRANSPARENCY MARKET. **Logistics Market Growth, Forecast 2019-2027.** Estados Unidos, 2020. Disponível em: <https://www.transparencymarketresearch.com/logistics-market.html>. Acesso em: 13 jul. 24.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1987

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **The Emissions Gap Report 2019.** United Nations Publications.

VAHIDNIA, A., ALESHEIKH, A. A., & ALIMOHAMMADI, A. **Vehicle routing problem: From an operations research to a logistics and supply chain management perspective.** Computers & Industrial Engineering, 2017, 111, 322-334.

WAN, H., LU, Z., & ZHAN, F. **A review of artificial intelligence techniques for the transportation industry.** IEEE Access, 2020, 8, 161554-161567.

WANG, S., WEN, L., & LI, Z. **A novel model of logistics demand forecasting based on grey relational analysis and support vector machine.** PloS one, 2018,13(11), e0206676.

ANEXO I

1. Nome da empresa -	2. Qual é o cargo da pessoa responsável pela resposta da pesquisa?	4. Há quanto tempo a empresa foi fundada?	5. Quantidade de Caminhões (Próprios ou Agregados):	6. Localização da Matriz:	7. Qual é o faturamento anual da empresa (em Reais)?	8. Você possui conhecimento sobre Inteligência Artificial e os impactos gerados em empresas do segmento de cargas?
2. Tsilveira	Encarregado de manut...	De 11 a 30 anos	1 a 100	Cruz das almas	Até 50 milhões	Não
3. Trelsa Transportes Especializados de Líquid...	Assistente de Logística	Acima de 50 anos	101 a 200	Rio de Janeiro	Até 50 milhões	Sim
4. Transprex Transportadora LTDA	Gerente de operações	De 11 a 30 anos	201 a 500	Salvador-BA	Até 50 milhões	Sim
5. Transportes Cavalinho	Assessor da diretoria ...	De 31 a 50 anos	501 a 1000	vacaria RS	Acima de 500 m...	Sim
6. Transporte rodoviário nordestino ltda	Diretor comercial	De 31 a 50 anos	101 a 200	Cabedelo Pb	Até 50 milhões	Sim
7. Transportadora nichele Ltda	Diretor operacional	Acima de 50 anos	201 a 500	Araucária	Entre 300 e 500 ...	Sim
8. Transportadora Veronese	Gerente de SSMA	Acima de 50 anos	501 a 1000	São José do Rio ...	Entre 300 e 500 ...	Sim
9. Transportadora Transliquido Brotense S/A - ...	Gerente de SSMA	Acima de 50 anos	201 a 500	Brotas/SP	Entre 100 e 300 ...	Sim
10. Transjordano	Gerente executivo	De 11 a 30 anos	501 a 1000	Paulínia	Entre 100 e 300 ...	Sim
11. Transbahia Transportes	Superintendencia	De 31 a 50 anos	201 a 500	Candeias	Entre 50 e 100 ...	Sim
12. Transagil Transporte	Coordenado de Logísti...	De 5 a 10 anos	101 a 200	Boa Viagem, Re...	Até 50 milhões	Não
13. Transac Transporte Rodoviário Ltda	Gerente	De 31 a 50 anos	201 a 500	Americana SP	Entre 50 e 100 ...	Sim
14. TransParana	Gerente de Operações	De 31 a 50 anos	201 a 500	Camaçari - BA	Entre 100 e 300 ...	Sim
15. Tora Transportes	Gerente Geral de Oper...	Acima de 50 anos	Acima de 1000	Contagem	Acima de 500 m...	Sim
16. Tegma Gestão Logística	Coordenador de Trans...	Acima de 50 anos	Acima de 1000	São Bernardo do...	Acima de 500 m...	Sim
17. Tdm transportes	Gerente	De 31 a 50 anos	501 a 1000	Goiânia -Go	Entre 50 e 100 ...	Não
18. TRANSPORTADORA RENER LTDA	DIRETOR COMERCIAL	De 11 a 30 anos	1 a 100	SIMÕES FILHO-BA	Até 50 milhões	Não
19. TRANSPEDROSA	DIRETOR DE OPERAÇ...	Acima de 50 anos	501 a 1000	BETIM-MG	Entre 300 e 500 ...	Sim
20. Simeira Logística	Gerente de Logística	Acima de 50 anos	101 a 200	Itu-SP	Entre 50 e 100 ...	Sim
21. SIDREN transportes	Diretor	De 11 a 30 anos	101 a 200	Camaçari	Entre 50 e 100 ...	Sim
22. Rodstar Transportes Rodoviários	Diretoria Comercial	De 11 a 30 anos	1 a 100	Candeias - Bahia	Até 50 milhões	Sim
23. ROSIVALDO CAMARA DA SILVA	ESTAPOSTES TRANSP...	De 11 a 30 anos	1 a 100	GUARULHOS - SP	Entre 50 e 100 ...	Sim
24. Pujante Transportes	Gestor de abastecime...	De 11 a 30 anos	101 a 200	Brasilia	Entre 100 e 300 ...	Sim
25. Polimodallog Logística e Transportes Ltda	Diretor Comercial	De 31 a 50 anos	1 a 100	Salvador BA	Entre 50 e 100 ...	Sim
26. Petrorec	Sócio	Até 5 anos	1 a 100	Jaboatão dos G...	Até 50 milhões	Não
27. Pasetto Transportes	Gerente Operacional	De 11 a 30 anos	1 a 100	Itajai/SC	Até 50 milhões	Sim
28. Nova minas transportes e logistica	Coordenador administ...	De 5 a 10 anos	201 a 500	Pouso Alegre	Entre 100 e 300 ...	Sim
29. Multilog	Gerente de Fretes	De 11 a 30 anos	101 a 200	Santa Catarina	Acima de 500 m...	Sim
30. Moura e Coelho Ltda	Gestor de Operações	Até 5 anos	1 a 100	Cabo de Santo A...	Até 50 milhões	Não
31. Morada Logística	CEO	Acima de 50 anos	501 a 1000	Araraquara	Acima de 500 m...	Sim
32. Marajó	Diretor	Acima de 50 anos	101 a 200	Cabedelo	Entre 50 e 100 ...	Sim
33. MARTIN BROWER	Analista de sistemas	Acima de 50 anos	501 a 1000	Matriz BRASIL - ...	Acima de 500 m...	Sim
34. Lima Transportes Ltda	Gerente de Logística	De 11 a 30 anos	201 a 500	Fortaleza-CE	Entre 100 e 300 ...	Não
35. LVA TRANSPORTES	Diretora	De 11 a 30 anos	101 a 200	Jaboatão dos G...	Até 50 milhões	Sim
36. JM Empreendimentos Transporte Logística ...	Coordenador de Opera...	De 11 a 30 anos	1 a 100	Anápolis/GO	Entre 50 e 100 ...	Sim
37. J&L TRANSPORTES	GESTOR	De 5 a 10 anos	1 a 100	NATAL/RN	Até 50 milhões	Não
38. J D Cocenzo Transportes	Diretoria	De 31 a 50 anos	201 a 500	São José do Rio ...	Entre 100 e 300 ...	Sim
39. Itatibense Transportes	Gerente de Manutenção	Acima de 50 anos	101 a 200	Itatba - SP	Até 50 milhões	Sim
40. IC Transportes	GERENTE DE SSMA	De 31 a 50 anos	501 a 1000	Sumaré SP	Acima de 500 m...	Sim
41. Hungaro Transportes	Gerente de SSMA	De 31 a 50 anos	Acima de 1000	Maringá - PR	Entre 300 e 500 ...	Sim
42. Gafor	Supervisor operacional	Acima de 50 anos	501 a 1000	São Paulo	Entre 100 e 300 ...	Sim
43. GRUPO BAGATTOLI	DIRETOR EXECUTIVO	De 31 a 50 anos	1 a 100	VILHENA-RO	Acima de 500 m...	Sim
44. G2L LOGÍSTICA	Coordenador de Trans...	Até 5 anos	201 a 500	Barueri SP	Acima de 500 m...	Não
45. Furlong Transportes	Gerente Operacional	Até 5 anos	101 a 200	São Bernardo do...	Acima de 500 m...	Sim
46. FL Brasil Holding Logística e Transporte Ltda	Coordenador Operacio...	De 5 a 10 anos	501 a 1000	Campinas-SP	Acima de 500 m...	Sim
47. FJX TRANSPORTES LTDA	Gerente Geral	De 5 a 10 anos	201 a 500	Contagem	Entre 100 e 300 ...	Sim
48. Everton	Coordenadora	De 31 a 50 anos	201 a 500	Tubarão	Entre 100 e 300 ...	Não
49. Ergolog	Sócio / Diretor	De 5 a 10 anos	1 a 100	Camaçari - BA	Entre 300 e 500 ...	Não
50. Eco Brasil transportes	Gestor Logística	De 11 a 30 anos	1 a 100	Recife	Até 50 milhões	Sim
51. Dourado Logística	Gestor	De 11 a 30 anos	101 a 200	Camaçari-BA	Até 50 milhões	Sim
52. Diamante transportes	Diretor	De 5 a 10 anos	1 a 100	Jaboatão dos gu...	Até 50 milhões	Não
53. Dalçoquio	Gerente	De 31 a 50 anos	501 a 1000	Curitiba - Paraná	Entre 300 e 500 ...	Sim
54. Coopercarga SA	Supervisor Regional	Até 5 anos	101 a 200	Concordia SC	Até 50 milhões	Sim
55. Concórdia Transportes Rodoviários Ltda.	Diretor	De 31 a 50 anos	101 a 200	Dias D'Ávila - BA	Entre 50 e 100 ...	Não
56. Concórdia Transportes	Gerente de Operações	De 31 a 50 anos	101 a 200	Dias Dávila Ba	Entre 50 e 100 ...	Sim
57. Caiuru	Gerente Geral	De 11 a 30 anos	1 a 100	Pimenta Bueno	Até 50 milhões	Sim
58. Ca Rezende	Gerente executivo	De 11 a 30 anos	201 a 500	Dias Davila	Entre 50 e 100 ...	Sim
59. COMAV	Coordenador de Trans...	De 11 a 30 anos	1 a 100	Parnamirim/RN	Até 50 milhões	Sim
60. Brás química Transporte	Gerente de Transporte	De 11 a 30 anos	101 a 200	Candeias Ba	Entre 100 e 300 ...	Sim
61. BRAMBILA TRANSPORTES LTDA	GERENTE REGIONAL ...	De 11 a 30 anos	201 a 500	MARACAJÁ - SC	Entre 300 e 500 ...	Não
62. BR transporte Ltda	Coordenador	De 5 a 10 anos	1 a 100	Cabo de santo A...	Até 50 milhões	Sim
63. Andreis Transportes	Gerente de Logística	De 11 a 30 anos	1 a 100	Campo Verde - ...	Entre 50 e 100 ...	Sim

APÊNDICE

Visão Embarcador

- 1) A Solução apresentada, na sua percepção, pode agregar valor na gestão do Transportador Rodoviário de Carga?

Se o transportador comprou e implementou a solução, é claro que isso vai gerar valor. Haverá otimização de jornada, redução de riscos, eventos inesperados e danos. Com pleno funcionamento, haverá otimização de rota e redução de riscos diretos e indiretos, além de otimização da jornada. É óbvio que vai gerar valor. O comportamento do motorista pode influenciar diretamente no consumo de diesel e reduzir acelerações desnecessárias. Justificar atrasos na jornada e outros fatores que contribuem para a melhoria do processo. Então, com certeza, vai gerar valor.

- 2) Diante da solução apresentada, sua empresa estaria disposta a investir nessa tecnologia a fim de obter resultados?

Sim, já investimos e isso já é uma realidade no mercado. Pensando como embarcador, nossa empresa já investe em tecnologia, embora, para nós, a inteligência artificial, ainda, não chegue diretamente. Temos uma camada de inteligência artificial que utiliza conceitos estatísticos. É importante entender que, no final, é tudo baseado em estatísticas. Nós já utilizamos essas informações, tratamos e saneamos nossos dados, e tomamos decisões baseadas neles. A inteligência artificial serve como orquestrador, ponderando informações automatizadas. Embora não tome decisões 100%, uma parcela significativa das decisões ainda passa pelo controle humano. A participação do motorista nas decisões ainda é necessária, mas a tecnologia atua como um fator de diferenciação da concorrência.

- 3) Essa solução pode contribuir para a redução de acidentes e desvios no Transportador Rodoviário de Carga?

Pensando em pleno funcionamento, a solução pode, sim, contribuir para a redução de acidentes e desvios. Embora não exista um sistema sem acidentes, a inteligência artificial aplicada em veículos autônomos tende a causar menos acidentes do que o ser humano. Mesmo com o motorista interagindo constantemente com a

inteligência artificial, existe a possibilidade de ele ficar estressado, o que pode aumentar o risco de acidentes. No entanto, de modo geral, a aplicação da tecnologia deve reduzir a incidência de acidentes.

- 4) Essa solução pode contribuir para a melhoria na qualidade do serviço prestado no tocante à excelência no atendimento?

Como embarcador, temos a inteligência artificial em pleno funcionamento, que podemos integrar com outras soluções. Pequenos clientes podem se beneficiar dessa tecnologia. Por exemplo, replicar a tela para um posto, acompanhando o motorista e facilitando processos como o agendamento de descargas. Isso pode eliminar a necessidade de um funcionário dedicado a esses agendamentos, gerando inteligência de dados e ajudando na tomada de decisões. Compartilhar informações pode melhorar significativamente o atendimento ao cliente.

- 5) Você acrescentaria algo para agregar valor aperfeiçoando essa Ideia Conceito?

Sim, falei sobre a necessidade de uma estratégia focada. A tecnologia deve ser capaz de frear sozinha e tomar decisões de direção. Precisamos definir o nível de autonomia esperado. A Inteligência artificial deve combater comportamentos indesejados, como paradas indevidas. Notificações inteligentes podem motivar o motorista a ser mais eficiente. Por exemplo, alertas sobre atrasos e o impacto financeiro disso. Também pode atrair novos motoristas ao destacar a inovação e os benefícios da tecnologia moderna, como caminhões que quase dirigem sozinhos. Essa abordagem pode ser muito atrativa, tornando a profissão mais interessante e valorizada.

Visão Transportador

- 1) A solução apresentada, na sua percepção, pode agregar valor na gestão do Transportador Rodoviário de Carga?

Na minha percepção, pode agregar muito valor no transporte rodoviário. Inclusive, eu acho que o próximo passo da tecnologia vai ser o uso da inteligência artificial para esse tipo de situação.

- 2) Diante da solução apresentada, sua empresa estaria disposta a investir nessa tecnologia a fim de obter resultados?

Estaremos dispostos, não só dispostos, como nós vamos fazer isso acontecer. Investir nessa tecnologia.

- 3) Essa solução pode contribuir para a redução de acidentes e desvios no Transportador Rodoviário de Carga?

Essa solução pode contribuir para a redução de acidentes, pode contribuir para um transporte rodoviário mais eficiente, mais seguro. Enfim, de fato, nós vamos ter uma operação mais inteligente. Obviamente, há alguns pontos importantes em relação à coleta dos dados e ao lado humano, que não podemos deixar de lado. Mas tenho certeza de que esse tipo de solução vai ajudar o setor como um todo.

- 4) Essa solução pode contribuir para a melhoria na qualidade do serviço prestado no tocante à excelência no atendimento?

Sim, com certeza. Acho que vai melhorar as tomadas de decisão em tempo real, cruzando vários dados e variáveis, algo que hoje temos muita dificuldade.

- 5) Você acrescentaria algo para agregar valor aperfeiçoando essa Ideia Conceito?

Eu acho que é importante levar em consideração cada vez mais a visão holística do negócio e do ecossistema. Precisamos olhar todos os prismas, e, às vezes, colocamos as inteligências artificiais voltadas apenas para um prisma, para uma solução de problema. É essencial considerar o fator humano do motorista, o fator do negócio, a rentabilidade, a segurança. Às vezes a tomada de decisão não é tão fácil de se encontrar, precisamos, de fato, de uma interpretação, uma análise mais aprofundada. Tenho certeza de que isso vai evoluir com o tempo. Também é importante ter cuidado na extração e tratamento dos dados e em como vamos processar essa quantidade de informação.

Visão Motorista

- 1) A solução apresentada, na sua percepção, pode agregar valor na gestão do Transportador Rodoviário de Carga?

Sim, agregará valor pois a inteligência artificial está vindo para ser um suporte operacional, ela vai auxiliar, vai apoiar na tomada de decisões, ela vai evitar os atrasos que, muitas vezes, acontecem em decorrência do aguardo por pessoas para serem tomadas.

- 2) Diante da solução apresentada, sua empresa estaria disposta a investir nessa tecnologia a fim de obter resultados?

Sim, acredito que a empresa teria total interesse em investir, mas como usuário eu, inclusive, gostaria de ser uma das pessoas para iniciar um piloto para a utilização desse tipo de inteligência, pois eu entendo que a tecnologia veio para auxiliar, a tecnologia veio para otimizar e participar de um projeto como esse, estar à frente de um projeto como esse e poder contribuir para o aprendizado da própria inteligência artificial. Para mim, seria de grande valia até como o crescimento profissional.

- 3) Essa solução pode contribuir para a redução de acidentes e desvios no Transportador Rodoviário de Carga?

Sim, com certeza, pois, como foi falado na resposta anterior, a inteligência artificial, ela vem com o intuito de apoiar, de ajudar na redução do acidente. Ela vai dar insights, vai dar suporte, vai realizar análises que às vezes o motorista não consegue fazer em fração de segundos. Ela virá para ser uma ferramenta a mais para contribuir na redução do acidente, diante de um cenário que acontece com motorista na estrada.

- 4) Essa solução pode contribuir para a melhoria na qualidade do serviço prestado no tocante à excelência no atendimento?

Com certeza vai melhorar, visto que a análise de produtividade e da qualidade do serviço é normalmente realizada por um funcionário administrativo que muitas vezes acaba tomando conta de vários carros e não consegue dar atenção devida para todos esses veículos que acabam passando por situações de improdutividade. Porém,

a inteligência artificial, ela vai ter a capacidade de analisar e processar dados de vários veículos ao mesmo tempo, sem a necessidade de aumentar a quantidade de pessoas. Então, com certeza, a melhoria da qualidade de serviço e a otimização do serviço será considerável.

5) Você acrescentaria algo para agregar valor aperfeiçoando essa Ideia Conceito?

Sim, entender como será a adaptação dos motoristas a esta nova tecnologia. Hoje, motoristas de grandes empresas já estão cientes da possibilidade de estar sendo avaliado por algum tipo de tecnologia artificial, desde sistemas de detecção de fadiga a sistemas de detecção de descumprimento de normas. Porém, é necessário acompanhar o processo de implantação, pois parte do contato que seria feito entre pessoas, agora será entre homem e máquina, o que pode gerar certo estranhamento, principalmente daqueles que não tenham muita aptidão com novas tecnologias. O motorista deve ser preparado e acompanhado primordialmente nesse período de adaptação a nova tecnologia.