

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA

HÉRISSON LIBÂNIO DE SOUZA

**ESTUDO DE SISTEMAS PARA RASTREABILIDADE DE VEÍCULOS NO
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA MONTADORA**

GOIÂNIA

2021

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC nº 1204/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG):


Nome completo do autor: Hérisson Libânio de Souza

Título do trabalho: **ESTUDO DE SISTEMAS PARA RASTREABILIDADE DE VEÍCULOS NO PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA MONTADORA**

2. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Independente da concordância com a disponibilização eletrônica, é imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF do TCCG.


Assinatura(a) do(a)(s) autor(a)(es)(as)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 20 / 01 / 2021

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: (a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;

² As assinaturas devem ser originais sendo assinadas no próprio documento, imagens coladas não serão aceitas.

HÉRISSON LIBÂNIO DE SOUZA

**ESTUDO DE SISTEMAS PARA RASTREABILIDADE DE VEÍCULOS NO
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA MONTADORA**

Monografia do projeto final de curso apresentada
como requisito parcial para a obtenção do título de
bacharel em Engenharia Mecânica pela
Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo da Silva Fonseca

GOIÂNIA

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Souza, Hérisson Libânio de
Estudo de Sistemas Para Rastreabilidade de Veículos no Processo
de Controle de Qualidade de Uma Montadora [manuscrito] / Hérisson
Libânio de Souza. - 2021.
LXVII, 67 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo da Silva Fonseca.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de
Computação (EMC), , Goiânia, 2021.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de
figuras, lista de tabelas.

1. Indústria 4.0. 2. Rastreabilidade. 3. Inventário. 4. Veículo. 5.
Qualidade. I. da Silva Fonseca, João Paulo, orient. II. Título.

CDU 621

HÉRISSON LIBÂNIO DE SOUZA

**ESTUDO DE SISTEMAS PARA RASTREABILIDADE DE VEÍCULOS NO
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA MONTADORA**

Monografia do projeto final de curso apresentada
como requisito parcial para a obtenção do título de
bacharel em Engenharia Mecânica pela
Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo da Silva Fonseca

Goiânia 15 de janeiro de 2021

BANCA EXAMINADORA

João Paulo da Silva Fonseca

Prof. Dr. João Paulo da Silva Fonseca
Universidade Federal de Goiás

[Assinatura]

Prof. Dr. Arizony Gonçalves de Oliveira
Universidade Federal de Goiás

Marcelo Stehling de Castro

Prof. Dr. Marcelo Stehling de Castro
Universidade Federal de Goiás

AGRADECIMENTOS

Toda a minha gratidão,

A Deus, por sempre guiar os meus caminhos e iluminar a minha mente.

À Universidade Federal de Goiás, em especial aos docentes do curso de Engenharia Mecânica, não apenas pelo ensino de altíssima qualidade, mas também, por conferir-me a capacidade de enxergar as situações de maneira consciente.

Ao meu orientador, Professor Dr. João Paulo da Silva Fonseca, pela excepcional orientação durante a elaboração deste trabalho e pela ajuda no desenvolvimento do meu projeto de estágio.

Aos meus amigos da faculdade, pelos momentos de descontração e estudos.

Aos meus amigos da faculdade, Brenno Lobo e Alexandre Godinho, pela parceria nos estudos em conjunto.

Ao meu parceiro de estágio, Diovane Cecchett, por empenhar-se juntamente comigo no desenvolvimento do projeto, compartilhando seus conhecimentos e ajudando a difundir nossas ideias.

À empresa CAO A Montadora de Anápolis, pela oportunidade de desenvolver um projeto em suas instalações, contribuindo para o meu crescimento profissional.

Aos fornecedores contactados durante o desenvolvimento do projeto, pela grande quantidade de conhecimento compartilhado, as diversas reuniões e explicações.

Aos meus pais, sendo sempre a minha fortaleza nos momentos de dificuldade.

À equipe Optimus Fórmula SAE UFG, pela oportunidade de desempenhar atividades que agregaram conhecimento e desenvolveram em mim um espírito de equipe.

RESUMO

Este projeto consiste no estudo de sistemas para o rastreamento de veículos que passam pelos testes de qualidade em uma indústria automotiva. A rastreabilidade utilizando de tecnologias IoT para a manufatura contextualiza este projeto nos conceitos da Indústria 4.0. A implementação do sistema objetiva a obtenção de ferramentas para uma melhor gestão da produção e controle de qualidade, além de adequar os processos para os parâmetros da Indústria 4.0. O desenvolvimento do estudo segue a seguinte cronologia: na primeira etapa objetivou-se mapear as oportunidades de melhoria para a rastreabilidade dos veículos que atravessam o processo dos testes de qualidade. Em seguida, o segundo passo consistiu em pesquisar a existência e, também, estudar as características das tecnologias habilitadoras para a problemática. Quatro tecnologias foram analisadas para a aplicação: RFID, *Bluetooth Low Energy* (BLE), LoRa e *Ultra Wideband* (UWB). As tecnologias foram comparadas com base em cinco objetivos de desempenho, a saber: custo, confiabilidade, flexibilidade, qualidade e rapidez. Na terceira etapa, os conhecimentos anteriores foram reunidos para elaborar o escopo do projeto. Tal etapa consistiu em dimensionar e caracterizar as áreas de monitoramento, levantar todos possíveis status dos veículos e, por fim, definir os requisitos da solução. Posteriormente, na quarta fase, objetivou-se estudar os impactos que a possível implementação ocasionaria no processo de controle de qualidade dos veículos, essa etapa consistiu em uma análise direcionada para redução de mão de obra dedicada às atividades e, também, nas reduções de custos relacionados. Uma quinta etapa do projeto consistiria em realizar uma prova de conceito (*Proof of Concept – POC*), apesar de ainda não ter sido realizada, essa etapa teve alguns desenvolvimentos iniciais que serão expostos. Um breve estudo sobre as oportunidades de expansão do projeto e uma breve análise acerca de programas de subvenção são apresentados. Ainda, este trabalho aborda uma discussão sobre a concorrência entre tecnologias já amplamente difundidas e tecnologias mais recentes. A discussão principal gira em torno do comparativo entre a tecnologia RFID e as tecnologias do tipo *Real Time Location System* (RTLS). Constata-se que o critério de elegibilidade da tecnologia deve ser embasado na maior abrangência e na menor adição de atividades para a sua respectiva operação, sendo que o custo de implantação e operação caracteriza um fator decisivo. O monitoramento em tempo real apresenta-se como melhor solução para monitoramento das falhas do processo. A tecnologia BLE sobressai na referida concorrência. Destaca-se que os aprendizados adquiridos durante o processo contribuíram para modificar o planejamento do projeto.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Rastreabilidade, Inventário, Veículo, Qualidade, RTLS, RFID.

ABSTRACT

This project aims to study systems for tracking vehicles that pass quality tests in an automotive industry. Traceability using IoT technologies for manufacturing contextualizes this project in the concepts of Industry 4.0. The implementation aims to obtain tools for better production management and quality control and adapt the processes to the Industry 4.0 parameters. The study development follows the following chronology: in the first stage, the objective was to map the improvement opportunities for the traceability of vehicles that go through the quality testing process. Then, the second step consisted of researching the existence and characteristics of the enabling technologies for the problem. Four technologies were analyzed for the application: RFID, Bluetooth Low Energy (BLE), LoRa and Ultra Wideband (UWB). The technologies were compared based on five performance indexes, namely: cost, reliability, flexibility, quality, and speed. In the third stage, the previous knowledge was gathered to elaborate the scope of the project. This step consisted of dimensioning and characterizing the monitoring areas, raising all possible status of the vehicles and, finally, defining the requirements of the solution. Subsequently, in the fourth phase, the objective was to study the impacts that the possible implementation would cause in the process of quality control of vehicles, this step consisted of an analysis to reduce the manpower dedicated to the activities and the cost reductions related. A fifth stage of the project would consist of performing a proof of concept (POC), although it has not yet been carried out, this stage had some initial developments that will be exposed. A brief study of the project's expansion opportunities and a brief analysis of grant programs is presented. Furthermore, this work addresses a discussion about the competition between new and established technologies. The main discussion revolves around the comparison between RFID technology and Real Time Location System (RTLS) technologies. It is verified that the technology eligibility criterion must be based on the widest scope and the least addition of activities for its respective operation, with the cost of implementation and operation being a decisive factor. Real-time monitoring is the best solution for monitoring process failures. BLE technology stands out in this competition. It is noteworthy that the lessons learned during the process contributed to modify the project planning.

Keywords: Industry 4.0, Traceability, Inventory, Vehicle, Quality, RTLS, RFID.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo do processo avaliativo	12
Figura 2 - Fluxo entre as estações de avaliação e retrabalho	13
Figura 3 - Estações de avaliação de qualidade no pós-produção	15
Figura 4 - Componentes de um sistema de rastreamento de veículos	19
Figura 5 - Sistema Time Difference of Arrival (TDOA	21
Figura 6 - Sistema Enhanced Observed Time Diference (E-OTD).....	22
Figura 7 - Topologias de rede.....	23
Figura 8 - Componentes de uma etiqueta RFID	25
Figura 9 - Acoplamento magnético entre antenas RFID.....	25
Figura 10 - Módulo <i>Beacon</i>	26
Figura 11 - Módulo LoRaWAN	28
Figura 12 - Módulo UWB	29
Figura 13 - Monitoramento por cerca-eletrônica.....	33
Figura 14 - Fluxograma das etapas do projeto	35
Figura 15 - Pareto das falhas de apontamento em estações WIP	37
Figura 16 - Diagrama polar comparativo das tecnologias habilitadoras.....	39
Figura 17 - Fluxo lógico da comparação de dados no sistema.....	44
Figura 18 - Comparativo horas/atividade entre situação atual/situação pós-implantação	47
Figura 19 - Comparativo entre atividades de campo e de escritório	47
Figura 20 - Tela da plataforma desenvolvida para vincular o rastreador com o veículo	50
Figura 21 - Tela da plataforma para localização dos veículos na planta fabril	51
Figura 22 - Detalhamento da rastreabilidade dos veículos no projeto estendido	52
Figura 23 - Detalhamento das estações de manutenção periódica	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades técnicas e KPIs de tecnologias sem fio para o domínio IIoT.....	32
Tabela 2 - Durabilidade da bateria dos módulos de rastreamento.....	42
Tabela 3 - Ganhos na dedicação de mão de obra por ano.....	46
Tabela 4 - Redução da carga horária por cargo em um ano.....	46
Tabela 5 - Dados para adaptação da plataforma digital.....	49
Tabela 6 - Relação VIN com modelo.....	49
Tabela 7 - Comparativo entre EMBRAPII e Finep.....	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Situação Atual	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Rastreabilidade	17
2.2	Técnicas Para Rastreamento de Veículos	18
2.2.1	Postos de Localização (<i>Signpost</i>).....	19
2.2.2	Triangulação das Frequências de Rádio.....	20
2.2.3	Rede de Telefonia Móvel.....	20
2.2.4	Satélites.....	22
2.4	Tecnologias Habilitadoras	24
2.4.1	Identificação por Radiofrequência – RFID.....	24
2.4.2	<i>Bluetooth Low Energy</i> – BLE.....	26
2.4.3	<i>Long Range</i> – LoRa.....	27
2.4.4	<i>Ultra Wideband</i> – UWB.....	28
2.5	Benchmarking das Soluções de Rastreamento	29
2.5.1	<i>Benchmarking</i> das Tecnologias e Topologias de Rastreamento.....	30
2.5.2	<i>Benchmarking</i> dos Sistemas de Gerenciamento de Dados.....	32
2.6	Cibersegurança	34
3	MÉTODO	35
4	DESENVOLVIMENTO	36
4.1	Mapeamento das Oportunidades de Melhoria	37
4.2	Análise das Tecnologias Habilitadoras Aplicadas à Problemática	39
4.3	Definição dos Requisitos do Projeto	42
4.4	Impacto Esperado	45
4.5	Plano Piloto	48
4.6	Oportunidades de Expansão	51
4.7	Alternativas de Subvenção	53
4.8	Discussões	54
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICES	64

1 INTRODUÇÃO

A rastreabilidade é um fator essencial para a implementação da indústria 4.0, monitorar não apenas a localização, mas também, o status dos produtos e ativos possibilita uma gestão inteligente da manufatura. Coelho (2016) cita que a utilização de materiais cada vez mais inteligentes vem potencializando produtos e serviços, de modo que, sistemas são capazes de monitorar em tempo real e fornecer estatísticas de desempenho, prevenindo proativamente desvios em relação à normalidade, de forma que sejam corrigidos antes mesmo de resultarem em falhas.

Segundo Oliveira (2010), a qualidade e o custo do produto são formados no processo de produção e, por consequência, alguns processos merecem um estudo de melhoria mesmo quando o seu desempenho se apresenta satisfatório.

A tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) já é amplamente utilizada em aplicações de controle de inventário. Contudo, para um controle com maior assertividade de processos com fluxo complexo, as tecnologias de localização em tempo real (RTLS) tem se apresentado como uma alternativa atraente, devido a sua alta flexibilidade. Muitos confundem RTLS com RFID e, por isso, acreditam que essa é a única solução disponível, sendo que, implementar a tecnologia inadequada pode resultar em altos gastos e ineficiência da solução (NOVIDÁ, 2020a).

Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009) relatam que o êxito da implementação de um sistema de rastreamento de veículos está relacionado à comparação das alternativas tecnológicas de monitoramento, à integração dos sistemas (de posicionamento e corporativos), à exploração e análise dos dados gerados pela operação, e por fim, à redução de custos de implantação, manutenção e comunicação.

No contexto da indústria automotiva, veículos necessitam de grandes áreas para alocação (normalmente pátios à céu aberto), por consequência, um inventário presencial tende a demandar muito tempo de mão de obra dedicada. Apesar de ser fundamental, tal atividade não acrescenta nenhum valor ao produto, tornando este um cenário adequado para aplicar a tecnologia em substituição da execução humana.

Em uma montadora de veículos, problemas com o produto final nem sempre são representados por avarias de fabricação. Em grande parte dos casos os defeitos resultam de procedimentos de montagem inadequados, desse modo, o produto deve ser retrabalhado. Veículos e seus componentes possuem alto valor agregado, portanto, o descarte não deve ser a

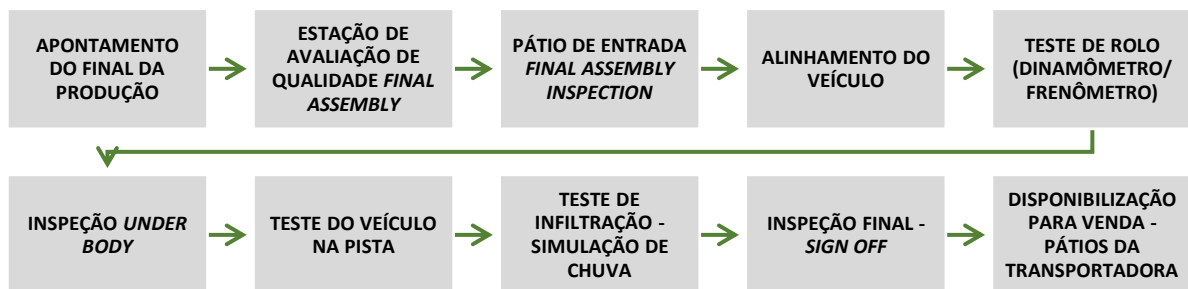
primeira opção. Captar dados dos procedimentos de retrabalho é um procedimento indispensável para gerir a qualidade da produção.

Na CAO Montadora, os procedimentos de testes de qualidade e retrabalhos compõem um fluxo diversificado. Nesse processo, a localização está intimamente relacionada ao status do veículo. O presente trabalho consistirá em relatar o estudo de sistemas para rastrear a localização de cada veículo que transita no processo de testes de qualidade da empresa citada, visando proporcionar uma melhor gestão do processo de controle de qualidade.

1.1 Situação Atual

O projeto teve início com a necessidade de realização rápida e precisa do inventário dos veículos presentes no processo avaliação qualitativa da CAO Montadora. Atualmente, é usado o CAOATEC, um sistema no qual são reportados, mediante a ação manual do operador, as transferências entre estações de montagem, de avaliação e de retrabalho. A transferência é realizada de modo a informar a estação destino do veículo, ou seja, para onde esse veículo deve seguir. Durante o procedimento de produção, esses “apontamentos” obedecem a um único fluxo possível, porém, quando o veículo finaliza seu ciclo de produção e entra no processo de avaliação qualitativa, há mais de uma opção de fluxo para o veículo seguir. A complexidade do fluxo de veículos no processo avaliativo deve-se ao fato de que este pode ser reprovado em alguma etapa e precise ser direcionado para alguma estação de retrabalho. A figura 1 ilustra o fluxo entre as estações de avaliação dos veículos, as setas indicam a aprovação dos mesmos. Mediante a aprovação o veículo tem permissão para seguir até a estação posterior, caso o veículo reprova, ele é redirecionado para alguma das estações de retrabalho.

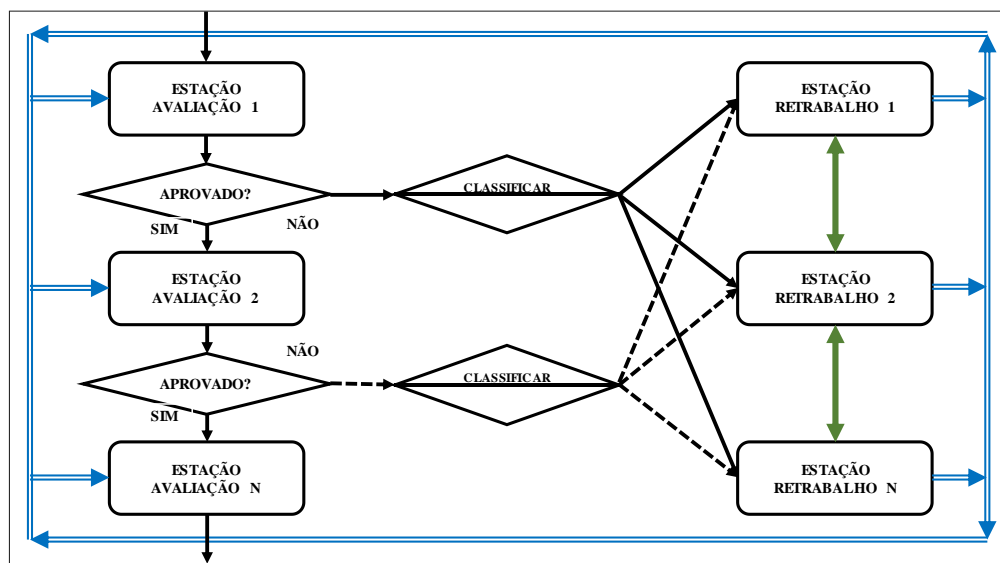
Figura 1 - Fluxo do processo avaliativo



Fonte: Próprio autor.

Analisando a figura 1 nota-se que o fluxo entre as estações de avaliação é simples e ordenado, porém, A figura 2 detalha que quando um veículo é redirecionado para uma estação de retrabalho o fluxo se torna diversificado. Uma única estação de avaliação pode redirecionar veículos para diferentes estações de retrabalho (a depender da classificação da avaria). Além disso, uma estação de retrabalho pode encaminhar o veículo para outra estação da mesma categoria (que soluciona outros tipos de avarias). Após os procedimentos de retrabalho, o veículo retorna para a estação de avaliação.

Figura 2 - Fluxo entre as estações de avaliação e retrabalho



Fonte: Próprio autor.

Ocasionalmente, outras ocorrências tendem a tornar o fluxo ainda mais diversificado. Quando uma estação de retrabalho já está completamente cheia, os veículos são redirecionados para os pátios de alocação. Ainda, em casos especiais, os veículos podem desviar de uma estação de processo e seguir para estações posteriores, depois, em um momento oportuno, o mesmo retorna para ser testado na estação que foi ultrapassada. Tais casos especiais podem configurar: avarias recorrentes que não impossibilitam processos posteriores, problemas com a estação de trabalho, campanha de reteste, e outros. Estratégias desse tipo servem para conferir agilidade ao processo.

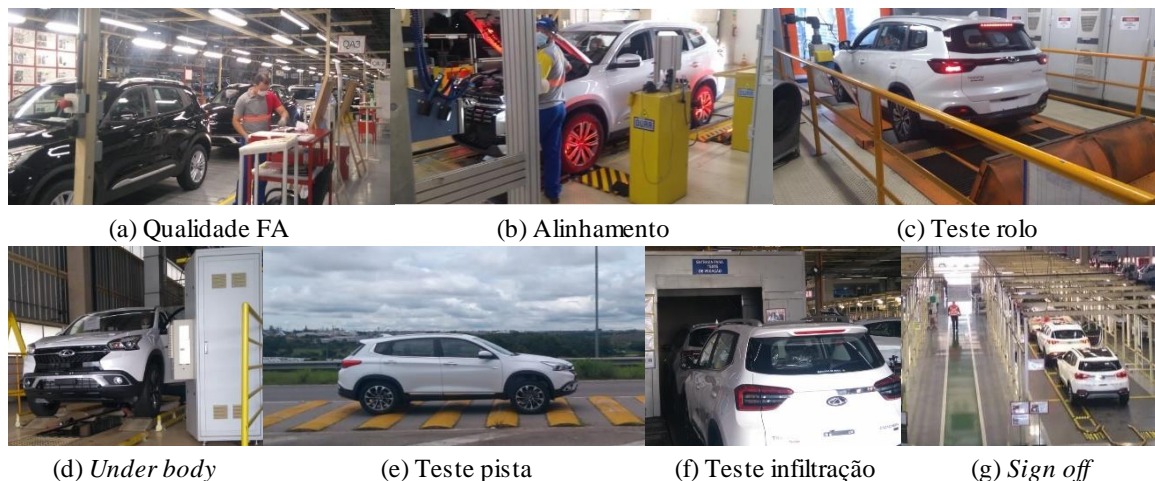
O processo em questão possui sete estações de avaliação, sete estações de retrabalho, três estações de avaliação amostral, uma estação de armazenamento para o fluxo de teste, e uma estação de armazenamento para os veículos que aguardam montagem de peças. Além dos citados, ainda existem alguns pátios para alocação dos veículos de retrabalho.

Para inventariar ou encontrar algum veículo que tenha um status em específico, é realizado diariamente um inventário presencial de todos os veículos alocados na planta. Esse inventário é feito manualmente com anotações em papel e, posteriormente, essas informações são transferidas para um editor de planilhas. O inventário físico ao final da produção diária consiste em anotar o *Vehicle Identification Number* (VIN) de cada veículo, o local em que ele se encontra estacionado e o atual status no processo avaliativo. Os dados do inventário presencial e os dados do sistema são confrontados para que se encontrem possíveis falhas de transferência no sistema CAOATEC.

Outras atividades relacionadas ao controle dos veículos ocorrem com grande frequência, porém, sem hora marcada. Existem diversos motivos para querer localizar um veículo em específico, alguns exemplos são: veículo selecionado para teste de engenharia, veículo com prioridade de produção, veículo com alto tempo de permanência no processo, entre outros. A localização específica do veículo só é possível através de uma busca e localização física realizada por algum colaborador.

Na figura 3 estão registradas as fotografias das estações de avaliação. A figura 3(a) consiste na estação de qualidade ao final da montagem do veículo (no prédio *Final Assembly - FA*), é nela que ocorre o início do processo avaliativo de pós-produção. A figura 3(b) retrata a estação de alinhamento (no prédio *Final Assembly Inspection*). Nessa estação, além de alinhado, o veículo tem seus faróis regulados e os componentes da suspensão são torquados. Logo em seguida, o processo de teste de rolo (dinamômetro/frenômetro) é executado, conforme registrado na figura 3(c). Na figura 3(d) é possível visualizar a estação de inspeção *under body*, na qual são novamente conferidos os torques dos componentes da suspensão, bem como outros componentes localizados na parte inferior do veículo. Além disso, também é feita uma verificação da parte eletrônica do veículo através de um software específico. A próxima etapa é o teste do desempenho do veículo na pista (figura 3(e)), o qual visa identificar problemas com a performance do veículo, além de possíveis ruídos indesejados. Se o veículo for aprovado no teste de pista ele segue para o teste de infiltração (figura 3(f)), o qual consiste em uma simulação de chuva torrencial sobre o veículo, seguida pela análise dos inspetores, que avaliam se houve alguma infiltração. Por fim, a última inspeção antes da aprovação do veículo é feita na chamada estação *sign off*. Nessa estação o veículo passa por uma inspeção final geral, por meio da qual são avaliados componentes de multimídia, *gap* das partes, pintura, entre outros. A figura 3(g) apresenta uma fotografia dessa estação.

Figura 3 - Estações de avaliação de qualidade no pós-produção



Fonte: Próprio autor.

O veículo depois de aprovado é disponibilizado para venda nos pátios da transportadora, onde será “parqueado” em um pátio, rua e vaga específica, e permanecerá até ser vendido para alguma concessionária. Os movimentadores anotam o endereço no qual o veículo foi estacionado e depois esse dado é cadastrado em um sistema de gestão dos pátios que a transportadora utiliza. Quando o veículo é vendido, os movimentadores o buscam na sua respectiva vaga e o disponibilizam para os procedimentos no prédio *Pré-Delivery Inspection* (PDI). Esse prédio se localiza dentro do pátio da transportadora. Neste setor o veículo é higienizado e passa por uma última série de inspeções antes de embarcar no caminhão cegonha. Nem o CAOATEC e nem o sistema de gestão de pátio da transportadora monitoram os veículos que passam pelo PDI. Caso o veículo seja reprovado em alguma inspeção no *Pré-Delivery Inspection*, o mesmo retorna para procedimento de retrabalho no prédio *Final Assembly Inspection* (FAI) na montadora, com prioridade e urgência para retrabalho imediato. Porém, neste caso, o sistema CAOATEC não permite monitoramento do status desse veículo.

1.2 Justificativa

O estudo que será apresentado trata de uma análise que visa, como desfecho, a implementação do projeto de rastreabilidade remota de veículos. Tal implementação visa contribuir para a estratégia nos procedimentos da empresa, de modo a melhorar a gestão da produção e a gestão do controle de qualidade. Com a implementação do projeto espera-se uma considerável melhoria da visibilidade dos veículos e de seus respectivos status qualitativos, tendo disponibilidade do dado em tempo real. Os dados adquiridos pelo inventário são

utilizados em decisões importantes, como por exemplo, nas estratégias de venda e de marketing através de previsões de quantos veículos serão disponibilizados para venda em um período de tempo. A assertividade do inventário é de extrema importância para tomadas de decisão que impactarão nas vendas.

A gestão do processo ocorre com base nos dados advindos das transferências (também chamadas de “apontamentos”) e, também, do inventário físico dos veículos. Ambos os procedimentos são realizados mediante operação humana, portanto, estão sujeitos a erros que prejudicam a confiabilidade do dado. O registro do tempo de permanência do veículo em cada estação é usado para elencar a prioridade de processamento dos veículos, o mesmo é obtido através do histórico das transferências, conseqüentemente, é impactado pelas falhas no procedimento. Ademais, tais operações demandam mão de obra que não agrega valor ao produto. A implementação do sistema de rastreabilidade remota intenciona a redução dessa mão de obra e, ainda, objetiva um inventário preciso e detalhado que independente de operações manuais.

O processamento de um veículo é dado em função do seu respectivo status, sendo que para cada status existe uma localização padrão. Confrontar os dados provenientes do sistema CAOATEC com a localização fornecida pelo sistema de rastreamento configura uma estratégia para mapear as falhas do processo.

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consiste em definir as características para um sistema de rastreamento de veículos que, após a implantação, garanta a confiabilidade das informações e disponibilize ferramentas para o ataque rápido e certo aos problemas inerentes ao processo. Objetiva-se mapear as oportunidades de melhoria do processo indicando a melhor tecnologia para a solução. Tal indicação deverá ser embasada em parâmetros de elegibilidade que levam em conta o custo (de aquisição e operação) e o desempenho do sistema a ser implementado.

Alguns dos objetivos específicos deste trabalho são:

- a) definir as oportunidades de melhoria para a rastreabilidade dos veículos no processo de controle de qualidade;
- b) indicar a melhor tecnologia para realizar um inventário detalhado de todos os veículos do processo de controle de qualidade;
- c) indicar a melhor tecnologia para realizar a busca e localização dos veículos a partir de dados de entrada pertinentes ao processo;

- d) indicar a melhor tecnologia para monitorar, de forma automática, o histórico de movimentações dos veículos;
- e) definir as ferramentas do sistema de gestão de dados que deverá ser desenvolvido pelos fornecedores;
- f) apresentar o estudo de caso para o projeto implementado, apontando os impactos sobre a mão de obra.

1.4 Organização do Trabalho

O tópico 2 abordará a fundamentação teórica deste trabalho, fase que compõe não apenas a revisão bibliográfica, mas também, a pesquisa voltada para o estudo de caso. Logo em seguida, o tópico 3 tratará sobre a metodologia aplicada ao desenvolvimento do projeto, ordenando cronologicamente cada fase desenvolvida. O desenvolvimento será abordado no tópico 4, sendo embasado na pesquisa apresentada no tópico 2 e rematado com as discussões acerca do estudo de caso. Ainda, serão brevemente expostas as oportunidades de expansão do projeto e, também, um estudo dos meios de subvenção para inovações desenvolvidas por indústrias brasileiras. No tópico 5, serão feitas as conclusões destacando a experiência que o estudo de caso conferiu para a equipe de projeto. Ainda, será exposta a previsão dos trabalhos futuros, fundamentados nos desfechos apresentado neste estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Partindo do preceito que o desenvolvimento deste trabalho aborda a integração de temáticas diversas, tais temas terão seus conceitos expostos para um melhor entendimento do projeto. A presente seção compõe a fase de pesquisa realizada com a finalidade de possibilitar uma análise assertiva das possíveis soluções para a problemática proposta. Os temas expostos serão: rastreabilidade, técnicas para rastreamento de veículos, topologias das tecnologias de rastreamento, tecnologias habilitadoras, benchmarking das soluções de rastreamento e cibersegurança.

2.1 Rastreabilidade

Muitos níveis diferentes de automação existem simultaneamente no setor industrial que dependem, principalmente, do tamanho de uma empresa. Porém, o elemento-chave sempre foi

a rastreabilidade de um produto ou ativo. Isso inclui não apenas o rastreamento do produto no estoque, mas também o gerenciando seus status ao longo da produção (FRANCKÓ; VIDA; VARGA, 2020).

A identificação de ativos na indústria se caracteriza por um processo dinâmico, já que os mesmos podem estar em constante movimentação dentro da planta fabril. Portanto, para os casos aonde os ativos se movimentam, é necessário acoplar as tecnologias de localização e identificação para um trabalho conjunto (FRANCKÓ; VIDA; VARGA, 2020). Em certos casos uma tecnologia pode servir para ambos os propósitos, porém, pode ocorrer um enfraquecimento da precisão e da exatidão desse rastreamento.

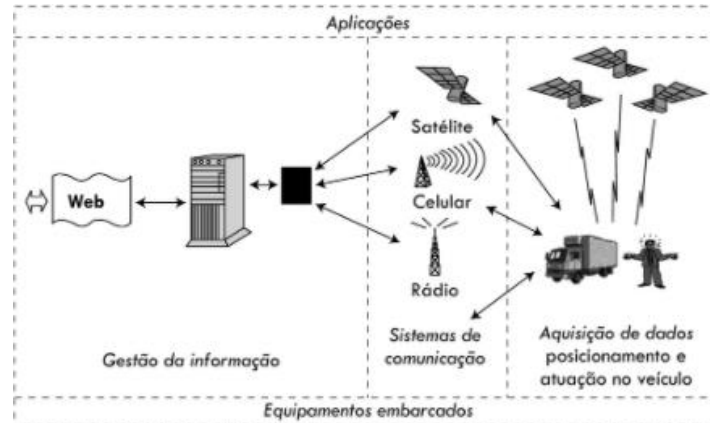
De acordo com Granillo-Macías *et al.* (2020), na fábrica inteligente, o meio de rastreabilidade é compreendido como o fluxo de informações bidirecionais entre todos os componentes, como máquinas, produtos, programas de controle e ativos. Frankó, Vida e Varga (2020) citam que os fatores que mais afetam o projeto desse meio são: o tamanho das áreas de operações logísticas, a infraestrutura dentro dessas áreas, a quantidade de itens rastreados, a precisão necessária da localização, o custo máximo acessível do sistema e a facilidade de implementação.

As tecnologias dos sistemas para rastreabilidade formam o principal suporte para monitoramento de produtos na Indústria 4.0. Granillo-Macías *et al.* (2020) citam que “[...] o conceito de rastreabilidade de acordo com a ISO 8402 e ISO 9000 refere-se à capacidade de rastrear o histórico, a aplicação ou a localização de uma entidade por meio de identificações registradas”. Boigdira (2019 *apud* GRANILLO-MACÍAS *et al.*, 2020, p. 96) menciona que devido às propriedades e características da indústria 4.0, a rastreabilidade deve ser considerada como um processo inteligente que registra, identifica e coleta dados dos diferentes processos, a fim de rastrear e garantir a segurança dos objetos (produtos e ativos) em seu ambiente. As tecnologias de rastreabilidade podem incluir diversas informações sobre o produto ou o ativo, dentre elas: preço, informações dimensionais, características físicas e status produtivo.

2.2 Técnicas Para Rastreamento de Veículos

Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009) citam que os quatro principais componentes de um sistema de rastreamento de veículos são: sistema de aquisição (posicionamento e estado do veículo), sistema de comunicação, equipamentos embarcados e, por fim, sistema de gestão das informações. A figura 4 ilustra um esquema representativo de um sistema de rastreamento composto por tais componentes.

Figura 4 - Componentes de um sistema de rastreamento de veículos



Fonte: Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009).

Em ambientes abertos (ao ar livre) a rastreabilidade de veículos é uma questão complexa. A tecnologia deve superar dificuldades como: a falta de pontos de energia, falta de rede de internet com fio e, às vezes, rede sem fio, além do ambiente que é exposto as adversidades climáticas. Seymer, Wijesekera e Kan (2019) relatam que a tecnologia de computação em nuvem oferece a oportunidade de aproveitar a alta capacidade computacional sem a sobrecarga e despesas de manutenção, nem pagar por seu uso quando ocioso. Uma grande desvantagem dessa tecnologia é a dependência de uma conexão de rede confiável e geralmente grande, uma raridade em estacionamentos ao ar livre. Uma opção de solução para essa problemática é a computação nebulosa. A mesma neutraliza essas dependências deslocando a computação e o armazenamento para mais perto das partes de uma rede que precisam deles.

Os diversos sistemas utilizados para rastreamento de veículos diferenciam-se pelo tipo de tecnologia, abrangência, precisão e custo de implementação. Os sistemas mais comuns se baseiam em postos de sinalização (*signpost*), na triangulação das frequências de rádio, na rede de telefonia móvel e em satélites (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

2.2.1 Postos de Localização (*Signpost*)

Os postos de sinalização formam um sistema que detecta a proximidade de um veículo em relação a um ponto de referência. O registro da presença do veículo é realizado através de ondas de rádio, luz ou sinal sonoro entre o dispositivo embarcado no veículo e a estação de controle. Esse sistema possui três principais componentes: unidade instalada no veículo (*transponder*), unidade de leitura e a central de computação de dados. Normalmente esses sistemas utilizam de etiquetas (*tags*) ativas ou passivas. Os sistemas *signpost* costumam ser

robustos, porém, o custo para a implementação da infraestrutura (unidades de leitura) acaba sendo uma desvantagem (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

2.2.2 Triangulação das Frequências de Rádio

O sistema que utiliza da triangulação das frequências de rádio está baseado em uma infraestrutura terrestre que é composto por uma rede de antenas (de uso exclusivo). Esse é um sistema de radiocomunicação digital bidirecional que opera em frequência exclusiva. Utilizando algoritmos computacionais juntamente com as coordenadas geográficas da área, a central de controle é capaz de determinar a posição do veículo com uma determinada precisão. Esse tipo de sistema apresenta um bom funcionamento em ambientes cobertos e até fechados que contenham grande adensamento de veículos (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

2.2.3 Rede de Telefonia Móvel

Os serviços de localização oferecidos pelas empresas de telefonia móvel são conhecidos como *Location Based Service* (LBS). No Brasil, os principais sistemas utilizados na localização de veículos se baseiam em: identificação da célula (Cell ID) e tempo de propagação do sinal (*Time of Arrival*) (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009) relatam que a identificação da célula é o método mais simples, a célula consiste em uma área abrangida pelo alcance do sinal de uma antena, portanto, esse tipo de identificação apresenta baixa precisão. A precisão pode ser aumentada por meio de dois métodos: setorização da célula (*Angle of Arrival*) e tempo de propagação (*Timing Advance*).

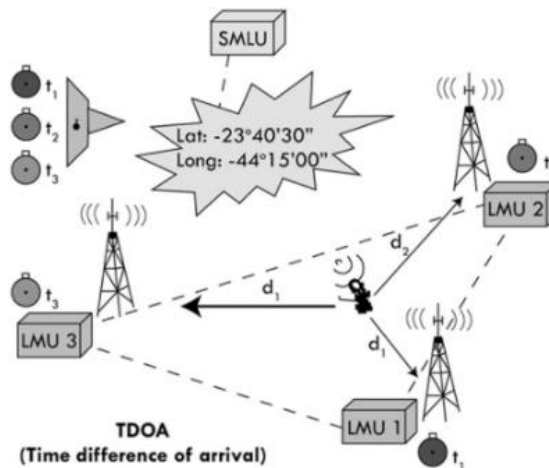
A setorização da célula consiste em utilizar de antenas direcionais para aumentar a precisão da localização do veículo, já o método do tempo de propagação consiste em medir o tempo entre o módulo de rastreamento e a base. Esses dois métodos são ideais para locais onde a rede é pouco densa, já que, utilizando esses métodos, a posição de um veículo pode ser determinada com apenas duas células (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

O segundo tipo de localização por telefonia móvel é o *Time of Arrival*. Esse método se assemelha ao *Timing Advance* pois, também, calcula o tempo de propagação do sinal entre o módulo de rastreamento e a antena. No entanto, O *Time Of Arrival* consiste em uma tecnologia

distinta que pode utilizar de dois métodos: *Time Difference of Arrival* (TDOA) e do *Enhanced Observed Time Difference* (E-OTD) (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

Ambos utilizam pelo menos três estações para calcular a posição do sinal do módulo de rastreamento, o que os diferenciam é o nível de sofisticação do processamento. No sistema TDOA, cada célula (antena) possui uma unidade para medir o tempo entre a transmissão e a recepção do sinal (*Local Measurement Unit* - LMU) e os dados são processados em um servidor central (*Serving Mobile Location Unit* - SMLU) que fornece a posição (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009). A figura 5 ilustra o funcionamento do sistema TDOA.

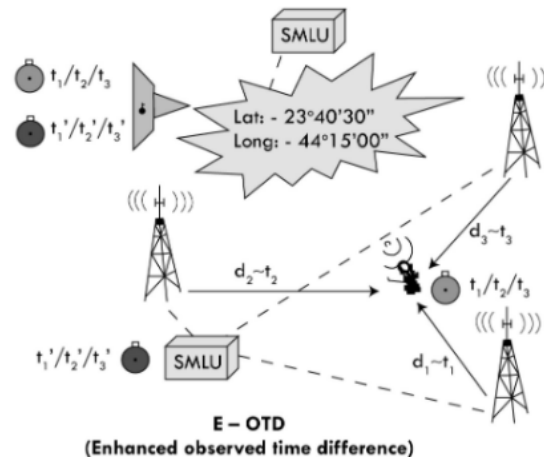
Figura 5 - Sistema Time Difference of Arrival (TDOA)



Fonte: Rodrigues, Cugsnaga e Queiroz Filho (2009).

No sistema E-OTD o módulo de rastreamento é que calcula o tempo de propagação do sinal transmitido por, pelo menos, três células. Com isso, a demanda de processamento é muito menor nas LMUs. Embora necessite de módulos de rastreamento mais sofisticados, a solução por E-OTD necessita de menores investimentos com rede e servidores do que o método TDOA (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009). A figura 6 esboça o funcionamento do sistema E-OTD.

Figura 6 - Sistema Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)



Fonte: Rodrigues, Cuginsaga e Queiroz Filho (2009).

Resumidamente, no sistema TDOA (figura 5) o tempo de propagação é medido pela antena, já no sistema E-OTD (figura 6), o módulo de rastreamento é desempenha essa função. Em ambos, os dados são transmitidos para a SMLU, que calcula fornece a posição.

2.2.4 Satélites

A comunicação via satélite permite a comunicação entre o veículo e sua base de operação com uma abrangência em todo o globo terrestre. O sistema é bidirecional, portanto, permite a transmissão de mensagens do veículo pra a base de operação e, também, o caminho inverso dessa comunicação. Esse meio tem como vantagem não necessitar de instalações de infraestruturas terrestres. Entretanto, a comunicação por satélite tem um alto custo (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

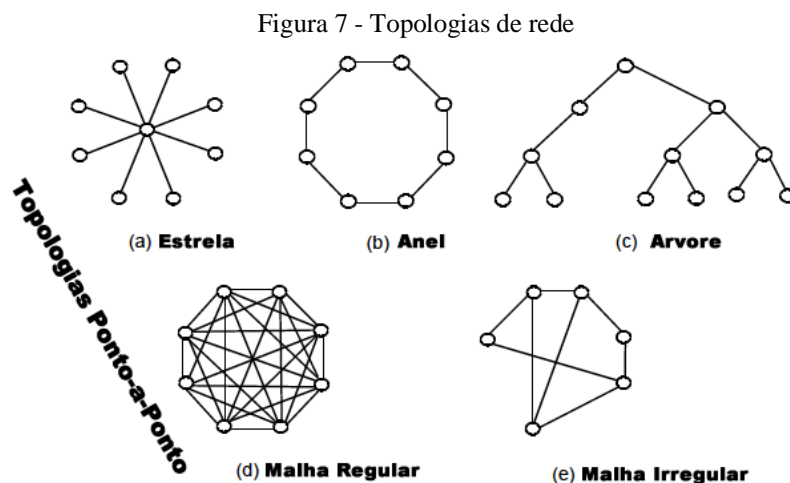
Rodrigues, Cuginsaga e Queiroz Filho (2009) mencionam que os satélites utilizados em rastreamento de veículos podem ser de dois tipos: geoestacionários e de órbita baixa. Satélites geoestacionários são aqueles que estão posicionados sobre a linha do equador, a uma altitude de aproximadamente 36 mil quilômetros. Os satélites de órbita baixa estão em uma altitude de aproximadamente 1400Km, os mesmos possuem uma cobertura global. Os equipamentos embarcados que são rastreados pelos satélites de órbita baixa costumam ter valor e tamanho elevado, quando comparado com os equipamentos que utilizam a rede de satélites geoestacionários.

2.3 Topologia das Tecnologias de Rastreamento

Nesta subsecção serão citadas, brevemente, algumas topologias de rede que são usadas em tecnologias RTLS. A topologia de rede nada mais é do que a maneira que os dispositivos são conectados para trocarem informações entre si. As principais topologias usadas em tecnologias de rastreamento industriais são: ponto-a-ponto, estrela e malha. TSilvestre (2020) detalha tais topologias como:

- a) ponto-a-ponto (p2p): é composta por diversas linhas de comunicação, cada linha associa um par de estações. Para que as duas estações se comuniquem sem o uso de um cabo, é necessário que estações intermediárias recebam integralmente o pacote de dados e retransmita para a estação seguinte. A maior parte de redes de longa distância são desse tipo;
- b) estrela: a comunicação é feita através de um nó central que controla a comunicação. Toda a confiabilidade da transmissão depende do nó central, cujo mal funcionamento prejudica toda a rede. A expansão da rede é limitada à capacidade de expansão do nó central;
- c) malha (*mesh*): é composta por diversos nós roteadores, dispostos para formar uma única grande rede, possibilitando conexões (ou comunicações) com qualquer um destes nós. Neste caso, os nós desempenham a função de repetidores e cada nó está conectado a um ou mais nós. Deste modo, é possível transmitir dados de um nó para outro através de diferentes caminhos.

A figura 7 ilustra diferentes tipos de topologias de rede.



Fonte: Tsilvestre (2020).

2.4 Tecnologias Habilitadoras

Granillo-Macías *et al.* (2020) indicam que as primeiras tecnologias utilizadas para implementar rastreabilidade foram os códigos de barras e o GPS. Na atualidade, as tecnologias mais utilizadas para rastreamento na indústria são: sistemas de identificação por radiofrequência, sistemas de visão e a tecnologia Wi-Fi.

Granillo-Macías *et al.* (2020) relatam que a tecnologia preponderante para a rastreabilidade é o Big Data. Isso porque o Big Data consiste em uma grande quantidade de dados que ultrapassa a capacidade de um *software* convencional. Esses dados têm estruturas diversas, e são capturados a partir de fontes que também são diversificadas. Os dados são transmitidos e processados com alta velocidade e são reunidos para auxiliar no entendimento e tomadas de decisão acerca de uma problemática (ROCKCONTENT, 2020). A coleta de dados consiste no primeiro passo para uma análise abrangente do gerenciamento de produtos e ativos da indústria 4.0.

As tecnologias para rastreamento de produtos e ativos na indústria são diversas, neste trabalho serão citadas as principais tecnologias ofertadas para rastreabilidade na indústria automotiva brasileira, são elas: RFID, LoRa, BLE e UWB.

2.4.1 Identificação por Radiofrequência – RFID

O sistema de identificação por radiofrequência, ou RFID (*radio frequency identification*), consiste em um método que identifica automaticamente objetos, locais ou seres vivos que contenham etiquetas RF, também conhecidas como *tags* (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009). Um sistema de identificação RFID utiliza, basicamente, três elementos físicos: uma antena, um leitor e uma etiqueta RF. A etiqueta desempenha o papel de emissor e a antena o papel de receptor, assim, a antena transmite o sinal integrado para o leitor que converte as ondas de rádio do RFID em sinais digitais. Tais sinais podem ser compreendidos por um computador que analisará as informações vinculadas com a *tag* (RFIDBRASIL, 2020).

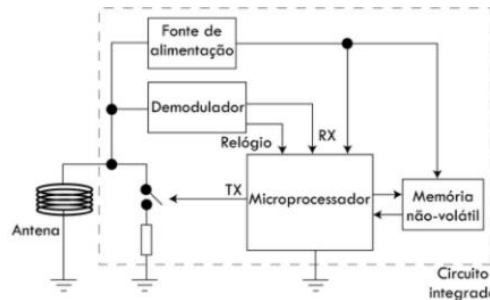
De acordo com Correa (2013), a identificação ocorre da seguinte forma nos componentes:

- a) leitor: gera o sinal eletromagnético (que será transmitido para a etiqueta) e interpreta o sinal recebido de volta;

- b) antena: transmite e capta o sinal gerado pelo leitor, elas também podem captar os sinais transmitidos pelas etiquetas ativas;
- c) etiqueta: consiste em um chip disposto em um circuito eletrônico juntamente com uma antena de tamanho reduzido. Ela armazena a informação que será repassada para o sistema de identificação.

As etiquetas (ou *tags*) são classificadas em ativas, semiativas e passivas. As etiquetas passivas utilizam da energia produzida pelo sinal da antena e não possuem fonte de energia própria. Já as etiquetas ativas possuem uma fonte de energia, porém, são ativadas apenas quando recebem o sinal da antena (SILVA, 2017). A figura 8 apresenta os componentes típicos de uma etiqueta RFID.

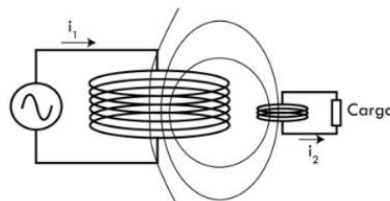
Figura 8 - Componentes de uma etiqueta RFID



Fonte: Rodrigues, Cuginsasca e Queiroz Filho (2009).

Rodrigues, Cuginsasca e Queiroz Filho (2009) destacam que o mecanismo básico de comunicação entre etiquetas RFID e o leitor consiste em fazer circular uma corrente na bobina (antena) do leitor que ocasionará perturbações no campo eletromagnético à sua volta, que, desde que esteja a uma distância adequada, provocará a circulação de uma corrente na bobina (antena) da etiqueta RFID. Na figura 9 observa-se que um transformador alimenta a carga, que consome a corrente i_2 (na etiqueta) e, a corrente i_1 (no leitor) é proporcional à corrente na carga, ou seja, se i_2 aumentar, i_1 também aumentará. Assim sendo, a variação da corrente da bobina é medida pelo circuito eletrônico do leitor, indicando a recepção de bits de resposta provenientes da etiqueta RFID.

Figura 9 - Acoplamento magnético entre antenas RFID



Fonte: Rodrigues, Cuginsasca e Queiroz Filho (2009).

Fernández-Caramés *et al.* (2019) relatam que a distância de leitura está comumente relacionada ao tipo de etiqueta RF: em etiquetas passivas (que não dependem de baterias para realizar comunicações RFID) a distância de leitura geralmente não excede 20m, enquanto as comunicações de etiquetas ativas (que usam baterias para realizar comunicações RFID) podem facilmente atingir 100m em ambientes desobstruídos.

2.4.2 *Bluetooth Low Energy* – BLE

A tecnologia *Bluetooth Low Energy* (BLE) foi concebida como uma tecnologia de comunicação e é ideal para situações nas quais é necessário o envio de poucas informações em um curto espaço de tempo. O BLE permite que as informações sejam enviadas de forma esporádica e, quando não estão enviando informações, os dispositivos entram no modo ocioso (*sleep*). Dessa forma, acontecem picos de consumo de energia (quando os módulos estão se comunicando com os gateways), porém, o consumo médio é bastante reduzido (EMBARCADOS, 2020).

O módulo de rastreamento da tecnologia BLE é denominado *Beacon*, o dispositivo tem dimensões razoavelmente pequenas e, emite um sinal intermitente de ondas de rádio que podem ser detectadas, até mesmo, por um *smartphone*. Com isso, é possível criar aplicações baseadas na proximidade do usuário com objetos, locais e situações de interesse. Por ser uma comunicação via ondas de rádio, a penetração em estruturas (como por exemplo, o concreto) não tende a ser uma dificuldade (TAGGEN, 2020).

A figura 10 apresenta um modelo de *Beacon* que é amplamente utilizado em aplicações industriais.

Figura 10 - Módulo *Beacon*



Fonte: Minew (2020).

Seferagic *et al.* (2020) relatam que, ao contrário do *Bluetooth* clássico, que foi projetado como uma substituição de cabo ponto a ponto, o BLE oferece maior alcance utilizando a topologia de malha. Para tal topologia, um estudo experimental observou o alcance de cerca de 50m em ambientes fechados e de até 165m para ambientes abertos sem linha de visão. Para ambientes com linha de visão, o BLE apresentou um alcance de até 790m. A tecnologia BLE utiliza de 40 canais de 2MHz, sendo que 37 desses canais são utilizados para comunicação

bidirecional entre os dispositivos conectados, esses canais variam a frequência (salto de frequência) para possibilitar uma melhor comunicação. Os outros 3 canais restantes são os chamados *advertising channels* (canal de anúncio), esses são usados para descobrir outros dispositivos e estabelecer uma conexão e transmissão difusa (*broadcast*) (ARAÚJO; VASCONCELLOS, 2012). Seferagic *et al.* (2020) também citam que o BLE possui parâmetros configuráveis, como o intervalo de anúncio e o intervalo de conexão, que influenciam em seu desempenho nas diversas aplicações da tecnologia.

2.4.3 Long Range – LoRa

LoRa é uma tecnologia de comunicação de longo alcance (*Long Range*) e baixo consumo de energia. Baseia-se em uma rede com topologia estrela, similar a uma rede de telefonia celular. Os módulos enviam e recebem dados de *Gateways* específicos, que os encaminham via conexão IP para servidores locais ou remotos (INSTITUTO NCB, 2020). Suas principais características são: longo alcance, imunidade a interferências, baixo consumo de energia, dispositivo multiuso (pode ser usado em rede pública e em rede privada) e funcionamento via rádio (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2020).

A tecnologia LoRa tem diversas arquiteturas. Uma delas é o protocolo LoRaWAN que define uma arquitetura de funcionamento, segurança, ajuste de potência (visando maximizar a durabilidade das baterias do módulo), e os tipos de aplicações.

O sistema é formado, basicamente, pelos módulos, *gateways*, servidor de rede e servidor de aplicação. Silva Junior (2020) descreve a função de cada um desses dispositivos:

- a) módulos: transmitem o sinal a partir do ponto que se deseja monitorar, normalmente podem estar vinculados com o sinal de sensores, leitores, entre outros;
- b) *gateways*: são receptores dos sinais que são enviados pelos módulos, um único *gateway* pode encobrir uma área de até 15Km, a depender da topologia do local;
- c) servidores de rede: gerencia as informações recebidas pelos gateways, elimina os pacotes de dados duplicados através do gerenciamento do tempo de retorno de reconhecimento (*acknowledgement* – ACK), e por fim, realiza ajustes das taxas de dados (*Data Rate*) de forma a gerenciar o consumo de energia e o tempo entre as comunicações;
- d) servidores de aplicações: são programas específicos para cada aplicação. Esses programas recebem os pacotes de dados que são enviados pelos servidores de rede,

dessa forma, os mesmos executam ações de acordo com a característica da informação recebida.

A figura 11 apresenta um modelo de módulo LoRaWAN disponível para aplicações industriais.

Figura 11 - Módulo LoRaWAN



Fonte: Merkatronix (2020).

Seferagic *et al.* (2020) citam que um MAC (*Media Access Control*) popular para uso com LoRa é a especificação aberta LoRaWAN. Um receptor LoRa pode decodificar transmissões de até 20 dB abaixo do nível de ruído, permitindo distâncias de comunicação muito longas enquanto usa energia muito limitada.

2.4.4 Ultra Wideband – UWB

A *Ultra Wideband* consiste em uma comunicação via rádio com uma largura de banda maior que 500MHz. É uma tecnologia robusta, graças ao seu espalhamento espectral, e sua principal característica é a alta velocidade de transmissão (RODRIGUES; CUGSNASCA; QUEIROZ FILHO, 2020).

Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009) citam que tanto o *Bluetooth* quanto o UWB seguem o mesmo princípio. Contudo, a velocidade de transmissão do UWB, um de seus pontos fortes, é de 100 a 500Mbps, mais alta do que qualquer outro tipo de transmissão sem fio. Outras características vantajosas do UWB são: a imunidade a interferências (multicaminhamento do sinal), a segurança em relação a invasões e a imunidade a interferências com outras tecnologias sem fio.

Para realizar o rastreamento utiliza-se basicamente dois elementos: o sensor e a *tag*. A *tag* envia bilhões de pulsos por segundo através de um extenso espectro de frequência. O sensor capta esse sinal e realiza o cálculo da localização da *tag* com uma precisão de até 15 centímetros (NOVIDÁ, 2020b). A figura 12 representa uma *tag* UWB concebida para aplicações industriais.

Figura 12 - Módulo UWB



Fonte: Zebra (2020).

As *tags* UWB desenvolvidas para aplicações industriais pesam em torno de vinte gramas e podem atingir um alcance de comunicação, com os UWB *Sensors (gateways)*, de até duzentos metros (ZEBRA, 2020).

2.5 *Benchmarking* das Soluções de Rastreamento

Rodrigues, Cuginsca, e Queiroz Filho (2009) destacam que com as tecnologias atuais, as técnicas de rastreamento não são mais a principal dificuldade. Para elaborar um sistema de rastreamento de veículos a atenção deve estar focada em: comparação das alternativas tecnológicas (hardware e software); integração com sistemas corporativos; exploração e análise dos dados; e, por fim, redução dos custos de implementação, manutenção e comunicação.

Rodrigues, Cuginsca, e Queiroz Filho (2009) também citam que a comparação tecnológica é fundamental no desenvolvimento do projeto, e por causa do número e das características das variáveis, costuma ser complexa. Outra preocupação importante é a integração entre o sistema de rastreamento de veículos e os diversos sistemas de uma empresa, é preciso cuidado com o isolamento operacional, característico dos sistemas de rastreamento pioneiros. Torna-se necessário o desenvolvimento de interfaces que permitam o compartilhamento das informações espaciais com os bancos de dados corporativos. O sistema de rastreamento de veículos fornece dados, como por exemplo, para setores de despacho, cobranças, logístico e de vendas.

É preciso avaliar a solução do ponto de vista da tecnologia de rastreamento e do ponto de vista do sistema de gerenciamento de dados. É importante destacar que algumas tecnologias de rastreamento exigem requisitos mínimos de um sistema de gestão de dados e, também, que um sistema de gestão de dados pode ficar superdimensionado frente a capacidade de rastreamento de uma tecnologia. Portanto, a avaliação deve ser feita de modo conjunto para selecionar a melhor combinação (tecnologia com sistema de gestão).

2.5.1 *Benchmarking* das Tecnologias e Topologias de Rastreamento

Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009) destacam que embora as tecnologias de posicionamento e de comunicação tenham criação em contextos diferenciados e para propósitos distintos, na atualidade, ambas apresentam múltiplas funções que concorrem entre si. Isso se deve ao fato de que as tecnologias de posicionamento se desenvolveram ao ponto de permitirem, também, a comunicação, e da mesma forma, as tecnologias de comunicação passaram a oferecer serviços de localização. As soluções para rastreamento de veículos que integram essas tecnologias experimentam uma dinâmica acentuada, decorrente dos preços e do mercado.

Seferagic *et al.* (2020) utilizam em seu trabalho os seguintes fatores para realizar o *benchmarking* das tecnologias: custo, escalabilidade, avaliação de latência, confiabilidade, alcance e consumo de energia. Seferagic *et al.* (2020) ainda relatam que ambientes industriais adversos impõem uma série de desafios para as comunicações sem fio: confiabilidade, tolerância a falhas e baixa latência são os maiores. Variações imprevisíveis em temperatura, umidade, vibrações e pressão tornam os ambientes industriais agressivos, também como a presença de objetos altamente reflexivos (de metal) e ruído eletromagnético.

A faixa de transmissão é influenciada pela potência de transmissão, propriedades de propagação, e pela complexidade da codificação e da modulação. Para tecnologias que transmitem com uma potência constante, reduzir a taxa de complexidade permite que ocorra a decodificação de um sinal mais fraco ou distorcido pelo receptor, o que possibilita um aumento do alcance da transmissão (SEFERAGIC *et al.*, 2020).

A confiabilidade é determinada pelo design do controle de acesso de mídia (MAC) e pelo esquema de modulação e codificação (MCS). Um dos maiores contratempos da confiabilidade para tecnologias *wireless* em comparação com tecnologias com fio, é a interferência inter e intra-tecnologia no ar, onde pode ocorrer colisões e a perda de pacotes de dados (SEFERAGIC *et al.*, 2020).

O consumo de energia é dependente da taxa de transmissão de dados, topologia e design do MAC, e, do design do hardware. A baixa taxa de dados resulta em tempos de transmissão alongados que acabam por aumentar o consumo de energia do nó e reduzir a vida útil da bateria. Analisando a topologia, os nós de redes *multi-hop* consomem mais energia do que em redes *single-hop*, tendo em vista que, além das próprias transmissões e recepções do nó, eles também desempenham o papel de encaminhar pacotes de dados para outros nós. A

complexidade das codificações e decodificações também contribue para o consumo de energia (SEFERAGIC *et al.*, 2020).

A latência é definida como um atraso na transmissão de dados que decorre do tempo que uma requisição leva para ser concluída, ou seja, o tempo que um pacote de dados leva para ser transmitido de um ponto remetente para um ponto destinatário (TRYBE, 2020). Os fatores que contribuem para a latência são: propagação, transmissão e processamentos. A propagação é simplesmente o tempo que o pacote de dados leva para viajar entre os dois pontos, já a transmissão consiste no meio pelo qual esses dados serão transportados (fibra óptica, *wireless*, entre outros) e, além desses, os processamentos que ocorrem quando um nó examina e altera um pacote de dados também influenciam na latência (BRASILCLOUD, 2020).

A taxa de dados e a largura de banda configuram fatores adicionais que impactam na latência. Quanto mais alta a taxa de dados e maior a largura de banda, menor será o atraso. Além disso, as topologias do tipo *multi-hop* aumentam a latência, considerando que o encaminhamento e o roteamento dos pacotes influenciam no tempo de transmissão. Situações em que um *link* falha e o sistema tem que computar uma nova rota, introduzem mais atraso, tudo isso pode tornar as redes *multi-hop* inadequadas para aplicações que demandam latência muito reduzida (SEFERAGIC *et al.*, 2020).

Redes *multi-hop* apresentam como vantagem um alcance mais extenso e também contribuem para uma melhor confiabilidade. Isso porque a perda de um link não resultará em falhas de comunicação, como acontece em redes *single-hop*.

A tabela 1 apresenta a comparação das propriedades técnicas e dos indicadores-chave de desempenho (do inglês: *Key Performance Indicators* - KPIs) feita por Seferagic *et al.* (2020) para as tecnologias LoRa e BLE quando aplicadas em situações típicas de internet das coisas industrial (do inglês: *Industrial Internet of Things* – IIoT).

A partir da tabela 1 é possível notar que o alcance é dependente da topologia que o sistema de comunicação utiliza. A tecnologia LoRa atua com uma banda em frequências sub-GHz e com uma topologia de rede em estrela de estrelas, essa configuração confere um longo alcance. Já a tecnologia BLE pode trabalhar com diferentes topologias, sendo que dentre essas, a topologia que confere o maior alcance é a do tipo malha.

Tabela 1 - Propriedades técnicas e KPIs de tecnologias sem fio para o domínio IIoT

	LoRa	BLE
BANDA	Não licenciada sub-GHz	2,4/5 GHz ISM
LARGURA DE BANDA	125 KHz / 250 KHz	2 MHz
TOPOLOGIA	Estrela de estrelas	p2p/estrela/malha
DESENVOLVIMENTO	Privado/ baseado na operadora	Privado
MAC	LoRaWAN	TDMA
RETRANSMIÇÃO	Sim	Sim
MECANISMOS DE CONFIABILIDADE	SFs ortogonais 32-bit MIC	FHSS, 24-bit CRC 32-bit MIC, FEC
ALCANCE	15km	<100m/ < 1000m
NÓS POR REDE	Inlimitado	Inlimitado
TAXA DE DADOS	251 bps - 5,5 Kbps/11 Kbps/50 Kbps	125 Kbps/1 Mbps/2 Mbps
TEMPO DE CICLO MÍNIMO	>1s	50ms

Fonte: Adaptada de Seferagic *et al.* (2020).

O tempo de ciclo consiste, basicamente, no tempo que o sistema leva para identificar os dispositivos de uma malha de controle. Esse fator é fortemente influenciado pelo número de nós que a rede possui (SEFERAGIC *et al.*, 2020). Nesse quesito, o BLE apresenta um tempo de ciclo mínimo reduzido quando comparado com o LoRaWAN.

2.5.2 Benchmarking dos Sistemas de Gerenciamento de Dados

O acervo de dados disponibilizado pela tecnologia de rastreamento de veículos (coordenadas dos trajetos, tempo de permanência etc.) com a utilização de técnicas estatísticas certamente produzem informações muito úteis, que podem ser utilizadas para orientar novas abordagens (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009) citam que para definir uma solução de rastreamento de veículos, a primeira decisão importante é definir o tipo de rastreamento espacial desejado: contínuo, descontínuo ou híbrido. Que consistem basicamente:

- a) o sistema contínuo permite localizar o veículo em qualquer ponto do percurso;
- b) o sistema descontínuo (ou pontual) informa se o veículo cruzou pontos de referência em seu trajeto;
- c) o sistema híbrido é uma junção de ambos os procedimentos, o mesmo possibilita o aumento da rastreabilidade em áreas específicas.

Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009) relatam que o acompanhamento da movimentação de um veículo de maneira contínua requer um sistema para processamento automático de dados. A configuração do sistema deve permitir a emissão de um alerta, quando o comportamento observado do veículo não for adequado para aquela área. Esse mesmo sistema deve possibilitar a visualização da posição da frota sobre mapas. Sendo assim, é imprescindível que o nível de exatidão cartográfica das coordenadas do veículo seja compatível com o da base cartográfica que o sistema utilizará para processar os dados espaciais.

Para gerenciar uma frota de veículos sem a necessidade de visualização em um mapa, é possível utilizar uma opção denominada por cerca-eletrônica. Essa técnica consiste em comparar as coordenadas obtidas no percurso com as obtidas no rastreamento do veículo. Se o veículo cruza uma fronteira que não deveria, um alerta é emitido (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009). A figura 13 ilustra a lógica do monitoramento por cerca-eletrônica.

Figura 13 - Monitoramento por cerca-eletrônica



Fonte: Rodrigues, Cugnasca e Queiroz Filho (2009).

Outro parâmetro importante é a frequência de obtenção e de comunicação das coordenadas. É importante destacar que a frequência de comunicação dos dados pode ser distinta da frequência de aquisição. Os sistemas que utilizam de comunicação assíncrona podem corresponder a um sistema sofisticado, que fica embarcado no veículo, e que faz o armazenamento e processamento dos dados. Dessa forma, é possível tomar decisões e emitir mensagens para o sistema de gerenciamento apenas quando situações determinadas forem identificadas (por exemplo: tempo de permanência elevado) (RODRIGUES; CUGNASCA; QUEIROZ FILHO, 2009).

2.6 Cibersegurança

Stenquist e Florentino (2020) relatam que para aproveitar ao máximo as oportunidades oferecidas pela IIoT, um sistema inteiro deve ser conectado aos sistemas de gestão de dados e sistemas de informações na nuvem. A conectividade expandida tende a aumentar a eficiência nas operações e possibilitar modelos de negócios e receita inovadores. Stenquist e Florentino (2020) ainda citam que embora a conectividade seja a chave para desvendar todo o potencial do IIoT, ela traz riscos de ataques cibernéticos, esses ataques podem ocorrer de fontes internas ou externas (de forma acidental ou maliciosa).

No Brasil, a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) traz regras acerca da coleta e tratamento de dados pessoais e, também, dados sensíveis. No contexto atual, a segurança da informação está intimamente ligada com a LGPD. As empresas devem se atentar para a implantação de sistemas efetivos que visem a prevenção, detecção e remediação de vazamento de dados. A lei considera a adoção de boas práticas como um critério atenuante nas suas respectivas penalidades (INDYXA, 2020).

Os métodos recomendados por Stenquist e Florentino (2020) para minimizar as vulnerabilidades requerem que os dispositivos incorporem os seguintes recursos principais: código de inicialização seguro, atualizações de aplicativos seguros, autenticações rigidamente controladas, e por fim, protocolos de comunicação seguros.

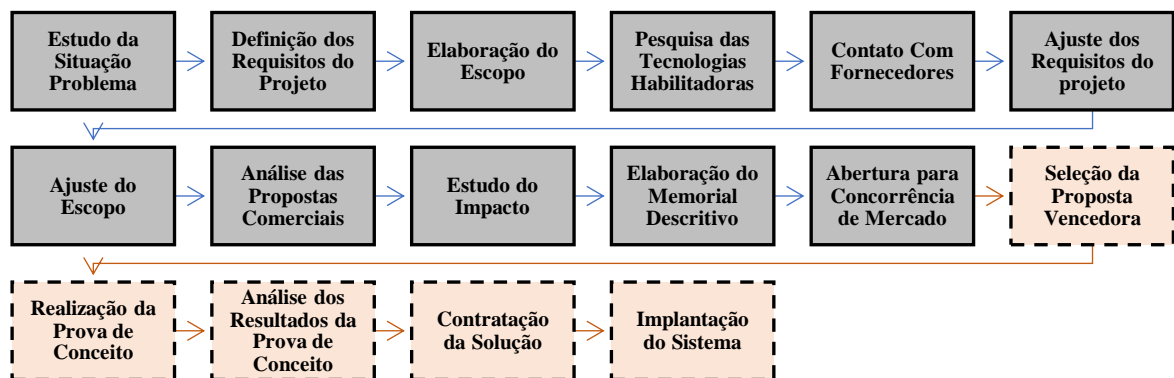
Stenquist e Florentino (2020) citam que a maior parte dos ataques cibernéticos explora alguma das seguintes vulnerabilidades:

- a) design: os dispositivos que usam de senhas embutidas em códigos; transmitem credenciais de login; e que permitem acessos remotos sem autenticação;
- b) lacunas significativas: dispositivos que usam portas de acesso (*backdoors*) embutidas; senhas fracas ou padrão; que permitem o armazenamento de textos simples ou a transmissão de chaves de criptografia;
- c) segurança parcial: dispositivos que fornecem alta segurança contra certos tipos de ataque, porém, deixam outras interfaces desprotegidas. Sistemas que implementam *Transport Layer Security* (TLS) apenas para algumas comunicações, ao invés de todas e, também, protocolos de comunicação nos quais a chave de criptografia da fase de configuração é trocada sem ser criptografada;
- d) recursos vulneráveis à exploração: dispositivos com criptografia fraca, trasbordo de dados, e vulnerabilidade de ameaças ainda não mapeadas (*zero-day attack*).

3 MÉTODO

O projeto foi organizado em etapas que formam uma cronologia. Essas etapas são: a análise da situação-problema, juntamente com a definição dos requisitos do projeto (fase de planejamento), pesquisa das tecnologias habilitadoras (fase de pesquisa), elaboração e apresentação do escopo (fase de documentação), estudo dos impactos para uma possível implantação (fase de análise), e planejamento do plano piloto (fase de testes). O fluxograma da figura 14 apresenta as fases já executadas nos blocos de borda contínua e as fases futuras nos blocos de borda tracejada.

Figura 14 - Fluxograma das etapas do projeto



Fonte: Próprio autor.

A primeira etapa consistiu na análise da situação atual, levantando todos os pontos que seriam oportunidades de melhoria. Esse processo foi apoiado pelos diversos setores de produção e de qualidade, buscando entender como funcionava cada procedimento. Ainda, houve o acompanhamento dos colaboradores nos procedimentos de inventariação, busca e localização dos veículos. Após algum período, os membros da equipe de projeto ficaram responsáveis pelo inventário detalhado do produto acabado, esse inventário é realizado diariamente de modo manual, o reporte desse inventário também ficou sobre a sua responsabilidade. Após identificar os pontos passíveis de melhorias, definiu-se os objetivos que o projeto deveria atingir, nesta fase foi feito um levantamento da criticidade de cada problema encontrado, com o intuito de definir cada *Key Performance Indicator* (KPI). Esses KPIs foram rediscutidos e ajustados após o conhecimento das tecnologias habilitadoras.

Na segunda etapa pesquisaram-se as tecnologias que poderiam sanar os problemas do processo. Esse foi um período de grande aprendizado, sobre gestão de produção, controle de inventários e tecnologias de rastreamento. Algumas tecnologias foram descobertas através da

pesquisa, e, outras foram apresentadas pelos próprios fornecedores. Foram realizadas várias reuniões, cujo desenvolvimento das possíveis soluções fora feito em parceria entre a CAO Montadora e os fornecedores. Foram elaborados comparativos (a pedido da gerência) para discussão e seleção das melhores tecnologias para o projeto.

A definição do escopo foi feita na terceira etapa. Consistiu em uma junção do conhecimento adquirido nas duas etapas anteriores. A primeira etapa contribuiu para o conhecimento dos pontos que seriam atacados com a solução, e, a segunda etapa, contribuiu para o conhecimento do potencial que a solução tinha sobre o processo. O escopo foi consolidado em um memorial descritivo que, posteriormente (após a realização da quarta etapa), foi lançado para concorrência de mercado.

Na quarta etapa estudaram-se os impactos que uma possível implementação do projeto ocasionaria nas atividades relacionadas ao processo. Estimaram-se a redução de mão de obra dedicada, bem como, as reduções de custos advindas da melhoria do processo.

A quinta etapa deverá consistir em um plano piloto, nessa etapa será feita uma prova de conceito (POC) para validação da tecnologia aplicada à realidade do escopo elaborado. Entretanto, algumas ferramentas já foram desenvolvidas, juntamente com alguns fornecedores, para serem utilizadas na POC, uma delas é o sistema de gestão de dados que poderá ser usado para o monitoramento de alguns veículos dentro do processo de avaliação de qualidade da CAO montadora.

A prova de conceito deverá ser realizada pelo fornecedor que vencer a concorrência de mercado. Dessa forma, caso os requisitos estabelecidos para a POC sejam cumpridos, a solução deverá ser comprada e o sistema deverá ser implantado.

4 DESENVOLVIMENTO

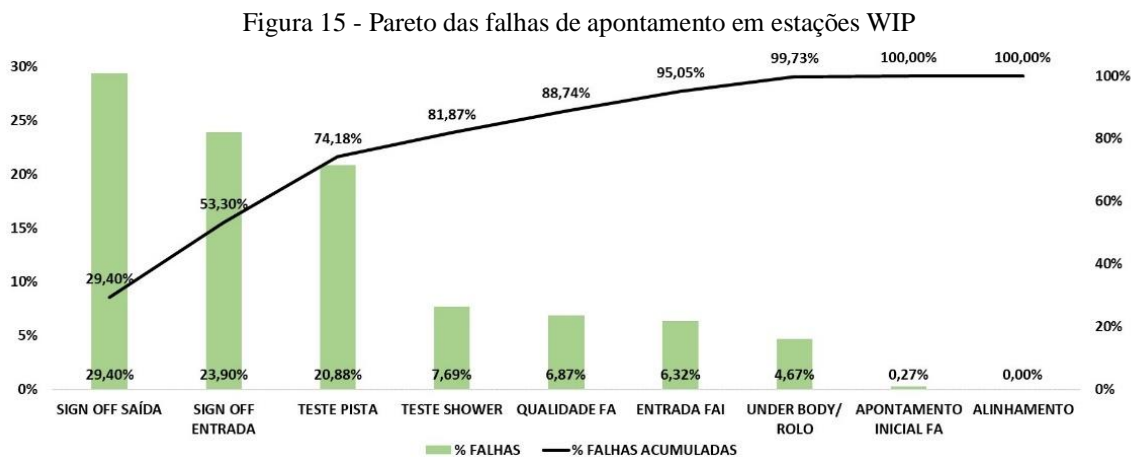
Esta seção trata do desenvolvimento do estudo da problemática, do estudo das tecnologias habilitadoras, e depois, de como esses conhecimentos se uniram para consolidar o escopo do projeto. Também, será apresentado o estudo do impacto previsto para a implementação do projeto e, por fim, será feita uma análise das tecnologias e métodos que melhor se dispuseram para solução da problemática. A presente seção também abordará brevemente um estudo das possibilidades de expansão do projeto, bem como, um estudo dos meios para a sua subvenção.

4.1 Mapeamento das Oportunidades de Melhoria

Conforme explanado na seção 1.1 (situação atual), os veículos estão sujeitos a seguir fluxos diversificados no processo de avaliação qualitativa. Assim, para acompanhar em qual estação (de processo ou retrabalho) o veículo se encontra, é necessário o procedimento de transferência (ou apontamento) no sistema CAOATEC. O CAOATEC utiliza o sistema *Manufacturing Execution System* (MES) para o controle do fluxo produtivo e do fluxo no processo avaliativo de qualidade (pós-produção).

Um dos principais problemas com a rastreabilidade dos veículos consiste nas falhas de transferência. As falhas de transferência ocorrem, principalmente, quando um colaborador de uma estação de trabalho deixa de transferir o veículo para a estação destino. Alguns dos outros problemas que podem ocorrer são: avarias sistêmicas, problemas com expedição de ordens de produção e erro na leitura do *barcode* do produto.

Para mapear as falhas de apontamento, iniciou-se a verificação diária entre a localização real e a localização sistêmica do veículo. Essa verificação foi feita diariamente a partir dos dados do inventário realizado no final do turno produtivo. Dessa forma, foi possível descobrir quais as estações mais críticas para as falhas de apontamento. Tal mapeamento foi feito para as estações de processo (*Work In Process – WIP*) e para as estações de retrabalho. A figura 15 consiste em um gráfico de Pareto que ordena as principais estações WIP causadoras das falhas de apontamento (dados expostos referem-se a um monitoramento das falhas realizado durante o período de um mês).



Fonte: Próprio autor.

Os dados das falhas de transferência deverão ser usados como base para avaliação do desempenho da tecnologia solucionadora implementada. A implementação do sistema de rastreamento intenciona o mapeamento das falhas de apontamento de forma automática.

Outra oportunidade de melhoria constatada, foi o impacto do projeto na gestão das estações de retrabalho. O ideal é que um veículo passe o menor de tempo possível dentro do processo de avaliação qualitativa. Por consequência, quando um veículo é reprovado em algum teste e precisa passar por alguma estação de retrabalho, o seu tempo de permanência no processo tende a aumentar. Para gerir o tempo que um veículo fica em determinada estação, utiliza-se o parâmetro *aging*. Esse parâmetro é gerado a partir do sistema CAOATEC e consiste no cálculo do tempo (em dias) desde a data da última transferência do veículo.

Por consequência das falhas de apontamento, o *aging* obtido a partir do CAOATEC nem sempre representa um dado confiável. O sistema de rastreamento a ser implementado visa o monitoramento do tempo de permanência do veículo nas estações a partir do rastreamento contínuo da sua localização. De tal forma, os dados de *aging* representarão a situação real com alto nível de confiabilidade.

Outras oportunidades de melhoria têm relação direta com o controle desses dois itens anteriormente citados (localização do veículo e tempo de permanência). A indústria automotiva é fortemente impactada pelos fornecedores e pela logística, tendo em vista que um veículo é composto por uma quantidade muito grande de componentes. Problemas com a cadeia de suprimentos acabam por ocasionar distúrbios na produção dos veículos. Como consequência, na montadora, surgem os veículos *cripple*.

Veículos *cripple* são assim denominados, pois, quando falta um componente que não é crítico ao ponto de impedir a produção do veículo (normalmente peças de acabamento), o mesmo é produzido e a montagem do componente é feita posteriormente fora da linha de produção. Veículos *cripple* passam por todas as inspeções nas quais o componente faltante não impede a aprovação, logo após, eles são alocados em pátios, onde permanecem até que o componente chegue para ser montado. Tais montagens são feitas em estações de retrabalho específicas, a fim de garantir a qualidade do produto. O veículo só é liberado para venda após uma inspeção minuciosa sobre o componente montado.

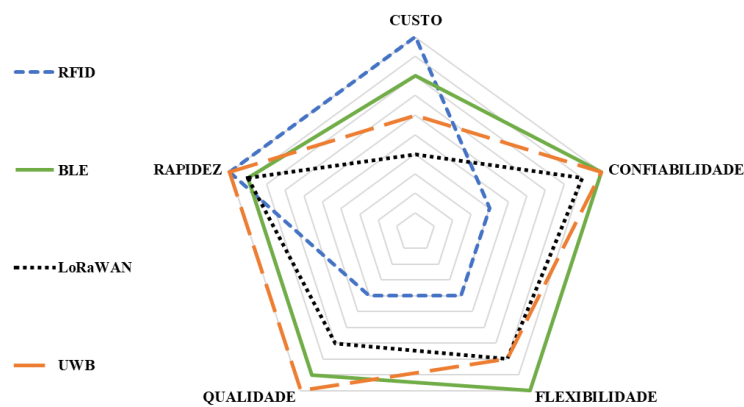
Toda essa problemática dos veículos *cripple* foi exposta para contextualizar a importância da gestão dos status dos veículos no processo avaliativo de qualidade. O status do veículo (na maioria das vezes) está diretamente relacionado com a localização do mesmo. Outra influência do status do veículo é na prioridade para processamento, veículos *cripple*, por exemplo, tem o processamento dependente de fatores externos à produção.

4.2 Análise das Tecnologias Habilitadoras Aplicadas à Problemática

Essa seção trata do comparativo das tecnologias habilitadoras aplicadas no rastreamento de veículos do processo de controle de qualidade da CAO A Montadora de Anápolis. O estudo das tecnologias habilitadoras está presente na seção 2 (fundamentação teórica) deste trabalho, e, fez parte do desenvolvimento do projeto em questão.

Durante o processo de elaboração do projeto, diversas tecnologias foram pesquisadas, dentre elas o RFID, LoRa, UWB e BLE. Essas tecnologias foram avaliadas com base nos cinco objetivos de desempenho propostos por Slack, Chambers e Johnston (2002), são eles: custo, confiabilidade, flexibilidade, qualidade e rapidez. É importante ressaltar que os comparativos foram realizados para a aplicação da tecnologia na situação problema. A figura 16 consiste em um diagrama polar elaborado utilizando os dados obtidos na pesquisa das tecnologias e, também, os orçamentos que foram enviados pelos potenciais fornecedores. A situação atual é a base de referência para os parâmetros, a menos do custo. O mesmo requer uma análise mais aprofundada, uma vez que o custo de operação é diretamente impactado com implementação de uma tecnologia solucionadora.

Figura 16 - Diagrama polar comparativo das tecnologias habilitadoras



Fonte: Próprio autor.

É importante notar que a avaliação do custo é qualitativa, sendo que, quanto menor o custo (de implementação e de operação) maior será a vantagem da tecnologia nesse quesito. A análise de confiabilidade consistiu em identificar se a tecnologia poderia repassar dados não condizentes com a realidade e, também, se os dados poderiam se perder no procedimento de comunicação entre os leitores e os módulos de rastreamento. No quesito de flexibilidade, foi julgado o quanto a tecnologia implementada poderia integrar com outros sistemas para uma gestão inteligente dos processos na fábrica (como por exemplo: comunicação com

smartphones, transmissão de dados de sensores do veículo, entre outros). A qualidade foi julgada como a precisão na localização do veículo, e, em como a informação seria disponibilizada para o usuário. O último quesito, a rapidez, foi analisado como a velocidade que a tecnologia disponibilizaria para realizar um inventário, e, para localizar um veículo em específico (esse fator é fortemente influenciado pela topologia de rede utilizada).

Ao analisar o diagrama da figura 16, nota-se que a tecnologia que apresentou maior vantagem em custo (de implementação e operação) foi a tecnologia RFID, outra constatação possível é que a aquisição de dados é feita com rapidez. Porém, nos outros aspectos, essa tecnologia foi estimada com um baixo desempenho. Isso ocorre, principalmente, pelo fato de que o RFID é uma tecnologia que foi desenvolvida para propósito voltado apenas para localização, ao contrário das demais, que foram desenvolvidas para propósitos que também abrangem a comunicação.

Além disso, a implementação do RFID no rastreamento de veículos, exige que sejam instalados portais para a leitura das etiquetas anexadas. Dessa forma, só será possível identificar movimentações específicas do veículo, não sendo possível o monitoramento em tempo real. Com o RFID a rastreabilidade só pode ser feita através da técnica de “cerca-eletrônica”. É preciso definir portais de entrada e portais de saída das áreas. A lógica do sistema consiste em analisar qual o último portal que identificou o veículo e, dessa forma, a localização do veículo será a área que tem tal portal definido como entrada.

É importante ressaltar que o portal de saída de uma área deverá ser considerado como o portal de entrada de outra área adjacente (para a utilização do RFID). No sistema de gerenciamento de dados, não seria possível identificar se um veículo, de fato, está contido na área indicada. Caso um portal falhe na leitura da etiqueta ou ocorra uma movimentação indevida, o dado apresentado pelo sistema não será condizente com a realidade. Fornecedores relatam que a leitura das etiquetas RFID (ativas ou passivas) é um processo delicado. Na maioria dos casos é exigido um paralelismo entre a antena e a etiqueta, além de exigir que o veículo não extrapole uma velocidade máxima de passagem pelos portais.

As demais tecnologias concorrentes (BLE, LoRaWAN e UWB) são do tipo *Real Time Location System* (RTLS), ou seja, possibilitariam o rastreamento completo da área de cobertura, possibilitando identificar a presença e a posição estimada do veículo em tempo real.

A partir da pesquisa das tecnologias e reuniões com fornecedores, constatou-se que a tecnologia que apresenta a melhor confiabilidade na transmissão de dados é a *Ultra Wideband* (UWB). Isso ocorre, pois, a UWB possui a maior velocidade de comunicação e transmissão de dados dentre as tecnologias concorrentes. Além disso, sua topologia de rede simplificada e sua

alta capacidade de penetração resulta em uma baixa taxa de ruídos, evitando que os pacotes de dados se percam nas comunicações. A tecnologia *Bluetooth Low Energy* (BLE), tem um funcionamento semelhante ao UWB, porém, sua taxa de transmissão de dados e penetração são relativamente reduzidas. Com isso, o BLE apresenta uma confiabilidade e uma precisão de localização ligeiramente menor do que a UWB. Contudo, a solução BLE ostenta maior vantagem em custo, quando comparada à UWB.

A análise da literatura permite inferir que a tecnologia LoRa, utilizada como protocolo LoRaWAN, apresenta-se como uma tecnologia solucionadora muito interessante por utilizar um número reduzido de antenas (quando comparado com o número de gateways que são utilizados nas tecnologias BLE e UWB) para cobertura de uma área, e, por possuir o maior alcance dentre as tecnologias concorrentes (até 10Km de acordo com os fornecedores). Por outro lado, a literatura e os fornecedores informam que a rastreabilidade em ambientes fechados (*indoor*) não é tão bem desempenhada utilizando apenas a solução do LoRaWAN. Desse modo, a qualidade na precisão do rastreamento dos veículos tende a ficar defasada (quando comparada com o BLE e a UWB).

No quesito rapidez, as tecnologias RFID e UWB se destacam, porém, o RFID não possibilita a realização do monitoramento dos veículos em tempo real. Dessa maneira, a realização de um inventário pode ser feita rapidamente, pois todos os dados serão obtidos através de um histórico de movimentações do veículo, ou seja, a localização de um veículo é baseada na última vez em que o mesmo foi identificado em um portal de leitura RFID. Quando o usuário solicitar um inventário detalhado, o sistema apenas computará os últimos registros de movimentação para cada veículo. Contudo, a velocidade para a localização de um veículo não seria impactada pelo efeito da latência (efeito característico dos sistemas de rastreamento RTLS). As outras tecnologias concorrentes experimentam atraso na transmissão de dados (latência). A UWB é apontada como a tecnologia RTLS que menos sofre com tal efeito de comunicação.

A tecnologia BLE tem uma latência fortemente impactada pela topologia de rede. A literatura indica que os tipos de topologia para o BLE podem ser: malha, estrela ou ponto-a-ponto (p2p). Os fornecedores da tecnologia BLE propuseram a topologia de malha. A literatura relata que essa é topologia confere o maior alcance para a comunicação do BLE.

A durabilidade da bateria do módulo de rastreamento foi outro fator de peso para a avaliação das tecnologias habilitadoras. Para captar tal informação foram realizadas pesquisas, e, principalmente, a comunicação com os fornecedores das tecnologias. Tal fator tem tanta significância, pois o mesmo determina a periodicidade que os módulos serão substituídos. Além

do mais, a CAO A Montadora possui projetos futuros em que o rastreador continuará anexado ao veículo para identificação do mesmo durante o período de garantia, incrementado ainda mais a importância deste fator.

Os fornecedores informaram que a durabilidade da bateria dos módulos é dependente da periodicidade com que esses se comunicam com as antenas (ou *gateways*) e são identificados pelo sistema de gerenciamento de dados. As tecnologias UWB e BLE possuem um intervalo de conexão (CI) programável (SEFERAGIC *et al.*, 2020). Já o LoRaWAN pode possuir módulos com baterias recarregáveis e, dessa forma, não é necessária a substituição do módulo com a descarga da bateria. Esse é o caso do *tag* INT810 proposto pela empresa Albacore.

A tabela 2 apresenta a estimativa da durabilidade da bateria para o módulo de rastreamento de cada tecnologia habilitadora avaliada. Não foi possível estabelecer uma durabilidade média para a bateria das etiquetas RFID, devido à incerteza de qual etiqueta seria utilizada na solução (passiva, ativa ou semiativa). Etiquetas passivas não possuem bateria e a durabilidade da bateria das etiquetas ativas é função da quantidade de vezes que ela é identificada por um dispositivo leitor.

Tabela 2 - Durabilidade da bateria dos módulos de rastreamento

Módulo	Vida Útil da Bateria
Ultra Wide Band (UWB)	até 7 anos
Bluetooth Low Energy – Beacon	até 10 anos
LoRaWAN	até 10 anos

Fonte: Próprio autor.

4.3 Definição dos Requisitos do Projeto

O estudo das oportunidades de melhorias somado com o estudo das tecnologias habilitadores resultou na definição do escopo do projeto de rastreabilidade remota de veículos para o processo avaliativo de qualidade da CAO A Montadora. A presente seção trata da definição da dinâmica de operação do sistema de rastreabilidade, bem como, os requisitos que o projeto implementado deve atingir.

No setor *Final Assembly* (FA), ao final da produção, o módulo de rastreamento deverá ser anexado ao veículo, a partir desse momento, tal dispositivo deverá ser vinculado com o *Vehicle Identification Number* (VIN). No sistema de gestão de produção da montadora (CAOATEC) deverá ocorrer o *input* de dados do veículo juntamente com o seu status no processo avaliativo, podendo ou não ser necessária a realização de algum retrabalho.

Um sistema de gerenciamento de dados deverá ser desenvolvido pelos fornecedores. Esse sistema deverá adquirir os dados de localização (do veículo) através da comunicação entre antena e módulo de rastreamento (anexado ao veículo). A informação de posição deverá ser vinculada com as informações de status (que são cadastradas no sistema CAOATEC). Portanto, é exigida uma integração entre o sistema de gestão de dados e o CAOATEC.

O sistema de gerenciamento de dados deverá ser desenvolvido de tal modo a possibilitar, no mínimo: o inventário de todos os veículos da montadora, a localização de um veículo específico e a localização dos veículos que tenham uma característica ou status específico. Essas localizações deverão ser feitas a partir da busca realizada pelo usuário no sistema de gestão de dados, a qual poderá ter como variáveis de entrada: VIN, modelo, versão, cor, status e tempo de permanência. O sistema deverá possibilitar a combinação de diferentes variáveis de entrada para garantir uma busca refinada. O inventário geral dos veículos deverá ser gerado no próprio sistema de gestão de dados, o usuário precisará informar os dados que deseja visualizar no relatório. O sistema deverá gerar os relatórios de modo que possam ser convertidos em planilhas do aplicativo Excel.

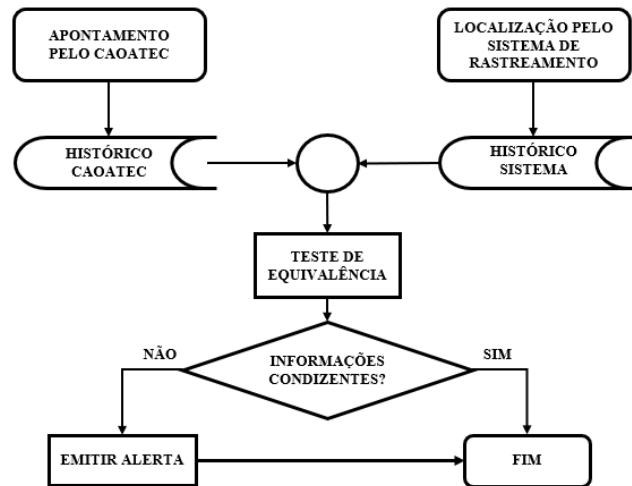
Para possibilitar a confecção da proposta comercial por parte dos fornecedores, as áreas de rastreamento foram medidas a partir da planta baixa da montadora. A área total em que os veículos do processo citado devem ser rastreados foi estimada em **54.740m²**, sendo, 41.525m² de área a céu aberto e 13.215m² de área coberta. Para uma primeira etapa, exige-se que o sistema tenha capacidade (de *hardware* e *software*) para monitorar até **500** veículos. Os módulos de rastreamento deverão ser reutilizados, não continuando anexado ao veículo após o processo.

A interface do sistema de gerenciamento de dados deve ser desenvolvida para mostrar a localização do veículo na planta fabril, a planta baixa será disponibilizada para o fornecedor a fim de possibilitar tal desenvolvimento. O ideal é que a localização de todos os veículos monitorados apareça no mapa da planta em tempo real. Com tal visualização, o colaborador que desejar realizar algum procedimento em algum veículo, precisará apenas realizar a pesquisa do mesmo no sistema e dirigir-se até o local indicado.

Além disso, o sistema de gerenciamento de dados deverá informar o tempo de permanência do veículo em cada estação, bem como seu respectivo histórico de movimentações. Tais dados deverão ser independentes dos apontamentos feitos no sistema CAOATEC. Desse modo, os dados deverão ser adquiridos a partir do monitoramento contínuo da localização do veículo dentro do processo. Esse modo de aquisição de informações visa possibilitar o confronto entre os dados advindos do monitoramento da localização com os dados inseridos no sistema CAOATEC, possibilitando o mapeamento de possíveis falhas de

transferência. A figura 17 consiste no fluxo da lógica de comparação entre os dados provenientes do CAOATEC e os dados adquiridos pelo sistema de rastreamento, caso as informações de ambos não sejam equivalentes, o sistema emite um alerta. Tal situação pode configurar uma falha de apontamento ou uma movimentação inadequada.

Figura 17 - Fluxo lógico da comparação de dados no sistema



Fonte: Próprio autor.

Os dados de tempo de permanência poderão ser utilizados para análise do tempo de atravessamento das estações de testes. Desse modo, permitir a elaboração de ações para o balanceamento do tempo entre as estações do processo. Além do mais, possibilitar a análise do tempo médio de reparo em cada estação dessa modalidade.

Os módulos de rastreamento necessitam de requisitos mínimos para uma boa operação no processo, Rodrigues, Cuginsasca, e Queiroz Filho (2009) destacam que tais equipamentos devem apresentar robustez para suportar as condições típicas do ambiente, como temperaturas elevadas, sujeiras e impactos. Por analogia, os requisitos dos módulos para o projeto de rastreabilidade remota foram definidos da seguinte maneira:

- a) os veículos são expostos a temperaturas elevadas, sendo que seu interior pode chegar a temperaturas de até 60 °C, o dispositivo de rastreamento deverá suportar tal temperatura sem sofrer danos;
- b) os veículos são expostos a atmosferas com alta umidade relativa; deve ser prevista a resistência do dispositivo de rastreamento para ambientes úmidos;
- c) durante o teste de pista, o veículo é submetido a trepidações; o dispositivo de rastreamento deverá ter resistência e/ou ser protegido de impactos moderados;

- d) o sinal do dispositivo de rastreamento não pode causar interferências no sinal da antena da chave e, também, na antena da central multimídia do veículo;
- e) o dispositivo de rastreamento deverá ter uma bateria interna que possibilite uma vida útil de, pelo menos, cinco anos.

O local para a alocação do dispositivo de rastreamento não foi estabelecido como norma para os fornecedores, porém, idealiza-se que o mesmo seja acoplado ao retrovisor central dos veículos.

4.4 Impacto Esperado

A partir da definição do escopo, realizou-se uma análise para comparar a situação atual em relação à situação prevista após a implantação do projeto. O método de avaliação e os principais resultados serão expostos nesta seção.

A implementação do projeto visa eliminar a atividade de coleta de dados que atualmente é feita de forma manual diariamente ao final do turno produtivo. Os dados adquiridos no inventário físico são consolidados em planilhas para posterior exposição na reunião de fechamento diário.

O reporte dos dados do inventário para a diretoria da montadora é feito diariamente na reunião de fechamento diário, após o turno produtivo. Esses são os principais dados para a gestão da produção na planta fabril, por isso, eles devem ser tão precisos quanto possível. O reporte é feito de forma manual e demanda o serviço de aproximadamente três colaboradores.

Outra situação que demanda a localização de veículos específicos ocorre quando se identifica um problema de qualidade advindo dos defeitos na fabricação de alguma peça componente. Dessa forma, realiza-se uma verificação em todos os veículos que utilizaram peças daquele lote. Para realizar essa atividade é necessário encontrar todos esses veículos para a devida inspeção. Tal atividade é denominada “campanha” e, normalmente, é realizada nos pátios de alocação dos veículos. Com a implementação do sistema de rastreabilidade remota, visa-se excluir a necessidade de procura física desses veículos, o sistema indicará a localização de cada um, e então, um movimentador buscará esse veículo para o procedimento de inspeção em uma área dedicada para essa atividade.

Na tabela 3 estão expostas as reduções percentuais para cada atividade impactada pela implementação do projeto, bem como a economia monetária estimada com a redução horária de trabalho manual (análise realizada para o período de um ano). Tais dados foram calculados

com base em tomadas de tempo para cada atividade que é realizada na atualidade. Essas informações foram registradas em planilhas e posteriormente foi calculado o tempo médio para cada atividade. Em seguida, foi efetuada uma estimativa da redução de mão de obra (horas/colaborador) dedicada. Essa estimativa foi realizada a partir da análise conjunta entre a equipe de projetos e os colaboradores envolvidos.

Tabela 3 - Ganhos na dedicação de mão de obra por ano

ATIVIDADE	REALIZADA POR:	REDUÇÃO %	REDUÇÃO R\$
COLETA DE DADOS DO INVENTÁRIO	ESTAGIÁRIOS	100,00%	R\$ 8.128,68
ENCONTRAR VEÍCULO ESPECÍFICO	LÍDERES, MOVIMENTADORES, REPARADORES E ESTAGIÁRIOS	76,52%	R\$ 97.545,94
ELABORAÇÃO DO DOCUMENTO DE INVENTÁRIO	SUPERVISORES, ENGENHEIROS, ANALISTAS E ESTAGIÁRIOS	94,15%	R\$ 18.896,76
REPORTAR DADOS DO INVENTÁRIO	ENGENHEIROS, ANALISTAS E ESTAGIÁRIOS	54,50%	R\$ 1.570,45
REALIZAÇÃO DE CAMPANHAS NOS PÁTIOS	ENGENHEIROS, ANALISTAS E ESTAGIÁRIOS	100,00%	R\$ 19.748,46
		85,03%	R\$ 145.890,29

Fonte: Próprio autor.

Considerando os salários e encargos trabalhistas de cada colaborador, a redução em custo de mão de obra dedicada foi estimada em **R\$145.890,29** por ano, o que representa uma redução do tempo dedicado de **85,03%**, permitindo o redirecionamento para atividades que agreguem valor ao produto.

A tabela 4 mostra o resultado da estimativa de redução de horas para cada cargo envolvido nas atividades que serão impactadas com a implementação do projeto. Os dados da tabela 4 são advindos da mesma fonte de dados da tabela 3.

Tabela 4 - Redução da carga horária por cargo em um ano

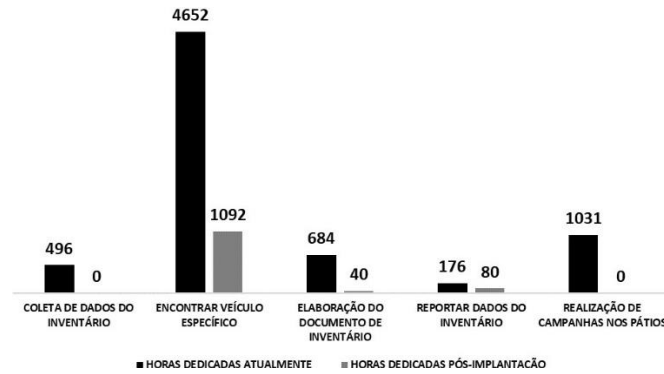
CARGO	REDUÇÃO EM HORAS – ANUAL
ENGENHEIRO	81,60
ANALISTA	122,40
ESTAGIÁRIO	2740,80
SUPERVISOR	81,60
LÍDER	482,40
MOVIMENTADOR	752,64
REPARADOR	1418,47
TOTAL	5679,91

Fonte: Próprio autor.

Após implantado, espera-se que o sistema de rastreamento mude o perfil das atividades relacionadas com o controle dos veículos no processo de controle de qualidade. A figura 18

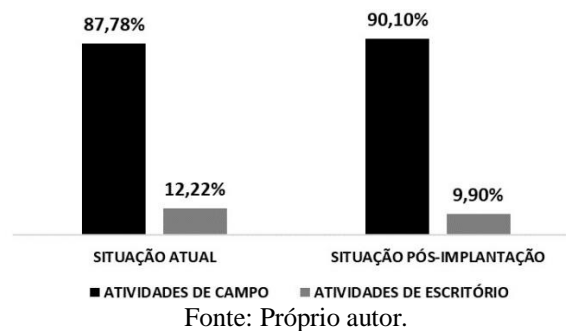
consiste em um gráfico que mostra a comparação das horas dedicadas pelos colaboradores na situação atual e na pós-implantação do projeto (estimativa).

Figura 18 - Comparativo horas/atividade entre situação atual/situação pós-implantação



A figura 19 consiste no gráfico comparativo percentual entre os perfis das atividades que deverão ser impactadas. O gráfico apresenta a situação atual e a situação prevista para após a implantação da rastreabilidade. O perfil das atividades foi dividido entre: atividades de campo (que acontecem nas estações e nos pátios) e atividades de escritório (realizadas no computador).

Figura 19 - Comparativo entre atividades de campo e de escritório



Ao realizar uma análise do gráfico da figura 18, percebe-se que a implementação do sistema de rastreamento tende a reduzir significativamente o tempo dedicado tanto para as atividades de campo, quanto para as atividades realizadas em escritório. Por outro lado, analisando o gráfico da figura 19, à primeira vista, constata-se que a relação percentual, entre mão de obra dedicada para atividade de campo e atividades de escritório, não tende a sofrer grandes alterações. Porém, a análise do gráfico da figura 19 deve ser feita em conjunto com a tabela 3, tendo em vista que algumas atividades de campo envolvem mais de um cargo, e que alguns cargos (de caráter administrativo) poderão cessar com tais atividades. Desse modo,

colaboradores do “chão de fábrica” munidos com informações do sistema poderão realizar atividades sem precisar do auxílio dos colaboradores de cargos administrativos.

É importante citar atividades adicionais devem surgir em função da implementação do projeto, alguns exemplos são: anexar o módulo de rastreamento no veículo, vincular o código do módulo com o VIN, resetar os dados dos módulos, transportar os módulos do ponto de retirada para o ponto de colocação, entre outros. Essas atividades ainda não tiveram um tempo estimado. Contudo, espera-se que tal tempo incrementado seja pequeno frente ao tempo total economizado.

Outras reduções de gasto são esperadas, porém, não foi possível estimá-las. Uma delas será a redução de gastos com combustível para movimentação dos veículos nos pátios da montadora, uma vez que com o sistema de rastreabilidade será possível uma melhor gestão da alocação dos veículos, evitando movimentações desnecessárias. Outros estudos, realizados paralelamente a esse projeto, indicam um gasto anual em torno R\$82.220,00 para substituição das baterias de determinados veículos produzidos. Isso ocorre, pois, ao ficar muito tempo parado e sem funcionamento, o veículo tende a sofrer uma descarga da sua respectiva bateria. Para garantir a qualidade do produto, a CAO A substitui todas as baterias que apresentem desempenho abaixo do especificado, o que acarreta custos não previstos. Com o sistema de rastreamento, planeja-se identificar o tempo de permanência dos veículos nos pátios e, com tal informação, pretende-se gerir manutenções preventivas para que as baterias dos veículos não descarreguem. O valor estimado com o estudo servirá de parâmetro para comparar a situação antes e depois da implantação do projeto.

4.5 Plano Piloto

O plano piloto consiste em uma etapa de teste para validar a tecnologia aplicada. Essa etapa se denomina *Proof Of Concept* (POC). Inicialmente a rastreabilidade será testada nos veículos em uma parte do processo avaliativo da CAO A Montadora. Oliveira (2010) indica que “quando a mudança implementada é complexa e, além disto, há resistências à mudança, a melhor estratégia é iniciar a implantação por um processo piloto e, após, fazer um plano de ação para as demais implantações”.

Uma versão inicial do sistema de gerenciamento de dados, para ser usado na POC, foi desenvolvida em parceria com os fornecedores. Os mesmos apresentaram uma plataforma já existente (que é utilizada em uma empresa de outro segmento) e solicitaram que a equipe de projeto elaborasse um documento de equivalência, ou seja, dados para possibilitar a adaptação

da plataforma já existente para a utilização na problemática da CAO Montadora. A tabela 5 apresenta alguns dados que foram colocados no documento solicitado pelos fornecedores. A coluna “campo atual” faz referência aos títulos dos campos de dados que deverão ser substituídos pelos títulos expostos na coluna “campo adaptado”.

Tabela 5 - Dados para adaptação da plataforma digital

CAMPO ATUAL	CAMPO ADAPTADO	DETALHE DO DADO	EXEMPLO DO DADO
Dt. Chegada	VIN do veículo	17 Dígitos	95PACL51DLB002945
Fornecedor	Modelo do Veículo	Texto	CAOACHERY TIGGO 7
Transportador	Status Produtivo	Texto	SIGN OFF ENTRADA
Placa	ID do Rastreador	Sequência de dígitos	

Fonte: Próprio autor.

Os nove primeiros dígitos do VIN identificam o modelo do veículo, dessa forma, o modelo não precisaria ser preenchido manualmente. A tabela 6 foi elaborada para que os fornecedores desenvolvessem o sistema de gerenciamento de dados de forma a identificar do modelo através da inicial do VIN. A tabela 6 expõe os dados que foram repassados para os fornecedores desenvolverem tal aplicação. Na tabela é possível notar a inicial do VIN que caracteriza cada modelo produzido na planta de Anápolis.

Tabela 6 - Relação VIN com modelo

INICIAL DO VIN	MODELO
95PGA18FP	CAMINHAO HYUNDAI HD80
95PBAK51B	CAOACHERY TIGGO 5X T
95PBCK51D	CAOACHERY TIGGO 5X TXS
95PAAL51B	CAOACHERY TIGGO 7 T
95PACL51D	CAOACHERY TIGGO 7 TXS
95PZBN7KP	HR - 2.5 TCI HD EUV PE
95PJV81DB	IX35 GL 2.0 AUT
95PJW81DB	IX35 GLS 2.0 AUT
95PJ3812G	TUCSON TURBO GLS 1.6 GDI AUT
95PDCM61D	CAOACHERY TIGGO 8 TXS

Fonte: Próprio autor.

O documento de equivalência que foi elaborado contém toda a gama de dados possíveis para identificação dos veículos rastreados, assim como, todos os endereços que o veículo poderá percorrer durante a realização da POC.

Após as adaptações, o sistema de gerenciamento de dados para o plano piloto foi desenvolvido. Tal plataforma possibilita o cadastro e monitoramento da localização dos

veículos que possuam o módulo de rastreamento anexado. Outras ferramentas encontradas neste sistema são: realizar transferências entre estações, monitorar o tempo de permanência do veículo em determinado local, monitorar o histórico de movimentações do veículo, criação de alertas para situações específicas, permitir a busca da localização de um veículo específico, localização de veículos por status e/ou característica e, permitir a realização de um inventário instantâneo.

A versão desenvolvida para POC foi idealizada para ser, em um primeiro momento, independente do sistema CAOATEC MES. Por conta disso, o sistema referido tem funções de transferências de veículos semelhantes às que já são usadas no sistema CAOATEC. A etapa de testes (POC) não contempla a integração entre o sistema desenvolvido e o sistema já utilizado. A figura 20 consiste em uma imagem da tela de vínculo sistêmico entre o módulo de rastreamento e o veículo.

Figura 20 - Tela da plataforma desenvolvida para vincular o rastreador com o veículo

The screenshot displays the CAO system interface. At the top, there is a navigation menu with options: Home, Monitoramento, Cadastros, Informações, Transporte, Configuração, and Acesso. Below this, there are sub-menus for Agendamento (Geral), Agendamento (Lista), RNC, Alerta, Mapa, Mapa Mix, Auditoria, Localizador, Expedição, and Janelas (Integradas). The main area shows a 'Janelas' dropdown set to 'CAOA' and input fields for 'Número Viagem' and 'Número Vin'. A central 'INSERIR' button is visible. Below this, there are sections for 'Em Andamento - (2)', 'Encerradas - (0)', and 'Mensagens (0)'. A table lists existing vehicle links:

Vincular	Cancelar	Nº Viagem	Data	Vin
		4810	24/06/2020 21:04:46	95PBAK51BM
		4811	25/06/2020 11:32:50	3652145698

To the right, a 'Vincular' form is open, containing the following fields:

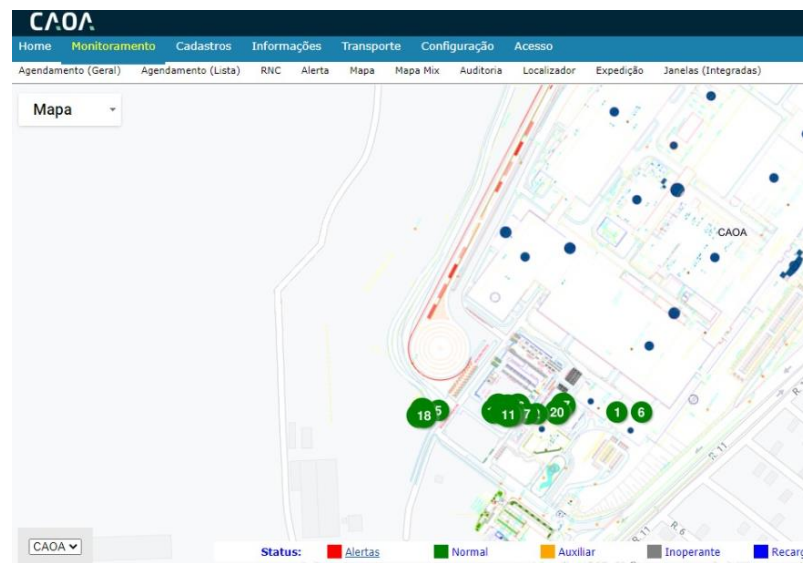
- Data: 09/10/2020 12:21:08
- Vin: 95PDCM61DMB000301
- Modelo Veiculo: CAOACHERY TIGGO 8 TXS
- Status Produtivo: SIGN OFF ENTRADA
- Prisma: 12

At the bottom of the form are three buttons: VOLTAR, LIBERAR, and SALVAR.

Fonte: Desenvolvido por E-Trind Soluções em Sistemas (acervo do autor).

Na figura 21 é possível notar a localização dos veículos monitorados sobre a área da montadora. Esse desenvolvimento foi feito em conjunto entre a equipe de projeto da CAO Montadora e os fornecedores. Nessa aplicação será possível visualizar a localização (em tempo real) de cada veículo que contenha rastreador vinculado.

Figura 21 - Tela da plataforma para localização dos veículos na planta fabril



Fonte: Desenvolvido por E-Trind Soluções em Sistemas (acervo do autor).

No sistema a ser desenvolvido para a implementação, idealiza-se que o histórico de movimentações seja obtido a partir do monitoramento contínuo da localização do veículo. Para possibilitar tal ação, o sistema deverá identificar áreas de monitoramento devidamente distinguidas, a partir do momento em que o veículo entra em uma área, um contador é ativado para monitorar o tempo de permanência. Pode ocorrer de um veículo adentrar em uma área apenas por motivo de movimentação, ou seja, não será realizado nenhum procedimento naquele veículo. Para que o histórico de movimentações não conste informações desnecessárias, cada área terá um tempo mínimo de permanência para que a presença do veículo seja registrada em seu histórico. Se o contador não atingir um tempo mínimo especificado, aquela movimentação não constará no histórico do veículo. Esses tempos deverão ser determinados pela equipe de projeto durante a realização da POC.

4.6 Oportunidades de Expansão

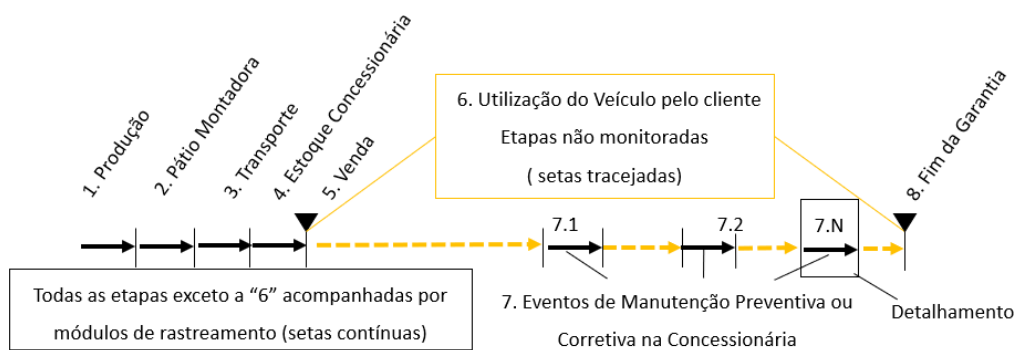
Durante a elaboração do projeto de rastreabilidade remota, novas ideias surgiram e diferentes projetos se juntaram. O grupo CAOΛ pretende implementar a rastreabilidade de todos os veículos produzidos nas plantas de Anápolis- GO e Jacareí- SP. Idealiza-se que rastreabilidade contemple a produção, distribuição, vendas e pós-vendas (período de garantia). O presente trabalho trata da análise do projeto para o primeiro bloco de controle, consistindo na montadora Anápolis (produção).

A ideia principal é que o módulo de rastreamento fique permanentemente anexado à estrutura do veículo. Desse modo, o mesmo deverá ser usado nas seguintes etapas:

- a) produção: monitorar o veículo no processo de controle de qualidade dentro da montadora (para o projeto estendido, essa parte é referida como “produção”);
- b) pátios de distribuição (da CAO e da transportadora): monitorar a presença e tempo de permanência do veículo;
- c) distribuição: monitorar o evento de embarque e desembarque do veículo no caminhão cegonha (saída do pátio e chegada na concessionária/pátio de transição), além de, monitorar o *smartphone* do motorista do caminhão durante o trajeto. Idealiza-se que o *smartphone* capte o sinal do módulo de rastreamento para assegurar que o produto (veículo) está embarcado no caminhão;
- d) vendas: monitorar a presença e tempo de permanência dos veículos alocados para vendas nas concessionárias, possibilitando um inventário detalhado e alertas de baixa quantidade de veículos de características específicas;
- e) pós-vendas: identificar a presença de um veículo e vinculará essa informação com os dados do proprietário e com o histórico de manutenções cadastrado, durante o período de garantia.

A figura 22 detalha as etapas em que o módulo de rastreamento será usado para monitoramento do veículo.

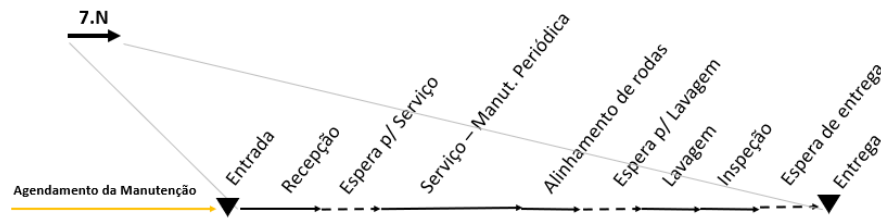
Figura 22 - Detalhamento da rastreabilidade dos veículos no projeto estendido



Fonte: Próprio autor.

A figura 23 detalha os eventos de manutenção programada na concessionária (etapa 7 da figura 22). Quando o veículo adentrar à concessionária, o sistema de rastreamento deverá identificar o mesmo automaticamente, além disso, o sistema deve indicar em qual estação interna da concessionária o veículo se encontra.

Figura 23 - Detalhamento das estações de manutenção periódica



Fonte: Próprio autor.

O grupo CAO A é proprietário de cerca de 80% das concessionárias que vendem os veículos produzidos pelas montadoras. A rastreabilidade dos procedimentos de manutenção durante o período de garantia deverá ser usada para gerar índices de qualidade que impactarão em estratégias produtivas nas montadoras. Esse projeto requer alta atenção à lei geral de proteção de dados (LGPD). Atualmente, tal projeto já está sendo dimensionado e orçado para uma fase de testes.

4.7 Alternativas de Subvenção

Ao longo da elaboração do escopo do projeto notou-se que a implantação do mesmo demandaria valores significativos, desse modo, a equipe de projeto iniciou uma pesquisa por meios de subvenção voltados para projetos desenvolvidos por empresas brasileiras.

A primeira alternativa consultada foi o edital de subvenção econômica para projetos inovadores da Finep. A Finep é uma empresa pública do ministério da ciência, tecnologia e inovação (MCTI) que objetiva fomentar projetos brasileiros (FINEP, 2020). Logo após, a segunda alternativa consultada foi o EMBRAP II, uma associação brasileira de pesquisa e inovação industrial, que apoia instituições de pesquisa tecnológica fomentando a inovação na indústria brasileira (EMBRAP II, 2020). A tabela 7 apresenta um comparativo entre o edital de 2020 para apoio a tecnologia 4.0 da Finep e a subvenção a partir do EMBRAP II no mesmo período. Tal comparativo foi elaborado pela equipe de projeto para apresentação à diretoria da empresa.

Na tabela 7 é possível notar a razão de subvenção para cada programa aplicado a realidade dos projetos desenvolvidos pela CAO A Montadora, ou seja, a parcela do projeto que o programa paga sem exigir reembolso. A Finep tem por característica abrir editais de concorrência onde diversas empresas se candidatam, já o EMBRAP II consiste em um programa que está sempre aberto para que empresas possam solicitar a subvenção. Acerca da documentação exigida, a candidatura através do EMBRAP II apresentou como vantagem a

possibilidade da revisão durante o processo, por outro lado, a candidatura pelo edital da Finep costuma acontecer através de um formulário padrão que não permite revisões após enviado. Ambos os programas oferecem subvenção apenas para pesquisa, desenvolvimento ou inovação. Contudo, o programa não paga pela aplicação da solução, mas sim pelos custos do seu desenvolvimento. Outra opção interessante para a subvenção foi o programa denominado Rota 2030. Tal programa foi desenvolvido especificamente para a indústria automotiva e tem parâmetros de elegibilidade semelhantes aos programas já citados.

Tabela 7 - Comparativo entre EMBRAPPII e Finep

PARÂMETRO	EMBRAPPII	FINEP
RAZÃO DE SUBVENÇÃO	33,33%	50%
TEMPO PARA SUBMETER	ABERTO	ABERTO SAZONALMENTE
TEMPO DE AVALIAÇÃO	15 DIAS EM MÉDIA	70 DIAS EM MÉDIA
CONCORRÊNCIA	BASTA ATENDER OS CRITÉRIOS	MUITO ALTA
POSSIBILIDADE DE REVISÕES	EXISTE	NÃO EXISTE
VÍNCULO COM ICT	OBRIGATÓRIO	DESEJÁVEL
CUSTO ABRANGIDO	CUSTO DE DESENVOLVIMENTO	CUSTO DE DESENVOLVIMENTO
VALOR MÍNIMO DO PROJETO	NÃO ESPECIFICADO	1 MILHÃO
VALOR MÁXIMO DO PROJETO	NÃO ESPECIFICADO	10 MILHÕES

Fonte: Próprio autor.

Durante esse processo, foram contatadas consultorias especializadas em meios de subvenção para projetos inovadores, uma delas foi a coordenação da unidade EMBRAPPII de inteligência artificial da Universidade Federal de Goiás (UFG). As reuniões abordaram discussões sobre tecnologias, como funcionam os programas de subvenção e quais fases do projeto podem ser subsidiadas pelos programas citados. Outro meio estudado foi a lei nº 11.196/05 conhecida como “Lei do Bem” que oferece incentivo fiscal para empresas que investem em inovação. O conhecimento adquirido foi documentado com a finalidade de ser usado no projeto de rastreabilidade remota ou em outros projetos futuros que a empresa venha a desenvolver.

4.8 Discussões

O estudo das tecnologias aplicadas à rastreabilidade dos veículos no processo de controle de qualidade resultou em algumas constatações acerca das melhores tecnologias e métodos para serem aplicados como solução da problemática.

Dentre as tecnologias estudadas, a *Bluetooth Low Energy* (BLE) foi a que se apresentou mais interessante quando aplicada como tecnologia solucionadora. Em virtude de apresentar a melhor relação custo-benefício, além de ser uma tecnologia flexível que possibilitaria a integração com projetos futuros.

As demais tecnologias RTLS (LoRaWAN e UWB) também se apresentaram como uma boa solução para o rastreamento dos veículos, porém, apresentam um alto custo de implantação, quando comparadas com o BLE. A *Ultra Wideband* (UWB) tem o benefício de oferecer a melhor precisão e maior capacidade de transferência de dados, enquanto o LoRaWAN tem como principal benefício o longo alcance de rastreamento, o que resulta na necessidade de um número reduzido de antenas. Contudo, como a problemática apresentada não exige um nível de acurácia tão refinado quanto o UWB pode oferecer, uma vez que os veículos ocupam uma área considerável, uma precisão de até 10 metros seria razoável. Analisando-se a solução pela tecnologia LoRaWAN, seus respectivos módulos e antenas tem um alto valor agregado (quando comparado com as outras tecnologias) e a utilização de um número reduzido de antenas dificultaria o zoneamento das pequenas áreas, resultando em um rastreamento pouco detalhado.

A solução BLE necessitaria de uma quantidade de *gateways* próxima da quantidade necessária pela solução UWB, porém, os *gateways* BLE apresentam um valor reduzido quando comparados com os *gateways* UWB, assim como os módulos da tecnologia BLE (*Beacon*) são mais vantajosos em custo do que os módulos UWB.

Tratando-se da capacidade de armazenamento e transferência de informações, o UWB e o LoRaWAN são superiores quando comparados ao BLE. Contudo, a necessidade de armazenamento e transferência de dados entre os módulos e os leitores é bem atendida pelo BLE. Tendo em vista que as informações do veículo deverão ser armazenadas no próprio sistema de gestão, a função do módulo será apenas a de vincular a localização com os dados do veículo. Assim, o módulo agirá como um gatilho para fazer com que o sistema busque informações relacionadas a um determinado veículo. Idealiza-se que as informações sejam armazenadas na nuvem, sendo assim, a capacidade de armazenamento e transferência de dados do módulo de rastreamento não tende a ser um ponto crítico.

A tecnologia RFID se apresentou como uma solução mais limitada quando comparada com as soluções RTLS. A solução utilizando apenas o RFID impossibilita o rastreamento em tempo real. Apesar de, à primeira vista, parecer uma solução barata, o RFID necessita de instalações de portais de leitura, bem como, da delimitação de fronteiras para possibilitar que os veículos só entrem e saiam de uma determinada área passando pelos portais. Tudo isso resultaria em custos com obras civis e prováveis mudanças nos procedimentos de

movimentação dos veículos. Além disso, acredita-se que o sistema de rastreamento de veículos só seria confiável caso não houvesse falhas no procedimento de movimentação, ou seja, essa solução tem alta dependência da operação humana.

A solução usando RFID foi considerada como uma concorrente devido a sua alta popularidade nas aplicações de rastreabilidade para indústria. Porém, para a problemática proposta, onde o fluxo do produto é diversificado, uma solução utilizando somente RFID não resulta em grandes vantagens. A relação custo-benefício tende a ser baixa, tendo em vista que as falhas operacionais resultariam em problemas que demandariam demasiada mão de obra para solucionamento.

Analizando o sistema de gerenciamento de dados que deve ser desenvolvido pelos fornecedores, deduz-se que é essencial a integração do mesmo com CAOATEC MES. Embora, essa integração sirva, a princípio, apenas para confrontar os dados, constatou-se que a variedade das fontes de dados tende a conferir maior confiabilidade para a gestão do processo. O sistema de gerenciamento da tecnologia rastreadora deverá utilizar de uma lógica que associa o status do veículo com a sua localização, já o CAOATEC, continuará a obter a localização através dos “apontamentos” que são realizados pelos colaboradores. Essa lógica, tem o intuito de possibilitar que o sistema de gerenciamento de dados encontre divergências entre a localização do veículo e seu respectivo status reportado no CAOATEC. Dessa forma, será possível emitir alertas quando tais informações (status e localização real) forem incoerentes uma com a outra. O tempo de permanência (*aging*) deverá ser monitorado a partir das informações do rastreamento do veículo.

Tendo em vista o parágrafo anterior, constata-se que será necessário zonar (sistemicamente) a área de monitoramento da planta fabril em áreas menores, ou seja, por mais que o sistema entregue o ponto de localização real do veículo (com uma precisão de até dez metros), ainda será necessário que o sistema identifique à qual área aquele ponto pertence. Só assim será possível identificar o tempo de permanência e as falhas de apontamento. Enquanto o veículo não ultrapassar as fronteiras de uma determinada área, o tempo de permanência continuará contando. Isso evita que as manobras que um veículo experimenta (dentro de uma estação ou pátio) sejam interpretadas como movimentações de processamento.

Outra constatação feita, foi que a precisão da localização pode ser diferente para as diversas áreas. Quando um veículo estiver em uma estação de trabalho (teste de rolo, por exemplo) não será necessária uma precisão tão acurada, porém, quando o veículo estiver em um pátio, uma precisão de até dez metros é necessária. Isso ocorre, pois, encontrar um veículo em uma estação de processo é uma tarefa mais simplificada do que encontrar um veículo em

um pátio de alocação. Nos pátios são alocados veículos de modelos e cores iguais, alguns deles podem armazenar até 800 veículos, em média.

Para a pista de testes, constatou-se que apenas a identificação de entrada e saída seria suficiente para um bom monitoramento. Tal estação consiste em uma grande área, e monitorar o veículo durante todo o percurso resultaria em um grande custo com equipamentos e infraestrutura. Ao final do turno produtivo, nenhum veículo fica alocado na pista de teste e, desse modo, a realização de um inventário geral não seria prejudicada.

Para finalizar as discussões, é importante relatar que quando o presente trabalho foi proposto, um memorial descritivo do projeto acabava de ser lançado para concorrência de mercado. Tal memorial foi redigido com base na análise aqui citada. Os fornecedores poderão apresentar soluções mistas (com mais de uma tecnologia) e até mesmo, novas tecnologias. Contudo, a análise feita servirá para direcionar os fornecedores no desenvolvimento das propostas, e orientar a elegibilidade da proposta vencedora. A decisão final deve ser tomada pela diretoria da empresa, embasada na análise reportada pela equipe de projeto. Após a seleção da proposta vencedora, os fornecedores deverão fazer uma prova de conceito (POC), caso os parâmetros estipulados sejam atendidos, a implantação total deve ser realizada.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um estudo sobre sistemas para implementar a rastreabilidade remota dos veículos em um processo com fluxo diversificado, sendo esse processo, os testes de qualidade. A problemática inicial consistiu em propor soluções que possibilitariam um inventário assertivo dos veículos presentes no processo, porém, com o estudo das tecnologias, perceberam-se oportunidades de melhoria na gestão do controle de qualidade. A rastreabilidade dos produtos no processo de controle de qualidade representa um avanço no sentido da indústria 4.0. A sinergia entre os índices de qualidade com os dados de produção permite uma gestão mais assertiva da manufatura como um todo. Veículos são produtos de alto valor agregado que exigem segurança e qualidade assegurada. Falhas na gestão dos processos citados tendem a impactar negativamente na lucratividade da empresa e na satisfação do cliente.

Primeiramente, estudou-se o processo de testes do controle de qualidade, para então, definir as oportunidades de melhoria. Essas oportunidades, juntamente com alguns quantitativos levantados, compuseram a primeira versão do escopo. Contudo, na fase posterior, o estudo das tecnologias habilitadoras possibilitou uma adequação do escopo do projeto, e uma melhor definição dos requisitos. Os fornecedores contactados prestaram grande auxílio, possibilitando a visibilidade de novas oportunidades de melhoria. Com isso, concluiu-se que conhecer as possíveis soluções, sem dúvidas, colaborou para uma melhor definição do escopo do projeto.

Tratando-se da avaliação dos sistemas estudados, notou-se que as tecnologias mais antigas e populares tendem a serem avaliadas como soluções de elevada elegibilidade, como o caso da tecnologia RFID. Tecnologias mais antigas costumam ter custos menores e uma maior disponibilidade no mercado. Uma das fases mais longas do projeto consistiu em verificar, através da relação custo-benefício, que tecnologias mais recentes poderiam resultar em soluções com maior abrangência e, ainda assim, ter um baixo risco tecnológico.

A tecnologia RFID foi a primeira candidata para a solução da problemática, tendo em vista que o objetivo inicial consistia em, apenas, garantir um inventário rápido e preciso, sem muitos detalhes. O estudo das tecnologias do tipo *Real Time Location System* (RTLS) possibilitou planejar a ampliação da solução de rastreamento para monitorar, em tempo real, os testes e retrabalhos componentes do controle de qualidade.

O custo foi um dos principais fatores para a avaliação das tecnologias habilitadoras. Com efeito, definir o ponto ótimo que a solução deveria atingir consistiu em uma tarefa

minuciosa. A inclusão de uma tecnologia tende a eliminar algumas atividades e exigir que outras novas sejam implementadas. Novas atividades demandariam novos custos. A definição da solução mais adequada consistiu em analisar a tecnologia que possuísse a melhor relação entre redução da mão de obra empregada (para o controle do inventário) e a menor mão de obra adicionada para a sua operação. Dentre as quatro tecnologias analisadas, a BLE, UWB e LoRa (utilizada pelo protocolo LoRaWAN) apresentaram desempenhos semelhantes nesse quesito. Contudo, dessas três, a tecnologia que apresentou o menor custo foi a *Bluetooth Low Energy* (BLE). Com a desvantagem de possuir uma precisão inferior à da UWB e um alcance inferior ao do LoRaWAN. Apesar disso, para a aplicação proposta, a solução utilizando BLE parece atender perfeitamente os requisitos impostos para precisão e alcance. Ademais, BLE apresentou uma capacidade de transferência de dados adequada.

Outro tema recorrente foi a cibersegurança. Idealizou-se que os dados obtidos pela rastreabilidade dos veículos, juntamente com a integração com o sistema COATEC MES, fossem armazenados em nuvem. Desse modo, apenas usuários cadastrados e autorizados deverão possuir acesso. Técnicas sobre cibersegurança não foram discutidas neste trabalho, porém, para os fornecedores, foi exigido um alto nível de segurança e atenção à Lei Geral de Proteção de Dados (nº 13.709) que vem passando por adequações.

Disciplinas do curso de Engenharia Mecânica abordam assuntos pertinentes ao tema, as principais foram: gestão dos sistemas de produção, manufatura assistida por computador e controle de qualidade. Outras competências, não abordadas no curso, também compuseram o estudo citado. Tais competências consistem em: tecnologias de rastreamento, topologias de rede de comunicação, sistemas de gerenciamento de dados, meios de captação de recursos para projetos, entre outras.

Em suma, todo o estudo e aprendizado relatado nesse trabalho, serviu para a elaboração do memorial descritivo, bem como, servirá para eleger a proposta vencedora. Por fim, destaca-se que a equipe de projeto foi a maior beneficiada com o conhecimento e amadurecimentos para as futuras negociações e ampliações do projeto.

Trabalhos futuros poderão ser desenvolvidos para o escopo expandido do projeto, tendo em vista que o mesmo aborda também a distribuição, vendas e pós vendas. Será necessário um estudo do impacto do projeto nas atividades relacionadas e também um estudo minucioso sobre a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Outra análise pertinente consiste no estudo da integração entre a tecnologia de rastreamento com tecnologias que possibilitem a telemetria dos veículos durante o uso. Os automóveis já possuem diversos elementos sensores que monitoram o desempenho do veículo, e transmitir esses dados para a fabricante (através de um sistema de

comunicação) colabora para um melhor desenvolvimento dos produtos futuros e, ainda, um melhor atendimento dos clientes atuais.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, A. S.; VASCONCELLOS, P. **Bluetooth Low Energy: Implementação**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Departamento de Engenharia Eletrônica (DEL), Rio de Janeiro, Brasil, 2012. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2012_2/bluetooth/implementacao.htm. Acesso em: 12 dez. 2020.

BRASILCLOUD. **O que é latência em redes**. Disponível em: <https://brasilcloud.com.br/duvidas/e-latencia-em-redes/>. Acesso em: 23 nov. 2020.

COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. Universidade de Coimbra. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Departamento de Engenharia Mecânica. Coimbra, Portugal, 2016.

CORREA, A. E. S. **REDES RFID E NFC: Funcionamento e Aplicações**. Monografia - Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

EMBARCADOS. **Visão Técnica do Bluetooth Smart**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/bluetooth-smart-visao-tecnica/>. Acesso em: 23 nov. 2020.

EMBRAPPII. **Quem somos**. Disponível em: [https://embrappii.org.br/institucional/quem-somos/#:~:text=A%20EMBRAPPII%20\(Associa%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de,a%20inova%C3%A7%C3%A3o%20na%20ind%C3%BAstria%20brasileira](https://embrappii.org.br/institucional/quem-somos/#:~:text=A%20EMBRAPPII%20(Associa%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de,a%20inova%C3%A7%C3%A3o%20na%20ind%C3%BAstria%20brasileira). Acesso em: 28 dez. 2020.

FERNÁNDEZ-CARAMÉS, T. M; BLANCO-NOVOA, O; FROIZ-MÍGUES, I; FRAGALAMAS, P. Towards an Autonomous Industry 4.0 Warehouse: A UAV and Blockchain-Based System for Inventory and Traceability Applications in Big Data-Driven Supply Chain Management. **Sensors**, v. 19, n.10, p. 1-31, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/s19102394>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/10/2394>. Acesso em: 24 set. 2020.

FINEP. **Sobre a Finep**. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/sobre-a-finep>. Acesso em: 28 dez. 2020.

FRANKÓ, A.; VIDA, G.; VARGA, P. Reliable Identification Schemes for Asset and Production Tracking in Industry 4.0. **Sensors**, v. 20, n. 13, p. 1-24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20133709>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/13/3709/htm>. Acesso em: 26 set. 2020.

GRANILLO-MÁCIAS, R.; SIMÓN-MARMOLEJO, I.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, I. J.; ZUNO-SILVA, J. TRACEABILITY IN INDUSTRY 4.0: A CASE STUDY IN THE METAL-MECHANICAL SECTOR. **Acta Logistica – International Scientific Journal about Logistics**, v. 7, n. 2, p. 95-101, 2020. DOI: 10.22306/al.v7i2.162. Disponível em: http://actalogistica.eu/issues/2020/II_2020_04_Granillo-Macias_Simon-Marmolejo_Gonzalez-Hernandez_Zuno-Silva.pdf. Acesso em: 24 set. 2020.

INDYXA. **Como a segurança da informação é afetada pela nova Lei Geral de Proteção de Dados.** Disponível em: <https://www.indyxa.com.br/blog/como-a-seguranca-da-informacao-e-afetada-pela-nova-lei-geral-de-protecao-de-dados/>. Acesso em: 19 dez. 2020.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. **Uma breve introdução sobre a tecnologia LoRa.** Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/events/tecnologia-lora-e-suas-aplicacoes-em-iot/>. Acesso em: 23 nov. 2020.

MERKATRONIX. **Modulo Lora Sx1278 433 Mhz Transmisor Rf Largo Alcance.** Disponível em: https://merkatronix.com/index.php?id_product=765&controller=product&id_lang=4. Acesso em: 30 dez. 2020.

MINEW. **i3 Robust Beacon.** Disponível em: <https://www.minew.com/products/i3-robust-beacon.html>. Acesso em: 23 nov. 2020.

NOVIDÁ. **RTLS – Conheça as tecnologias para localização em tempo real.** Disponível em: <https://www.novida.com.br/blog/rtls/>. Acesso em: 18 dez. 2020a.
 _____; **UWB – O que é a rede Ultra Wide Band.** Disponível em: <https://www.novida.com.br/blog/uwb/>. Acesso em 29 nov. 2020b.

OLIVEIRA, C. A. **Inovação da Tecnologia, do produto e do processo.** Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviço Ltda., 2010.

RFIDBRASIL. **Entenda como funciona o alcance da tecnologia RFID.** Disponível em: <https://rfidbrasil.com/blog/alcance-da-tecnologia-rfid/>. Acesso em: 23 nov. 2020.

ROCKCONTENT. **Entenda o que é big data e por que toda estratégia de marketing precisa desse aliado.** Disponível em: <https://inteligencia.rockcontent.com/big-data/>. Acesso em: 07 dez. 2020.

RODRIGUES, M.; CUGSNAGA, C. E.; QUEIROZ FILHO, A. P. **Rastreamento de Veículos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SEFARAGIC, A.; FAMAHEY, J.; DE POORTER, E.; HOEBECK, J. Survey on Wireless Technology Trade-Offs for the Industrial Internet of Things. **Sensors**, v. 20, n. 2, p. 1-22, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20020488>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/2/488>. Acesso em: 23 set. 2020.

SEYMER, P.; WIJWSEKERA, D.; KAN, C, -D. Smart Parking Zones using Dual Mode Routed Bluetooth Fogged Meshes. **VEHITS, In Proceedings of the 5th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems**, p. 211-222, Heraklion, Creta, Grécia, 2019. Disponível em: <https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220/0007734802110222>. Acesso em: 23 set. 2020.

SILVA JUNIOR, V. P. **Sem Título.** INSTITUTO NCB, 2020. Disponível em: <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/11992-conheca-a-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan-lor001> . Acesso em: 23 nov. 2020.

SILVA, C. E. A. **Desenvolvimento de Biblioteca para Aplicações de PNRD e PNRD Invertida Embarcadas em Arduino**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecatrônica) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

STENQUIST, C.; FLORENTINO, W. Device Security for the IIoT. **Renesas, White Paper – Security for the Industrial Internet of Things, Icon Labs**, 2016. Disponível em: https://www.avnet.com/wps/wcm/myconnect/onesite/5c44f792-fb07-4b85-adf8-8f6a1a0e1632/White+paper_Device+Security+for+the+IIoT.PDF?MOD=AJPERES&id=1489609404879. Acesso em: 23 nov. 2020.

TAGGEN. **O que é um Beacon**. Disponível em: <https://taggen.zendesk.com/hc/pt-br/articles/115000384650-O-que-%C3%A9-um-Beacon->. Acesso em: 07 dez. 2020.

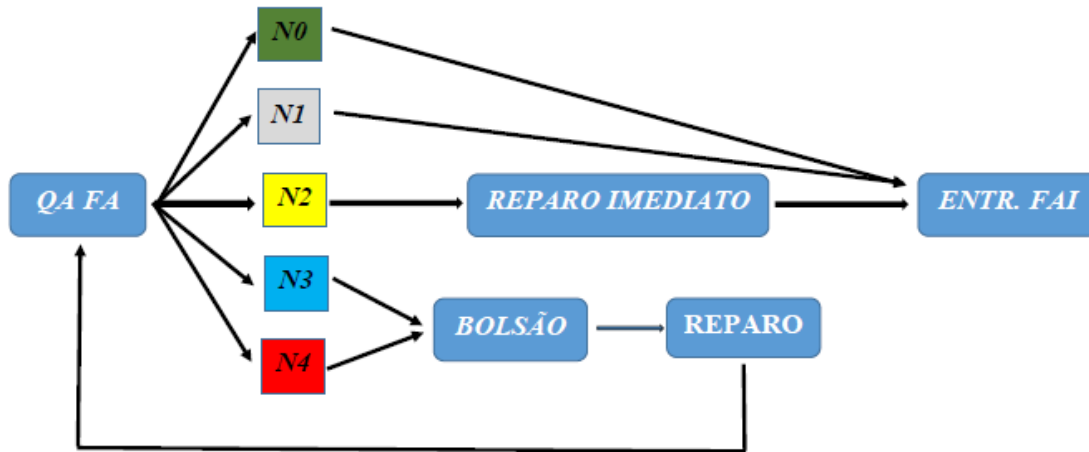
TRYBE. **Latência: O que é, impactos e como reduzi-la**. Disponível em: <https://blog.betrybe.com/tecnologia/o-que-e-latencia/>. Acesso em: 23 nov. 2020.

TSILVESTRE. **Redes – P2P e Difusão – Topologia**. Disponível em: <https://tsilvestre.wordpress.com/redes/redes-ponto-a-ponto-e-difusao-topologias/>. Acesso em: 19 dez. 2020.

ZEBRA. **TECNOLOGIA ULTRA-WIDE BAND (UWB)**. Disponível em: <https://www.zebra.com/br/pt/products/location-technologies/ultra-wideband.html>. Acesso em: 20 dez. 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Classificação de veículos no *Final Assembly*



As classificações são feitas ao final da linha de produção pela estação da qualidade (QA FA):

- N0 – Segue para entrada no prédio FAI (02);
- N1 – Segue para entrada no prédio FAI (02);
- N2 – Segue para retrabalho dentro do prédio FA (01);
- N3 – Segue para o pátio dos containers (04) ou segue para a rua (11) próxima ao FA e FAI;
- N4 – Segue para o pátio dos containers (04).

APÊNDICE B. Áreas percorridas pelos veículos do processo de teste de qualidade.



Legenda:

- 01-Prédio FA – Neste prédio ocorre o fim da produção do veículo, e também, a primeira inspeção de qualidade que determina se ele seguirá para o prédio FAI (02) passando pela rua 11 e pátio (bolsão) 06, ou, se irá para o pátio 04/05. Este é o local ideal para colocação dos módulos de rastreamento nos veículos;
- 02-Prédio FAI – Neste prédio ocorre uma sequência de testes para validação da qualidade do veículo produzido;
- 03-Prédio PDI – Neste prédio ocorre a última inspeção de qualidade que antecede o embarque do veículo na cegonha.
- 04-Pátio dos Containers – Este pátio tem função de alocar veículos com classificação N3 e N4. Esses veículos são de responsabilidade do FA (prédio 01).
- 05-Pátio das Tendas – Neste pátio (que não tem tendas atualmente) são alocados veículos N3 e N4 de responsabilidade do FA e veículos de reparo do FAI.
- 06-Pátio de frente ao FAI – Neste pátio são alocados veículos de retrabalhos sobre a responsabilidade do FAI (prédio 02);
- 07-Pátio na Saída do FAI – Neste pátio são alocados veículos que estão dentro do processo circulante e no reparo do FAI. Neste espaço também há alocação de veículos que foram aprovados e brevemente serão transportados para a Gabardo.
- 08-Avenida – Ao lado direito da avenida é alocado momentaneamente os veículos que irão ser transportados para o pátio 04, e do lado esquerdo são alocados momentaneamente veículos que voltaram do teste de pista e irão ingressar no teste de infiltração.
- 09-Guarita Gabardo – Neste ponto os veículos passam da área da CAO A para os pátios de alocação da transportadora Gabardo, este é o ponto ideal para retirada do módulo de rastreamento do veículo.
- 10- Bolsão campanha - Área utilizada para alocação de veículos de retrabalho que normalmente são “veículos de campanha”, ou seja, carros que possuem os status em comum e passarão pelo mesmo processo de retrabalho e/ou avaliação.
- 11-Rua – Essa rua fica entre o prédio FA e o Prédio FAI e é usada para alocação momentânea de veículos de diversos status.



PLANO DE TRABALHO DO PROJETO FINAL DE CURSO

Título: Estudo de sistemas de radiofrequência para rastreabilidade e inventário de veículos no processo de controle de qualidade de uma montadora

<u>Dados</u>	<u>Discente</u>
Matrícula/Nome	201402002 Hérisson Libânio de Souza
Telefone	62 98283-7023
E-mail	herissonls@hormail.com
Orientador(a):	João Paulo da Silva Fonseca
Curso:	Eng. Elétrica () Eng. de Computação () Eng. Mecânica (X)
Certif. De Estudos	Não () Sim ()
Tipo de Projeto (Art. 13, Inciso V): Pesquisa Aplicada	

Resumo

O projeto consiste em pesquisar tecnologias e especificar sistemas para implementar a rastreabilidade remota de veículos produzidos em uma montadora. A tecnologia utilizará de módulos anexados aos veículos e antenas distribuídas no ambiente, responsáveis por identificar a localização do veículo. Os módulos serão vinculados com informações pertinentes ao veículo, como marca, modelo, e cor, bem como com o seu status produtivo, indicando a necessidade ou não de determinado reparo. Um software para monitoramento da localização e status produtivo dos veículos deverá ser capaz de se comunicar com o software Manufacturing Execution System (MES), visando adequar o processo aos conceitos de Indústria 4.0.

I. Objetivos.

- Especificar e analisar a implementação de um sistema de rastreabilidade remota para facilitar o controle de qualidade dos veículos em processo.
- Verificar o impacto da implementação do sistema sob o ponto de vista da melhoria do processo produtivo, bem como do investimento financeiro e seu tempo de retorno.

II. Metodologia (atividades a serem desenvolvidas).

Estudo da revolução tecnológica “Internet das Coisas” juntamente com estudos sobre a Indústria 4.0, análise das tecnologias de localização e transmissão de dados por radiofrequência e estudos e análise da tecnologia Beacon como possível solução para o problema demandado. Quanto ao processo produtivo, será analisado o impacto da implementação do sistema de rastreabilidade, como geolocalização do veículo em tempo real, mudança do status do veículo de maneira remota,



tempo de busca por um veículo parado no pátio, tempo de permanência do veículo em determinado local, bem como o cálculo do tempo de retorno do investimento financeiro.

III. Resultados Esperados

Espera-se documentar o processo de pesquisa, análise de tecnologias e a implementação do projeto de rastreabilidade de veículos produzidos na montadora. O sistema deverá permitir ao usuário pesquisar e geolocalizar veículos com diferentes status dentro da planta industrial em questão. O sistema após implementado deverá permitir a coleta de informações, como tempo de permanência do veículo em determinado local, geolocalização do veículo em tempo real, mudança do status do veículo de maneira remota, entre outros.

IV. Cronograma de Atividades

Na Tabela 1 é mostrado o Cronograma de Atividades.

Tabela 1 – Semestre letivo de 2020/1

Etapas do Projeto	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
1. Pesquisa Bibliográfica	X	X			
2. Desenvolvimento	X	X	X	X	
3. Análise dos resultados			X	X	
4. Elaboração da Monografia		X	X	X	
5. Apresentação do Projeto Final					X

Goiânia, 09 de março de 2020.

Assinatura do aluno
Matrícula: 201402002

Assinatura do Prof. Orientador: