



# **Diagnóstico de avarias mecânicas para automóveis ligeiros**

Relatório Prévio de Aquisição de Conhecimento

**1140406 André Sousa**

**1140858 Carlos Moutinho**

**1240144 Carla Henriques**

**1201247 Miguel Ramos**

**1200618 Jorge Cunha**

## **Mestrado em Engenharia de Inteligência Artificial** 2024 / 2025

Orientador ISEP: **Prof. Luís Manuel Silva Conceição**



# Índice

<b>1</b>	<b><i>Objetivos do Trabalho</i></b> .....	<b>1</b>
1.1	Objetivos específicos.....	1
1.2	Objetivos comuns do projeto .....	1
<b>2</b>	<b><i>Fontes de Conhecimento</i></b> .....	<b>2</b>
2.1	Peritos recrutados.....	2
2.2	Fontes documentais.....	3
<b>3</b>	<b><i>Descrição das Sessões de Aquisição de Conhecimento</i></b> .....	<b>5</b>
3.1	Sessão 1 – Presencial – 20/09/2024 .....	5
3.2	Sessão 2 – Remota – 24/09/2024.....	5
3.3	Sessão 3 – Remota/Online – 03/10/2024 .....	6
3.4	Sessão 4 – Presencial – 06/10/2024 .....	7
3.5	Sessão 5 – Presencial – 23/10/2024 .....	7
3.6	Representação do Conhecimento Adquirido .....	9
3.7	Conhecimento Estrutural: Marcas, Modelos e Motores .....	9
3.8	Conhecimento Estrutural: Carro, Componente e Níveis Ideais .....	10
3.9	Conhecimento Procedimental: Fluxo de diagnóstico .....	10
3.10	Restrições no desenvolvimento do projeto .....	12
3.11	Adequação do trabalho ao meio envolvente, empresas ou organizações .....	13
3.12	Possibilidades de desenvolvimento futuro.....	14
<b>4</b>	<b><i>Módulos de Explicações no Sistema Pericial Drools</i></b> .....	<b>14</b>
4.1	Módulo de Explicação How .....	17
4.2	Módulo de Explicação Why .....	17
4.3	Módulo de Explicação WhyNot.....	17
<b>5</b>	<b><i>Conclusão</i></b> .....	<b>18</b>
<b>6</b>	<b><i>Bibliografia</i></b> .....	<b>19</b>
<b>7</b>	<b><i>Lista de Terminologia Específica</i></b> .....	<b>21</b>
<b>Anexo A</b>	<b><i>Conteúdo em anexos</i></b> .....	<b>23</b>

# Índice de Figuras

Figura 1 – Primeiro reunião via Zoom .....	6
Figura 2 - Parte do diagrama de diagnóstico.....	7
Figura 3 - Parte do diagrama de diagnóstico.....	8
Figura 4 – Exemplo de uma solução no sistema Drools .....	12

# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Conhecimento Estrutural das Marcas, Modelos e Motores de veículos que o sistema atende.....	10
--	----



# Índice de Anexos

Anexo 1 - Alcance do fluxo de diagnóstico.....	23
Anexo 2 – Parte inicial .....	23
Anexo 3 - Verificar a bateria e cabos de bateria .....	24
Anexo 4 - Verificar sobreaquecimento do motor.....	24
Anexo 5 - Verificar correias ou corrente dentada .....	24
Anexo 6 - Verificar suspensão e rodas .....	24
Anexo 7- Verificar sistema de travões.....	25
Anexo 8 - Problemas na caixa de velocidades.....	25





# 1 Objetivos do Trabalho

O objetivo deste trabalho, para a disciplina ENG CIA, é desenvolver um sistema utilizando o motor de inferência e regras Drools como base. Para tanto, elegemos um sistema de diagnóstico de falhas mecânicas em veículos ligeiros que podem ser já existentes ou possíveis falhas futuras. O sistema terá como referência a mesma base de conhecimento informal utilizada no sistema para a disciplina PPROGIA, adaptada claro para as necessidades de cada linguagem, sendo estas o Prolog, para PPROGIA, e o Drools (para Java) em ENG CIA.

## 1.1 Objetivos específicos

Este sistema utilizará a mesma base de conhecimento informal do sistema desenvolvido para a unidade acadêmica PPROGIA, mas com algumas adaptações no enfoque das regras de negócio e na integração com fluxos de trabalho complexos para o motor de regras Drools, permitindo uma abordagem orientada a regras para o diagnóstico preditivo.

Para isso desenvolvemos as regras para o Drools usando Drools Rule Language, ou DRL, uma linguagem própria do motor de regras Drools.

## 1.2 Objetivos comuns do projeto

- Minimizar o tempo de inatividade dos veículos, permitindo uma gestão mais eficiente da manutenção preventiva.
- Reduzir os custos operacionais associados à reparação de avarias inesperadas, melhorando a performance global dos veículos.
- Otimizar a distribuição de recursos, incluindo peças de reposição e pessoal técnico, ao antecipar as necessidades de intervenção com maior precisão.
- Garantir maior segurança na operação dos veículos, ao identificar falhas antes que estas se manifestem de forma crítica.
- Aumento da vida útil dos componentes do veículo ao manter os sistemas em condições ideais.

## 2 Fontes de Conhecimento

Para o desenvolvimento deste projeto, foram selecionados vários peritos da área/industria automóvel devido aos seus conhecimentos de manutenção e diagnóstico de veículos. Este recrutamento foi relativamente fácil devido à proximidade que os peritos mantêm com os elementos da equipa, com quem trabalham direta ou indiretamente.

Foram também selecionadas várias fontes de documentação que auxiliaram no processo de obtenção de informações dos veículos, tendo sido posteriormente confirmado junto dos peritos.

### 2.1 Peritos recrutados

Embora não tenhamos a oportunidade de falar com todos os peritos, estes foram aqueles que demonstraram disponibilidade e interesse em participar neste projeto:

- Jason Byrne – HND em Engenharia Mecânica e Elétrica (Universidade de Salford, Reino Unido);
- Vladimiro Ferreira – Licenciatura em Eletrônica e Tecnologia da Informação;
- Ricardo Machado – Licenciatura em Engenharia Mecânica e Mestrado em Engenharia de Software;
- Paulo Oliveira – Licenciatura em Engenharia Mecânica e Gestão;
- Manuel Cunha – Bacharelato em Engenharia Mecânica Automotiva.

Dentre estes peritos recrutados, o que tivemos maior contacto foi o Manuel Cunha, pela sua maior disponibilidade ao nosso projeto.

#### 2.1.1 Sobre o Perito Manuel Cunha

Manuel Jorge Azevedo Dias da Cunha possui uma vasta experiência em gestão e auditoria, com uma carreira diversificada nos setores automóvel e imobiliário. De 2021 a 2024, desempenhou funções como Auditor/Consultor na Assistdigital, realizando auditorias nas áreas de vendas e pós-venda da Stellantis. Anteriormente, entre 2014 e 2020, foi Diretor Comercial e Financeiro na Gorgeoustage Lda., empresa dedicada à venda e arrendamento de bens imobiliários.

A sua trajetória inclui diversos cargos de liderança na área de pós-venda, principalmente no setor automóvel, onde ocupou posições de responsabilidade em empresas como C Santos V.P. (Mercedes), Opel Centrum Douro, Manuel Gomes Automóveis e António

---

Sardinha Lda. Nessas funções, também atuou como formador e alcançou resultados notáveis, como colocar uma concessionária no Top 5 da Rede de Reparadores Autorizados da Opel.

Iniciou a sua carreira em 1986 como Chefe de Oficina, tendo trabalhado em várias empresas e, progressivamente, assumido maiores responsabilidades em termos de gestão de equipas e formação. Entre 1990 e 1999, desempenhou o papel de Perito Avaliador de danos materiais e corporais, ocupando nos últimos anos a função de Perito Subchefe.

Ao nível académico, é Bacharel em Engenharia Mecânica Automóvel pelo INSA de Estrasburgo e possui diversas certificações na área automóvel e de gestão, incluindo formação em alta tensão para a análise de veículos elétricos, como o Opel Ampera. Para além disso, tem certificações em gestão de pós-venda, técnicas de organização e soldadura de materiais ferrosos.

## 2.2 Fontes documentais

Foram utilizadas diversas fontes documentais, em vários formatos diferentes recomendadas pelos peritos. Estas fontes vão desde sites de dados de veículos, CDs de diagnóstico e manuais oficiais de manutenção impressos por parte de algumas marcas de automóveis.

Para o levantamento de informações técnicas específicas referentes a funcionamento e avarias nos veículos, nomeadamente os níveis de fluidos adequados para cada peça automotiva, utilizamos as seguintes fontes abaixo:

- Carfolio. "Carfolio: Detailed specifications for cars." Accessed Oct. 5, 2024. [Online]. Available: <http://www.carfolio.com>
- CarData. "CarData website." Accessed Oct. 5, 2024. [Online]. Available: <http://www.cardata.com>
- AutoData. "AutoData: Technical information for vehicles." Accessed Oct. 4, 2024. [Online]. Available: <https://www.autodata-group.com/uk/>
- Manuais Oficiais da Opel. "Opel official manuals." Accessed Oct. 3, 2024. [Online]. Available: <https://public-servicebox.opel.com/>
- V.A. Hillier, *Fundamentals of Motor Vehicle Technology Book 1*, Oxford University Press, 2012.



## **3 Descrição das Sessões de Aquisição de Conhecimento**

As sessões de aquisição de conhecimento ocorreram até a data em dois formatos: reuniões presenciais e reuniões por Zoom. As reuniões presenciais foram organizadas quando possível, permitindo uma interação mais direta com os peritos e uma validação e refinamento significativamente mais fácil do diagrama de diagnóstico.

No entanto, devido a restrições de tempo e disponibilidade, muitas das sessões ocorreram de forma remota através do Zoom, o que facilitou a participação de peritos localizados em diferentes regiões.

Durante essas sessões, os peritos compartilharam detalhes sobre os sistemas de diagnóstico atuais, e discutimos possíveis abordagens para simplificar o processo para utilizadores menos especializados na área da manutenção automóvel. A troca de ideias nessas reuniões foi essencial para definir os parâmetros do sistema e identificar as falhas mais comuns a serem incluídas no diagnóstico.

### **3.1 Sessão 1 – Presencial – 20/09/2024**

Na primeira sessão, com o perito Eng. Manuel Cunha, ocorreu uma conversa preliminar para nos ajudar a delimitar o escopo do sistema, e pensamos juntos num problema que o sistema pericial deve ajudar a resolver. Após a conversa com o perito chegamos a algumas possibilidades de sistemas, que logo em seguida trouxemos ao professor Luís Conceição. Com ajuda do professor, escolhemos o ao atual sistema de diagnósticos de avarias mecânicas em veículos ligeiros, por se tratar da opção que melhor se enquadrava ao escopo pretendido do projeto para ENG CIA. Os elementos presentes foram Jorge Cunha e Manuel Cunha.

### **3.2 Sessão 2 – Remota – 24/09/2024**

Nesta segunda sessão o perito Eng. Manuel Cunha ajudou pensar em problemas principais em avarias mecânicas em automóveis. Também, em conversa com o perito, percebemos a necessidade de limitamos o sistema a apenas algumas marcas, modelos e motores de veículos. Por se tratar de um sistema muito amplo, caso não delimitássemos as marcas, modelos e motores, a complexidade seria maior do que o tempo que temos para finalizar este sistema.

De seguida a sessão, fizemos um rascunho do diagrama de diagnóstico preliminar, que na próxima sessão seria apresentado ao perito, para possíveis alterações e correções.

### 3.3 Sessão 3 – Remota/Online – 03/10/2024

Os elementos presentes foram André Sousa, Carlos Moutinho, Carla Sousa, Miguel Ramos, Jorge Cunha e Manuel Cunha.

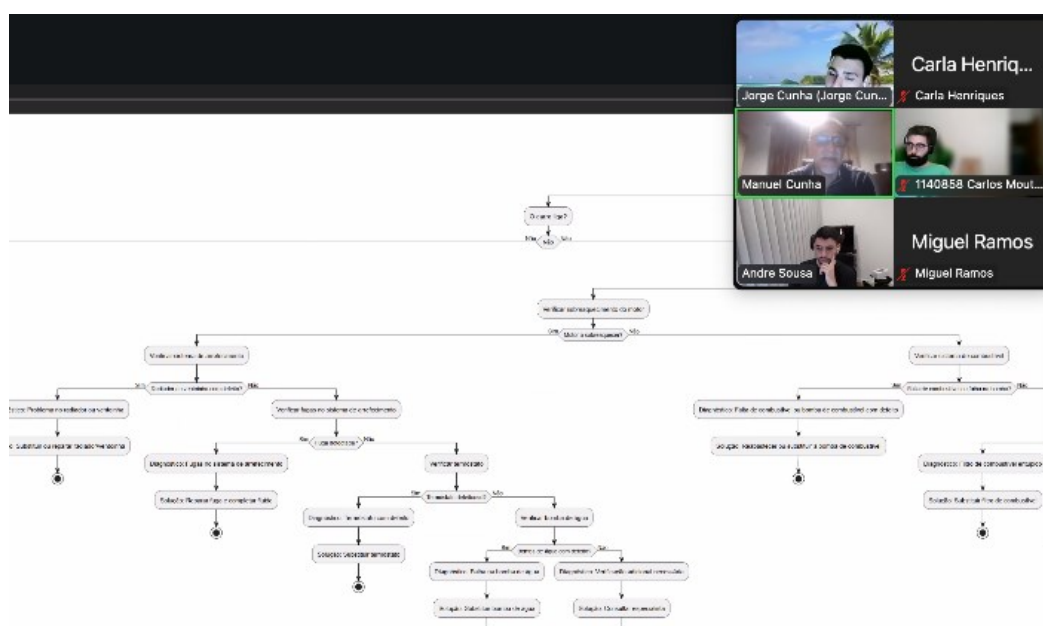


Figura 1 – Primeiro reunião via Zoom

### 3.4 Sessão 4 – Presencial – 06/10/2024

Nesta sessão, foi finalizado o diagrama de diagnóstico dos problemas, incluindo todos os problemas que o nosso sistema poderá ser capaz de detetar. No entanto, ficou claro que o âmbito e o tempo disponíveis limitarão o alcance deste projeto, pelo que o sistema, embora funcional, não é perfeito, não contempla todos os cenários possíveis e é limitado a um número restrito de modelos das marcas Peugeot e Opel. Os elementos presentes foram André Sousa, Carlos Moutinho, Carla Sousa, Miguel Ramos, Jorge Cunha e Manuel Cunha.

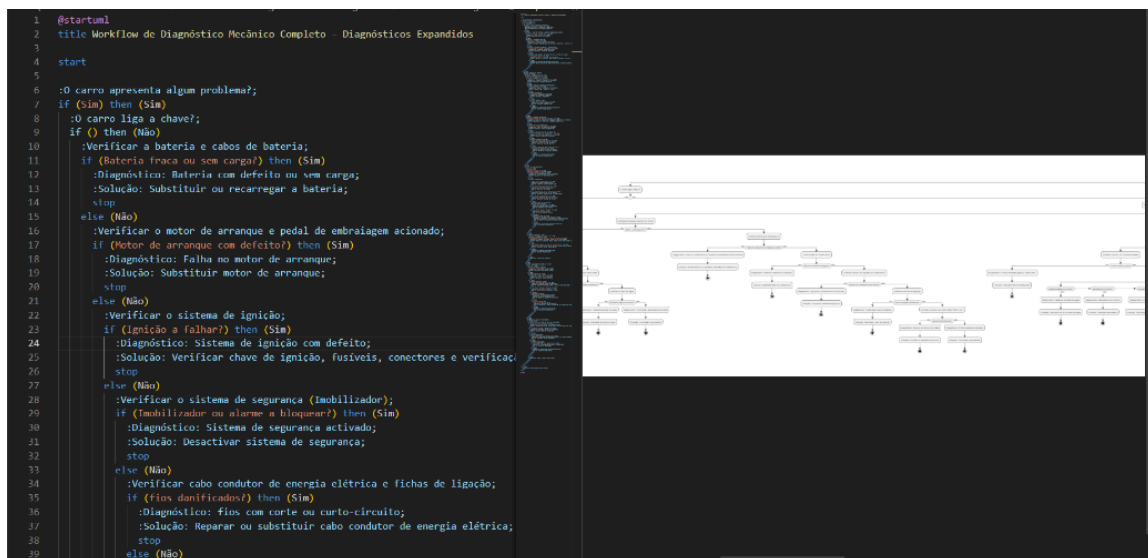
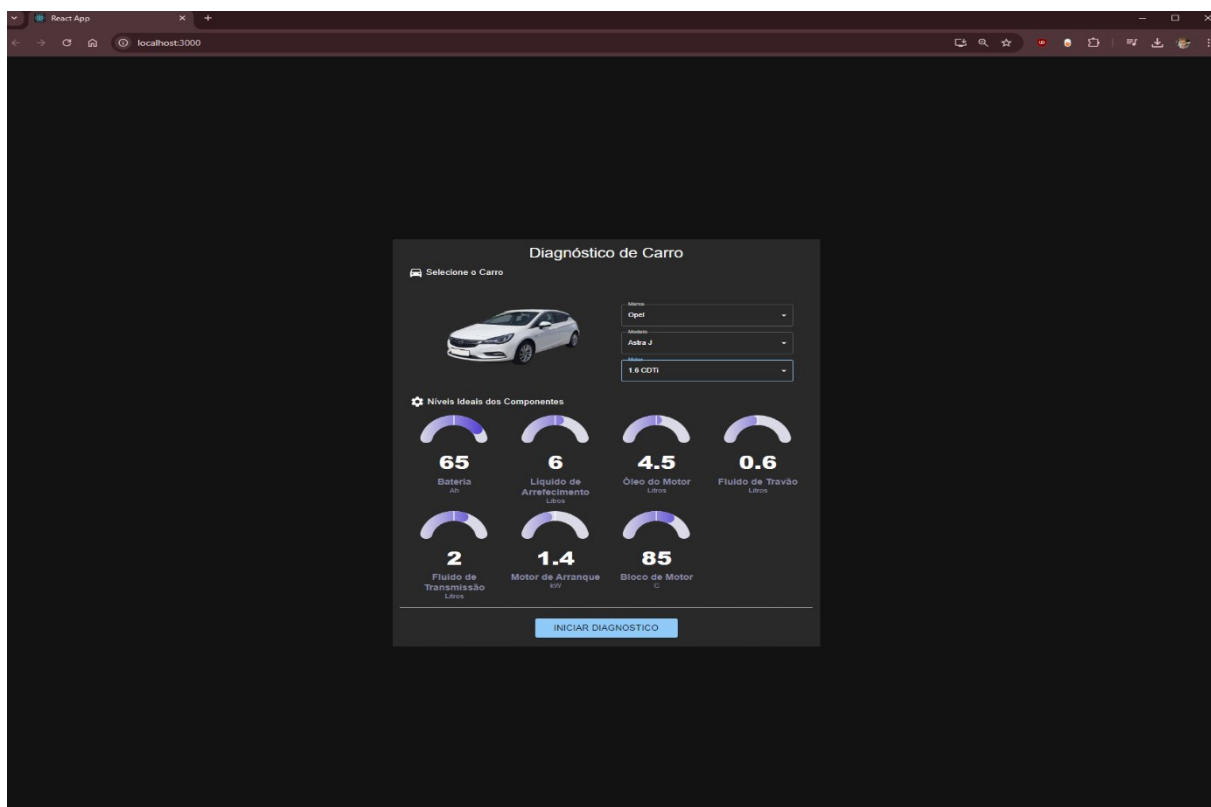


Figura 2 - Parte do diagrama de diagnóstico

### 3.5 Sessão 5 – Presencial – 23/10/2024

Durante esta sessão presencial, foi realizada uma reunião com o objetivo de compreender a usabilidade do programa, identificar as melhorias necessárias e avaliar a utilização da aplicação pelo perito. Para além disso, foi também testada a capacidade do sistema de responder com base nos pedidos do perito durante a análise de diagnósticos de automóveis.

Os elementos presentes foram André Sousa, Carlos Moutinho, Carla Sousa, Miguel Ramos, Jorge Cunha e Manuel Cunha.



*Figura 3 - Parte do diagrama de diagnóstico*

## Teste de Usabilidade

Durante o teste de usabilidade da aplicação, o especialista Manuel Cunha ficou encarregado de avaliar o sistema, explorando a maioria dos diagnósticos disponíveis. Ele considerou a interface da aplicação intuitiva e de fácil navegação, elogiando a sua usabilidade e a forma como facilita a interação do utilizador.

Contudo, Manuel identificou um ponto que pode ser melhorado: o conjunto de regras do Drools. Ele sugeriu que essas regras poderiam ser mais detalhadas para que a aplicação contemplasse uma gama mais ampla de cenários e situações no diagnóstico de veículos. De acordo com ele, seria necessário mais tempo para ampliar o conjunto de regras, a fim de desenvolver um diagrama mais completo e bem estruturado.

Em termos gerais, Manuel classificou o sistema como 80% pronto para um uso diário, enfatizando que, embora a base seja sólida, o sistema precisa de mais regras detalhadas para que possa ser considerado completo e apropriado para uma utilização cotidiana por diversos perfis de utilizadores.



---

## 3.6 Representação do Conhecimento Adquirido

O conhecimento informal adquirido ao longo das sessões com os peritos foi representado sob a forma de um diagrama de diagnóstico no formato árvore de decisão, que serviu de base para a criação das regras de inferência e base de conhecimento formal (KieBase) no sistema Drools.

Este diagrama abrange os principais cenários de falhas mecânicas identificados, e foi refinado com o contributo dos peritos para garantir a sua precisão e aplicabilidade. Para garantir a entrega de um produto fiável e aprimorado dentro dos prazos definidos foi limitado o âmbito de diagnóstico para as marcas Opel e Peugeot selecionando alguns veículos do período de 2010 a 2020 tendo assim um total de 19 veículos distintos para diagnosticar.

## 3.7 Conhecimento Estrutural: Marcas, Modelos e Motores

Marcas, modelos e motores que o nosso sistema atende:

<b><i>Marca</i></b>	<b><i>Modelo</i></b>	<b><i>Motor</i></b>
Opel	Astra J	1.4 Turbo
Opel	Astra J	1.6 CDTi
Opel	Astra J	2.0 CDTi
Opel	Corsa E	1.2 Ecotec
Opel	Corsa E	1.4 Ecotec
Opel	Crossland X	1.2 Turbo
Opel	Crossland X	1.5 Diesel
Opel	Grandland X	1.2 Turbo
Opel	Grandland X	1.6 Hybrid
Opel	Insignia B	1.5 Turbo
Opel	Insignia B	2.0 CDTi
Peugeot	208 II	1.2 PureTech
Peugeot	208 II	1.5 BlueHDi
Peugeot	3008 II	1.6 PureTech

Peugeot	3008 II	2.0 BlueHDi
Peugeot	308 II	1.2 PureTech
Peugeot	308 II	1.6 BlueHDi
Peugeot	308 II	1.5 BlueHDi
Peugeot	308 II	1.6 PureTech

*Tabela 1 - Conhecimento Estrutural das Marcas, Modelos e Motores de veículos que o sistema atende*

### 3.8 Conhecimento Estrutural: Carro, Componente e Níveis Ideais

Em anexo temos a tabela referente ao conhecimento estrutural levantado, para cada carro (marca, modelo, motor), temos os componentes.

Bateria
Líquido de Arrefecimento
Óleo do Motor
Fluido de Travão
Fluido de Transmissão
Motor de Arranque
Bloco de Motor

*Tabela 2 – Lista de componentes existentes*

### 3.9 Conhecimento Procedimental: Fluxo de diagnóstico

O conhecimento adquirido em sessão com o perito foi representado através de um sistema de diagnóstico interativo. Ao utilizar a nossa ferramenta, o utilizador é submetido a

---

uma série de perguntas estruturadas, com base no fluxograma desenhado, relacionadas com os sintomas e condições do veículo.

À medida que o utilizador responde, o sistema vai progressivamente afunilando as opções e refinando as possíveis causas do problema, até chegar a um diagnóstico final.

No **Anexo A** temos representada a árvore de decisão para a deteção de avarias e reparações ao nível de mecânica em um automóvel ligeiro. Ao percorremos o fluxo indicado na árvore, percebemos como o problema é resolvido.

### 3.9.1 Exemplo de uma solução

Ao respondermos as perguntas na árvore de decisão temos o seguinte exemplo de uso da base de conhecimento do sistema, para obtenção de um diagnóstico e uma solução para o problema:

- Qual é a marca do carro? Opel
- Qual é o modelo do carro? Astra J
- Qual é o motor do carro? 1.6 CDTi
- Componentes disponíveis para este motor:

Bateria (Min Ideal: 65.0, Max Ideal: 75.0, Unidade: Ah)

Líquido de Arrefecimento (Min Ideal: 6.0, Max Ideal: 8.0, Unidade: Litros)

Óleo do Motor (Min Ideal: 4.5, Max Ideal: 5.0, Unidade: Litros)

Fluido de Travão (Min Ideal: 0.6, Max Ideal: 1.0, Unidade: Litros)

Fluido de Transmissão (Min Ideal: 2.0, Max Ideal: 2.5, Unidade: Litros)

Motor de Arranque (Min Ideal: 1.4, Max Ideal: 1.4, Unidade: kW)

Bloco de Motor (Min Ideal: 85.0, Max Ideal: 110.0, Unidade: C)

- Carro selecionado:

Marca: Opel

Modelo: Astra J

Motor: 1.6 CDTi

- O carro apresenta algum problema? (Sim/Não) Sim
- O carro liga a chave? (Sim/Não) Sim

- O carro liga, mas vai abaixo? (Sim/Não) Sim
- O motor está a sobreaquecer? (Sim/Não) Sim
- Verifique o sistema de arrefecimento. O radiador ou ventoinha está com defeito? (Sim/Não) Sim
- Diagnóstico: Problema no radiador ou ventoinha
- Solução: Substituir radiador/ventoinha

```

Grandland X
Grandland X
Insignia B
Correa E
Qual é o modelo do carro?
Digite sua resposta: Astra J
Modelo selecionado: Astra J
Motores disponíveis:
1.4 Turbo
2.0 CDTi
1.6 CDTi
Qual é o motor do carro?
Digite sua resposta: 1.6 CDTi
Motor selecionado: 1.6 CDTi
Componentes disponíveis:
Bateria (Min Ideal: 65.0, Max Ideal: 75.0, Unidade: Ah)
Líquido de Arrefecimento (Min Ideal: 4.0, Max Ideal: 8.0, Unidade: Litros)
Óleo do Motor (Min Ideal: 4.5, Max Ideal: 5.0, Unidade: Litros)
Fluido de Freio (Min Ideal: 0.0, Max Ideal: 1.0, Unidade: Litros)
Fluido de Transmissão (Min Ideal: 2.0, Max Ideal: 2.5, Unidade: Litros)
Motor de Arranque (Min Ideal: 1.4, Max Ideal: 1.4, Unidade: kW)
Banco de Motor (Min Ideal: 85.0, Max Ideal: 110.0, Unidade: C)
Carro selecionado:
Marca: Opel
Modelo: Astra J
Motor: 1.6 CDTi
O carro apresenta algum problema? (Sim/Não)
Digite sua resposta: Sim
O carro liga a chave? (Sim/Não)
Digite sua resposta: Sim
O carro liga mas vai abaixo? (Sim/Não)
Digite sua resposta: Sim
O motor está a sobreaquecer? (Sim/Não)
Digite sua resposta: Sim
Verifique o sistema de arrefecimento. O radiador ou ventoinha está com defeito? (Sim/Não)
Digite sua resposta: Sim
Diagnóstico: Problema no radiador ou ventoinha
Solução: Substituir radiador/ventoinha

```

Figura 4 – Exemplo de uma solução no sistema Drools

### 3.10 Restrições no desenvolvimento do projeto

No início do desenvolvimento do projeto, houve uma dificuldade inicial em encontrar especialistas adequados para as áreas específicas necessárias. Após superar esse obstáculo, foi possível identificar os peritos certos, o que permitiu dar seguimento a uma série de reuniões focadas na elaboração do fluxograma com os diagnósticos viáveis.

Contudo, algumas perguntas foram consideradas um pouco elementares. Em diálogo com o perito, este apontou que, com mais tempo, seria viável desenvolver diagnósticos mais detalhados, o que aprimoraria a precisão das regras de diagnóstico, tornando-as mais especializadas e objetivas, a limitação decorreu do tempo reduzido disponível para a pesquisa de diagnósticos, considerando que o campo de diagnóstico para automóveis ligeiros é bastante extenso. Atualmente, ter apenas 45 diagnósticos cobre uma fração do universo de diagnósticos automotivos.

---

### **3.11 Adequação do trabalho ao meio envolvente, empresas ou organizações**

A aplicação desenvolvida mostra-se extremamente relevante e ajustada ao contexto do setor automotivo, revelando grande utilidade para empresas, oficinas e outras organizações da área. A sua estrutura e funcionalidades foram desenhadas para otimizar o processo de triagem nas oficinas, permitindo que a pessoa responsável pela receção dos veículos realize um diagnóstico preliminar antes mesmo de um técnico especializado intervir. Esse processo inicial acelera o fluxo de trabalho, reduz o tempo de espera para os clientes e permite direcionar os casos com mais precisão para os técnicos adequados.

Adicionalmente, a aplicação também se destaca como uma ferramenta de formação importante para mecânicos em início de carreira. Utilizando a aplicação como suporte, os aprendizes conseguem desenvolver uma compreensão mais aprofundada dos sintomas e diagnósticos de avarias automotivas, tanto comuns quanto complexas. Essa experiência, que combina prática e teoria, facilita a integração dos novos profissionais no ambiente de trabalho e promove o desenvolvimento de competências essenciais para o diagnóstico e análise técnica precoce.

Para os clientes, especialmente aqueles com conhecimento limitado sobre automóveis, a aplicação oferece uma interface intuitiva e acessível, que permite compreender facilmente possíveis avarias e o estado geral do veículo. Esse recurso educativo é particularmente útil para clientes que desejam entender melhor os problemas dos seus veículos, fomentando uma comunicação mais clara e informada com a oficina. Além disso, ao disponibilizar informações preliminares, a aplicação torna o processo de decisão mais participativo, permitindo que o cliente se sinta mais seguro e esclarecido quanto às intervenções necessárias no seu veículo.

Em resumo, esta aplicação facilita processos internos das oficinas, apoia na formação eficaz de novos profissionais do setor e eleva o nível de conhecimento dos clientes sobre os seus próprios veículos. A sua implementação representa uma vantagem para empresas e organizações, atendendo às exigências de eficiência e qualidade cada vez mais esperadas no setor automotivo.

---

### 3.12 Possibilidades de desenvolvimento futuro

O desenvolvimento futuro desta aplicação contempla a integração com dispositivos OBD (On-Board Diagnostics), o que permitirá o acesso a dados de diagnóstico em tempo real, aprimorando a precisão dos resultados. Com essa funcionalidade, será possível identificar e interpretar códigos de erro específicos e monitorizar parâmetros essenciais do veículo.

Além disso, planeia-se a incorporação de tecnologias de análise sonora e visual para detetar problemas mecânicos a partir de ruídos ou imagens de componentes desgastados. Esses recursos adicionariam um nível de detalhamento ao diagnóstico, facilitando uma resposta mais precisa e informada para as avarias identificadas.

Com a integração dos dados do OBD e das análises visuais e auditivas, os fluxogramas de diagnóstico seriam otimizados e ampliados, resultando em um sistema ainda mais robusto e funcional. Adicionar explicações detalhadas para cada regra também fortaleceria a clareza e a confiança do utilizador na aplicação, tornando-a uma ferramenta ainda mais útil e acessível tanto para oficinas quanto para clientes.

## 4 Módulos de Explicações no Sistema Pericial Drools

O uso do Drools no projeto é central para a implementação do sistema de diagnóstico, ele atua como o motor de regras, avaliando os fatos inseridos e disparando as regras apropriadas para fornecer respostas e conclusões baseadas no estado do carro e nas solicitações do perito, o projeto foi estruturado com uma série de classes que interagem diretamente com o Drools.

### Estrutura do Drools e Interação com as Classes

Carro, Marca, Modelo, Motor e Componente estas classes representam o domínio do problema, pois através delas conseguimos definir as entidades principais envolvidas no diagnóstico.

---

## DiagnosticService

Esta classe é responsável por gerir a lógica de interação entre o sistema e o motor de regras Drools, esta classe contém os métodos que inicializam a sessão do Drools (KieSession), inserem fatos e disparam as regras.

A lógica do DiagnosticService concentra-se na inicialização do Diagnóstico, o método `iniciarDiagnostico ()` recebe o objeto Carro selecionado pelo perito e inicia a sessão Drools. Ele carrega o estado do carro e dos componentes no KieSession e dispara as primeiras regras. Além disso, o serviço insere no sistema o objeto Resposta, que será atualizado com os resultados das regras disparadas.

O método `processarResposta ()` é responsável por atualizar a sessão Drools conforme as interações continuam reavaliando os fatos e disparando novas regras até que o diagnóstico esteja concluído. A classe Resposta serve como um container para o progresso e o resultado do diagnóstico.

À medida que as regras são disparadas no Drools, esta classe é atualizada com o estado atual do diagnóstico, indicando se o processo foi concluído ou se novas perguntas devem ser feitas. Além disso, a Resposta contém as evidências que serão explicadas pelos módulos de explicação "How", "Why" e "WhyNot".

O `DroolsWithWhyNot` é a classe que encapsula toda a lógica de integração do motor de regras Drools com o sistema de explicações, ele inicializa a sessão do KieSession, a inserção de fatos e a monitoração das regras disparadas ou não disparadas.

A classe implementa um listener (`AgendaEventListener`) que monitora todas as regras, regista quais foram disparadas e quais não foram, fornecem dados essenciais para o módulo WhyNot, que explica por que certas conclusões não foram alcançadas.

A classe `KnowledgeBase` é responsável por carregar e compilar os arquivos de regras DRL que definem os diagnósticos de carros. Este arquivo contém as condições e as ações de cada regra. O `KnowledgeBase` também permite a geração de consultas dinâmicas para avaliar regras específicas.

A `KnowledgeBase` busca arquivos DRL, compila as regras e cria o `KieBase`, que é usado para executar a lógica de regras no sistema, a separação permite que as regras sejam facilmente mantidas e atualizadas sem a necessidade de alterar o código principal da aplicação.

---

CheckWorkingMemory a classe auxilia na validação da memória de trabalho do Drools, garante que os fatos inseridos na sessão estão corretos e que a memória de trabalho está sendo manipulada de maneira eficiente.

- **diagnostic.drl e rules.drl**

Os arquivos .drl contêm as regras de negócios que definem o comportamento do sistema de diagnóstico, os arquivos seguem a sintaxe do Drools e contêm condições baseadas nos componentes do carro, como falhas no motor ou nos freios, e definem as ações que o sistema deve executar quando essas condições são atendidas.

As regras também são usadas para determinar se o diagnóstico foi concluído ou se é necessário obter mais dados para chegar a um possível diagnóstico e a sua possível solução.

### Ciclo de Execução no Drools

1. **Inserir de Fatos:** Quando o perito seleciona um carro para diagnóstico, o DiagnosticService insere os fatos relevantes no KieSession, os fatos incluem o carro, o motor, os componentes e qualquer outra informação relevante.
2. **Disparo de Regras:** Uma vez que os fatos são inseridos, o Drools avalia as condições definidas nas regras DRL, se uma regra for satisfeita, ela é disparada, realizando ações que podem incluir a geração de uma nova pergunta, a solicitação de mais informações ou a conclusão do diagnóstico.
3. **Atualização da Sessão:** Conforme o diagnóstico avança, a sessão Drools é atualizada continuamente com novos fatos ou respostas do perito. O DiagnosticService gere essa atualização, permitindo que o sistema adapte seu comportamento às novas informações.
4. **Conclusão do Diagnóstico:** Quando todas as condições necessárias para o diagnóstico forem atendidas, o sistema atualiza a classe Resposta com os resultados.  
As evidências obtidas durante o processo de diagnóstico são então usadas pelos módulos explicativos (How, Why e WhyNot) para justificar as decisões tomadas pelo sistema.



---

## 4.1 Módulo de Explicação How

A classe How foi desenvolvida para responder à pergunta "Como o diagnóstico foi alcançado?". Esta funcionalidade permite que o sistema demonstre as evidências usadas para chegar à conclusão do diagnóstico.

Durante a execução do diagnóstico, após as regras serem disparadas pelo Drools, as evidências são armazenadas e processadas pela classe How.

A explicação gerada pelo How detalha os passos e os fatos considerados, proporcionando ao perito uma visão clara de quais informações levaram ao resultado.

Isso aumenta a transparência e a confiança do perito no sistema, já que cada decisão tomada é justificada. Essa capacidade de explicar "como" um diagnóstico foi feito é fundamental em sistemas que buscam não apenas automatizar processos, mas também dar suporte à decisão humana.

## 4.2 Módulo de Explicação Why

O módulo Why foi desenvolvido para responder à pergunta "Por que esta foi colocada?". Ele complementa o módulo How, porém com foco em justificar o porquê de o sistema ter chegado a uma determinada pergunta.

Isso oferece ao perito uma explicação de quais regras foram disparadas e quais condições estavam presentes no momento do diagnóstico. É especialmente útil para compreender se certos sintomas ou falhas foram determinantes na análise do sistema.

Este tipo de explicação aumenta a compreensão do perito sobre o funcionamento do sistema, pois esclarece as razões subjacentes às decisões automatizadas.

## 4.3 Módulo de Explicação WhyNot

O módulo WhyNot oferece uma funcionalidade ainda mais sofisticada, explicando "Por que certas conclusões não foram atingidas?". Este recurso é particularmente valioso em sistemas de diagnóstico, onde é igualmente importante entender por que um problema não foi identificado, mesmo que tenha sido esperado.

Durante o processo de análise, o DroolsWithWhyNot mantém o rastreamento de todas as regras que foram disparadas e daquelas que, por algum motivo, não foram. O módulo WhyNot

---

coleta essas informações e gera uma explicação detalhada sobre por que determinadas conclusões não foram alcançadas, indicando quais condições específicas não foram satisfeitas.

Este tipo de explicação ajuda o perito a ajustar suas expectativas e entender melhor o funcionamento interno do sistema, garantindo que ele compreenda não apenas o que foi diagnosticado, mas também o que não foi, e porquê.

## 5 Conclusão

Este projeto foi concebido com o objetivo de criar um sistema de diagnóstico automotivo, utilizando o motor de regras Drools para processar de forma eficiente as regras de diagnóstico com base nas informações fornecidas sobre o veículo e seus componentes. A arquitetura modular, com classes como DiagnosticService, Carro, Componente e DroolsWithWhyNot, garante flexibilidade e escalabilidade, facilitando a manutenção e expansão do sistema.

Um dos grandes diferenciais deste projeto é a capacidade de fornecer explicações detalhadas sobre os diagnósticos através dos módulos How, Why e WhyNot, que permitem que o perito entenda não apenas os resultados obtidos, mas também as razões pelas quais certas conclusões não foram alcançadas, o nível de transparência presente reforça a confiança no sistema e melhora a qualidade da tomada de decisões, oferecendo uma experiência mais completa e informada.

Além disso, a aplicação demonstra-se relevante para o contexto do setor automotivo, com potencial de otimizar o trabalho nas oficinas, atuar como ferramenta de formação para novos mecânicos e fornecer aos clientes um entendimento mais claro dos diagnósticos. As possíveis expansões futuras, como a integração com dispositivos OBD e tecnologias de análise sonora e visual, representam um caminho promissor para tornar o sistema ainda mais robusto, funcional e preciso.

Em conclusão, o projeto foi desenvolvido com uma estrutura robusta e flexível, preparado para adaptações e evoluções futuras, oferece também um sistema de diagnóstico eficiente e confiável, que se adapta às necessidades do setor automotivo, contribuindo tanto para a formação de profissionais quanto para a satisfação e confiança dos clientes.

## 6 Bibliografia

- [1] Carfolio. "Carfolio: Detailed specifications for cars." Accessed Oct. 5, 2024. [Online]. Available: <http://www.carfolio.com>
- [2] CarData. "CarData website." Accessed Oct. 5, 2024. [Online]. Available: <http://www.cars-data.com>
- [3] AutoData. "AutoData: Technical information for vehicles." Accessed Oct. 4, 2024. [Online]. Available: *URL* <http://www.autodata-group.com/uk>
- [4] RuleEngine Insights. "Understanding business rules in Drools." Sept. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.ruleengineinsights.com/drools>
- [5] Opel. "Opel Team Niedersachsen." Accessed Oct. 2, 2024. [Online]. Available: <https://www.opel-team-niedersachsen.de/index.html>
- [6] V.A. Hillier, *Fundamentals of Motor Vehicle Technology Book 1*, Oxford University Press, 2012.
- [7] A. Gonzalez and D. Dankel, *The Engineering of Knowledge-based Systems – Theory and Practice*, Prentice Hall Inc., 1993.
- [8] Manuals of Opel Cars Accessed Oct. 2, 2024. [Online]. Available: <https://public-servicebox.opel.com/OVddb/OV/index.html>



## 7 Lista de Terminologia Específica

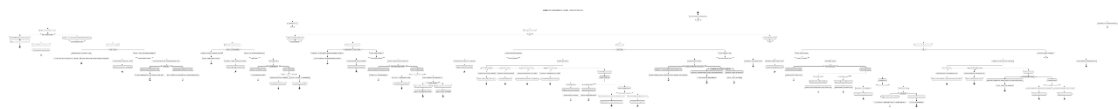
<b>Amortecedores</b>		Dispositivos que absorvem os impactos provenientes das irregularidades do solo, garantindo conforto e estabilidade.
<b>Bateria</b>		Componente que armazena energia elétrica e fornece a energia inicial para dar partida no motor e alimentar os componentes eletrônicos do veículo.
<b>Bomba de Água</b>		Parte do sistema de arrefecimento que circula o líquido de arrefecimento pelo motor para evitar sobreaquecimento.
<b>Caixa de Velocidades</b>	<b>de</b>	Sistema de transmissão que ajusta a velocidade e o torque do veículo de acordo com a necessidade de condução.
<b>Correia Dentada</b>		Componente que sincroniza a rotação do virabrequim com o comando de válvulas para garantir a correta abertura e fechamento das válvulas do motor.
<b>DRL</b>		Decision Rule Language é uma linguagem utilizada para a criação de regras no sistema Drools.
<b>Embraiagem</b>		Componente que permite a conexão e desconexão do motor à caixa de velocidades, facilitando a mudança de marchas.
<b>Filtro Combustível</b>	<b>de</b>	Peça que remove impurezas do combustível antes de entrar no motor. Quando entupido, pode causar falhas no funcionamento do motor.
<b>Imobilizador</b>		Sistema de segurança que impede o veículo de funcionar sem a chave correta ou código, utilizado para evitar roubos.
<b>Injeção Combustível</b>	<b>de</b>	Sistema responsável por introduzir a quantidade correta de combustível no motor, de acordo com as necessidades de operação.
<b>Motor Arranque</b>	<b>de</b>	Componente responsável por dar partida ao motor do veículo. Um defeito nesse sistema impede o veículo de ligar.
<b>Prolog</b>		Linguagem de programação lógica usada para a resolução de problemas em sistemas periciais.
<b>Sensores Motor</b>	<b>do</b>	Sensores que medem parâmetros como pressão absoluta no coletor de admissão (MAP) e fluxo de ar (MAF) para ajudar a ajustar a mistura de ar e combustível.

---

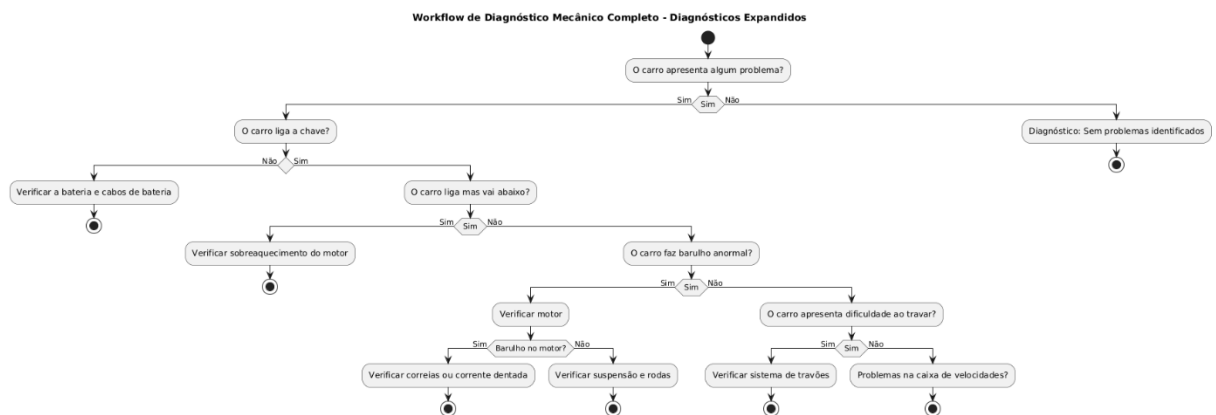
<b>Servofreio</b>	Componente que aumenta a força aplicada aos freios, tornando mais fácil para o motorista travar o veículo com menos esforço.
<b>Sistema ABS</b>	Anti-lock Braking System é um sistema de travagem que evita que as rodas travem durante uma frenagem brusca, permitindo que o motorista mantenha o controle do veículo.
<b>Sistema de Arrefecimento</b>	Sistema responsável por controlar a temperatura do motor. Inclui o radiador, termostato, bomba de água e ventoinha. Um defeito pode resultar em sobreaquecimento.
<b>Sistema de Ignição</b>	Conjunto de componentes responsáveis por gerar a faísca necessária para acender a mistura de ar e combustível no motor de combustão interna.
<b>Sistema Pericial</b>	Sistema que simula a tomada de decisões de um especialista, neste caso, para diagnóstico de falhas mecânicas.
<b>Velas de Ignição</b>	Componente que acende a mistura de combustível e ar no cilindro, criando combustão no motor.

# Anexo A Conteúdo em anexos

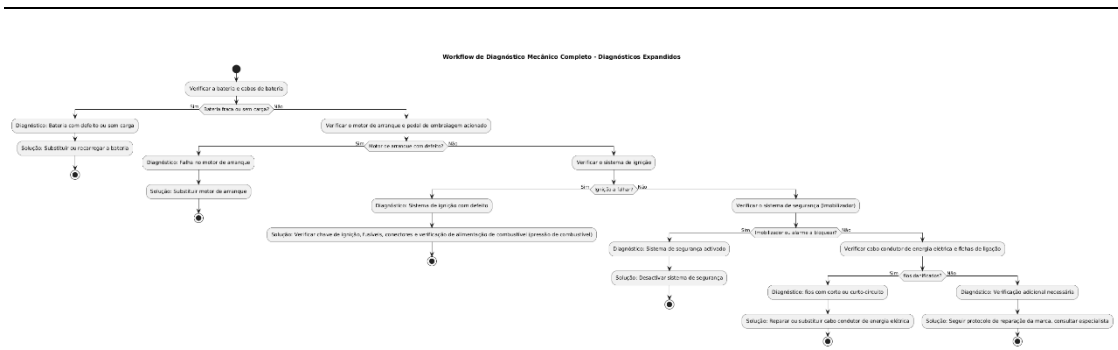
<b>Anexo 1</b>	Demonstração do alcance do projeto.
<b>Anexo 2</b>	Parte inicial
<b>Anexo 3</b>	Verificar a bateria e cabos de bateria
<b>Anexo 4</b>	Verificar sobreaquecimento do motor
<b>Anexo 5</b>	Verificar correias ou corrente dentada
<b>Anexo 6</b>	Verificar suspensão e rodas
<b>Anexo 7</b>	Verificar sistema de travões
<b>Anexo 8</b>	Problemas na caixa de velocidades



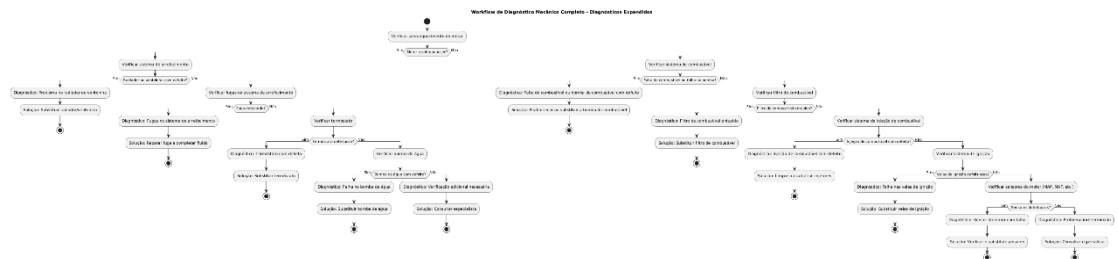
Anexo 1 - Alcance do fluxo de diagnóstico



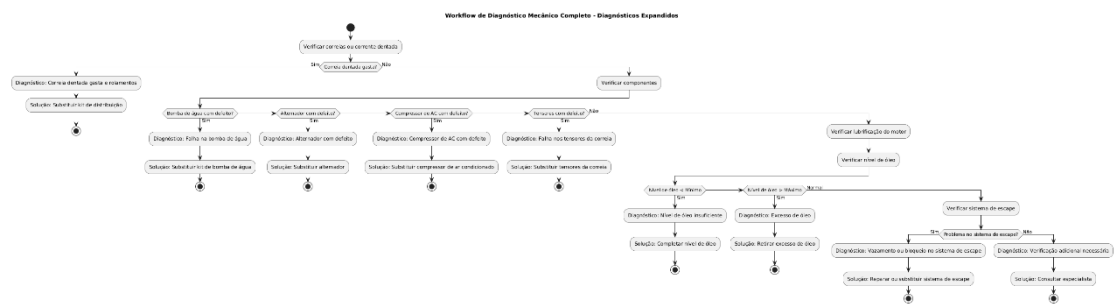
Anexo 2 – Parte inicial



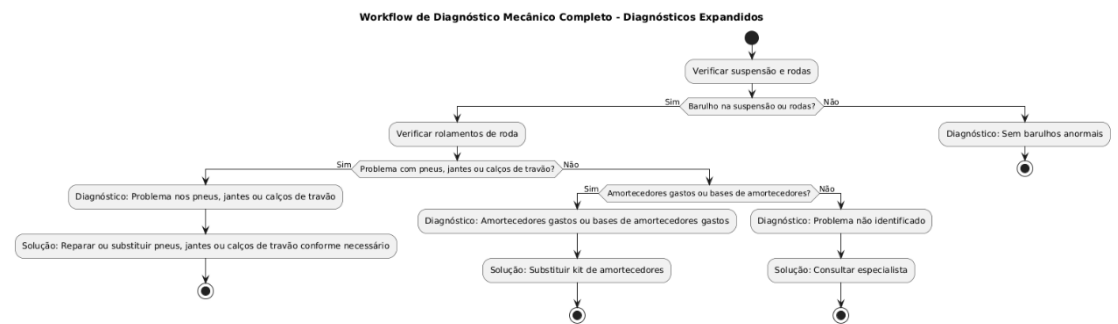
### Anexo 3 - Verificar a bateria e cabos de bateria



### Anexo 4 - Verificar sobreaquecimento do motor

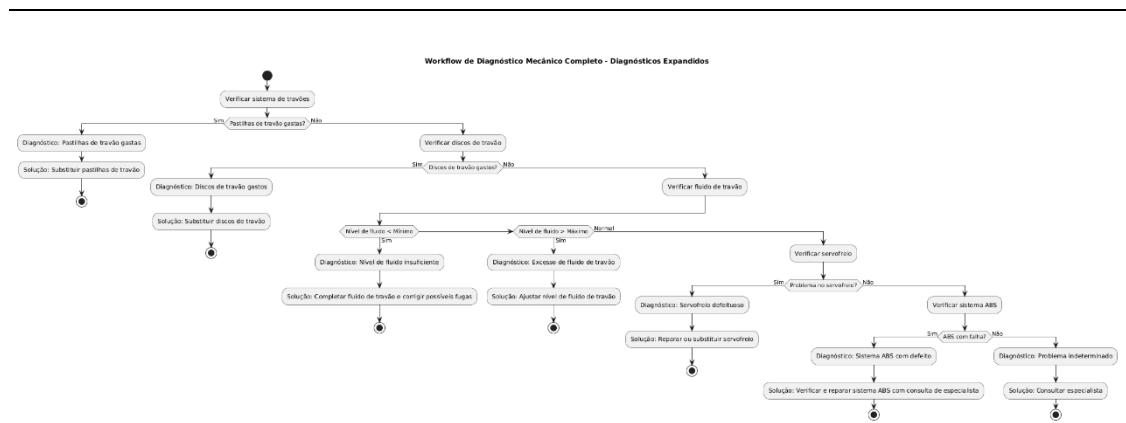


### Anexo 5 - Verificar correias ou corrente dentada

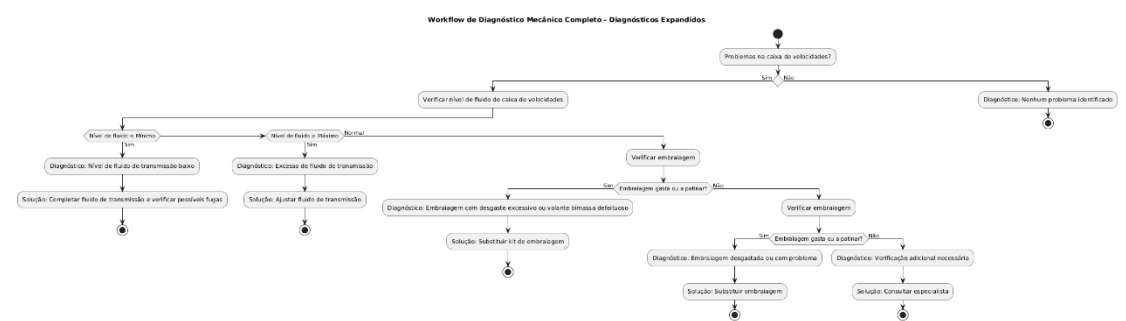


### Anexo 6 - Verificar suspensão e rodas





## Anexo 7- Verificar sistema de travões



## Anexo 8 - Problemas na caixa de velocidades